

Koyunağlı Adularya Yeraltı Kömür İşletmesi Galeri, Taban Yolu Tahkimat Tasarım Felsefesinin İncelenmesi

Koyunağlı Adularya Underground Coal Mine Gallery, Main Gate Analysis of Support Design Philosophy

A. Sarıışık

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Müh. Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar sariisik@aku.edu.tr

D. Dinç, V. Gök

Adularya Enerji Elektrik Üretimi ve Madencilik A.Ş., Ankara

ÖZET Bu çalışmada; Eskişehir/Mihalıççık/Koyunağlı mevkiinde bulunan Adularya Enerji Elektrik Üretimi ve Madencilik A.Ş. linyit kömürü ocaklarındaki tavan kayacının laboratuvar ölçekli ve arazi çalışmaları ile kaya kütle sınıflamasının yapılması ve uygulama alanlarının belirlenmesi ele alınmıştır. A sektöründe bölgenin jeolojik yapısı incelenmiş, laboratuvar ölçekli yapılan deneyler hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Kullanılan tahkimatlar ve özellikleri ele alınmıştır. Çelik tahkimatların yapısı anlatılmıştır. Geçme (TH) bağlar ve trapez bağların özelliklerinden bahsedilmiştir. Adularya Yeraltı İşletmesi A sektöründe yapılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde sismik hız, cıva porozimetresi, X-ışını kırınımı (XRD), tek eksenli basınç dayanımı ve üç eksenli basınç dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Bölgenin jeolojik yapısı, arazi çalışmaları ile toplanan bilgiler ve şirketten elde edilen veriler ışığında RQD, Q, RMR hesaplamaları yapılarak kaya kütle sınıflandırılması ile ilişkilendirilerek, tahkimat seçiminin uygunluğu değerlendirilmiştir. Bazı öneriler sunulup, kullanılan tahkimatlar hakkında yapılan incelemeler aktarılmıştır.

ABSTRACT In this study, it is adressed ceiling rock extracted from lignite mine belonging to Adularya Enerji Elektrik Üretimi ve Madencilik A.Ş. available on the position of Eskişehir/Mihalıççık/Koyunağlı, classification and determination execution areas of the the rock mass by the method of lab scale and land works. In this thesis, geological structure is inspected within the A sector, technical brief is submitted about the experiments committed in the lab scale. Structures of steel fortification is explained. Specifications of socket type and trapeze fittings are mentioned. Seismic velocity, mercury porosimetry, x-ray diffraction uniaxial compressive strength triaxial compressive strength methods are implemented on the samples observed from drillings made within A Sector. In the consideration of geological structure, information acquired by land Works and data obtained from the company, with RQD, Q, RMR calculations, is binded with rock mass classification and evaluated with the fortification selection. We have proposed solutions and given research about fortifications selected.

1 GİRİŞ

Yeraltı kömür madenciliğinde, uzun ayak yönteminde etkin bir tavan kontrolünün sağlanması, üretim verimliliği ile can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi açısından oldukça önemlidir. Tavan taşının sağlamlığı, kayaçların laboratuvar ve arazi deneyleri ile araştırılarak kaya malzemesi ve kaya kütlelerine ait fiziko-mekanik özelliklerin

ortaya konması ile belirlenmektedir. Bu çalışma kapsamında; Koyunağlı linyit sahası A sektörü kayaçlarının kayaç kütle kalitesi karakteristiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sahasından alınan toplam 146 adet karot numunesi ile laboratuvar çalışmaları sürdürülmüştür.

2 TÜRKİYE KÖMÜR REZERVİ

Kömür karbonlu sedimanter bir kayadır. Kömür, bir mineral değildir. Kömürün bileşimi genelde CHONS, Karbon, Hidrojen, Oksijen, Azot ve Kükürt olarak tanımlanabilir.

Ülkemiz linyit üretimi; Enerji Sektörü, Sanayi Sektörü ve Isınma Sektörü olmak üzere 3 ana sektörün taleplerinin karşılanmasına yöneliktir. 2007 yılı itibariyle, linyit üretiminin % 48'i TKİ, geri kalan ise EÜAŞ ve Özel sektör tarafından yapılmıştır. Linyit tüketiminde en büyük pay % 76 ile termik santrallere ait olup, bu oranlar sanayide % 10, ısınma sektöründe ise % 14'dür (Demirbilek, 1987).

Kamuya ait linyit sahaları için oluşturulan projelerin yıllık toplam tüvenan üretim kapasitesi $78,7 \times 10^6$ t/yıl'dır. TKİ'nin tüvenan bazda proje kapasitesi $46,2 \times 10^6$ t/yıl, satılabilir linyit bazında proje kapasitesi 41×10^6 t/yıl'dır. Bu satılabilir kapasitenin 34×10^6 t/yıl'ı 4209 MW kurulu gücündeki termik santrallere, $6,7 \times 10^6$ t/yıl ise ısınma ve sanayi sektörüne yöneliktir. Ayrıca, EÜAŞ Genel Müdürlüğü termik santrallara vermiş olduğu $23,5 \times 10^6$ ton /yıl linyit miktarını, Elbistan Termik Santralı ilave ünitelerinin devreye girmesiyle 2010 yılından itibaren kademeli olarak arttırarak 40×10^6 ton /yıl' a çıkarmayı programlamıştır. Türkiye'nin ekonomik yapılanmasında önemli bir olumsuzluk yaşanmaması durumunda linyitin enerji sektöründe payının % 30'un üzerine çıkması beklenmektedir. Elektrik üretiminde maliyet açısından hidrolikten sonra ikinci sırada linyitin yer alması ayrıca son yıllarda yerli kaynak üretim ve kullanımına ağırlık verilmesi gelecek yıllarda linyitin elektrik üretimindeki payını arttıracığı izlenimini vermektedir (Torun ve Tamzok, 2007).

Ülkemizde 512 milyon tonu görünür olmak üzere, yaklaşık $1,3 \times 10^9$ ton taşkömürü ve $13,4 \times 10^9$ ton görünür rezerv niteliğinde toplam $13,9 \times 10^9$ ton linyit rezervi bulunmaktadır (Eigm 2013; Migem 2013). Bu miktar dünya işletilebilir kömür rezervlerinin %1,8'ini oluşturmaktadır. Linyit rezervimiz ise dünya linyit rezervinin

%7,1'i büyüklüğündedir. Kurumlara ait linyit rezervleri Çizelge 2.1'de verilmiştir (Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2012).

Çizelge 2.1. Kurumlara Ait Linyit Rezervleri, (TTK, 2012).

Kurumlar	Görünür 10 ⁶ t	Muhtemel 10 ⁶ t	Mümkün 10 ⁶ t	Toplam 10 ⁶ t
EÜAŞ	7.589,2	207,7	-	7.796,9
TKİ	2.313,8	226,8	1,6	2.542,2
MTA	2.502,9	15,8	6,2	2.524,9
Özel sektör	1.036,6	Veri yok	Veri yok	1.036,6
TOPLAM	13.442,5	450,3	7,8	13.900,6

3 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Beypazarı Linyit Havzasının ekonomik değere sahip linyit kömürü, bitümlü şeyl, kil içeriğinin çok yoğun olması nedeniyle birçok çalışma yapılmıştır. Bunlar; Stchepinsky (1941), Gökmen (1965), Narin (1980), Siyako (1982 -1983), Tenekeci vd. (1983), Kayakıran ve Çelik (1986), Helvacı vd. (1988), Öner (1988), İnci (1991), Özpeker vd. (1991), Kavuşan (1993), Tankut vd. (1995), Whateley and Tuncalı (1995), Kadir ve Baş (1996), Whateley et al. (1996), Yakupoğlu (1996), Ünal (1997), Querol et al. (1997) (Karayiğit ve ark., 1999).

Siyako (1982 ve 1983) Beypazarı Havzasındaki linyitleri, A sektörü (Çayırhan), B sektörü (Beypazarı Havzasının kuzeybatısı) ve Koyunağılı sektörü olmak üzere 3 kısma ayırmıştır. Koyunağılı linyit sahasında ilk ayrıntılı çalışma, Siyako (1982) tarafından gerçekleştirilmiş ve bu alanda MTA tarafından yapılan sondajlar değerlendirilerek Koyunağılı linyit sahasında 86×10^6 ton linyit rezervi hesaplanmıştır. Siyako, jeolojik özelliklerden yararlanarak bölge linyitlerinin otokton olduğunu ve limnik fasiyeste geliştiğini belirtmiştir.

Yağmurlu ve ark. (1988) tarafından Beypazarı linyit yataklarının geometrik yapısı ve çökme konumu incelenmiştir. Bu çalışmada Neojen yaşlı birimlerin, alttan üste doğru, Çoraklar, Hırka, Akpınar, Çayırhan, Bozbelen ve Kirmir Formasyonları ile Sarıyer Kireçtaşı ve Teke volkanitleri olarak

değerlendirmişlerdir. Havzada iki ayrı stratigrafik seviyede linyit tabakasının bulunduğunu, alttaki linyit tabakasının Çoraklar Formasyonunun alt kısmında ve Çayırhan Linyit Ocaklarında işletilen üstteki linyit tabakasının ise Çoraklar Formasyonunun üst kısmında bulunduğu ve belirgin bir dokunakla Hırka Formasyonundan ayrıldığı, Koyunağılı Linyit sahasında ise sadece üstteki linyit tabakasının bulunduğu açıklanmıştır. Yazarlar tarafından, alttaki linyit tabakasının yanal yönde devamsızlık göstermesi, daha düşük kükürt içeriği ve akarsu ortamında oluşması nedeniyle üstteki linyit tabakasından tümüyle farklı olduğu. Üstteki linyit tabakasının ise yanal yönde devamlılığı, daha yüksek kükürt içeriği ve playa-göl ortamının çamur düzlüğü fasiyes koşullarında oluşması nedeniyle alttaki linyit tabakasından farklı olduğu ifade edilmiştir. Yazarlar, Koyunağılı sahasında maksimum toplam linyit kalınlığının 5,80 m olduğunu, linyit tabakasının içindeki ara kesmeler nedeniyle iki ve üç tabakaya ayrıldığını belirlemişlerdir. Hırka Formasyonunun Çayırhan linyit sahasından farklı olarak çoğunlukla kalkerli çamurtaşı ve killi kireçtaşı şeklinde bulunduğunu ve bitümlü şeyl, iyi laminalı kiltası ile evaporitik bileşenlerin bulunmadığı belirtilmiştir. Ayrıca yazarlar, Çayırhan sahasında üst linyit tabakasının ısı değerini 19.269-15.591 KJ/kg (4.602-3.724 Kcal/kg), kül içeriği % 41 ve kükürt içeriği % 5 olduğunu ifade etmişlerdir. Koyunağılı sahasındaki linyit tabakasının ısı değeri 10.613 KJ/kg (2.535 Kcal/kg), kül içeriği % 31 ve kükürt içeriği % 2,5 olduğu saptanmış ve her iki sahadaki linyitlerin tek düze kalitede olduğu ifade etmişlerdir.

