

# Bir Hidroelektrik Santral Projesinde Enerji Tüneli Kazısı Sırasında İlerleme Hızını Arttırma ve Delme Patlatma Maliyet Optimizasyon Çalışması

## *Drilling Blasting Cost Optimization and Increasing Advance Rate in a HEPP Energy Tunnel*

Ü. Kılıç, V. Alabaş

*Madser Patlayıcı Maddeler Ltd. Şti.*

D. Şimşek

*Dirgün İnşaat Ltd. Şti.*

B. Geçmez

*Nitrokimya Kimya San. Müh. A.Ş.*

**ÖZET** Tünelcilik sektöründe faaliyet gösteren firmalar için rekabetin giderek arttığı bu ortamda ilerleme hızının olabildiğince yüksek olması ve yapım maliyetinin de olabildiğince düşük olması önem kazanmaktadır.

Bu bildiriye Karadeniz bölgesinde yapılmakta olan bir hidroelektrik santral projesinin enerji tüneli kazısı sırasında yapılan maliyet azaltma çalışması yer almaktadır. Müteahhit firmanın maliyeti yüksek delme-patlatma uygulamalarındaki hatalar tespit edilerek yeni tasarımlar yapılmış ve uygulanmıştır. Bu uygulamalar sonucu seçilen en uygun tasarımla firmanın ilerleme hızında artış olmuş ve delme-patlatma maliyeti yaklaşık %20 azaltılmıştır.

**ABSTRACT** It is very important to get maximum advance and to get minimum construction costs for tunneling companies in competitive market.

This paper contains cost optimization works done in a HEPP Energy Tunnel under construction in Karadeniz region. General mistakes which increase the cost from routine drilling and blasting applications was observed and new patterns prepared and applied in practice. After determining the optimum drilling and blasting pattern advance rate was increased and drilling-blasting cost decreased approximately 20%.

## 1 GİRİŞ

Baraj, hidroelektrik santrali, karayolu, metro, demiryolu gibi inşaat faaliyetleri ile yeraltı madenciliğinde galeri sürülmesi gibi işler kapsamında yapılan tünelcilik operasyonlarında rekabetin artması ile maliyet analizleri daha detaylı yapılmaktadır. Delme Patlatma yolu ile yapılan tünel kazısı sırasında maliyeti etkileyen en önemli parametre, ilerleme boyunu kontrol eden atım verimidir. Çünkü atım sonucu elde edilen ilerleme miktarı yapılan kazı imalatı miktarı anlamına gelmektedir ve ilerleme boyunun mümkün olabildiğince uzun olması istenir. Bununla birlikte hedeflenen ilerleme boyunun elde edilebilmesi, ikincil işlemlere gerek kalmaksızın operasyonun hızını arttırmak için atım verimi belirleyici faktördür.

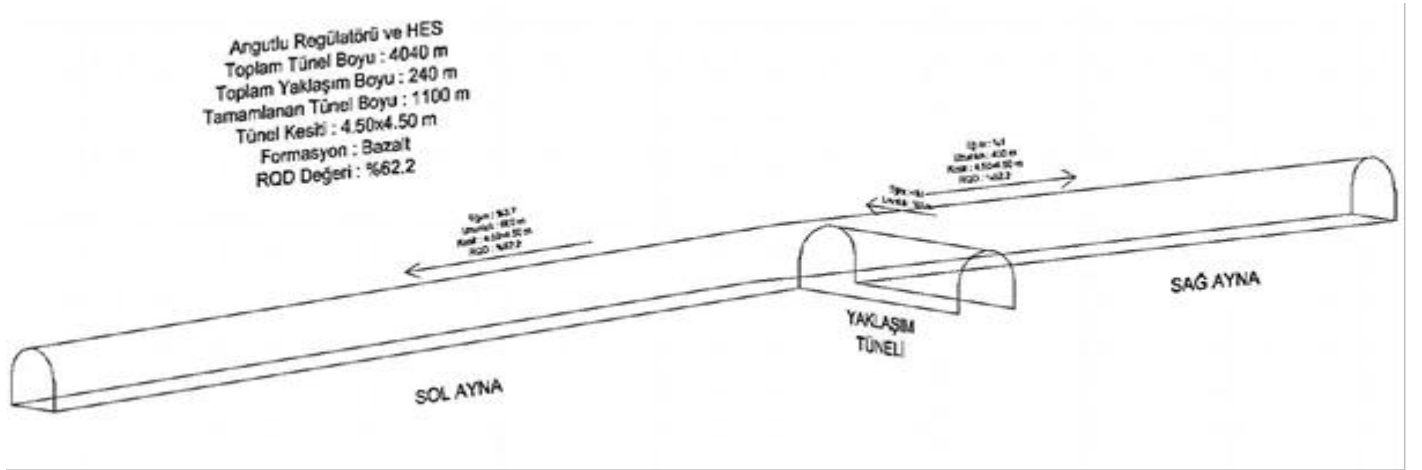
Bu bildiriye, Giresun İli Dereli İlçesi sınırlarında yapılmakta olan ANGUTLU-I HES projesi kapsamındaki Enerji Tüneli inşaatı sırasında yapılan bir maliyet optimizasyonu çalışması anlatılmaktadır.

