

ÖMERLER YERALTI KÖMÜR OCAĞI KALICI BEKLEME BARAJLARININ TASARIMLARININ ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION THE DESIGN OF PERMANENT SEALS IN OMERLER UNDERGROUND COAL MINE

C. Atilla Öztürk^{1*}, Abdullah Fişne¹ Kıvanç Het² Abdulcelil Türker²

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

² İ Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü, Ankara, TÜRKİYE

Yayına Geliş (07.08.2020);, Yayına Kabul (02.01.2021):

*Corresponding author atilla.ozturk@itu.edu.tr

Öz

Kütahya İli Tunçbilek İlçesinde bulunan ve Türkiye Kömür İşletmeleri'ne (TKİ) bağlı Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) tarafından işletilen Ömerler yeraltı ocağı, uzun yıllardır ülkemize kömür üretim hizmeti vermektedir. Mekanize uzunayak madenciliğinin ilk örneklerine ait uygulamalar 1998 yılında başlamış ve kalın kömür damarlarında mekanize üretim yönteminin ilk ve başarılı örnekleri verilmiştir. Kalıcı bekleme barajları üretim faaliyetleri tamamlanan barajların yeraltı madeni ile bağının kesilmesi amacıyla inşa edilirler. Bu sayede, üretim faaliyetleri tamamlanmış bu bölgelerin üretim faaliyetleri devam eden bölgeler üzerindeki etkilerinin bertaraf edilmesi amaçlanır. Kalıcı bekleme barajlarının, üretim faaliyetleri tamamlanan panolarda birikecek gaz ve su potansiyellerine uygun olarak tasarımılandırılması önemlidir. Bu sayede barajların gaz patlaması ve su taşkını gibi olaylara karşın stabil olarak hizmet vermeye devam etmesi sağlanabilir. Bu çalışmada, Ömerler yeraltı maden ocağındaki kalıcı bekleme barajlarının durumları araştırılarak, kalıcı bekleme barajlarının tasarımları ile ilgili ilkeler ve uygulama pratikleri ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Baraj, Kaya Mekaniği, Kömür, Uzunayak Madenciliği.

Abstract

Omerler underground coal mine located in Tuncbilek, Kutahya Province of Turkey has provides coal to Turkish industry that is operated by Garp Lignite Enterprises of Turkish Coal Enterprises. The first applications of mechanized longwall mining in thick coal seams were executed in 1998 and the coal has been produced in the mechanized mining. Seals are constructed to cut the connection of produced panel to the entire underground mine. The aim of the seals is to protect the existing production panels from the negative effect of the consumed panels. It is important to design the permanent seals based on the explosion or flood pressure according to the underground mine conditions. Hence, it is possible to protect the existing production panels from the unexpected explosions caused by gas or underground water. The conditions of the permanent seals of Omerler underground mine investigated in this study and the design and practical principles proposed based on the design criteria.

Key words: Coal, Longwall Mining, Rock Mechanics, Seal.

GİRİŞ

Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ), 1940 yılından sonra Türkiye Kömür İşletmeleri'ne (TKİ) bağlı olarak faaliyetlerini Tunçbilek-Kütahya'da sürdürmektedir. Bölgede yaklaşık 243 milyon ton linyit kömürü bulunmakta olup sahadan yılda 4.85 milyon ton linyit kömürü üretimi hedeflenmektedir. Söz konusu üretimin %25'i Ömerler yeraltı linyit kömürü madeninden geri kalan kısmı ise bölgede yer alan açık ocaklardan karşılanmaktadır. Linyit damarlarının kalınlığı ortalama 8-9 m arasında değişmektedir. Madende üretim üstten geçertmeli tam mekanize uzun ayaklar ile gerçekleştirilmektedir. Bu üretim yönteminde linyit damarının 6 m'lik kısmı hidrolik tahkimatların arkasından üretilmekte olup geri kalan 3 m'lik kısmı ise tamburlu kesiciler ile arından üretilmektedir.

Ömerler yeraltı linyit kömürü madeninde, eski üretim alanları ile yeni üretim alanları arasında hem gaz hem de yeraltı su gelirlerinin izolasyonun sağlanması amacıyla günümüze kadar 40 adet kalıcı bekleme barajı inşa edilmiştir. Bu 40 barajın 26'sı bugün itibarıyla işlevine devam etmekte olup 14'ü diğer barajların arkasında kaldığı için işlevsizdir. Bu çalışmada, öncelikle 26 kalıcı bekleme barajı, barajının inşasında kullanılan malzeme ve kesit alanı dikkate alınarak sınıflandırılmış ve sınıflandırılan barajlar, baraj kalınlığı dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ömerler yeraltı linyit kömürü madeninde yerinde yapılan incelemeler sonucunda; baraj kalınlıkları 2 m, 3 m, 5 m ve 6 m arasında değişen dört farklı bekleme barajı tipi belirlenmiştir. Bahse konu kalıcı bekleme barajlarının inşasında donatılı beton ve gaz beton kullanılmıştır. Söz konusu inşa malzemelerinin ve kalıcı bekleme barajlarını çevreleyen kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri, bu çalışmanın bir parçası olarak barajların patlamaya ve yerinde gerilme deformasyon koşullarının neden olabileceği göçüklere karşı yeterliliklerinin tespit edilebilmesi amacıyla İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Kaya Mekaniği Laboratuvarlarında belirlenmiştir. Yeraltı madenlerinde her türlü kazanın önüne geçilebilmesi için kalıcı bekleme barajlarının yeniden dizayn edilmesi ve mevcut olanların da gözden geçirilmesinin nedenleri aşağıda özetlenmektedir.

Çok sayıda terk edilmiş uzun ayak panoları ve aynı zamanda 150 m civarındaki derinlik, kalıcı bekleme barajları üzerindeki gerilmeleri artırmaktadır. Kalıcı bekleme barajları çevresindeki jeolojik yapılar çoğunlukla zayıf veya çok zayıf birimler olarak sınıflandırılır.