Kadir ve Baş (1996) tarafından, Koyunağılı Köyünün güneybatısında ve Mihaliççik ilçesinin kuzeyindeki alanda Hırka, Karadoruk, Akpınar, Bozçayır ve Acısu Formasyonlarındaki minerallerinin dağılımı ve oluşumu incelenmiştir.

Yakupoğlu (1996) ve Yakupoğlu vd. (1996) tarafından Koyunağılı Köyü, Çukurören Köyü ve çevresinde Neojen yaşlı kayaların

stratigrafik ve sedimantolojik özellikleri ve kil mineralojisi incelenmiştir.

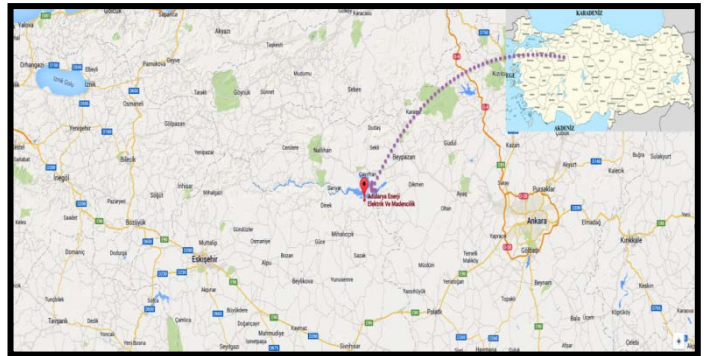
Ünal (1997) tarafından Beypazarı'nın 50 km kadar güneyinde ve Koyunağılı Köyünün güneydoğusunda, Beypazarı Granitoidinin (Dümrek-Yalnızçam) jeolojisi, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemesi yapılmıştır.

4 MATERYAL VE METOD

4.1 Adularya Enerji Elektrik Üretimi ve Madencilik A.Ş. Hakkında Genel Bilgi

Adularya Enerji Elektrik Üretimi ve Madencilik A.Ş. 2007 yılında Naksan Holding iştiraki olarak kurulmuştur. Adularya Enerji A.Ş. olarak Türkiye'nin artan elektrik tüketimi ihtiyacının karşılanması amacıyla, Eskişehir ili Mihaliççik ilçesi sınırları içerisinde olan, linyit kömürü işletmelerinde, hali hazırda 1.500 kişiden oluşan ekibi ile madencilik faaliyetlerinde bulunmaktadır. Madencilik faaliyetlerinde dünyada kullanılan son teknoloji tercih edilerek "Tam Mekanize Uzun Ayak" yöntemi uygulanmaktadır.

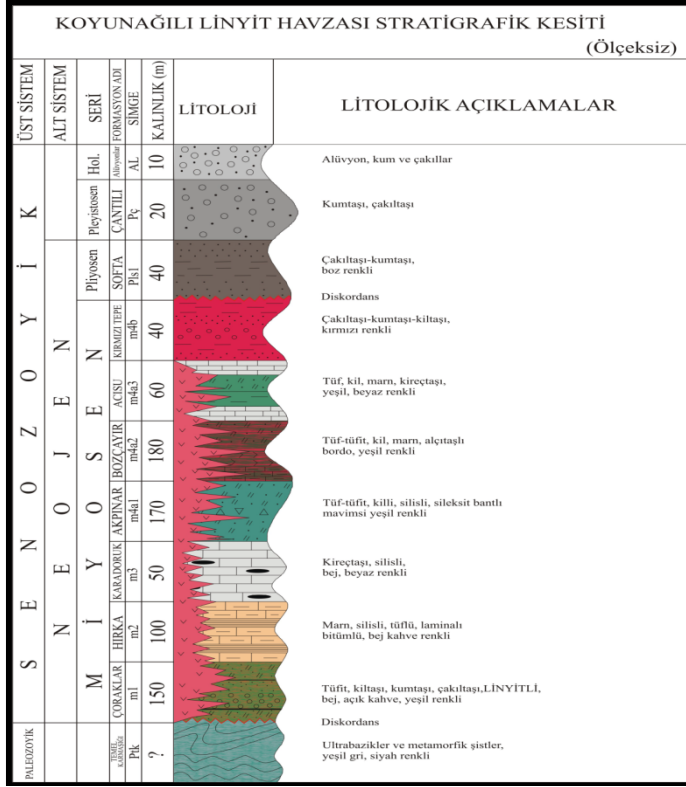
Linyit sahası Koyunağılı ve Beyköy sınırları içerisinde toplam 40 km² bir alanı kapsar. Doğuda Koyunağılı köyü, Güneyde Kavak ve Güreş köyleri, Batıda ise İkizafer köyü, kuzeyde ise Sarıyer Barajı gölü yer almaktadır. Linyit sahası fazla eğimi olmayan düzlüklerden ve kenar zonlara doğru dağlık alanlardan oluşmaktadır. Coğrafik konumu Şekil 4.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Adularya Mihaliççik yeraltı kömür işletmesi yer bulduru haritası (Anonim1, 2015).

4.2 Sahanın genel jeolojisi

Koyunağılı linyit sahası ile çevresinde paleozoyik ve senozoyik yaşlı sedimanter ve metamorfik kaya birimleri görülmektedir. Çalışma amacının özünü oluşturan karasal neojen kayaları ile diğer komşu kaya birimlerinin istiflenmesini gösteren stratigrafik kesit Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

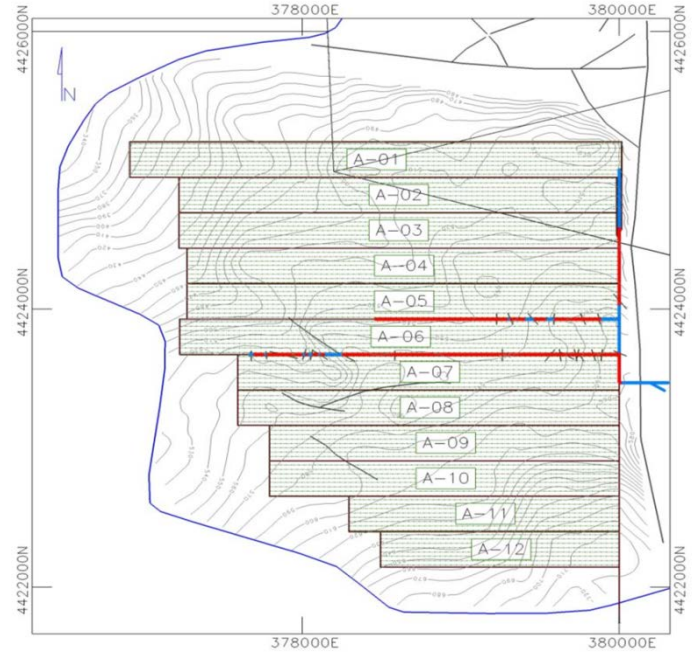


Şekil 4.2. Stratigrafik kesit (Adularya, 2012).

Saha tümüyle Miosen, pliosen ve kuvaterner yaşlı formasyonlarla kaplıdır. Alt Miosen birimleri ve temeli oluşturan Paleozoik yaşlı birimler sondajlarda izlenebilmektedir. Linyit tabakası, orta miyosen yaşlı tüflü sedimanter kayalar içeren çoraklar formasyonunun en üstünde bulunmaktadır. Linyitli zon 12-130 cm kadar tavan linyiti, 50-55 cm’lik tüflü kireçtaşı ve 40 cm taban linyiti şeklindedir.

4.3 Üretim Planı

İnceleme alanı, Eskişehir/Mihalıççık/Koyunağılı bölgesindeki Adularya Enerji Elektrik Üretimi ve Madencilğe ait linyit sahasında A sektörünü kapsamaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. A panosu üretim planı (Adularya, 2015).

Toplamda 12 pano çalışması planlanmıştır. Mevcut sektörlerde, ayak uzunlukları 250 m civarında, pano boyları ise 1720 - 2500 m arasında değişmektedir. Üretim yöntemi olarak, geri dönüşlü göçertmeli tam mekanize uzun ayak yöntemi uygulanmaktadır. Sahanın işletilebilir rezervi 39×10^6 tondur (Çizelge 4.1). Yıkamadan sonra elde edilecek temiz kömür miktarı ise 19×10^6 ton (2150 Kcal/kg) olacaktır. İşletmede, üretim kapasitesi 4×10^6 ton/yıl ($2,2 \times 10^6$ ton/yıl lave kömür), 13.000 ton/gün olarak hesaplanmıştır.

Uygulanan üretim yönteminde;

- Taban yolu ihtiyacını en aza indirmek,
- Rezervlerin daha etkin kullanılmasını sağlamak,
- Kömürün kendiliğinde yanma riskini azaltmak,
- Yüksek üretim randımanını sağlamak,
- Daha güvenli ve uzaktan kontrol edilebilir çalışma ortamı sağlamak

Amaçları ile her sahada panoların alt taban yolları bir sonraki pano için üst taban yolu olacak şekilde planlanmıştır. Bunu sağlamak amacıyla, üretim esnasında alt taban yollarında ramble (dolgu tahkimat) uygulaması uygulanmaktadır.

