

*Türkiye 14 Kömür Kongresi Bildü ilei Kitabı, 02-0-1 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14th Coal Congress of Turkey June 02-04 2004, Zonguldak Turkey*

**TTK OCAKLARINDAKİ RİJİT ÇELİK BAĞLAR İLE KAYA
SAPLAMASI-PÜSKÜRTME BETON TAHKİMAT
MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**COST COMPARISON OF RIGID STEEL ARCHES WITH
ROCK BOLT-SHOTCRETE SUPPORTS AT TTK MINES**

*Tuğrul ÜNLÜ, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Muh Fak 67100 Zonguldak
Hamit AYDIN, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Muh Fak 67100 Zonguldak
Levent YAĞCI, Maden Mühendisi, ZKU Fen Bilimleri Enstitüsü, 67100 Zonguldak*

ÖZET

Bu çalışmada, TTK ocaklarında taşta sürülen galerilerde başlıca tahkimat elemanı olarak kullanılan rijit çelik galeri bağlarının maliyet hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, sözkonusu galerilerin kaya saplaması ve püskürtme beton tahkimatı ile desteklenmesi durumunda oluşacak maliyetlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçta, kaya saplaması ve/veya püskürtme betonun galeri tahkimat uygulamasının ayrı ayrı veya birlikte kullanımının rijit demir bağ tahkimat uygulamasından ekonomik olarak daha avantajlı olduğu ortaya çıkmıştır.

ABSTRACT

In this study, a cost estimation has been attempted for steel arches used as the main support of galleries driven at TTK mines. Then, the results have been compared with the estimated cost of rock bolt and shotcrete supports, of which utilization is being considered in the future. Overall results have shown that the rock bolt and shotcrete supports are economically advantageous over the conventional rigid steel arches.

1. GİRİŞ

TTK maden ocaklarında sürülen hazırlık galerilerindeki tahkimat işleri 1947 yılına kadar ahşap malzeme kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu tarihten sonra, yurtdışından TH çelik bağlar ithal edilmek suretiyle havzada ilk defa çelik tahkimat uygulamasına geçilmiştir. Daha sonraları (1955-1956), Karabük Demir Çelik Fabrikaları'nda üretilen I profil çeliğinin TTK Merkez Atölyesi 'nde bükülmesiyle DİN 21541 normuna uygun olarak elde edilen yarım daire kavisli rijit bağlar kullanılmaya başlanmış ve bu uygulama günümüzde de devam etmektedir (Sesişik, 1966).

TTK ocaklarında kömür damarına ulaşmak için sürülen hazırlık galerileri farklı derinliklerde (+230;-560) ve çeşitli açıklık geometrilerindedir (B5-B18). Bu galerilerde; geçilen formasyonların litolojik ve jeo-mekanik özellikleri (kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı vb.), ve yapısal süreksizlikler dikkate alınmaksızın ahşap takviyeli klasik rijit çelik galeri bağları kullanılmaktadır. Ana hazırlık galerileri genelde B-14 kesitte açılmakta ve bu galeriler DİN normlarına uygun olarak GI-140 profilden imal edilmiş üç parçadan oluşan çelik bağ ile desteklenmektedir.

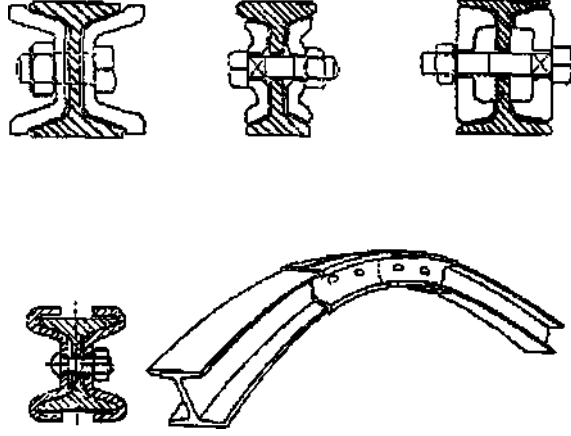
Kaya saptamaları ve püskürtme beton tahkimatı, dünya yeraltı kömür madenciliğinde açılan açıklıkların uzun ve kısa süreli desteklenmesinde en az çelik bağlar kadar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tahkimatlar, açıklıkları çevreleyen kaya yapısına bağlı olarak tek başlarına veya yardımcı tahkimat elemanı olarak görevlerini başarı ile sürdürmektedirler. TTK' da bu tür tahkimatların kullanımı henüz deneme çalışmalarından öteye geçememiştir (Birön, 1952; Yurdakul, 2001; Ünlü vd. 2003).