Ömerler yeraltı madeninde yer alan 18 kalıcı bekleme barajının arkasındaki boşluk 100 m veya daha altında olup, bu boşluklar gaz veya su birikmesi sonucu patlama veya taşkın risklerini beraberinde getirmektedir. Önceki yıllarda mevcut kalıcı bekleme barajlarının

inşasında kullanılan malzemelerin özellikleri kayıt altına alınmamasından ötürü mevcut kalıcı bekleme barajları, Ömerler yeraltı madeninin olası risklere karşı korunması amacıyla bu çalışma kapsamında değerlendirilmiş ve yeniden dizayn edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere ve Almanya'daki mevcut kalıcı bekleme barajlarının dizayn prosedürleri tartışılmış ve mevcut barajların verimlilikleri değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışma ile, kalıcı bekleme barajlarının dizayn edilmelerine ilişkin yeni bir prosedür, Ömerler yeraltı linyit madenindeki mevcut kalıcı bekleme barajlarının değerlendirilmesi ve yeniden dizayn edilmesinden sonra önerilmiştir.

SAHANIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Sahanın Jeolojisi

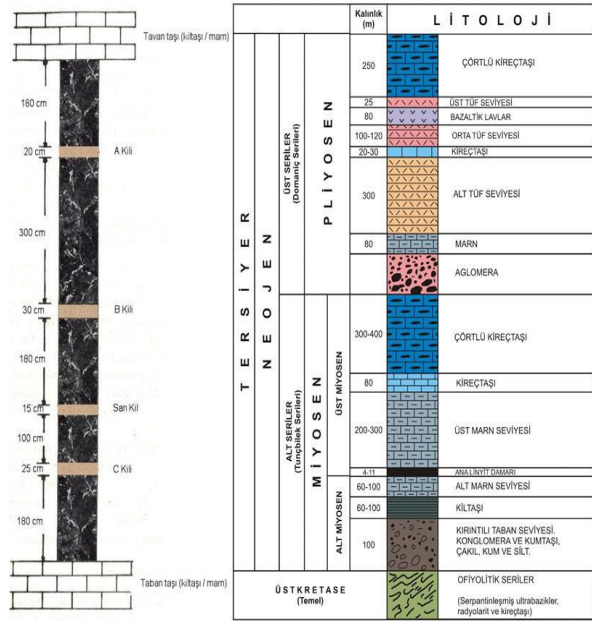
İlk olarak Nebert (1963) tarafından yapılan çalışmalardan da görüldüğü üzere, havzanın temelinde serpantinleşmiş ultrabazik kayalar bulunmaktadır. Miosen ve Pliosen'de çökelen Tunçbilek havzası Neojen sedimanları karasal oluşumlardır. Miosen'de çökelenler "Alt Seri veya Tunçbilek Serisi", Pliosen'de çökelenler ise "Üst seri veya Domaniç Serisi" olarak adlandırılırlar. Bölgede işletilmekte olan kömür damarı, alt seride ve alt marn horizonunun üst seviyelerinde veya alt marn horizonu ile üst marn horizonu geçişinde oluşan ana linyit damarıdır. Tunçbilek kömür havzasında sedimanlar etkin orojenik hareketlere maruz kalmamışlardır. Neojenin sonuna doğru havzada epirojenik hareketler başlamış ve bu hareketlerin sonucunda meydana gelen faylarla havza bloklara ayrılarak tabakaların ilk konumları bozulmuş ve az çok eğim kazanmıştır. Alt seri tabakaları 15° üst seri tabakaları ise en çok 10° eğimlidirler (Baş, 1983; Madenci ve Pekmezci, 1991; MTA, 2006).

Kömürün tavan ve taban taşı marndır. Genel olarak taban taşının basınç dayanımı 30-70 MPa, tavan taşının basınç dayanımı ise 50-60 MPa arasındadır. Ortalama 5-11 m kalınlığı olan ana linyit damarı içinde değişik kalınlıkta tabaka ve adese halinde ara kesmeler vardır. Ara kesmelerin en önemlileri yukarıdan aşağıya doğru A kili, B kili ve C kili diye adlandırılan tabakalardır. C kilinin üzerinde sarı kil denilen bir ara kesme daha vardır (Destanoğlu, 2000)

Ömerler yeraltı kömür ocağında mevcut çalışılan panolar 210-250 metre derinlikte bulunmaktadır. Damarın hemen üzerinde kalınlığı 25-50 cm arasında değişen yumuşak kiltası formasyonu bulunmaktadır. Bu formasyonun üzerinde, sırasıyla tavan kiltası, marn ve kalkerli marn formasyonları bulunmaktadır. Bölgede işletilmekte olan damar, genellikle orta sertlikle, siyah ve parlak linyit ihtiva eder. Damarın tavan ve taban

kısımları genellikle daha temiz, orta kısımları ise daha karışıktır. Kömür damarı kesitinde üç adet ara kesme bulunmakta olup, aşağıya doğru olacak şekilde sırasıyla 0,20, 0,30, 0,25 metre kalınlıklarındaki kiltaşlardır (Şekil 1).

Bilindiği üzere, kalıcı bekleme barajları, eski imalatlardan çalışılan panolara doğru olabilecek kaza risklerini en aza indirmek amacıyla inşa edilirler. Bekleme barajları, gerek eski imalatlarda biriken gaz ve tozun, gerekse suyun çalışılan bölgelere doğru gelmesini engellemek amacıyla güderler. 2006 yılında MTA tarafından bölgenin hidrojeolojisinin belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışma kapsamında yeraltı suyu seviye değişimlerinin tespit edilmesi amacıyla yapılan 16 adet hidrojeolojik sondaj gerçekleştirilmiştir. Ayrıca raporda, yeraltı suyu çıkışı ile ilgili gözlemlerin üst kotlarda kalan klasik üretim panolarından ziyade daha derin kotlardaki mekanize üretim panolarında yapılabildiği ve yeraltı suyu akım yönünün güneybatı-kuzeydoğu yönünde olduğu belirtilmektedir. Bu durum, kalıcı bekleme barajı ile kapatılacak eski mekanize imalat panolarında su birikimi olasılığını artırmaktadır (MTA, 2006).



Şekil 1. Ömerler Yeraltı Kömür Ocağına ait kömür damarının ve Tunçbilek bölgesinin stratigrafik kesiti (Başarır ve Karpuz, 2004).

Figure 1. Stratigraphic section of Tuncbilek coal site and the coal seams of Omerler underground coal mine (Başarır ve Karpuz, 2004).

Jeoteknik Çalışmalar

Kalıcı bekleme barajlarının stabilitelerinin ister analitik ister nümerik yöntemler ile çözümlerinin üretilebilmesi için, barajların inşa edildikleri ortamların jeoteknik özellikleri belirlenmelidir.