Çizelge 4.1. A Sektörünün Rezerv Tablosu (Adularya, 2012).

Pano Adı	Toplam Alan (m ²)	Ort. Kömür Kalınlığı (m)	Ort. Arakesme Kalınlığı (m)	Ort. Ayak Yüksekliği (m)	Toplam Kömür (ton)	Ort. Kömür Kalori (Kcal/kg)	Toplam Ara kesme (ton)	Toplam Rezerv (ton)	Tüvenan Ort.Kalori (Kcal/kg)
Pano 1	620.621	1,87	1,22	2,93	1.623.264	1.800	1.663.901	3.287.164	889
Pano 2	659.039	2,02	0,95	2,82	1.859.350	2.263	1.379.028	3.238.378	1.299
Pano 3	637.300	2,47	0,63	2,87	2.207.771	2.241	885.036	3.092.806	1.600
Pano 4	672.699	2,42	0,64	2,78	2.276.839	2.086	944.559	3.221.398	1.474
Pano 5	709.639	2,22	1,10	3,24	2.207.771	2.175	1.715.596	3.923.573	1.224
Pano 6	576.972	2,73	1,00	3,72	2.168.562	2.179	1.249.140	3.417.703	1.838
Pano 7	611.884	3,00	1,00	4,00	2.618.562	2.081	1.123.124	3.741.962	1.457
Pano 8	635.744	2,90	0,79	3,17	2.583.485	1.982	1.106.541	3.690.026	1.387
Pano 9	642.213	2,04	0,80	2,65	1.837.277	2.248	1.135.227	2.929.456	1.410
Pano 10	610.913	2,45	1,21	3,66	2.091.426	2.482	1.629.457	3.720.883	1.395
Pano 11	544.209	2,18	1,28	3,23	1.661.384	2.256	1.528.469	3.189.853	1.175
Pano 12	450.454	1,72	1,42	3,07	1.087.258	2.391	1.403.038	2.490.296	1.044
Toplam	7.362.687	-	-	-	24.223.431	-	15.763.116	39.943.508	-
Ortalama		2,35	0,97	2,85	-	2.271	-	-	1.317

4.3.1 A sektöründe yapılan sondaj

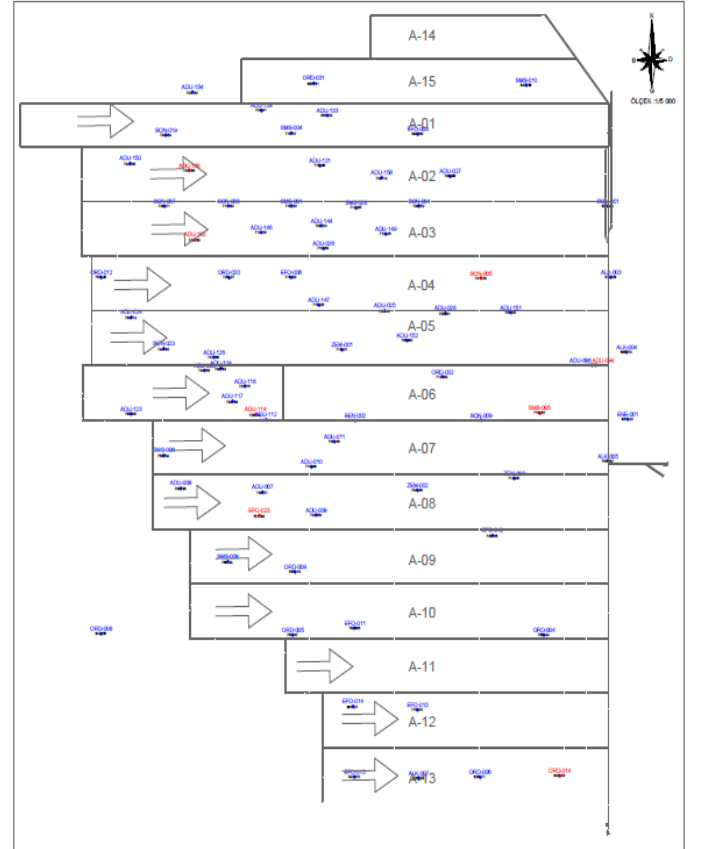
Adularya sondaj birimi her biri Rotary Sistemi ile çalışan 2 adet LF-90D sondaj makinası 1 adet RVS-21G yeraltı sondaj makinasına ilaveten bir adet de traktör kullanmaktadır. A Sektörü sondaj logu verileri Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 verilmiştir.



Şekil 4.4. A-05 panosuna ait ADU-126 sondaj logu sandık görüntüsü (Adularya, 2015).

4.4 Tahkimat Sistemi

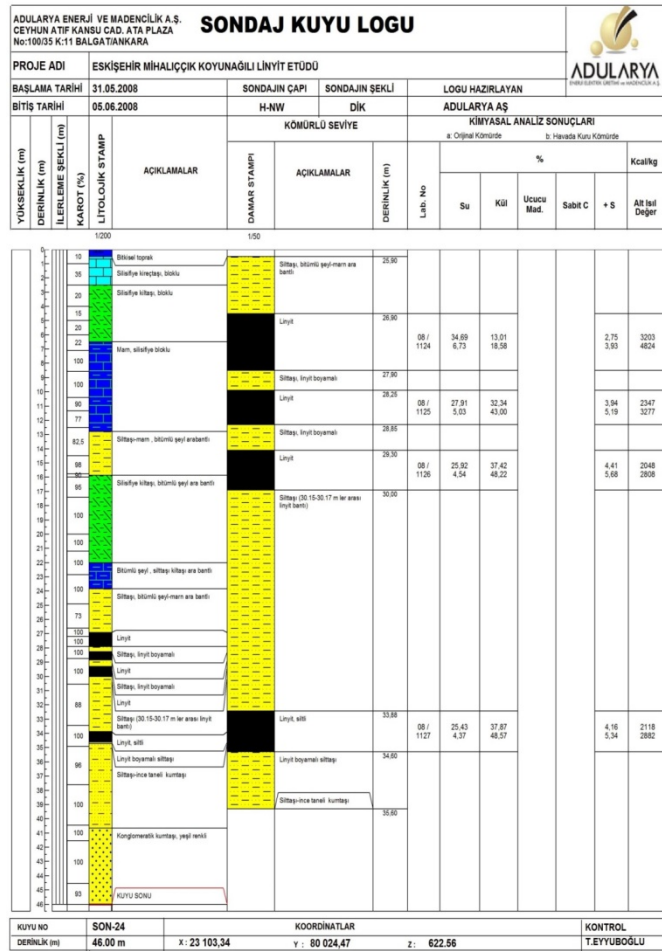
Adularya Linyit Kömürü İşletmesi, A sektöründe ocağa giriş bölgeleri ve ana nakliyat galerisi kavisli geçmeli bağlar şeklinde uygulanmıştır. Bunun dışında kalan bütün hazırlık galerileri trapez (dörtgen)

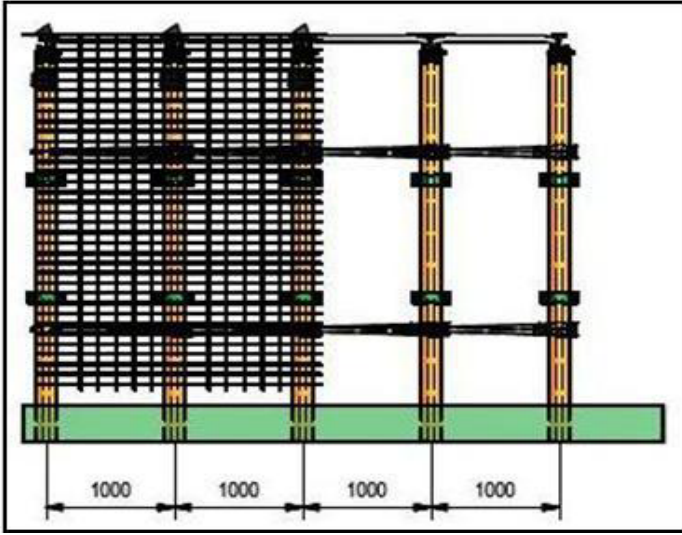


Şekil 4.5. A sektörü sondaj numuneleri haritası (Adularya, 2015).

şekilde uygulanmaktadır. Trapez tahkimat, tavanda I profil ve yan direk olarak TH profilleri kullanılmıştır. Kullanılan I profil ve TH geçme bağları Şekil 4.7 de gösterilmiştir. A sahasında hazırlık galerileri 5×6 (30 m²) kesitinde makine ile açılmaktadır. Sadece

ayak genişletme kılavuzları 35 m² olarak uygulanmaktadır.





Şekil 4.8. Galeride yapılan tahkimatın şematik görünümü (Anonim 2, 2015).

4.5 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvarında, çalışma sahasından alınan karot numuneleri ilgili deneylere tabi tutulmuştur. Bu deneyler; Cıva Porozimetresi, Sismik Hız, Tek Eksenli Basınç Dayanımı, Üç Eksenli Basınç Dayanımı deneyleridir.

Karot numunelerini deneylere hazır hale getirilebilmesi için her iki yüzeyinin de düzgün hale getirilmesi gerekmektedir. Bunun için Cutrock markasının Gsp210 modeli kullanılmıştır. Çalışma sahasından alınan toplam 146 adet karot numunesi düzeltilmiştir.

Cıva porozimetresi, toz veya yığılmalarda por boyutu, por boyut dağılımı ve yüzey alanı ölçümleri ile kütleli yoğunluk tayininde kullanılmaktadır. Ölçüm, cıva gibi reaktif ve ıslatıcı olmayan bir sıvının, yeterli basınç uygulanmadığı takdirde ince porlara giremeyeceği prensibi üzerine kuruludur. Cihaz, uygulanan basınca karşı hücrede azalan cıva miktarını, hücre uçları arasındaki kapasitans değişiminden tayin eder. Por boyutu ise basıncın fonksiyonu olarak hesaplanır. Basınç, Düşük basınç, 50psia, yüksek basınç 60.000 psia, Cihazda 3 nm ile 360 mikrometre aralığında iç gözenekler ölçülebilir.