Aşağıda, TTK ocaklarında yaygın kullanılan GI-140 profilden imal edilmiş rijit çelik tahkimatı ile, modern tahkimat yöntemlerinden olan kaya saptaması ve/veya püskürtme beton tahkimatı uygulamasının hem tahkimat etkinliği hem de maliyetler açısından karşılaştırması yapılmaktadır. Maliyet hesaplamalarında kullanılan veriler, bu konuda yakın geçmişte gerçekleştirilen uygulamalı proje çalışmasından elde edilmiştir (Ünlü vd., 2003).

2. RİJİT GALERİ TAHKİMATI

Kavisli rijit bağlar, I ve H profilindeki çeliklerin kemer şeklinde bükülmesiyle elde edilmektedir. Bu bağlarda segmentler, pabuç adı verilen, profilin yanakları içine giren veya profili üstten kavrayan bir çift kalın saç parçasıyla birleştirilirler. Pabuçlar bağa civata-somun veya perno-kama elamanları yardımıyla bağlanırlar (Şekil 1).

Kavisli rijit bağlarda en zayıf kesimler profillerin bu bağlantı yerleridir. Pabuçlar zorlanmalar karşısında deformasyona uğrayıp çelik bağ parçaları arasındaki bağlantının yitirilmesine sebep olabilmektedir. Kavisli rijit bağlar faydalı kesit alanının büyüklüğü ile anılmaktadırlar. Ana hazırlık galerilerinde sürülen ve faydalı kesit alanı 14 m" olan galerilerde kullanılan rijit bağ elemanı B14 olarak adlandırılmaktadır. B14 kesitte bir galerinin teknik detayı Şekil 2'de verilmiştir.