Ömerler yeraltı ocağında, uzun yıllar boyunca, belli aralıklar ile jeoteknik etüt çalışmaları İşletme tarafından farklı kurumlara yaptırılmıştır. Söz konusu çalışmalardan en güncel olanları 2012 yılında yine Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü tarafından gerçekleştirilen, “TKİ-GLİ Müessesesi Ömerler Yeraltı Ocağı Tavan Kontrolü – Tahkimat Tasarımı ve Ocak Yangınları” başlıklı Ar-Ge projesi (Köse, 2012) ile Ömerler yeraltı linyit madeni işletmesi ile aynı kömür havzasında bulunan, İğdekuzu yeraltı linyit madeni işletmesinde, Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü tarafından gerçekleştirilen “Park Teknik Elektrik San ve Tic A.Ş. İğdekuzu Yeraltı İşletmesi E Panosu Bekleme Barajlarının Tasarımı” (Uysal, 2016) başlıklı çalışmalardır.

Bunlar ve daha önce gerçekleştirilen pek çok sahaya yönelik yapılan jeoteknik etüt araştırmaları yardımıyla bölgedeki birimlerin mühendislik özellikleri güvenilir olarak temin edilebilmektedir. Jeoloji bölümünden de görüleceği üzere, kömür üretimlerinin gerçekleştirildiği üretim panolarındaki hakim jeolojik birimler, tavan taşı marn, kömür ve taban taşı marn olarak sınıflandırılabilir. Sahada yapılmış mevcut jeoteknik çalışmaların derlenmesi yoluyla bu çalışmada kullanılabilir jeoteknik veri tabanı oluşturulmuştur. Kaya malzemelerinin mühendislik özellikleri ve kaya kütlelerinin sayısallaştırılmaları sonucu elde edilen sınıflamalarına ait veri tabanına ilişkin sonuçlar aşağıda paylaşılmıştır.

Kayaç Malzemelerin Mühendislik Özellikleri

Bölgede yapılan jeoteknik çalışmalardan yola çıkarak, tavan ve taban taşı olarak marn ve kömürün mekanik ve fiziksel özellikleri tayin edilmiştir. Mekanik ve fiziksel özellikler olarak derlenen veriler ise, tek eksenli basınç dayanımı, endirekt çekme dayanımı, birim hacim ağırlığı, elastisite modülü, poisson oranı ve üç eksenli basınç dayanım deneylerinden elde edilen kohezyon ve içsel sürtünme açısıdır. Tablo 1’de anılan raporun sonuçlar bölümünde, söz konusu jeolojik birimler için kullanılması tavsiye edilen ortalama değerler verilmektedir.

Kayaç malzemelerin mühendislik özelliklerinin, tasarım problemlerinin çözümlerinde direkt olarak kullanılmaları, kaya kütle ortamını yansıtmada çıkartabileceği sorunlardan dolayı riskli olabilir. Bu duruma karşın alınabilecek en etkili önlem, kaya kütle sınıflama sistemleri veya Hoek-Brown yenilme ölçütünde kullanılan jeolojik dayanım indeksi gibi bir indeks ile kaya kütle ortamının mühendislik özelliklerinin de sayısallaştırılmasıdır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri.

Table 1. Engineering properties of geological materials used in the study.

Tanımlama	Jeolojik Birimler		
	Taban Taşı	Tavan Taşı	Kömür
Birim Hacim	2.25	2.19	1.37
Ağırlık (gr/cm ³)			
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	23.95	19.14	16.72
Endirekt Çekme Dayanımı (MPa)	2.44	2.02	1.64
Kohezyon (MPa)	4.15	3.49	3.39
İçsel Sürtünme Açısı (°)	42.90	41.50	32.90
Elastisite Modülü (MPa)	5878	4447	1870
Poisson Oranı	0.31	0.30	0.36

Köse (2012) tarafından yapılan çalışmada, tavan ve taban taşı marn ve kömürün kaya kütle sınıflama sistemlerinden Kaya Kütle Puanına (RMR) göre sınıflaması gerçekleştirilmiştir. Aynı çalışmada araştırmacılar, Ulusay ve Sönmez (2002) tarafından önerilen GSI abağını kullanmak suretiyle, bölgedeki birimlerin GSI değerlerini tayin etmişlerdir (Tablo 2).

Tablo 2. Jeolojik birimlerin GSI ve RMR değerleri (Köse, 2012).

Table 2. GSI and RMR values of geological units (Kose, 2012).

Tanımlama	GSI	RMR
Tavan Taşı	46	37
Kömür	40	34
Taban Taşı	48	46

Kaya kütleleri zeminlerin aksine süresiz ortamlar olduğu için, yenilme kriterinin Hoek-Brown yenilme ölçütü olarak seçilmesi, çalışmaların güvenilirliği açısından önemlidir. Bölgede yapılacak ileri çalışmalara da fayda sağlaması açısından kömür ve çevreleyen birimlerin Hoek-Brown yenilme ölçütünde kullanılabilecek sabitleri Tablo 3’de verilmiştir.

Kömürün Gaz İçeriği ve Kendiliğinden Yanma Eğilimi

Kalıcı bekleme barajları, eski imalatlardan yeni imalatlara doğru yangın, patlama, su baskını ve benzeri tehlikeleri önlemesi amacıyla inşa edilirler. Kömürün gaz içeriğinin ve kendiliğinden yanma eğiliminin belirlenmesi, özellikle önlem alınması gerekli olayların tespiti için önem arz etmektedir.

Ömerler yeraltı işletmesinde bulunan kömürün gaz içeriği ile ilgili çalışmalar Fişne (2016) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışma incelendiğinde, A1 ve A2

no’lu üretim panolarındaki kömürün ortalama gaz içerikleri sırasıyla, 0,23 m³/t ve 0,28 m³/t olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, derinliği 200 m’den az olan kömür madeninin az gazlı olarak sınıflandırılabilmesine işaret etmektedir. Yine aynı raporda, kömürün sahip olduğu gazın bileşimleri de incelenmiş ve bu araştırma sonucunda, kömürde metan gazı tespit edilememiştir. Tespit edilen gazın büyük bir kısmı karbondioksit ve inert gazlar, küçük bir kısmı ise oksidasyon sonucu oluştuğu düşünülen karbonmonoksit ve hidrojen sülfür olduğu belirtilmektedir. Tüm bu sonuçlar, A1 ve A2 damarlarında oluşturulacak panolarda, üretim sırasında kömürün bünyesindeki gazın tamamının ocak havasına karışması halinde dahi, gaz kaynaklı bir sorun yaşanması mümkün görülemeyeceğine işaret etmektedir.