Kayaçların sadece sismik hızlarını ölçmek, birçok fiziksel özelliğini tespit etmede kullanılmaktadır. Ayrıca sismik hızlar ile zemin ve kayaların mekanik ve fiziksel

özelliklerinin yanı sıra dinamik parametrelerinde belirlenebilmesi avantajdır. Kayaçların fiziksel özelliklerinden suya doygunluğu, boşluk oranı ve porozitesi sismik dalga hızlarının bir fonksiyonu olduğu için aralarında iyi ilişkiler vardır. Bu nedenle sismik ultrasonik yöntem ile kayaçların fiziksel ve dinamik özelliklerinin belirlenmesi birçok araştırmacıya konu olmuştur (Uyanık ve ark., 2012). Kayaçlar Çizelge 4.2'deki Anon (1979) tarafından önerilen ultrasonik dalga hızı sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. Deney yöntemi ISRM (2007) tarafından önerilen hususlar dikkate alınarak sunulmuştur. Aşağıdaki ilişki yardımıyla da dalga hızları hesaplanır. Burada;

$$V = \frac{L}{t} \quad (4.1)$$

V= P ve S dalga hızı, m/sn

L= Örnek kalınlığı, m,

t= Dalganın örneği geçme zamanı, sn.

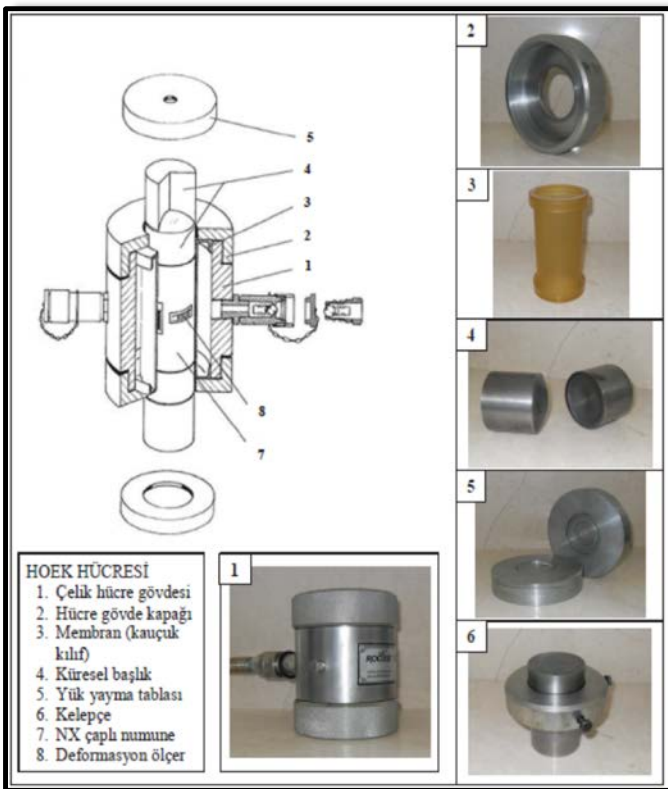
Çizelge 4.2. Kayaçların ultrasonik dalga hızına göre sınıflandırılması (Anon, 1979)

Sınıf	UPV (m/s)	Tanımlama
1	<2500	Çok düşük hız
2	2500 – 3500	3500 Düşük hız
3	3500 – 4000	4000 Orta hız
4	4000 – 5000	Yüksek hız
5	>5000	Çok yüksek hız

Silindirik bir şekle sahip kayaç malzemesi örneklerinin dayanım ve kaya kütlesi sınıflamalarında, ayrıca tasarımda yaygın biçimde kullanılan tek eksenli basınç dayanımının tayini amacı ile yapılır. Bu amaçla altı farklı panodan alınan toplam 30 adet karot numuneleri ile tek eksenli basınç dayanım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kayaçların basınç ve porozite arasındaki ilişkinin belirlenmesi için regrasyon analizleri yapılmıştır. Deney sırasında örneğe sabit bir hızda ve sürekli olarak eksenel yükleme yapabilecek yeterli kapasitede hidrolik pres kullanılır. Bu deneyde ISRM (2007) tarafından önerilen esaslar dikkate alınmıştır.

Bu deney, üç eksenli basınca maruz kalan silindirik kaya örneklerinin makaslama dayanımı parametrelerinin saptanması amacıyla yapılır. Deney verileri kullanılarak kayacın yenilme zarfı çizilir ve bu zarftan kayaç malzemesinin içsel sürtünme açısı (f) ve kohezyon (c) parametreleri belirlenir. Bu deney yönteminde, ISRM (2007) tarafından önerilen hususlar esas alınmıştır (Şekil 4.9).

Üç eksenli basınç deneyinde de gerilmelerin tam anlamıyla üniform oldukları söylenemez. Deney numunesinin alt ve üst kısmında ölü bölgeler oluşur ve buralarda şekil değiştirme olmaz ve işte bu yüzden numunenin ortasındaki bölgeler büyük şekil değiştirmelere maruz kalırlar. Ancak kesme kutusu ve serbest basınç deneyi ile kıyasla çok daha üniform gerilmeler sağlanması açısından tercih edilir (Lambe, 1967).



Şekil 4.9. Hoek hücreni oluşturan parçalar ve numunenin hücre içerisindeki konumu

Kullanılacak üç eksenli hücrenin çapına (NX veya NQ) uygun olarak alınmış karotlardan boy/çap oranı 2.5-3.0 olacak şekilde hazırlanmış düzgün ve sağlam karot örneklerinin boy ve çapları kompas ile birbirine dik yönlerde, ayrı ayrı ölçülür.

Eksenel yükleme hızı deneyin başında ve kayaç 5-15 dakika arasında yenilecek veya gerilme hızı 0,5 ile 1,0 MPa/s olacak şekilde yükleme presinden ayarlanmaktadır. Örneğe yenilme anında uygulanan yük, uygulanan yanal basınçla birlikte kaydedilir.

Numunelerin petrografik ve mineralojik özelliklerinin ortaya konulması için XRD yöntemi uygulanmıştır. XRD ile analizde, malzeme yapısı (kristalin/amorf), kristalin malzemeler için kalitatif mineralojik analiz, latis parametresinin hesaplanması, kristal yapısının belirlenmesi gibi özellikler belirlenebilir. Bu tahribatsız analiz yöntemi malzeme bilimi, jeoloji ve daha birçok değişik alanlarda yaygın bir kullanıma sahiptir. Adularya Enerji Anonim Şirketi'ne ait yer altı maden ocağından alınan numunelerin XRD analizleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama Araştırma Merkezi'nde Bruker Marka D 8 Advance model X ışınları kırınımı cihazı kullanılarak yapılmıştır.

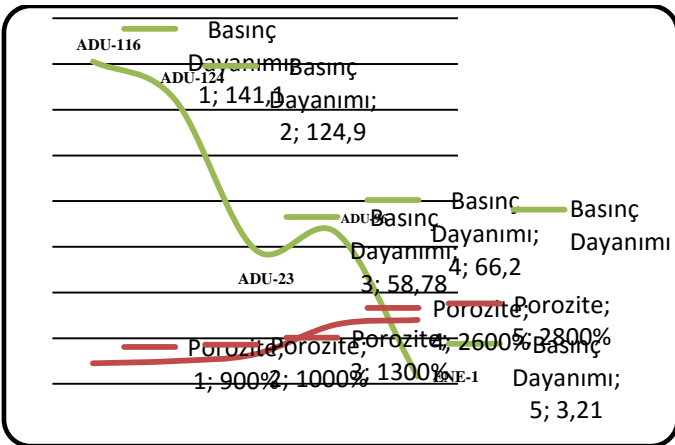
5 BULGU VE DEĞERLENDİRMELER

5.1 Deney Sonuçları

TUAM' da cıva porozimetresi cihazı ile yapılan deneylerin doğrultusunda elde edilen raporların sonuçlarına göre farklı numunelere ait veriler verilmiştir. A-05 ve A-06 panolarından alınan toplam 20 adet karot numunelerinin verileri Çizelge 5.1'de verilmiştir. Deney sonucunda A-05, A-06 ve A-07, A-08 panolarından alınan yirmi farklı numunelere ait toplam hacme sızma, toplam gözenek alanı porozite, ortalama gözenek çapı, yığın yoğunluğu ve belirgin (iskelet) yoğunluğu elde edilmiş olup çizelge halinde sunulmuştur. A-06 ve A-05 Panolarındaki cıva porozimetresi değerleri ile tek eksenli sıkışma dayanımı verileri birbirleriyle ilişkilendirilmiştir. Şekil 5.1'de poroziteye bağlı tek eksenli basınç dayanım grafikleri görülmektedir. A-05, A-06, A-07 ve A-08 panolarından belli aralıklar ile kritik noktalardan alınan numunelerin en fazla porozite dağılım oranı A-08 panosu ADU-9 numunesi ve A-06 panosundaki ENE-1 numunesinde rastlanmıştır.

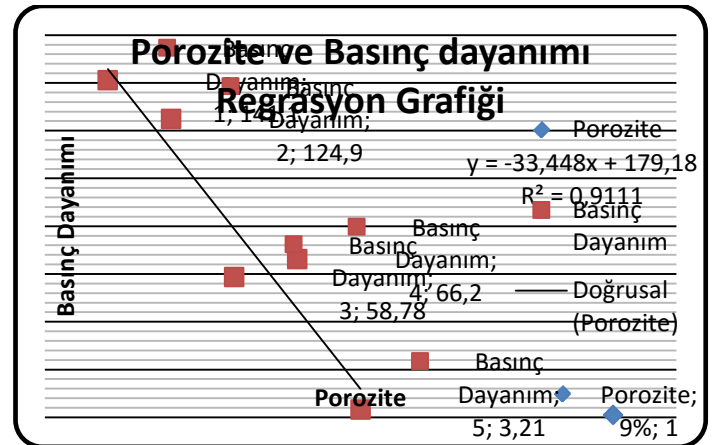
Çizelge 5.1. Cıva Porozimetresi Deney Sonuçları.