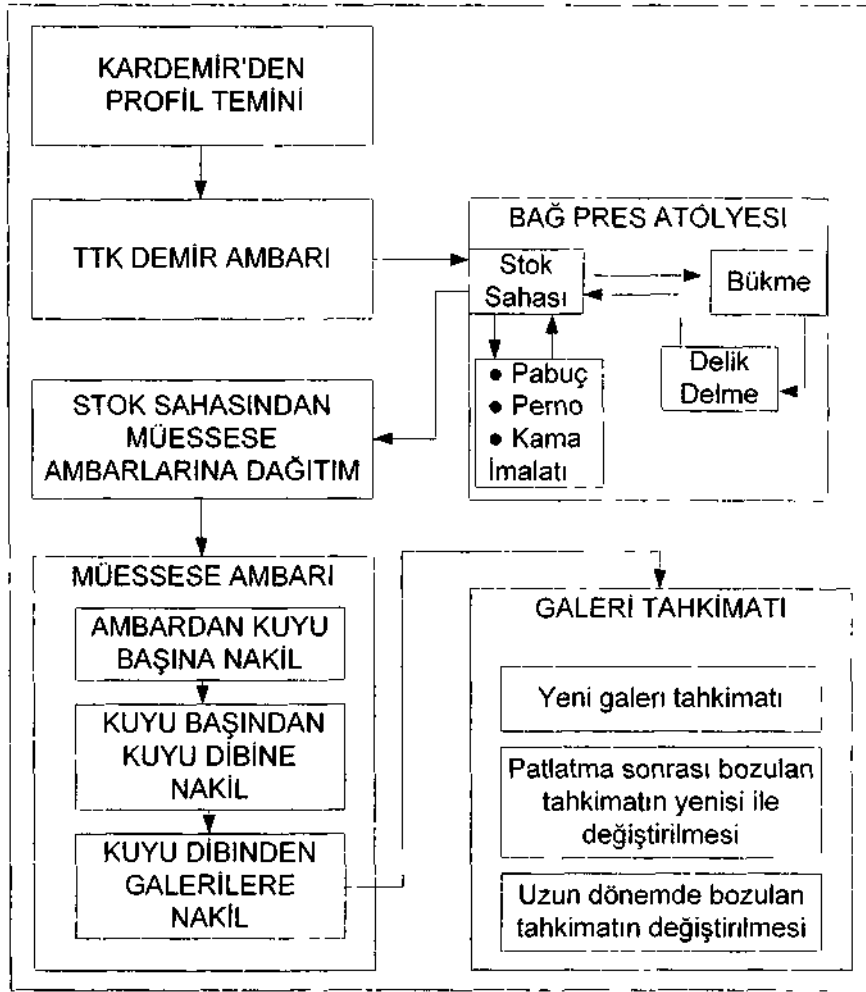


Şekil 1. Çelik bağlarda kullanılan bağlantı elemanları

TTK ocaklarında kullanılan rijit bağlar; Karabük Demir Çelik San. ve Tic. AŞ.' den farklı ebatlarda profil olarak satın alınıp demiryolu vasıtası ile TTK Demir Amban'na getirilerek stok sahasına boşaltılmaktadır. Stok sahasından alınan profiller TTK Merkez Atölyelerinde farklı kesitler için kavislendirilerek kullanıma hazır hale getirilirler. Aşağıda bu aşamalar akım şeması halinde gösterilmektedir (Şekil 3). Akım şemasından da görüleceği gibi çelik bağ kullanıma hazır hale gelene kadar bir dizi evrelerden geçmektedir. Bu evreler içerisindeki her türlü imalat çalışmaları ve nakliyat işleri bağ maliyetini doğrudan etkilemektedir.



Şekil 2. B-14 kesitte uygulanan üç parçalı rijit çelik bağ



Şekil 3. Rijit çelik bağın fabrikadan galeri arınma kadar geçirdiği evreler

Maden Makinaları İşletme Müdürlüğü'ne bağlı bağ pres atölyesine stok sahasından getirilen profiller atölyede elektrikli tavan vinci vasıtası ile kaldırılarak prese verilmektedir. Preste kalıba göre bükme işlemi yapılarak makaralı bir yüzey üzerinden zımba tezgahına gelen profile delik delme işlemi yapılmaktadır. Buradan da tavan vinci vasıtası ile yine trikoya düzgün istiflenerek stok sahasına getirilir. Bir nezaretçi ve bir tekniker olmak üzere toplam 12 kişi bağ demirini ocakta kullanacak hale getirmektedir. Bağ pres atölyesinde 2 adet 3 kW 1ık ve 2 adet 7.5 kW 1ık motor günde ortalama 7-8 saat çalışır konumunda enerji sarfiyatında bulunmaktadır.

Müesseselerin ihtiyacı doğrultusunda, stok sahasından bağ pres atölyesine alınan çelik malzemeyle GI-110 profilinden günde 240 adet GI-140 profilinden 130 adet eğme, bükme ve zımbalama işlemi yapılmaktadır. Kullanıma hazır hale getirilen bağlar müesseselere karayolu vasıtasıyla gönderilmektedir. Bir kamyonu GI-140 profilinden 60 adet B14 bağ demiri (20 takım) yüklenmektedir. Taşıma işlerini özel sektör km başına

ve tonajla yapmaktadır. Müesseseye gelen kamyon, ambara boşaltma işlemi yaparak işlemini bitirmektedir. Ocaktaki ihtiyaca göre ambardan arına taşıma işlemi yapılmaktadır (Balekoğlu, 2003). Tahkimat işi için arında 1 usta ve 2 yedek olmak üzere 3 (üç) işçi tahkimat kurma işlemini gerçekleştirmektedir.