Tablo 3. Hoek-Brown yenilme ölçütünde kullanılan sabitler.

Table 3. Constant values used in Hoek-Brown failure criteria.

Parametre		Kaya Kütleleri		
		Taban Taşı	Kömür	Tavan Taşı
Hoek-Brown Sabitleri	m _b	0.459	0.313	0.361
	s	0.00075	0.0003	0.0006
	a	0.507	0.513	0.509
E _M ,	MPa	406.10	131.73	438.9
σ _{cm} ,	MPa	0.669	0.318	0.605

Ocaktaki kömürün kendiliğinden yanma eğilimi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, elde edilen sonuçlar ocağın kendiliğinden yanma eğilimi yönünden “yüksek riskli” olarak sınıflandırılabilmesini göstermektedir. Saraç ve Soytürk (1992), Ömerler ve Tunçbilek tavan kömürlerini “Yüksek”, Ömerler taban kömürlerini ise “Orta” riskli olarak sınıflandırmışlardır. GLİ kömürleri için Karpuz vd. (2000) ve Ören ve Şensöğüt (2007) tarafından yapılan çalışmalarda kendiliğinden yanma risk grubu “Yüksek Riskli” olarak tayin edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar, baraj arkasında ani gaz püskürmesine sebebiyet verecek metan birikimi ihtimallerini azaltırken, göçükte kalmış olası kömürün kendiliğinden yanması sonucu baraj arkasında zehirli ve boğucu gazların birikebileceğine işaret etmektedir. Eski imalatlar ile çalışılan imalatlar arasındaki hava alışverişinin uygun bir şekilde kesilmesi, olası kendiliğinden yanma sorunlarının da önüne geçilmesini sağlayacaktır. Bu durum bekleme barajlarının stabilitesi ve bağlı olarak ocağın güvenliği için önem arz etmektedir.

Hidrojeoloji ve kömürün gaz içeriği ile ilgili çalışmaların araştırılması sonucunda ortaya çıkan en önemli bulgu, Ömerler yeraltı maden işletmesinde inşa

edilen ve edilecek olan kalıcı bekleme barajlarının, metan veya gaz patlaması olgusundan ziyade, su basıncına karşı mukavemetli olması şartının aranmasının gerektiğidir.

İŞLETMEDEKİ MEVCUT BARAJLAR

Garp Linyitleri İşletmesi Ömerler Yeraltı Maden Ocağında inşa edilen toplam kalıcı bekleme barajı sayısı 40'dır. Barajlar beton, gaz beton ve ateş tuğlası inşaat yapı malzemeleriyle inşa edilmişlerdir. Tuğla ve gaz yapı malzemeleri 2010 yılından önce inşa edilen barajlarda kullanılmışlardır. 2010'dan sonra ise sadece beton barajlar yapılmaktadır. Bu barajlarda C35 sınıfı beton kullanılmıştır. Kalıcı bekleme barajı olarak eski imalatlar ile çalışılan imalatlar arasında bariyer görevi görmeye devam eden baraj sayısı ise 26'dır. 14 adet baraj ise yeni imal edilen barajların arkasında kalmaktadır.

26 adet barajın geometrik özellikleri dikkate alındığında, 2 m, 3 m, 5 m ve 6 m kalınlıklarda inşa edildikleri görülmektedir. İşletme, baraj kalınlıklarını tayin ederken, barajların arkasındaki boşluklara, baraj bölgesindeki fay yapılarına ve tahmini arazi gerilme koşullarına göre karar vermiştir. Söz konusu bekleme barajları öncelikle boyutlarına göre sınıflandırılmış ve üç farklı geometride kalıcı bekleme barajlarının inşa edildiği tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. İşletmedeki kalıcı bekleme barajlarının boyutlarına göre sınıflandırılması.

Table 4. Classification of seals based on size in the mine.

Sınıf No	Baraj	
	Yükseklik (m)	Genişlik (m)
1	4.50	5.60
2	3.90	4.60
3	5.17	5.60

Baraj arkalarında bulunan boşluklara göre sınıflandırmaya öncelikle 50 m ile başlanılmış ve daha sonra 100'er metrelik gruplar oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sınıflandırma Tablo 5'de verilmiştir.

İşletme'de 2005 yılından sonra yapılan beton barajlar eski ve tuğladan imal edilen barajları da işlevsiz kılacaktır. Bu yüzden bu bölümde, baraj imalat malzemesi olarak sadece beton (C35) ve çelik hasırın özellikleri üzerinde durulmuş ve betonun özelliklerine ait farklı değişkenlerin değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Yeraltındaki nem ve sıcaklıktan dolayı değişen iklim koşullarının, betonun dayanımı üzerinde ciddi ve olumsuz etkisi bulunmaktadır. Bu etkinin anlaşılabilmesi için, İşletme yetkilileri tarafından 15 cm boyutunda küp numuneler hazırlanarak yeraltında

barajların bulunduğu bölgelere bırakılmış ve 28 gün boyunca ortam koşullarında kür almaları sağlanmıştır. Sonrasında, 28 gün boyunca yeraltı ortam koşullarında kür almaları hazırlanan bu numunelerin basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. Söz konusu değerler incelendiğinde, C35 tipi betonun basınç dayanım değerlerinin, ortamın iklim koşullarından dolayı, %50 oranında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, çalışmanın sonraki aşamalarında yapılacak hesaplarda dikkate alınmıştır (Tablo 6).

Table 5. İşletmedeki barajların sınıflandırılması.

Table 5. Classification of seals in the mine.

Grup	Sınıf	Baraj No	Baraj Arkası Boşluk (m)	Baraj Say.	Maks /Min Boşluk	Maks Eğim* (°)
A	1	50	10	0/60	9	
	2	5	5/55	6		
B	2	100	2	65/75	6	
	3	1	80	0		
C	3	200	2	130 / 150	0	
	1	300	1	210	6	
D	2	1	225	12		
	2	500	1	440	6	
E	2	900	1	875	6	
	3	1000	2	1000	0	

*Barajın arkasındaki eğimin meyil aşağıya olduğu durumda açı 0° olarak kabul edilmiştir.

İşletmenin baraj inşaatlarında kullanılan hasır çelik malzemeler, 15x25 mm kare gözlü olarak 10 mm çapındaki inşaat demirinden imal edilmişlerdir. Çelik hasır, S220 çeliğinden soğuk çekme yöntemi ile çekilip nervürlü olarak imal edilen, yüksek mukavemetli ve esas itibarıyla inşaatlarda kullanılan bir beton çeliğidir.