Numune Adı	Toplam Hacme Sızma mL/g	Toplama Gözenek Alanı m ² /g	Ortalama Gözenek Çapı nm	Yığın Yoğunluğu 0.52 psia g/mL	Porozite %	Belirgin İskelet Yoğunluğu g/mL
ENE-1	0.1590	2.919	218.0	1.7791	28	2.4812
ORD-32	0.0955	1.730	220.8	2.0136	19	2.4927
ADU-9	0.1832	5.953	123.1	1.7008	31	2.4706
BEN-2	0.1905	12.607	60.4	0.8278	16	0.9827
ADU-96	0.1567	9.967	62.9	1.6780	26	2.2767
ADU-124	0.0381	1.730	88.1	2.7570	11	3.0807
ADU-152	0.0610	4.072	59.9	2.2043	13	2.5468
ADU-28	0.0432	3.371	51.2	2.3299	10	2.5904
SON-23	0.0057	0.003	7665.3	2.7275	2	2.7703
ADU-147	0.0391	3.537	44.2	2.3378	9	2.5731
ADU-23	0.0564	4.025	56.1	2.2731	13	2.6075
ADU-26	0.0338	2.890 m	46.8	2.3892	8	2.5992
ADU-116	0.0362	4.725	30.6	2.3585	9	2.5784
ALK-4	0.1391	6.054	91.9	1.9039	26	2.5898
ADU-151	0.0398	5.124	31.0	2.4561	10	2.7221
ADU-117	0.0445	3.988	44.7	2.3900	11	2.6747
ADU-10	0.0257	3.085	33.4	2.5648 g	7	2.7460
SON-24	0.0725	10.919	26.6	2.1858	16	2.5974
ZEM-1	0.1258	15.571	32.3	2.0224	25	2.7125
ADU-112	0.0239	1.491	64.0	2.5357 g	6	2.6990



Şekil 5.1. A - 06 Panosu Poroziteye Bağlı Tek Eksenli Basınç Dayanım Grafiği

Porozite değerlerindeki değişim, kayaçların mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Yapılan araştırmada, porozitenin artması sonucu, kayaçların mukavemeti azalmakta ve kayaç içinde gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Porozitenin artmasıyla atmosfer etkilerine karşı direncin düştüğü bilinmektedir. Ayrıca porozitenin yüksek olması; yoğunluğun azalması, kayacın ısı ve ses iletkenliklerinin artmasını sağlamaktadır (Şekil 5.2.)



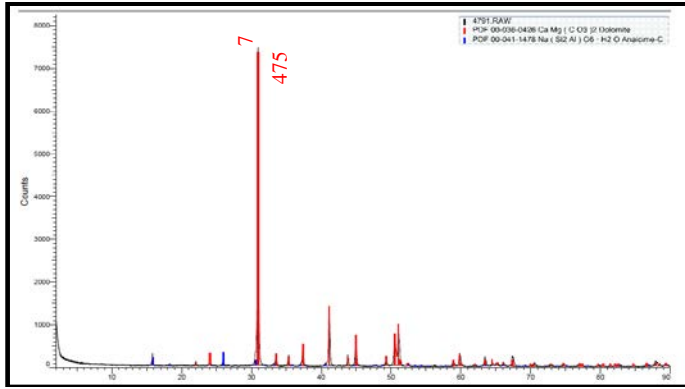
Şekil 5.2. A-06 Panosu Porozite ve Basınç Dayanımı Regrasyon Analizi

Şekil 5.2'den anlaşılacağı gibi, tek eksenli basınç değeri ile porozite arasında anlamlı pozitif lineer ilişki bulunmaktadır. Porozite düştükçe hız değeri artmaktadır. Kireçtaşlarının hem hızlarının hem de ölçülen ve hesaplanan elastisite modüllerinin çok yüksek olması bunların oldukça sağlam bir yapıya sahip olduklarını göstermektedir.

5.2 XRD Deney Verileri

Ocaktan A-06 panosundan alınan dört adet numune örneklerinin mineral yapılarını belirlemek için XRD incelemeleri

yapılmıştır. Örneklerdeki en önemli alterasyon mineralinin dolomit olduğu belirlenmiştir. Numunelere ait XRD grafikleri Şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.3. A-06 Panosundan alınan numuneye ait XRD difraksiyonu.(ORD-32)

ORD-32 numunesinde ağırlıklı olarak dolomit ve analsim mineralleri görülmektedir. Analsim analsit olarak da bilinir; Kimyasal bileşimi; hidratlı sodyum aluminosilikat'dır $Na (Si_2 Al) O_6 H_2O$. Zeolitin mineral grubu içinde yer alır. Yüksek sıcaklıklarda erir, asitte çözülme gösterir. Beyaz, gri ya da renksizdir.

ADU-96 numunesinde en fazla yansıma yapan mineral dolomit ve alünojenidir. Alünojen, sulu alüminyum sülfat mineralidir. BEN-2 numunesinde ağırlıklı olarak yansıma yapan, minerallerin başında analsim gelmektedir, dolomit ve bruşit de yansıma yapan diğer minerallerdir. Bruşit, sulu asidik kalsiyum fosfat mineralidir.

ENE-1 numunesinde analsim, albit, kuvars yansıma yapan minerallerdir. Albit, sodyum ağırlıklı bir feldspat mineralidir. Beyaz, gri, yeşilimsi gri, mavimsi gri renklerde bulunabilir. Sertliği 6'dır. Kuvars, özgül ağırlığı $2,65 \text{ g/cm}^3$, sertliği 7'dir.

5.3 Sismik Hız Deneyi

Sismik hız deney verileri A-05, A-06 panolarındaki porozite sonuçlarıyla ilişkilendirilmiştir. L/D oranı ortalama 1.20'dir. Porozite miktarı azalırken m/sn değeri artmaktadır. Numune boyutu arttıkça kuru ultrasonik dalga hızının da arasındaki farkın arttığı söylenebilir.

A-05 Panosu ve A-06 Panosu ultrasonik dalga hızı verileri Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3 verilmiştir.

Çizelge 5.2 A-05 Panosu Sonik Hız Verileri

A-05 PANOSU			
Numune Adı		Sonik Hız	
		μ	m/sn
ALK-4	Tavan	25,3	2371
ALK-4 a	Tavan	54,6	2161
ADU-96	Tavan	32,7	2324
ADU-151 a	Tavan	26,1	4597
ADU-151 b	Tavan	23,1	4848
ADU-28	Tavan		
ADU-152	Tavan	13,6	4485
ADU-152 a	Tavan	10,2	4607
ADU-25	Tavan	27,1	4059
ZEM-1	Tavan	19,6	3061
ADU-126	Tavan	5,6	6250
ADU-126a	Tavan	20,1	6318
ADU-126b	Tavan	19,7	6071
SON-23	Tavan		
SON-24	Tavan	24,6	2601
ADU-24	Tavan	29,7	4040

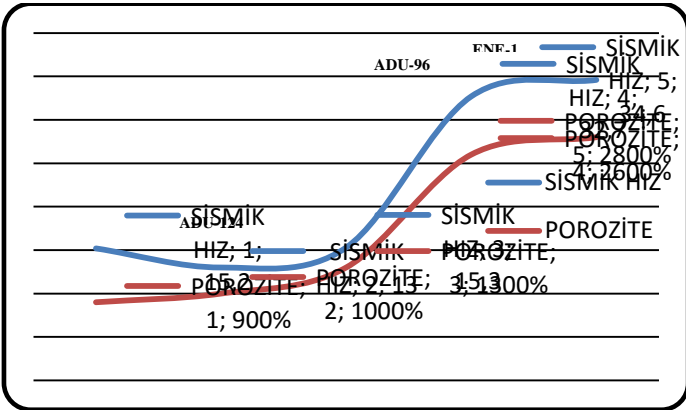
Çizelge 5.3. A-06 Panosu Sonik Hız Verileri

A-06 PANOSU			
Numune Adı		Sonik Hız	
		μ	m/sn
ENE-1	Tavan	34,6	1820
ENE-1 a	Tavan	47,3	1606
ORD-32	Tavan	37,7	2997
ORD-32 a	Tavan	23,7	5021
ADU-116	Tavan	9,2	3586
ADU-116 a	Tavan	20,2	5544
ADU-117 a	Tavan	21,3	5164
ADU-117 b	Tavan	25,1	4980
ADU-124	Tavan	16,6	5000
ADU-124 a	Tavan	8	5750
ADU-23	Tavan	18,7	3743
ADU-23a	Tavan	13,1	3816
ADU-23b	Tavan	1702	2906
ADU-23c	Tavan	30	4000
ADU-123 a	Tavan	2706	4456
ADU-123 b	Tavan	32	3937

A-06 Panosundaki numunelerin porozite ve sismik hızları arasındaki ilişkiler Şekil 5.4'da verilmiştir. Sismik hız ve porozite ile

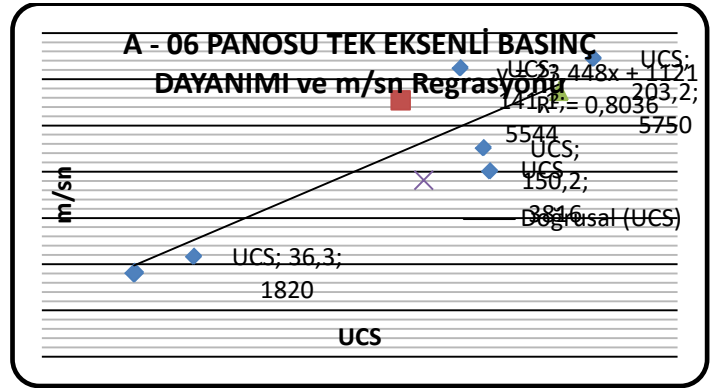
ilişkilendirildiğinde iyi bir dağılım göstermiştir.