TTK'nın 2002 yılı içerisinde talep ettiği muhtelif cins (GI 110 - GI 140) ve boylardaki bağ demiri özellikleri ve miktarları Çizelge 1' de verilmiştir (Liste fiyatı içine nakliye ve boşaltma dahildir) (Öğünç, 2003).

Çizelge 1. TTK'nın 2002 yılı bağ demiri talep miktarı ve özellikleri (Öğünç, 2003)

Profil Çelik				Kullanımı		Adedi
Cinsi	Boy (mm)	Katitesi	Fiyatı (TL + KDV/ton)	Miktar (kg)	Galeri Kesiti	
GI-110	3942	ST 37	503389831	366040	8B	3554
GI-110	4411	ST 37	503389831	1956934	10B	17318
GI-140	4411	ST 37	524576271	232088	10B	1184
GI-140	3441	ST 37	524576271	2137053	14B	13967

Önceki yıllarda Maden Makinaları İşletme Müdürlüğü tarafından imal edilen bağ pabucu levhası, perno ve kama, 2002-2003 yılı için özel sektörden ihale yoluyla temin edilmiştir. Çizelge 3'de müesseselerin 2001-2002 yılı itibariyle piyasadan temin ettiği 2-4 delikli bağ pabuçlarının dağılımı görülmektedir.

Çizelge 3. TTK'nın 2001-2002 yılında piyasadan aldığı 2-4 delikli bağ pabuçlarının dağılımı (Adet)

Malzeme	Yıl	Armutçuk	Kozlu	Üzülmez	Karadon	Amasra	Toplam
2 Delikli pabuç	2001	2000	15000	20000	20000	5000	62000
	2002	2000	4500	0	11000	7500	25000
4 Delikli pabuç	2001	6000	10000	12000	8879	1000	37879
	2002	3000	4500	5500	4000	2000	19000

3. MALİYET HESAPLAMALARI

3.1 Rijit Çelik Bağ Maliyetinin Hesaplanması

Rijit bağ maliyet hesaplamaları, kaya saplama ve püskürtme beton uygulamalarının gerçekleştirildiği TTK Karadon Müessesesi için yapılmıştır. Maliyet hesaplamasında temel teşkil eden 2003 yılı birim fiyatları TTK'dan temin edilmiş olup maliyet hesabı çizelgesinde (Çizelge 4) verilmektedir (Öztürk, 2003). B14 kesitte açılmış galeride bir takım (3 adet kavisli rijit GI-140 profil parça, 4 adet pabuç, 8 adet pim, 8 adet kama ve gerekli miktarda ahşap fırça ve kama) rijit bağ tahkimatının kurulmuş haldeki maliyeti Çizelge 4'te unsurlarına ayrılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, kuyu başından kazı arına kadar gerçekleştirilen malzeme nakliyat maliyeti, hem rijit bağ hem de kaya saplama-püskürtme beton uygulamalarında göz ardı edilmiştir.

Çizelge 4. Bir takım rijit çelik tahkimatın 2003 yılı fiyatları ile galeride kurulmuş haldeki maliyeti (Milyon TL)

Maliyetler			Adet	Birim Fiyat	Maliyet	
Malzeme Maliyeti	Malzeme Türü	Boyut (mm)			Toplam	%
		GI 140-Profil	140x3441	3	109	327
Pabuç		8x250x400	4	6 147	24 588	
Perno		22x70	8	0816	6.528	
Kama		-	8	0 15	12	
Ahşap		m	0 42	98,5	41.37	
İşçilik Maliyeti	Bağ Presleme İşçiliği (yevmiye)		12/40	70	21	40,9
	Bağ Tahkimat İşçiliği (yevmiye)		3	90.000	270	
Enerji (Bağ Bükme)(kW)			126	0.125	15.75	2,2
Nakliye (Demir Ambarı.- Müessese)			3/60	80	4	0,6
Toplam Birim Maliyet (TL/Adet rıyt bağ)					711.436	100