ANGUTLU-I HES projesi inşaatını yapan alt yüklenici firmanın, atım verimine bağlı olarak ilerleme miktarının düşük olması ve birim patlayıcı tüketimlerinin yüksek olması nedeniyle

yazarlardan teknik destek talep etmiştir. Çalışma kapsamında tünel kesitine uygun birkaç patern yapılarak şantiye ziyaret edilmiş, önce firmanın rutin uygulaması gözlenmiş, firmanın geçmişe dönük patlatma kayıtları incelenmiş ve daha sonra maliyetin düşürülmesi için bir dizi deneme patlatması yapılmıştır. Yapılan denemeler sonucu firmanın delme-patlatma maliyeti yaklaşık %20 düşürülmüştür.

## 2 PROJE HAKKINDA KISA BİLGİ

Angutlu-I Regülatörü ve HES projesi Giresun ili Dereli ilçesi sınırlarında Aksu deresi üzerinde yapılmakta olup kurulu gücü 15 MW'tır. Projede toplam 4040m uzunluğuna ve 18m<sup>2</sup> kesit alanına (yükseklik:4,50 m ve genişlik: 4,50 m) sahip enerji tüneli mevcut olup bu çalışmanın yapıldığı tarihlerde yaklaşım tüneline her iki yönde kazı çalışmaları devam etmekteydi (Bkz Şek. 1).



Şekil 1. Angutlu-I HES Projesi Enerji Tüneli'nin genel görünümü

Bu bildiriye konu olan çalışmanın yapıldığı 27.03.2012 tarihi itibari ile yaklaşım tüneline itibaren sol aynada aşağı doğru %3,7 eğimli 600 metre, sağ aynada yukarı yönde %1 eğimli olmak üzere 430 metre ilerleme sağlanmıştır. Projede Türkerler İnşaat A.Ş. yüklenici, Altınca Bülbüller Adi Ortaklığı ise alt yüklenicidir.