Şekil 5.5' de, tek eksenli basınç dayanımı ve sismik hız ilişkisi verilmiştir.



Şekil 5.4. A-06 panosu poroziteye bağlı sismik hız grafiği

Porozite artışına oranla tek eksenli basınç dayanımında da artma gözlenmiştir. Bunun nedenin kayalardaki porozite miktarının yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna örnek olarak ultrasonik hızın suya doymun durumdaki değişimlerini inceleyen Thill ve Bur, (1969) kayaç çok küçük bir poroziteye sahip dahi olsa ultrasonik hızda dikkate değer bir değişimin olduğunu göstermişlerdir.



Şekil 5.5. A-06 Panosu tek eksenli basınç dayanımı ve sismik hız regrasyonu

5.4 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Verileri

Bu çalışmada otomatik kontrollü 200 ton yükleme kapasiteli hidrolik pres kullanılmıştır. Tek eksenli basınç dayanım deneyi ISRM (2007)'e göre yapılmış ve yükleme hızı 20 kg/sn alınmıştır.

A-05 Panosu ve A-06 Panosu Tek eksenli basınç dayanım değerleri Çizelge 5.4 - Çizelge 5.5 verilmiştir.

Çizelge 5.4. A-05 Panosu Tek eksenli basınç dayanımı deney verileri

A-05 PANOSU					
Numune Adı	d (mm)	L (mm)	ALAN (cm ²)	UCS (Mpa)	Eşdeğer Tek Eksenli Basınç Dayanımı (σc) Mpa
ALK-4 Tavan	47,42	60,78	70	29,9	19,5
ADU-96 Tavan	46,32	77,26	67	66,2	43,0
ADU-152 Tavan	63,1	60,23	125	36,4	25,0
ADU-152 a Tavan	63,1	47,33	125	76,7	52,8
ZEM-1 Tavan	47,06	60,73	70	118,4	77,3
ADU-126 Tavan	47,26	35,85	70	78,9	51,5
SON-24 Tavan	46,81	64,00	67	99,1	64,4

Çizelge 5.5.A-06 Panosu Tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları

A-06 PANOSU					
Numune Adı	d (mm)	L (mm)	ALAN (cm ²)	UCS (Mpa)	Eşdeğer Tek Eksenli Basınç Dayanımı (σc) Mpa
ENE-1 Tavan	47,5	63,42	70	3,21	1,97
ENE-1 a Tavan	47,5	77,37	70	36,3	22,32
ADU-116 Tavan	63,23	32,52	125	141,1	82,40
ADU-124 Tavan	47,05	83,67	70	203,2	124,96
ADU-23a Tavan	63,67	50,24	125	150,2	87,72

5.5 Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deney Verileri

Bu çalışmada otomatik kontrollü 200 ton yüklemeye kapasiteli hidrolik pres kullanılmıştır. Üç eksenli basma dayanım deneyi ISRM (2007)'e göre yapılmıştır.

A-05 Panosu ve A-06 Panosu Üç eksenli basınç dayanım değerleri Çizelge 5.6 - Çizelge 5.7 verilmiştir.

Üç eksenli basınç dayanımı deneyinde kullanılan numunelerin test öncesi ve sonraki durumu Şekil 5.6'de verilmiştir.



Şekil 5.6. Üç eksenli basınç dayanımı yapılmadan önceki ve sonraki numunenin durumu

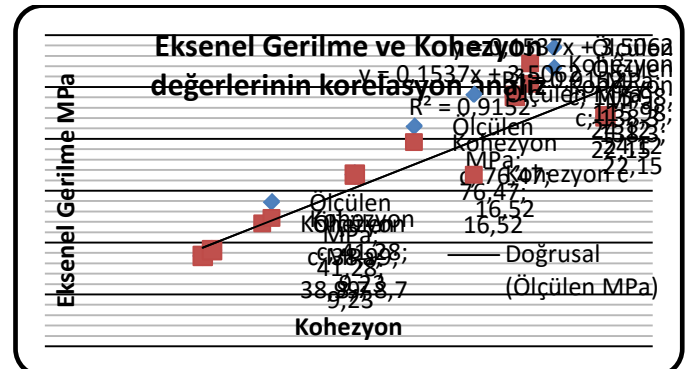
Çizelge 5.6. A-05 Panosu Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deney Verileri

A-05 PANOSU								
Numune Adı	d (mm)	L (mm)	Yanal Basınç (MPa)	Eksenel Gerilme (MPa)	Yenilme Düzleminin Açısı	Kayma Gerilmesi (Mpa)	İçsel Sürtünme Açısı (φ)	Kohezyon (C)
ADU-151 a	63,03	120,7	0,2	138,3	80	23,61	18,42	22,15
ADU-151 b	63,04	112,6	0,2	115,98	67	41,64	44,42	24,12
ADU-24	63,44	120,3	0,2	76,47	68	26,49	42,42	16,52
ADU-126	47,26	35,85	0,2	38,99	70	12,46	38,42	8,7
ADU-126 a	47,3	126,8	0,2	41,28	70	13,2	38,42	9,23

Çizelge 5.7. A-06 Panosu Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deney Verileri

A-06 PANOSU						
Numune Adı	d (mm)	L (mm)	Kesit Alanı	Yanal Basınç (Mpa)	Eksenel Gerilme (Mpa)	Yenilme Düzleminin Açısı
ADU-116 a	63,21	112,8	125	0,2	86,17	52
ADU-23a	63,67	50,24	125	0,2	148,9	90
ADU-23c	63,72	129,75	125	0,2	92,66	90
ADU-123 a	63,3	123,55	125	0,2	83,36	90
ADU-123 b	63,32	127,5	125	0,2	65,09	80

Deney bulgularını kullanarak doğrusal Mohr-Coulomb kriteri ile kayalara ait c ve φ değerleri (ölçülen/deneysel c ve φ) bulunmuştur. Kohezyon ve içsel sürtünme açısı kayaların makaslama gerilmesi altında gelişen deformasyona karşı gösterdiği direnci belirlemek için kullanılır. Kaya malzemesinin litolojik özelliği ve anizotropisi gibi birçok faktörden etkilenmektedir. A-05 panosunda eksenel gerilme ve kohezyon değerlerinin korelasyon analizi yapılmıştır (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. A-05 Panosu eksenel gerilme ve kohezyon değerlerinin korelasyon analizi

5.6 Kaya Kütle Kalitesi (RQD) Belirlenmesi

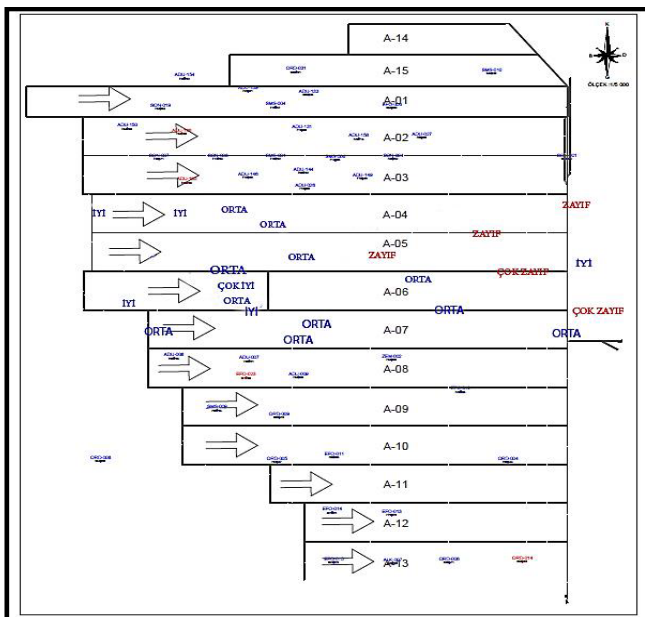
İşletmeden alınan karot numunelerinde yararlanılarak RQD Tanımı ve hesaplanması yapılarak RQD (%) belirlenmiştir. Manevra boyu 300 cm'dir. Çizelge 5.8, Çizelge 5.9'de RQD ve Kaya kütle kalitesi gösterilmiştir. Hesaplanan RQD verilerinin A Sektöründe üzerinde Şekil 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8. A-05 Panosu RQD değerleri

A - 05 PANOSU			
Sıra No	Numune Adı	RQD	Kaya Kütle Kalitesi
1	ALK-4 Tavan	77,84	İyi
2	ADU-96 Tavan	20,21	Çok Zayıf
3	ADU-151 Tavan	43,49	Zayıf
5	ADU-152 Tavan	44,99	Zayıf
7	ZEM-1 Tavan	54,83	Orta
8	ADU-126 Tavan	64,84	Orta

Çizelge 5.9. A-06 Panosu RQD değerleri

A - 06 PANOSU			
Sıra No	Numune Adı	RQD	Kaya Kütle Kalitesi
1	ENE-1 Tavan	23,33	Çok Zayıf
2	ORD-32 Tavan	56,33	Orta
3	ADU-116 Tavan	94,5	Çok İyi
4	ADU-117 Tavan	69,66	Orta
5	ADU-124 Tavan	54,96	Orta
6	ADU-23 Tavan	82,33	İyi
7	ADU-123 Tavan	76,33	İyi



Şekil 5.8. RQD verilerinin pano üzerindeki yerleşimi

5.7 Q Sisteminin Belirlenmesi

Bölüm 2.3.2'de belirtildiği gibi, kaya kalitesi tanımı (RQD), eklem takım sayısı (Jn), eklem pürüzlülük değeri (Jr), eklem ayrışma sayısı (Ja), eklem suyu azaltma faktörü (Jw) kazı tahkimat oranı (ESR) ve gerilme azaltma faktörü (SRF), karot numunelerinden ve arazide yapılan çalışmalar neticesinde A-05 ve A-06 panoları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Kazı tipi; 'Kalıcı maden kazıları, hidroelektrik amaçlı su tünelleri (çok yüksek basınçlı olanlar hariç), pilot tüneller, geniş kazılarda giriş galerileri vs.' seçilmiş ve ESR 1,6 alınmıştır. Eklem takım sayısı; 'Üç eklem takımı, düzensiz eklemler' olarak seçilmiş ve Jn oranı 12 alınmıştır.