Çizelge 4'te verilen maliyet rakamları incelendiğinde bir takım rijit bağın galeride kurulmuş haldeki toplam maliyetinin 711.436 milyon TL olduğu ve toplam maliyetin %56'sının malzeme ve %41'nin de işçilikten oluştuğu görülmektedir. TTK Karadon Müessesesi ocaklarında sürülen B14 kesitli galerilerde, iki rijit bağ arasında bırakılan ortalama mesafenin 0,95 m (0,80 -1,15 m) olduğu dikkate alınır, birim ilerleme tahkimat maliyeti 748.942 milyon TL/m olarak hesaplanır.

TTK'da delme-patlatma metoduyla sürülen galerilerde kontrolsüz patlatmalar sonucunda çevre kayada oluşan aşırı sökülme (overbreak) ve ondülasyonlarla sık karşılaşmaktadır. Patlatmadan kaynaklanan bu olumsuzluklar, çelik bağın galeri kesitine uygun olarak yerleştirilip sıkılanmasında daha fazla ahşap malzeme kullanılmasına ve tahkimat yönünden çeşitli güçlükleri ortaya çıkarmaktadır. Aşırı sökülmeden dolayı rijit bağın arkasında kalan boşlukların gerektiği gibi sıkılanamamasından dolayı kaya kütlelerinde süreksizliklerle birbirlerinden ayrılmış kaya bloklarındaki gevşemenin zaman içerisinde artmasıyla birlikte, tahkimat üzerine etkileyen kaya yükleri de dramatik olarak artmaktadır. Sonuçta, bağlarda kalıcı deformasyonlar ve galeride de aşın kesit daralması oluşmaktadır. Böylece, ilk etapta galeri maliyeti içerisinde öngörülme-yen tamir ve tarama giderleri, bu tip tahkimat uygulamasının etkin bir şekilde yapılamaması sonucu maliyet artışı olarak tahkimat giderlerine yansımaktadır.

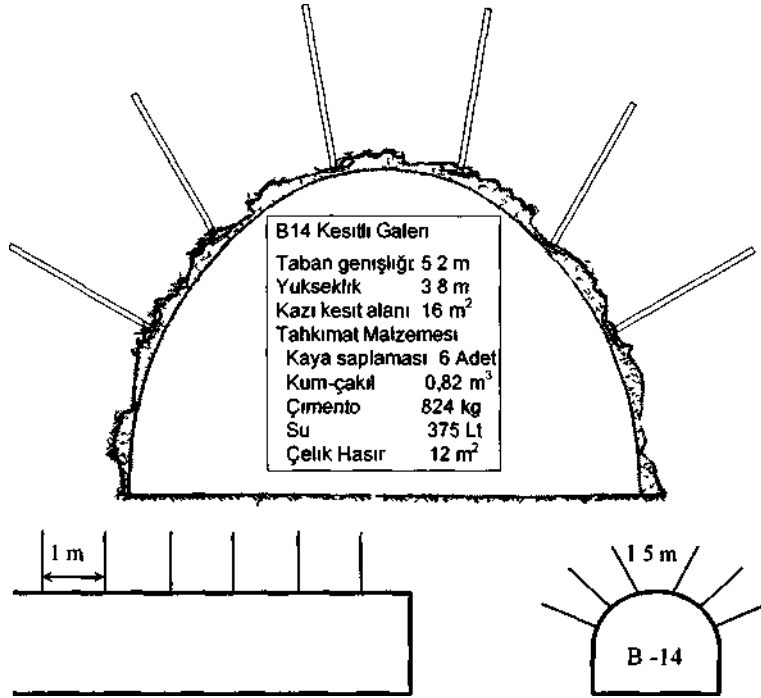
3.2 Kaya Saplama-Püskürtme Beton Tahkimat Maliyetlerinin Hesaplanması