## 3 YAPILAN TEKNİK ÇALIŞMALAR

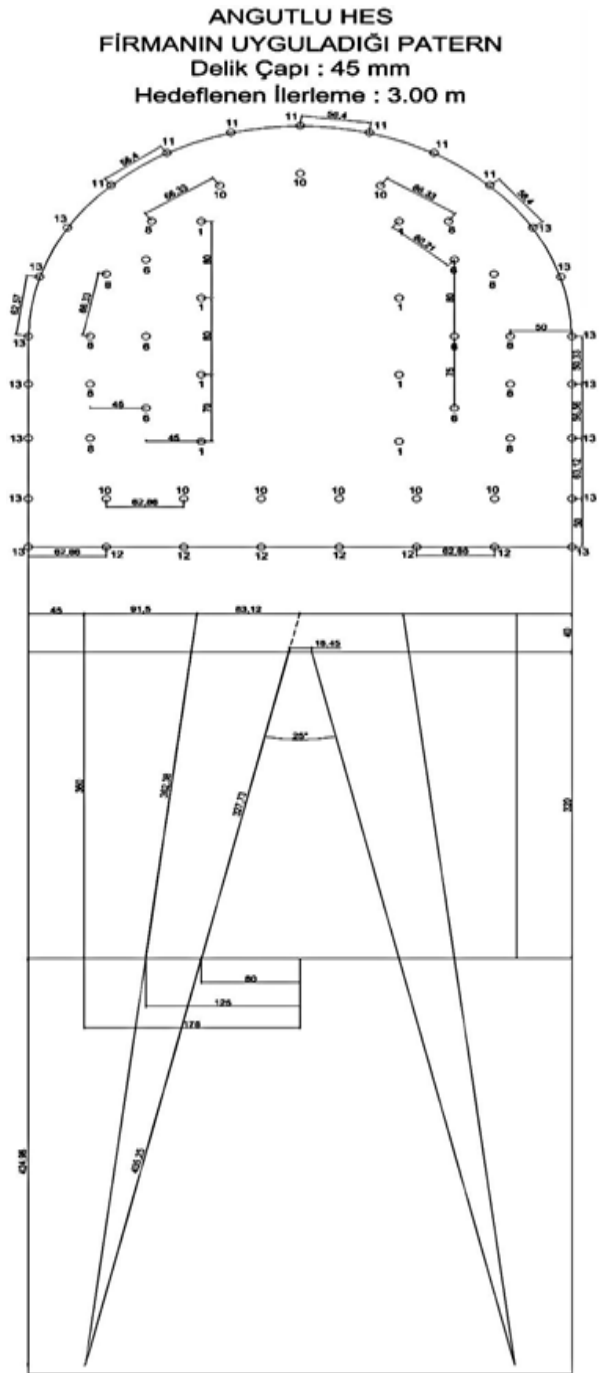
Tünel kazı işini yapan müteahhit firmanın atımların verimsiz olmasına bağlı şikayetleri üzerine şantiye ziyaret edilerek firmanın kendi rutin delme-patlatma uygulamaları gözlenmiş ve geçmişe dönük patlatma kayıtları incelenmiştir. Enerji tüneli kesiti ve zemin yapısı dikkate alınarak birkaç alternatifli delme-patlatma paterni yapılmıştır. Daha sonra bu paternlerin nasıl uygulanacağı planlanarak tüm delme-patlatma çalışmalara bizzat nezaret edilmiştir.

### 3.1 Kayaç Tipi

Projenin zemin etüdü raporunda RQD: %62, RMR:35 değerleri ile RMR sınıflama sistemine göre kaya sınıfı, IV Sınıf- Zayıf Kaya olarak verilmektedir. Oysa tarafımızca yapılan gözlemlerde kazısı tamamlanmış olan 1 km'lik tünel boyunca yer yer zayıf zemine rastlandığı ve bu bölgelerde iksa, hasır ve püskürtme beton şeklinde tahkimat yapıldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte kazısı bitmiş bu kesimde ağırlıklı olarak zeminin tahkimatsız olarak kendi kendine desteksiz kalabildiği gözlenmiştir. Dolayısıyla gerek RQD sınıflama sistemine göre Orta Sert kaya tanımı gerekse RMR sistemine göre IV Sınıf (Zayıf Kaya) tanımı 2.Bölümde tarif edilen kazısı bitmiş kesimdeki gözlemlerimizle uyumlu değildir.

### 3.2 Firmanın Delme-Patlatma Uygulamaları ve Sonuçları

Firma, enerji tüneli kazısı sırasında delme-patlatma yöntemi olarak V-Kesme (Orta Çekme) metodunu ve delik çapı olarak 45mm'yi tercih etmiştir. Firmanın Şekil 2'de verilmiş olan delik paterni ile yapılan genel delme-patlatma uygulamasının sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Firmanın genel delgi düzeni

Çizelge 1. Firmanın genel uygulamasına ait veriler

#### PARAMETRELER

Formasyon	:	Bazalt (Sert)
Tünel Kesit Alanı	:	18.00 m <sup>2</sup>
Delik Çapı	:	45 mm
Delik Boyu	:	3.60 m
İlerleme	:	2.77 m
Üretim	:	49.86 m <sup>3</sup>
Atım Verimi	:	76.94 %

#### KULLANILAN PATLAYICI MADDELER

Kapsüle Duyarlı Patlayıcı	:	140.07 kg
Elektriksiz Kapsül LP-4 m	:	60 ad
İnfilaklı Fitol (12 g/m)	:	25 m
Elektrikli Kapsül	:	1.00 ad