Eklem Pürüzlülüğü; 'Düzlemsel-pürüzlü' olarak ele alınmış ve Jr oranı 1.5 seçilmiştir. Eklem ayrışma sayısı; 'Hafifçe ayrılmış eklem duvarları, yumuşamayan mineral kaplamaları, kumlu partiküller, kil içermeyen parçalanmış kaya' olarak seçilmiş ve Ja değeri 2.0 olarak alınmıştır.

Eklem Suyu Azalım Faktörü; 'Orta derecede su gelimi, eklem dolgularında yıkanma' olarak seçilmiş olup JW değeri 0,66 olarak alınmıştır.

Gerilme Azalma Faktörü; 'Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren çok sayıda zayıflık zonu, çok gevşek komşu kaya (herhangi bir derinlikte)' olarak belirlenmiştir ve SRF değeri 10 alınmıştır.

Eşitlik.2. kullanılarak Q değerini hesaplıyoruz.

$$Q = \frac{50}{12} \times \frac{1,5}{2} \times \frac{0,66}{10} \quad (2)$$

$$Q = 0,20625$$

RQD < 10 (0 dahil) olduğu zaman nominal (10) gibi bir değer kabul edilir.

A-05 ve A-06 panolarındaki Q değerleri Çizelge 5.10. ve Çizelge 5.11'de gösterilmiştir. A-05 panosunda ortalama Q değeri 0,21051 hesaplanmıştır. Tahkimatın belirlenmesinde Q değeri ile açıklığın eşdeğer boyutu değerlendirilir. Eşdeğer boyut Eşitlik 2.3'den hesaplanır.

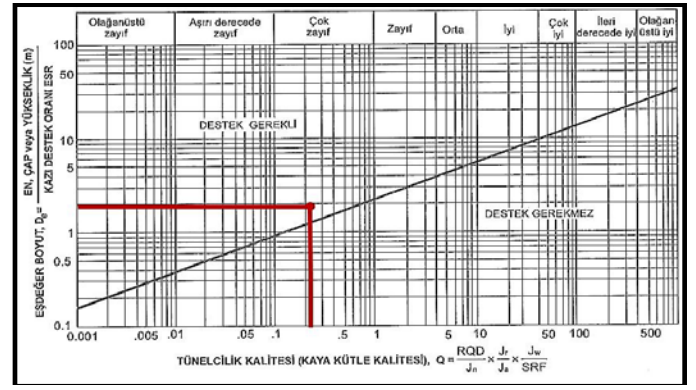
$$De \text{ (eşdeğer boyut)} = \frac{\text{Kazı genişliği veya yüksekliği}}{\text{Kazı tahkimat oranı (ESR)}} \quad (2.3)$$

$$De \text{ (eşdeğer boyut)} = \frac{3}{1,6}$$

$$De = 1.875$$

A-05 panosunda hesaplanan Q değeri ile eşdeğer boyut arasındaki ilişki Şekil 5.9'de gösterilmiştir. Bu eşleştirme ile 'Çok zayıf' kaya kategorisi belirtilmiştir.

A-06 panosunda yapılan kaya kütle kalitesi hesaplamalarında yedi adet verinin ortalama değeri 0,22122 çıkmıştır. Eşdeğer boyut da 1,875 olarak alınmış olup aralarındaki ilişki Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



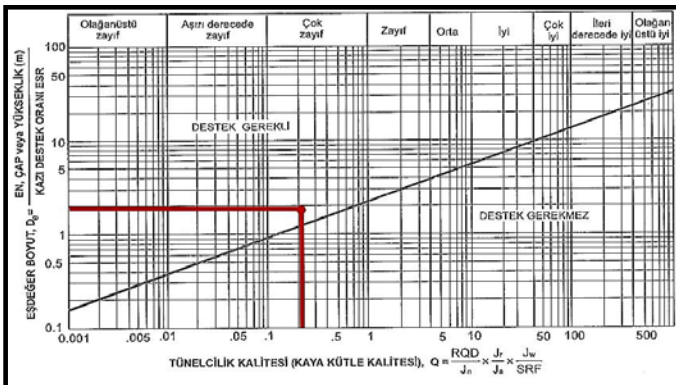
Şekil 5.10. A-06 Panosu Q ve eşdeğer boyut arasındaki ilişki

Çizelge 5.10. A-05 Panosu Q Değerleri

Numune Adı	Q	Kaya Kütle Kalitesi RQD
ALK-4 Tavan	0,32109	İyi
ADU-96 Tavan	0,083366	Çok Zayıf
ADU-151 Tavan	0,179396	Zayıf
ADU-152 Tavan	0,185584	Zayıf
ZEM-1 Tavan	0,226174	Orta
ADU-126 Tavan	0,267465	Orta

Çizelge 5.11. A-06 Panosu Q Değerleri

Numune Adı	Q	Kaya Kütle Kalitesi
ENE-1 Tavan	0,096236	Çok Zayıf
ORD-32 Tavan	0,232361	Orta
ADU-116 Tavan	0,389813	Çok İyi
ADU-117 Tavan	0,287348	Orta
ADU-124 Tavan	0,22671	Orta
ADU-23 Tavan	0,00126	İyi
ADU-123 Tavan	0,314861	İyi



Şekil 5.9. A-05 Panosu Q ve eşdeğer boyut arasındaki ilişki

5.8 Jeomekanik Sınıflama (RMR) Belirlenmesi

RMR Sınıflama Sistemi olarak bilinen ve kaya kütlelerinin tanımlanmasında sıklıkla kullanılan bu sistem ilk defa Bieniawski (1973) tarafından geliştirilmiştir. Sistem, 1973'ten 1989'a kadar derlenen yeni verilerle desteklenerek ve bazı değişikliklere uğrayarak en son şeklini almıştır (Bieniawski, 1989). RMR sistemine göre kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında aşağıda belirtilen 5 parametre esas alınmaktadır. Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS), RQD, Süreksizlik aralığı, Süreksizliklerin durumu (devamlılık, pürüzlülük, dolgu, bozunma, açıklık), Yer altı suyu durumudur.

RMR Sınıflama sistemi uygulanırken her parametre için verilen ölçütler veya değerler hazırlanan esas alınarak toplam 100 üzerinden puanlama yapılır. Yapılan arazi gözlemleri ve kişisel görüşmeler ile bu çalışmada, tek eksenli sıkışma dayanımı olarak laboratuvar ölçekli yapılan tek eksenli basınç dayanımı değerlerinden elde edilen A-05 panosu için 47,7 MPa A-06 panosu için 63,8 MPa alınmıştır. RQD değeri ise Deere vd. (1967) tarafından önerilmiş ve silindirik şeklini koruyan, doğal süreksizlikler tarafından bölünmüş sağlam kayaç karot parçaları arasında boyu 10 cm ve 10 cm'den büyük olanların toplam uzunluğunun ilerleme uzunluğuna oranı şeklinde işletmeden alınan karot numuneleri temel alınarak hesaplanmıştır. Süreksizlik açıklığı, <60 mm'den düşük olduğu için süreksizlik durumu parametresi için 5 puanlama

yapılmıştır. Arazide yapılan gözlemlerde genelde çatlaklardan hafif su gelirine rastlanmıştır ve yeraltı suyu durumu ıslak olarak kabul edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda her bir parametre için belirlenen puanlama sonuçları Çizelge 5.12. ve Çizelge 5.13’da sunulmuştur.

Çizelge 5.12. A-05 Panosu RMR Sınıflama Sistemi İçin Gerekli Değerler ve Puanlaması

Sınıflama Parametresi	Parametre Değeri	Puan
1. Tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) MPa	47,7	4
2. RQD (%)	51,03	13
3. Süreksizlik aralığı (m)	<60 mm	5
4. Süreksizliklerin durumu	Çok pürüzlü yüzeyler devamlı değil, Kapalı yarı, Bozunmamış duvar kayası	30
5. Su durumu	Islak	7
Toplam RMR puanı		59

Çizelge 5.13. A-06 Panosu RMR Sınıflama Sistemi İçin Gerekli Değerler ve Puanlaması

Sınıflama Parametresi	Parametre Değeri	Puan
1. Tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c)	63,8 MPa	7
2. RQD (%)	65,3	13
3. Süreksizlik aralığı (m)	<60 mm	5
4. Süreksizliklerin durumu	Çok pürüzlü yüzeyler devamlı değil, Kapalı yarı, Bozunmamış duvar kayası	30
5. Su durumu	Islak	7
Toplam RMR puanı		62

Kaya Kütleli Puanlama (RMR) sistemine göre yapılan değerlendirmede, 5 parametreden elde edilen A-05 panosu için 59 puan ile orta kalitede kaya (III. Sınıf) ve

A-06 panosu için 62 puan ile iyi kaya (II.sınıf) sınıfına girdiği belirlenmiştir.

A-05 panosu için ortalama desteksiz kalabilme süresi 5 metre açıklık için 1 hafta olarak belirlenmiştir. Kaya kütlelerinin kohezyonu ortalama 300-200 KPa. Kaya Kütlelerinin Sürtünme Açısı 25-35° olarak belirlenmiştir.

A-06 panosu için ortalama desteksiz kalabilme süresi 10 m açıklık için 1 yıl olarak belirlenmiştir. Kaya kütlelerinin kohezyonu ortalama 400-300 KPa. Kaya Kütlelerinin Sürtünme Açısı 45-35° olarak belirlenmiştir.

6 TATIŞMALAR VE SONUÇLAR

Bu çalışma Adularya Enerji Elektrik Üretimi ve Madencilik A.Ş de A sektöründe bulunan 15 panodan alınan tavan kayacının karot numuneleri üzerinde Q Barton, RMR kaya sınıflaması seçilerek galeri ve tahkimat sistemleri incelenmiştir.