Table 6. C35 sınıfı betonun mühendislik özellikleri.

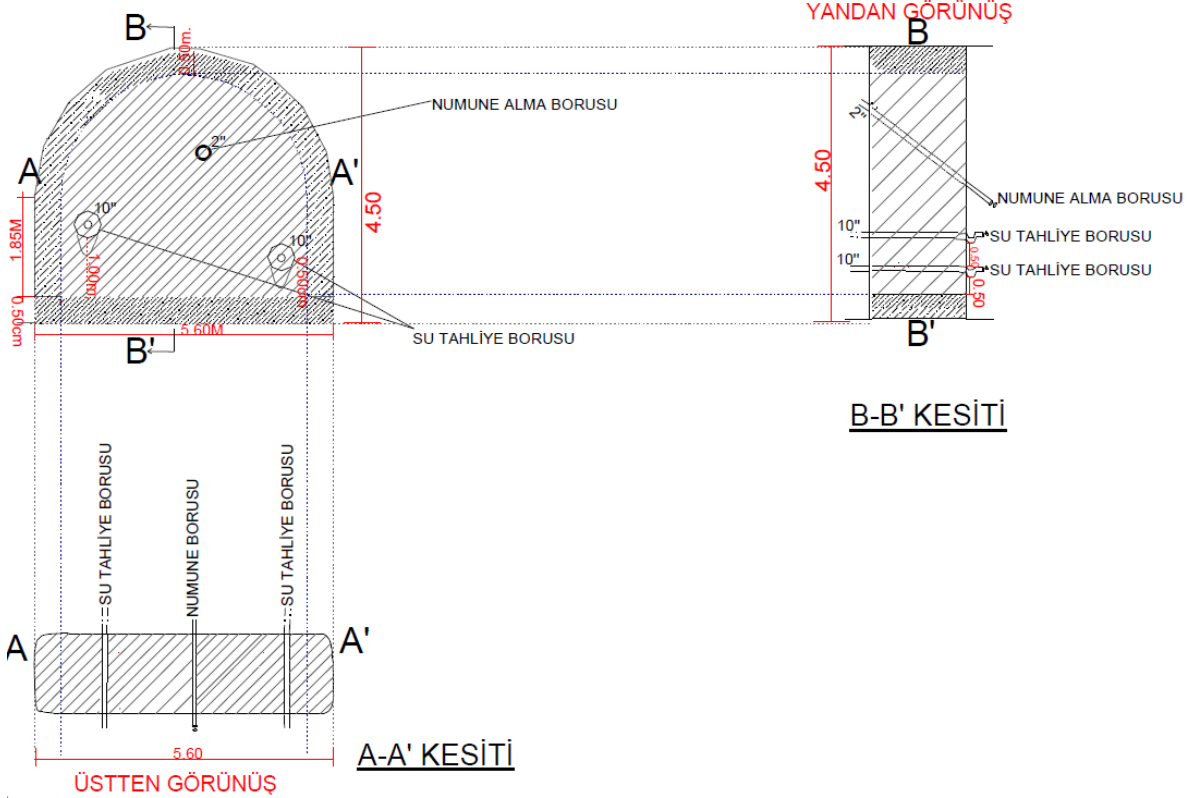
Table 6. Engineering properties of C35 concrete.

Parametre	Değer	Açıklama
Basınç Dayanımı, MPa	35.00	Karakteristik-Silindir karot numune dayanımı
Çekme Dayanımı, MPa	2.10	
Basınç Dayanımı, MPa	23.30	Tasarım-Silindir karot numune dayanımı
Çekme Dayanımı, MPa	1.38	
Basınç Dayanımı, MPa	45.00	Eşdeğer küp numune dayanımı
Elastik Modül, MPa	33000	28 günlük
Poisson Oranı	0.20	

Beton kalıcı bekleme barajlarında donatı uygulaması için 10'luk inşaat demirinden imal edilen çelik hasırlar kullanılmaktadır. Betonarme uygulaması sahada öncelikle kalıcı bekleme barajının yerinde kalıplarının hazırlanması, devamında donatının

kalıpların içine yerleştirilmesi ve akabinde betonun dökülerek baraj inşaatının tamamlanması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

İşletmede farklı kalınlıklara sahip kalıcı bekleme barajlarına ait kesit ve plan görünümü Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Kalıcı bekleme barajı kesit ve plan görünümü.

Figure 2. Plan and cross-section view of the seals.

KALICI BEKLEME BARAJLARININ TASARIM VE DEĞERLENDİRMELERİ

Yeraltı kömür madencilğinde kalıcı bekleme barajları; üretim faaliyetleri tamamlanmış panoların ana yollar ile ilişkisinin kesilmesi, bu panolara hava geçişini engelleyerek özellikle göçükte kalmış olan kömür ve/veya kömür tozlarının hava ile oksidasyonuna müsaade edilmemesi, eski imalatlardan ocağa gaz gelirinin engellenmesi ve son olarak eski imalatlardan su baskınlarının önlenmesi için büyük bir önem arz etmektedir.

Ömerler yeraltı linyit işletmesinde, kalıcı bekleme barajlarının imalatı gerçekleştirilirken tam bir sızdırmazlık sağlanabilmesi için özellikle tavan, taban ve duvarlarda 50 cm kalınlığında dişler açılmış ve baraj inşaatı bu dişlerin içine yerleştirilerek gerçekleştirilmiştir.

Barajın stabilitesi üzerinde etken olan parametreler; barajı çevreleyen jeolojik birimlerin jeomekanik büyüklükleri, barajın bulunduğu derinliğe bağlı olarak baraj üstünde ve çevresinde bulunan arazi gerilmeleri ve pek tabii ki barajın inşa edildiği malzeme ve barajın dayanımıdır. Bunlar primer olarak stabilite üzerinde ciddi önem arz etse de, sekonder olarak, ocaktaki kömürün gazlılık durumu, yeraltı yapısının hidrojeolojik yapısı ve barajın arkasındaki boşluklu mesafenin uzunluğu da baraj stabilitesi için önemlidir. İşletmede bu mesafeler 10 m ile 1000 m arasında değişmektedir. Bekleme barajlarının stabilitelerinin önemini artıran sebepler şu şekilde sıralanabilir.