#### ÖZGÜL TÜKETİMLER

Kapsüle Duyarlı Patlayıcı	:	2.81 kg/m <sup>3</sup>
Elektriksiz Kapsül LP-4 m	:	1.20 ad/m <sup>3</sup>
İnfilaklı Fitol (12 g/m)	:	0.50 m/m <sup>3</sup>
Elektrikli Kapsül	:	0.02 ad/m <sup>3</sup>
Toplam Delgi	:	4.27 m/m <sup>3</sup>

#### 3.2.1 Firmanın genel delme-patlatma uygulamalarına ait kayıtlar

Şantiye ziyaretimiz sırasında firmanın geçmişe dönük patlatma kayıtları incelenerek Çizelge 2'de ve Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. 11-27.03.2013 tarihleri arasında sol aynada yapılan atımlara ait ilerleme miktarları

No	Tarih	Delik Boyu (m)	İlerleme (m)	No	Tarih	Delik Boyu (m)	İlerleme (m)
1	11.03.2012	3.60	2.90	13	20.03.2012	3.60	3.29
2	12.03.2012	3.60	3.17	14	21.03.2012	3.60	3.00
3	22.03.2012	3.60	3.04	15	21.03.2012	3.60	2.08
4	22.03.2012	3.60	2.86	16	22.03.2012	3.60	2.06
5	23.03.2012	3.60	2.35	17	23.03.2012	3.60	2.86
6	23.03.2012	3.60	3.32	18	23.03.2012	3.60	2.89
7	24.03.2012	3.60	3.17	19	24.03.2012	3.60	2.97
8	25.03.2012	3.60	3.20	20	25.03.2012	3.60	3.00
9	15.03.2012	3.60	2.55	21	25.03.2012	3.60	3.25
10	16.03.2012	3.60	2.19	22	25.03.2012	3.60	2.73
11	17.03.2012	3.60	2.58	23	26.03.2012	3.60	2.65
12	20.03.2012	3.60	2.02	24	27.03.2012	3.60	2.58
ORTALAMA İLERLEME						3,60	2,78

Çizelge 3. 21-27.03.2013 tarihleri arasında sağ aynada yapılan atımlara ait ilerleme miktarları

No	Tarih	Delik Boyu (m)	İlerleme (m)	No	Tarih	Delik Boyu (m)	İlerleme (m)
1	21.03.2012	3.60	2.61	8	25.03.2012	3.60	2.80
2	21.03.2012	3.60	2.22	9	25.03.2012	3.60	2.02
3	22.03.2012	3.60	2.98	10	26.03.2012	3.60	3.04
4	22.03.2012	3.60	1.90	11	26.03.2012	3.60	2.55
5	23.03.2012	3.60	2.60	12	27.03.2012	3.60	2.77
6	24.03.2012	3.60	3.20	13	27.03.2012	3.60	2.77
7	24.03.2012	3.60	2.69	ORTALAMA		3,60	2,63

Çizelge 2’de ve Çizelge 3’de verilmiş olan değerlerin ortalamalarına bakıldığında sol aynada ilerlemenin ortalama 2,77m, sağ aynada ise 2,63m olduğu görülmektedir. Deliklerin 3,60m delindiği dikkate alınır ise atımların verimsiz olduğu açıktır.

Sağ aynada yapılan 13 atımda toplam 2766,4 m delik delinmiş, 1820 kg patlayıcı kullanılmış ve 34.19 m ilerleme sağlanmıştır. Ortalama ilerleme baz alınarak yapılan değerlendirmede özgül şarj 2.96 kg/m<sup>3</sup>, özgül delgi ise 4.50 m/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

Sol aynada yapılan 24 atımda ise toplam 5107,2 m delik delinmiş, 3360 kg patlayıcı kullanılmış ve 66.12 m ilerleme sağlanmıştır. Ortalama ilerleme baz alınarak yapılan değerlendirmede özgül şarj 2.80 kg/m<sup>3</sup>, özgül delgi 4.25 m/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır

### 3.2.2 Firmanın genel delme-patlatma uygulamasındaki hatalar ve maliyet üzerine etkisi

Firmanın geçmişe dönük kayıtlarının incelenmesi sonucu atımların verimsiz olduğu anlaşılmış ve firmanın genel patlatma uygulamaları hakkında bilgi alınarak atımlarına nezaret edilmiştir.