B-14 kesitte açılmış bir galeride kaya saplama ve püskürtme beton tahkimatı uygulanması durumunda oluşacak maliyetler 2003 yılı fiyatları ile maliyet unsurlarına ayrılarak aşağıda hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan değerlerin önemli bir kısmı (malzeme birim fiyatları ve malzeme sarfiyatı ve performanslar) "TTK ocaklarında taşa sürülen galerilerde püskürtme beton ve kaya saplama malzemelerinin kullanımlarının araştırılması" konu başlıklı projenin gerçekleştirilmesi sırasında kullanılan malzeme miktarına ve gözlemlere dayanmaktadır (Çizelge 5). Kaya saplama- püskürtme beton

tahkimat uygulamasının teknik detayı Şekil 4'de verilmiştir. Hesaplamalarda; galeri cidarında 10 cm kalınlığında püskürtme beton (artı %35 geri sıçrama fiyesi), 1 set (her biri 2,4 m uzunlukta 6 adet) Split-set tipi kaya saptaması, çelik hasır tahkimat malzemesinin kullanılması durumunda oluşacak maliyet hesaplanmıştır (Çizelge 6) (Ünlü v.d., 2003).

Çizelge 5. Kuru karışım malzeme bileşenleri.

Malzeme	Ağırlık (kg)	Yoğunluk(kg/m ³)	Hacim (m ³)	Hacim (%)
Kum	500	2,65	0,189	34,5
Çakıl	300	2,7	0,111	20,3
Çimento	300	3,1	0,097	17,7
Hızlandırıcı	12,5	0,8	0,016	2,9
Su	135	1,0	0,135	24,6
Toplam	1247,5		0,548	100



Şekil 4. B-14 kesitli galeride uygulanan kaya saptaması-püskürtme beton tahkimatının teknik detayları

Kaya saptaması püskürtme beton uygulamasında işçilik tertibi; 3 kişilik lağım ekibi lağım ilerlemeleriyle ilgili işlerin yanında kaya saptamaların çakılması işlerini, püskürtme beton işi için ise ayrı bir ekip (3 kişi) kurulacak olup bu ekip bir vardiyada lağım ilerleme miktarı kadar bir alanın betonlanmasını gerçekleştireceklerdir.

Çizelge 6. Kaya saplamaşı-püşkürtme beton tahkimatı 2003 yılı fiyatları ile maliyet hesabı (Milyon TL).

Maliyetler			Miktar	Birim Fiyat	Maliyet	
Malzeme Maliyeti	Malzeme Türü	Boyut			Toplam	%
	Kaya saplamaşı	2,4 m	6	29 75	178 5	57,44
	Kum	m ¹	0,518	17,6	9 12	
	Çakıl	m ³	0,304	14	4 256	
	Çimento (PÇK)	ton	0,824	50	412	
	Çelik hasır	(15x15 cm)- m ²	12	1 475	177	
	Su	m ³	0,370	-	-	
	Sıka	kg	35	0 042	1,47	
	İşçilik Maliyeti	Kaya Saplamaşı İşçiliği (yev)		2/7x3	90	
Püşkürtme Beton İşçiliği (yev)		3/2,5	90	108,0		
Enerji (Basınçlı hava+püşkürtme)(k\V)			11	0 125	1 4	0,32
Toplam Birim Maliyet (TL/metre ilerleme)					438.286	100

* Hesaplamalar püşkürtme betonda %35'lik gen sıçrama kaybı goz onune alınarak yapılmıştır

Yapılan hesaplamalarda; saplama sıraları arası mesafeler kısa ve saplama boyları ise uzun tutulmuştur. Çizelge 6'da B14 kesitli açılmış galeride Kaya saplamaşı-püşkürtme beton tahkimat uygulamasının birim ilerleme tahkimat maliyeti 438 milyon TL/m olarak hesaplanmıştır. Bu maliyetin de önemli bir kısmını %57'sini malzeme maliyeti, %42'sini de işçilik oluşturmaktadır.