A sektörü yeraltı ocağa giriş bölgeleri (A-610, A-510) ve ana nakliyat galerisi ve desandreler de kavisli geçmeli (TH) bağlar şeklinde uygulanmıştır. Bunun dışında kalan hazırlık galerileri trapez (dörtgen) şekilde uygulanmaktadır. Trapez tahkimat, tavanda I profil ve yan direk olarak TH profillerin kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. A sektöründe hazırlık galerileri 5×6 (30 m²) kesitinde makine ile açılmaktadır. Sadece ayak genişletme kılavuzları 35 m² olarak uygulanmaktadır. Galeri açma makinası olarak Dosco Mk2B kullanılmaktadır.

Kazı çalışmalarında yaklaşık 1,2 m’lik ilerlemeden sonra maksimum 1 m aralıklarla tahkimat çalışması yapılmaktadır. Yardımcı tahkimat elemanı olarak ağaç fırçalar, oynar başlıklar, ağaç malzemeler ve 0,5×1 m boyutlarında çelik hasırlar kullanılmaktadır. Tahkimat çalışması sırasında galeri açma makinası ile kazı çalışması yapılamamaktadır. Tahkimat çalışmasında bağın tavana kaldırılmasında galeri açma makinesinden faydalanılmaktadır. Taban taşı yeşil marndan (kil taşı) oluşmaktadır. Ara

kesme adı verilen yapı marndan (kil taşı) oluşmaktadır.

Yirmi farklı A-06 ve A-05 Panolarından alınan civa porozimetresi değerleri ile tek eksenli sıkışma dayanımı verileri birbirleriyle ilişkilendirilmiştir. Porozite değerlerindeki değişim, kayaçların mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Yapılan araştırmada, porozitenin artması sonucu, kayaçların mukavemeti azalmakta ve kayaç içinde gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Porozitenin artmasıyla atmosfer etkilerine karşı direncin düştüğü bilinmektedir. Ayrıca porozitenin yüksek olması; yoğunluğun azalması, kayacın ısı ve ses iletkenliklerinin artmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada tek eksenli basınç dayanımının tahmin edilmesi için regresyon analizleri yapılmıştır. Korelasyon katsayısı $R^2 = 0,9111$ olarak belirlenmiştir. Tek eksenli basınç değeri ile porozite arasında anlamlı pozitif lineer ilişki bulunmaktadır. Porozite düştükçe hız değeri artmaktadır. Porozite artışına oranla tek eksenli basınç dayanımında da artma gözlenmiştir. Bunun nedenin kayaçlardaki porozite miktarının yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir

Laboratuarda yapılan üç eksenli ve tek eksenli basınç dayanım deneyleriyle, tavan kayacının dayanım parametreleri belirlenerek elde edilen sonuçlar, hem de arazi değerlerinin ampirik yaklaşımları ile belirlenen mukavemet değerleri göz önünde bulundurularak kullanılan tahkimat sistemlerinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Kaya kütle sınıflandırması ile A-05 panosu için A-05 panosu için ortalama desteksiz kalabilme süresi 5 metre açıklık için 1 hafta, A-06 panosu için 10 m açıklık için 1 yıl olarak belirlenmiştir.

Öneri olarak, çok çatlaklı bölgelerde kavlak düşmesini önlemek ve yangın çıkma ihtimaline karşı kullanılan püskürtme köpük yerine, püskürtme beton kullanılabilir ve püskürtme beton daha ucuz maliyet sağlar ayrıca daha sağlam yapı ve kesin sonuç alınır. A sektöründe, galeri ve desandreler de kullanılan geçme (TH) bağlar yerine, elastisite modülü yüksek olan geçme (TH) bağlar tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Adularya. 2012, Koyunağılı / Mihaliççık / Eskişehir Koyunağılı Havzasının Linyit Jeolojisi Raporu.
- Adularya 2015 Kişisel Görüşme, *Adularya Enerji Elektrik Üretimi ve Madencilik*, Eskişehir
- Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü İşletme Laboratuvarı, 2015
- Aksoy, A.. 2009, Yeraltı Yapıları ve Tahkimat Tasarımı Ders Notları Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendislik Bölümü
- Anon, 1979, Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part 1-rock and soil materials. Bull. Int. Ass. Eng. Geo. 19, 364-371.
- Arıoğlu, E.. 2009 Tünel Dersi Notları Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendislik Bölümü.
- Barton, N.R., Lien, R. ve Lunde, J., 1974. Engineering Classification of Rock
- Bieniawski, Z.T., 1989; Engineering Rock Mass Classifications. John Willey and Sons, Newyork, 237 sf.
- Bilim, N., 2007, Çayırhan Yeraltı Kömür Ocağında Kazı Makinalarının Performanslarının Araştırılması ve Kayaç özellikleri ile İlişkilendirilmesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, 5-8.
- Çopur, H., Balcı, C. ve Tokat, M., 2012, Soma-Kınık Bölgesinde Bir Kömür Ocağının Galeri Kazısı İçin Kollu Galeri Açma Makinesi Seçimi ve Performans Tahmini, *Türkiye 18. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, Zonguldak 335-351.
- Demirbilek, S.. 1987 Kömür Kullanımı ve İlgili Çevre Kirlenmesi Madencilik Dergisi, Sayı 3.
- Emir, E.. 2012, Kaya Mekaniği Ders Notları Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü
- Emiroğlu, A., 2010, İstanbul (4. Levent-Hacıosman arası) Metro Tünelindeki, Mühendislik Uygulamaları, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, 30-45.
- Fausser, H.. Çeviren: Eskikaya Ş., 1981, Kesici-Yükleyiciler ve Galeri Açma Makineleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Sayı 1186, İstanbul.
- Kahraman, S., 2002. Correlation of TBM and drilling machine performances with rock brittleness. Engineering Geology, 65 269-283.
- Karayiğit, A.İ. ve Varol N.Ö., 1999, Analsim İçeren Koyunağılı Linyitlerinin Kimyasal, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri ile Çevresel Etkileri, Mihaliççık-Eskişehir
- Keleş, S., 2005, Cutting Performance Assesmeent Of a Medium Weight Roadheader at Çayırhan Coal Mine, *Yüksek Lisans Tezi*, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

- Kılıç, R.. Kaya Mekaniği Ders Notları Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendislik Bölümü 2
- Kılıç, R.. ve Ulaşım K., 2009, Jem302 Mühendislik Jeolojisi Uygulama Notları, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
- Lambe, T.W., 1967, "Soil Testing for Engineers" 12th Ed., John Wiley & Sons Inc., New York
- Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mechanics 6, 189-239.
- Laubscher, D.H., 1977, Geomechanics Classification of Jointed Rock Masses, Mining Applications, Trans. Inst. of Min. and Metal, 86 sf.
- MTA Enstitüsü Yayını, 2008, Kayaçlar ve Mineraller Kitabı MTA Enstitüsü
- Özkan, H.. 2015, RMR Kaya Kütle Sınıflandırma Sistemleri 11-12.
- Palmstrom, A., and Singh, R., 2001, The deformation modulus of rock masses comparisons between in situ tests and indirect estimates, Tunnelling Underground Space Technology, 16, 115-131.
- Scoble, M.. ve Müftüoğlu Y.V., 1999, Kömür Madencilğinde Kayaç Kütle Sınıflandırması
- Siyako, F., 1983, Beypazarı (Ankara) kömürlü Neojen havzasının ve çevresinin jeoloji raporu. M.T.A. Raporu, No:7431, Ankara.
- Tamzok, N., Özcan M., Özen G., Demirkol Ö., Demir E., Babayiğit S., 2011, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Kömür Sektör Raporu (linyit).
- Tamzok, N.. 2007 Afşin-Elbistan Linyit Havzası ve Enerji Yönetiminde Planlama Hataları, TMMOB Maden Mühendisleri Odası.
- Tatar, Ç.. ve Özfirat, M., 2003, Yer altı Maden Makineleri ve Mekanizasyonu, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 309, İzmir.
- Tatar, Ç.. ve Özfirat, M., 2003, Yer altı Maden Makineleri ve Mekanizasyonu, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 309, İzmir.
- Thill, R.E.. ve Bur, T.R., 1969, An automated ultrasonic pulse measurement system, Geophysics, 34, 101-105.
- Tiryaki, B.. ve Hekimoğlu O. Z., 1998, Mekanik Kazı Makinalarında Kesme Titreşim Analizi, Madencilik Dergisi, Sayı:3, Cilt:37, Eylül.
- Torun, M.. Tamzok N., Türkiye Enerji Politikaları içerisinde kömürün Önemi
- TTK, 2012, Türkiye Kömür İşletmeciliği Sektörü raporu teknik rapor, Türkiye Taşkömürü Kurumu, 60 sf.
- Hoek, E. & Brown, E.T. 1997. Practical estimates of rock mass strength. Int. J. Rock Mech. & Min. Sci., 34 (8): 1165-1186.
- Ulusay, R.. Sönmez H., 2010, Hoek-Brown görgül yenilme ölçütüne ilişkin değişiklik önerileri ve benlerin uygulanabilirliği
- Uyanık, O.. Çatlıoğlu B.. Nevbahar S.. Öncü Z.. Uyanık A., 2012 Kayaçların Fiziksel Özellikleri ile Sismik Ultrasonik Hızlar Arasındaki İlişkilendirmeler 1. Yerbilimleri Sempozyumu Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta
- Yağmurlu, F.. Helvacı C., İnci U., 1988, Depositional Setting and Geometri Structure of Beypazarı Lignite Deposits, Central Anatolia, Turkey
- Wickham, G.E., Tiedemann, H.R., ve Skinner, E.H., 1972, Support Determination Based, on Geologic Prediction: Proceedings,, Rapid Excavation Tunneling Conference» Anı eri. can Institution of Mining Engineers, 43-64.

İnternet Kaynakları

- Anonim 1, Erişim Tarihi; 02.02.2015 (<https://www.google.com/maps>)
- Anonim 2, Erişim Tarihi; 22.03.2015 (<https://www.google.com.tr/search?site=imghp&tbm=isch&source=hp&biw=1366&bih=643&q=k%C3%B6m%C3%BC>)