Tarafımızca yapılan gözlemlerde ve delik paternlerinin incelenmesi sonucu en temel hatanın kesme bölgesinde yük mesafesinin fazla bırakılması olduğu tespit edilmiştir. Oysa tünel patlatmalarında en kritik adım, kesme bölgesinin başarılı şekilde dışarı alınarak ikinci bir serbest yüzey oluşturabilmektir. Olofsson (2002), 45mm'lik delik çapında 1,60kg/m şarj yoğunluğu için kesme bölgesinin yükünü yaklaşık 1,30m olarak vermektedir. Oysa firmanın delgi paterninde kesme deliklerinin yükü 3,60m'dir. Dolayısıyla en önemli bölüm olan kesme bölgesinin verimli olarak çekilememesine bağlı olarak diğer deliklerin önlerinde yeterli serbest yüzey oluşamayacağı için toplamda atım verimi düşecektir. Başarısız V-Kesme tünel patlatma uygulamalarında en sık yapılan bu hata firmanın atım kalitesini, dolayısıyla da maliyetini olumsuz etkilemekteydi (Çizelge 2-3). Tünel patlatmalarında genel kabul olarak, atım sonucu planlananın %90'ından daha az bir ilerleme gerçekleşmiş ise bu atım sonucu verimsiz olarak değerlendirilir. Yukarıda belirtilen hatalar sonucu Bölüm 3.2.1'de ele alındığı gibi atımların verimi düşük gerçekleşmekte ve sonucunda da birim tüketimler fazla olmaktadır.

Tünel patlatma yöntemi olarak orta çekme (V-kesme) metodunun kullanılması durumunda tünel genişliğinin %60'ından fazla ilerleme hedeflenmemesi önerilmektedir (Langefors, 1979). Tünel genişliği kesme bölgesindeki deliklerin uygun açıyla delinebilmesini sınırladığı için uzun delik delinmesi halinde dip kısımlarda sıkışmaya yol açılır. Müteahhit firma 4,50m genişliğindeki tünelde 3,60m gibi bir ilerleme hedeflemektedir. Bu durum yukarıda açıklanan nedenlerden ötürü atım sonucu ilerlemeler hedeflenenin çok gerisinde kalmaktaydı. Tarafımızca yapılan tasarımlarda ise delik boyu 3,00m'ye düşürülmüştür.

### 3.3 Tarafımızca Yapılan Uygulamalar

Müteahhit firmanın uygulaması gözlendikten sonra tarafımızca yapılan 4 alternatif dizayn yazarların da nezaretinde uygulanarak her uygulamanın sonucu değerlendirilmiş ve atım verimi-özellik şarj açısından en uygun olan tasarıma ulaşılmaya çalışılmıştır. Yapılan bu uygulamalar aşağıda açıklanmıştır:

#### 3.3.1 Tasarım 1 uygulaması

Tarafımızca yapılmış olan alternatif dizaynlardan birincisi olan Tasarım-1 nezaretimiz eşliğinde 27.03.2012 tarihinde sol aynada uygulanmıştır. Bu uygulamaya ait delik paterni Şekil 2'de ve atım verileri Çizelge 4'de verilmiştir. Tarafımızca yapılan bu ilk uygulamadan istenen verim elde edilememiştir. Bu durumun başlıca sebepleri; delgi paterninin delici makine operatörü tarafından anlaşılabilmesi, tasarımdaki bazı deliklerin farklı uzunluklarda delinmesi (örneğin 1.70 m olan 1.çektirme deliğinin 2.5 m, 3.30 m olan ikinci çektirme deliklerini de tam tij-3.60 m uzunluğuna yakın delmesi) ve şarj miktarının yetersiz kalmasıdır.

#### 3.3.2 Tasarım 2 uygulaması

Tasarım-1'den istenen verimin alınamaması üzerine 28.03.2012 tarihinde Tasarım-2 sol aynada uygulanmıştır. Bu uygulamada atım verimi %100 olarak gerçekleşmiş hedeflenen 3m ilerleme elde edilmiştir. Bu uygulamada, delik aralıkları daha sıklaştırılarak delik sayısı ve şarj miktarı artırılmıştır. Ayrıca delici makine operatörü de uygulanmak istenen yönteme alışmış, delik boyları ve açılarına dikkat edilmiştir. Bu uygulamaya ait delik paterni Şekil 3'de ve atım verileri Çizelge 5'de verilmiştir.