Çizelge 6'da yapılan hesaplama, kaya saplamaşı ve püşkürtme beton tahkimat uygulaması için ayrı ayrı yapılırsa; yalnız kaya saplamaşı (çelik hasırla birlikte) kullanılması durumunda birim ilerleme tahkimat maliyeti 273.34 milyon TL/m, yalnızca püşkürtme beton kullanılması durumunda ise 164.95 milyon TL/m olarak hesaplanacaktır.

4. SONUÇLAR

TTK ocakları kömür çevre kayaçları içerisinde açılan hazırlık galerilerinin uzun ve/veya kısa süreli olarak desteklenmesinde kaya saplamaşı ve püşkürtme beton tahkimatı, klasik çelik bağlara alternatif olarak kullanılabilirler Ekonomik açıdan bakıldığında; hesaplamalar kaya saplamaşı-püşkürtme beton tahkimat uygulamasının daha ekonomik olduğunu ortaya koymaktadır. Kaya saplamaşı püşkürtme beton tahkimat sisteminin maliyeti klasik rijit çelik bağ tahkimat sisteminin maliyetinin yaklaşık %58,5'i kadardır.

Yukarıda yapılan maliyet karşılaştırmasında klasik rijit çelik bağ, Kaya saplamaşı-püşkürtme beton tahkimat sisteminin birlikte uygulanması durumunda yapılmıştır. Rijit bağa alternatif olarak galerilerin yalnız kaya saplamaşı veya yalnızca püşkürtme beton tahkimatıyla desteklenmesi durumunda (kısa ve orta süreli hizmet verecek ve açıklıklar için) oluşacak maliyetler daha da aşağılara düşecektir.

Kaya saplaması - püskürtme beton tahkimatlarının kullanıldığı durumlarda aşağıda belirtilen diğer faydalar da sağlanabilecek ve galeri ilerleme maliyetleri daha da aşağılara çekilebilecektir. Bunlar;

- Kazı kesit alanı, rijit bağlı tahkimat sistemine göre yaklaşık 2 m³ azalmakta ve bu da patlayıcı miktarı, patlatma deliği sayısı ve pasa kaldırma giderlerini azaltmaktadır.
- Kaya saplamaları ve püskürtme beton tahkimatlı galerilerin tamir-tarım giderleri rijit bağ tahkimatının yapıldığı galerilere oranla yok denecek kadar azdır. Dolayısıyla, hem iş gücü hem de maliyetler açısından tasarruf sağlanacaktır.
- Hava dirençleri azalacağından havalandırma etkinliği rijit bağ tahkimatlı galerilere oranla artacaktır.
- Yanmaz bölgeler oluşturularak iş güvenliği açısından olumlu bir gelişme kaydedilecektir.

5. KAYNAKLAR

- Balekoğlu, A.** (2003) Kişisel Görüşme, TTK Maden Makinaları Bağ Pres Atölyesi Başmühendisi. Zonguldak.
- Birön, C.** (1952) *Tavan Civatalarının Asma Ocağında Tecrübe Tahkimatı* Maden-Türk Yüksek Maden Mühendisleri Cemiyeti Mecmuası, Sayı 19, Kasım, s. 20-25.
- Öğünç, K.** (2003) Kişisel Görüşme, TTK Satın alma Daire Başkanlığı, İç Alımlar Şube Müdürü., Zonguldak.
- Övüç, E.** (2003), Kişisel görüşme, TTK Etüt Plan Proje Tesis İşleri Başmühendisi, Zonguldak.
- Öztürk, M.** (2003), Kişisel görüşme, TTK İş Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanı, Zonguldak.
- Sesışık, Z.** (1966) *EKİ Ocaklarında tatbik edilen tahkimat sistemlerinin tetkiki*, yayımlanmamış notlar, EKİ, Zonguldak.
- Ünlü, T., vd.** (2003). *TTK Ocaklarında taştta sürülen galerilerde püskürtme beton ve kaya saplamalarının kullanımının araştırılması*, Araştırma Projesi, ZKÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, 46 s.
- Yurdakul, Ş.** (2001) *Püskürtme beton teknolojisinin TTK Ocakları ve ana galerilerinde uygulanabilirliğinin araştırılması*, Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 221 p.