1. Çok fazla sayıda eski imalat olması ve bu eski imalatların mevcut barajlar üzerindeki girişim etkisini artırarak arazi gerilmelerinde öngörülemeyen artışların meydana gelme ihtimali,

2. Kalıcı bekleme barajları ortalama 150 m derinlikte inşa edilmiş olup, derinlikten kaynaklı arazi gerilmelerinin barajların stabilitesi üzerindeki etkisi,

Barajların inşa edildikleri ortamlardaki tavan, taban ve duvar kaya malzemelerinin jeomekanik özellikleri zayıf olarak sınıflandırılmış olması, stabilite üzerindeki olası sorunlara işaret etmektedir.

4. İşletmede tasarıma konu 26 barajdan 13'ünün arkasındaki boşluk 50 m'den 8'inin ise 100 m'den daha fazladır. Bu durum bu boşluklarda meydana gelebilecek göçük, su basması ve gaz birikimi tehlikelerinin önemine işaret etmektedir. Bunun yanında, bu tür birikimler zaman içerisinde barajın stabilitesinde de çok önemli sorunlara yol açabilir.

5. Baraj inşaatlarında kullanılan malzemelerin kalitesi ve denetlenmesi ile ilgili alt yapı sorunları, yine barajların stabiliteyi hakkında soru işaretleri doğurmaktadır.

Tasarım çalışmalarında dikkat edilmesi gerekli bir diğer önemli husus ise, mevcut tasarım metodlarında kalıcı bekleme barajlarının olası yangın ve patlama olaylarına karşı stabiliteyi değerlendirilmektedir. Oysa Ömerler yeraltı linyit işletmesinde yapılan kömürün gaz içeriği çalışmalarından görüldüğü üzere, ortamda patlamaya yol açabilecek tehlikeli gazların konsantrasyonları ya çok düşüktür ya da yoktur. Buna karşın, bölgenin hidrojeolojisi ile ilgili çalışmalar derlendiğinde ortaya çıkan sonuç ise, baraj arkası boşlukların zamanla su ile dolma riskine sahip olduğuna işaret etmektedir.

Baraj Kalınlığının Tasarımı

Ülkemizde kalıcı bekleme barajlarının stabilitesi ile ilgili standartlaştırılmış bir prosedür ne yazık ki bulunmamaktadır. Bu konuda The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) tarafından 2007 yılında yayımlanan "Explosion Pressure Design Criteria for New Seals in U.S. Coal Mines" başlıklı çalışma, barajların stabiliteyi ve özellikle baraj kalınlıklarının tasarımları ile ilgili detaylı bilgiler içermektedir. Bu çalışmada öncelikle bu konuda, İngiltere, Almanya, Polonya ve Avustralya'da yapılan tasarım kabulleri verildikten sonra, arazi ve laboratuvar ölçekli çalışmalar ile Amerikan yeraltı madenleri için geliştirilen baraj tasarımları verilmiştir (Zipf vd. 2007). Burada en önemli husus tüm bu ekollerin kendi ülkelerindeki uygulama pratiklerini ve genel kabullerini dikkate alarak sistemlerini geliştirmiş olmasıdır. İngilizlerin geliştirmiş oldukları sistem, tek girişli uzun ayaklarda at nalı kesitli galerilerde uygulanması açısından, ülkemiz madencilikine benzemektedir. Avustralya kömür madencilikinde ise uzun ayaklar 2 girişli, bazı durumlarda ise 3 girişli olarak projelendirilmektedir. Oda topuk üretimi Avrupa ve Avustralya madencilikinde çok nadir karşılaşılan bir

durum iken, Amerika Birleşik Devletlerinde üretim hem oda topuk hem de uzun ayak madencilik ile gerçekleştirilmektedir.

İngiliz madencilikinde kalıcı bekleme barajları 140 ile 345 kPa patlama basıncına dayanacak şekilde inşa edilirken, Almanya ve Polonya madencilikinde patlama basıncının 500 kPa olduğu kabul edilmiştir (Zipf vd. 2007).

İngiliz madencilikinde kalıcı bekleme barajlarının kalınlıkları eşitlik 1'e göre tayin edilirken, en düşük kalıcı bekleme barajı kalınlığının 3 m olması gerektiği bildirilmektedir (t: kalıcı bekleme baraj kalınlığı, w: açıklığın genişliği, H: açıklığın yüksekliği).

$$t = \frac{w+H}{2} + 0.6 \quad (1)$$

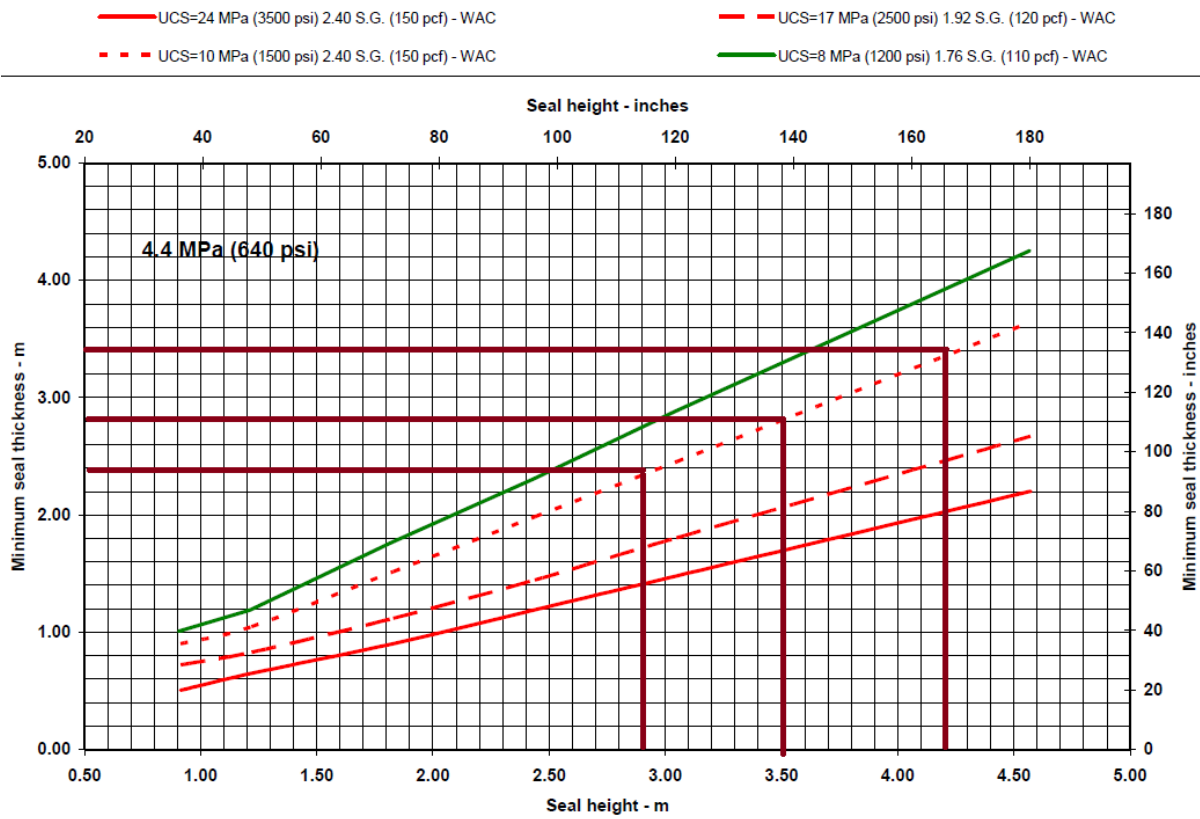
Almanya'da aşağıda verilen baraj kalınlığının hesabında tavan taşının eğilme dayanımı da göz önüne alınmaktadır (a: en büyük yeraltı açıklığının uzunluğu, σ_e : eğilme dayanımı).

$$t = \frac{0.7a}{\sqrt{\sigma_e}} \quad (2)$$

Amerika Birleşik Devletlerindeki uygulamada ise barajın arkasındaki boşluğun mesafesine ve barajın gözlem altına alınıp alınamayacağına göre öncelikle olası patlama basınçlarının kestirimleri yapıldıktan sonra, barajın dayanım özelliklerine göre kalınlıklarının kestirimleri yapılabilir. Burada yapılan baraj tasarımlarının ülkemizdekilerden farklı olarak çok girişli uzun ayaklarda kare veya dikdörtgen kesitler için uygulandığı göz ardı edilmemelidir. Barajların kalınlıkları, barajın mukavemet göstermesi gerekli patlama basıncı 4.4 MPa olması halinde oluşacak duruma göre tasarımılandırılmış ve üç farklı baraj tipi için ayrı ayrı baraj kalınlığı hesap edilmiştir (Zipf vd. 2007). Uygulamada kullanılan abak Şekil 3'de verilmiştir.

Bu çalışmada, Ömerler yeraltı linyit işletmesinde barajlar, boyutlarına göre 3 sınıfa ayrılmıştır (Tablo 4). İngiliz, Alman ve ABD yöntemleri olarak da adlandırabileceğimiz yöntemler kullanılarak, İşletmedeki 3 farklı tip kalıcı bekleme barajının kalınlıkları tasarımılandırılmış olup Tablo 7'de verilmektedir.

Alman ve İngiliz yaklaşımlarında betonun imal edildiği malzemenin dayanımlarından ziyade açıklığın geometrisi önemlidir. Amerikan yaklaşımında ise betonun imal edildiği malzemeye göre seçim farklılıkları yukarıdaki abaktan da görüleceği üzere gerçekleştirilebilir. Yapılan dayanım testlerinin sonucu 15 MPa olarak elde edildiği için tasarım 10 MPa dayanım değerine göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. NIOSH tarafından önerilen baraj kalınlık tayini (Zipf vd. 2007).

Figure 3. Seal thickness design from NIOSH (Zipf vd. 2007).

Benzer şekilde farklı ekollere göre de baraj kalınlıkları tayin edilmiş ve İşletme’de kullanılabilir baraj kalınlıklarının tayini analitik yolla belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 7’de paylaşılmıştır.

Baraj İmalatları İle İlgili Değerlendirmeler

Tasarım kadar önemli bir diğer husus barajların imalatıdır. Aşağıdaki hususların baraj imalatlarında edinilen tecrübelerin paylaşılması açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

Barajların inşa edilecekleri yerlerin temizlenmesi ve mümkün mertebe sızdırmazlıklarının sağlanması. Bu husus barajların imalatından önce 50 cm olarak açılan ceplerin iyice temizlenerek inşaat kalıplarının yerleştirileceği yüzeylerin düzgün satırlar haline getirilmesi ile sağlamalıdır. Eğer mümkün ise formasyon ile barajlar arasında sızdırmazlık sağlayacak

bir membran kullanımı ile barajların stabilizelerinde ek önlemler de alınabilir

Beton kalıpların standartlara uygun olarak hazırlanması ve zaman içerisinde deforme olmuş kalıpların tekrar düzgün şekillere getirilmeden kullanılmaması gerekmektedir. Bu husus özellikle beton baraj inşaatlarında elde edilecek brüt betonun düzgün ve sehim olmadan imal edilmesini sağlaması açısından önemlidir.

Beton barajlarda kullanılan demirlerin yeryüzünde depolanması sırasında ortam koşullarına özen gösterilmelidir. Bu husus demirlerin korozyona uğramasının önüne geçilmesini sağlayacaktır. Zaman içerisinde paslanmış demirlerin baraj inşaatında kullanılması, betonarme yapılarda istenilen çekme gerilmelerine ulaşamaması ile sonuçlanacaktır.

Tablo 7. Kalıcı bekleme barajlarının kalınlıklarının boyutlandırılması.

Table 7. Design of seal thickness.

Baraj sınıfı	Açıklık Genişliği	Açıklık yüksekliği (m)	İngiliz Yaklaşımı	Baraj Kalınlığı (m)			Tasarı Baraj Kalınlığı (m)
				Alman Yaklaşımı	ABD Yaklaşımı		
1	4.60	3.50	4.65	3.22	2.80	5	
2	3.60	2.90	3.85	2.52	2.40	4	
3	4.60	4.17	4.99	3.22	3.40	5	

Betonun hazırlanması ve yerinde dökümü yine baraj imalatında özen gösterilmesi gerekli hususlardandır. Yeraltı madenciliğinin özel koşullarından dolayı, hazır beton uygulamaları ile baraj inşaatının yerinde imalatı zor gözükmemektedir. Buna karşın, beton barajlarda hedeflenen stabilite sonuçlarına ulaşabilmek için, betonun kendisini oluşturan tüm bileşenleri ile birlikte üniform olarak karıştırılması ve gerekli vibrasyon sağlandıktan sonra kalıplara dökülmesi, kalıplara döküldükten sonra tekrar vibrasyona tabii tutularak, mümkün olan en üniform karışımın elde edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, iri agregalar, çimento, su ve diğer katkı maddeleri iyi karışmayacak ve beton baraj imalatı duvarın değişik bölgelerinde farklılıklar gösterecektir. Bu husus, barajın stabilitesi için büyük önem arz etmektedir.

2 m ve 5 m kalınlığındaki barajlar 1'er m'lik bloklar halinde imal edilmelidir. Bu şekilde bloklar halinde çalışmak, gerek kalıp, gerek demir, gerekse de beton işçiliği için çok daha kolay ve uygulanabilir çözümler anlamına gelir. Ancak, blok imalatları arasında uzun süreli aralıklar bırakılması, bloklar arasında derzlerin oluşmasına ve öngörülemeyen kesme mukavemeti sorunlarına yol açabilir. Eğer beton blokların imalatları arasında büyük zaman aralıkları meydana gelirse, bu durum barajın imal edilen kısmının altında su birikmesine ve dolayısıyla barajda oturma veya benzeri sorunlar ile karşılaşılmasına yol açabilir. Bu tip durumlarla karşı karşıya kalmamak için, baraj beton inşaatlarının, inşaat başlamadan önce planlanması, planlamaya göre malzeme ve işçilik tedariklerinin yerine getirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Kalıcı bekleme barajları betonarme olarak inşa edileceğinden, yeraltı madencilik faaliyetlerinden çok daha farklı işçilik bilgi ve donanımlarına ihtiyaç vardır. Arazinin düzenlenmesi, kalıpların yerleştirilmesi, demir ve beton işçiliği, kendi konusunda uzmanlık ve özen gerektiren çalışmalardır. İşçilik faaliyetlerinin mutlaka bu konularda özel eğitim almış kişiler tarafından yerine getirilmesi önemlidir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, Garp Linyitleri İşletmesi Ömerler Yeraltı Linyit Ocağında bulunan kalıcı bekleme barajları araştırılmış ve stabilite ile ilgili yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. Çalışmaya öncelikle işletmede mevcut bulunan bekleme barajlarının özelliklerinin belirlenmesi barajların geometrik özelliklerine göre sınıflandırılmasıyla başlanılmıştır. Bu araştırma sonucunda da işletmede mevcut bulunan ve işlevi devam eden 26 adet kalıcı bekleme barajı yükseklik, genişlik, arkasındaki muhtemel boşluk ve eğim yönüne göre

sınıflandırılmıştır. İşletme de barajlar kesit büyüklüklerine göre 3, baraj arkası boşluk ve meyillerine göre 7 farklı gruba ayrılmıştır.

Baraj kalınlıklarının tasarımı için, analitik ve ampirik çözümlere başvurulmuş ve Alman, İngiliz ve Amerikan olarak adlandırılan yöntemlerin esaslarına başvurulmuştur.

Sonuç olarak, yapılan çalışma neticesinde işletmedeki barajlardan sekiz tanesinin hali hazırda 3 m olan kalınlıklarının 5 m'ye çıkartılmasına karar verilmiştir. Kalınlıklarının revize edilecek bu barajların arkalarındaki boşluklar ise 80 m ile 1000 m arasında değişmektedir. Ülkemizde bu alanda yapılan çalışmaların artması ile birlikte ülke koşullarımıza göre analitik, ampirik ve de daha sonra yapılacak nümerik uygulamalar ile ilgili bir prosedür geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğu da yine bu çalışmanın çıktıları arasındadır.

TEŞEKKÜR

Makale, TKİ GLİ Ömerler Yeraltı Ocağı Kalıcı Bekleme Barajlarının Tasarımının Araştırılması başlıklı proje faaliyetlerinden derlenmiştir. Yazarlar, bu makalenin yayımlanması ve makale içeriğini oluşturan proje faaliyetlerinin desteklenmesinden dolayı Türkiye Kömür İşletmelerine ve proje faaliyetleri sırasında desteklerini esirgemeyen GLİ çalışanlarına teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Baş, H., 1983. Domaniç-Tavşanlı-Gediz-Kütahya Tersiyer Jeolojisi ve Volkaniklerinin Petrolojisi. Derleme No: 7293, MTA, Ankara.
- Başarır, H., Karpuz, C., 2004. A Rippability Classification System for Marls in Lignite Mines. Engineering Geology, 74, 303-318.
- Destanoğlu, N., Taşkın, F. B., Taştepe, M., Öğretmen, S., 2000. GLİ Tunçbilek-Ömerler Yeraltı Mekanizasyon Uygulaması. TKİ, Ankara, 211s.
- Fişne, A., 2016. GLİ Ömerler Yeraltı Ocağı Kömür Damarlarının Gaz İçeriği ve Gaz Bileşiminin Araştırılması. İTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, Teknik Rapor, Yayımlanmamış.
- 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.
- Köse, H., 2012. TKİ-GLİ Müessesesi Ömerler Yeraltı Ocağı Tavan Kontrolü- Tahkimat Tasarımı ve Ocağın Yangınları Ar-Ge Projesi. DEÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, Teknik Rapor, Yayımlanmamış.

- Madenci, S., Pekmezci, F., 1991. TKİ Kurumu Kütahya-Tavşanlı-Tunçbilek-Domaniç (D.805, İİ.69) Kömür Sahaları Jeoloji Raporu. Derleme No. 9150, MTA, Yayınlanmamış.
- MTA, 2006. Kütahya-Tavşanlı-Tunçbilek Kömür Sahası Hidrojeoloji Etüdü, Teknik Rapor, Yayınlanmamış.
- Nebert, K., 1963. Tunçbilek Neojen Havzasının Etüdü. Derleme No. 3002, MTA, Yayınlanmamış.
- Ören, Ö. Şensöğüt, C., 2007. Kütahya Bölgesi Linyitlerinin Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlıklarının Araştırılması. Madencilik Dergisi, 46 (1), 15-23.
- Saraç, S., Soytürk, T., 1992. Tunçbilek Kömürlerinin Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlıklarının Araştırılması. Türkiye 8. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 141-152.
- Ulusay, R., Sönmez, H., 2002. Kaya Kütlesinin Mühendislik Özellikleri, TMMOB Jeoloji Muh. Odası, Ankara.
- Uysal, Ö., 2016. Park Teknik Elektrik San ve Tic A.Ş. İğdekuzu Yeraltı İşletmesi E Panosu Bekleme Barajlarının Tasarımı. DPÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, Teknik Rapor, Yayınlanmamış.
- Zipf, R.K., Sapko M.J. Brune, J.P., 2007. Explosion Pressure Design Criteria for New Seals in U.S. Coal Mines. IC 9500, U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health.