#### 3.3.3 Tasarım 3 uygulaması

Tasarım-2'nin başarılı olması üzerine şarj miktarını düşürmek için 28.03.2012 tarihinde yine sol aynada Tasarım-3 uygulanmaya çalışılmıştır. Ancak uygulama sırasında görülen lüzum üzerine aynada bazı bölgelere birkaç delik ilavesi yapılmış ve sonucunda bu uygulamanın

delik sayısı ve şarj miktarı Tasarım-2'ye çok yakın gerçekleşmiştir. Yani Tasarım-2'nin delik sayısını ve şarj miktarını düşürmek pek mümkün olamamıştır. Bu uygulama sonucunda da atım verimi %100 olarak gerçekleşmiş ve hedeflenen 3m ilerleme sağlanmıştır. Bu uygulamanın delik paterni Şekil 4'de ve atım verileri Çizelge 6'da verilmiştir.

### 3.3.4 Tasarım 4 uygulaması

Daha zayıf zemin koşullarının hakim olduğu sağ aynada uygulanmak üzere Tasarım-4 hazırlanmıştır. Ancak sağ aynada zeminin zayıf olan bölümlerine püskürtme beton uygulaması yapılması nedeniyle ayna kazısı yapılamadığı için bu uygulamaya tarafımızca nezaret edilememiştir. Tasarım-4 delgi paternine göre ayna tarafımızdan çizilerek personele uygulama anlatılmıştır. Bu tasarımda, delik aralıkları arttırılarak delik sayısı azaltılmış, kesme delikleri 5'er cm aşağı çekilmiş ve taban üstü delikleri iptal edilmiştir. Tasarım-4, firma tarafından uygulanmış ve 2.95 m gibi başarılı bir ilerleme sağlanmıştır. Bu uygulamanın delik paterni Şekil 5'de ve atım verileri Çizelge 7'de verilmiştir.

### 3.3.5 Tüm uygulamaların sonuçlarının yorumlanması

Yapılan uygulamaların sonuçları Çizelge 8'de verilmiştir. Tasarım 2'de başarılı olunması ve daha sonra delik sayısını ve şarj miktarının azaltılamamış olması bu tasarımın projedeki tünel kazısı için en uygun dizayn olduğu konusunda fikir birliğine varılmıştır. Tasarım 4 ise nisbeten daha zayıf zemin koşullarında yapıldığından delik sayısı azaltılmıştır ancak sol aynadaki daha sağlam olan zemin koşulları için bu patern uygun değildi. Müteahhit firmaya Tasarım 2'yi uygulamaya devam etmeleri önerilmiştir. Bu çalışmadan sonra şantiye ile sürekli irtibat halinde kalınarak Tasarım 2'nin başarılı bir şekilde kullanıldığı tarafımıza iletilmiştir.

Çizelge 8. Saha Çalışması Kapsamında Yapılan Uygulamaların Sonuçları

Uygulama No	Delik Boyu (m)	İlerleme (m)	Delik Sayısı (ad)	Kullanılan Patlayıcı Madde Miktarı (kg)	Özgül Şarj (kg/m <sup>3</sup> )	Özgül Delik (m/m <sup>3</sup> )	Atım Yapılan Ayna	Atım Sonucu
Firmanın Uygulaması	3.60	2.77	60	140.07	2.81	4,27	Sağ	Başarısız
Tasarım 1	3.00	2.21	56	115.00	2.89	4,08	Sol	Başarısız
Tasarım 2	3.00	3.00	60	127.00	2.35	3,23	Sol	Başarılı
Tasarım 3	3.00	3.00	60	126.44	2.34	3,23	Sol	Başarılı
Tasarım 4	3.00	2.95	54	124.81	2.35	2,94	Sağ	Başarılı

## 4 DELME PATLATMA MALİYET ANALİZİ

Bu çalışmanın ana amacı olan tünel patlatmalarındaki delme-patlatma maliyetini düşürmek için yapılan uygulamalara ait maliyet analizleri delme için ayrı patlatma için ayrı hesap edilmiştir. Bu bölümde delme patlatma maliyet analizi tablolar halinde detaylandırılarak verilmiştir.

#### 4.1 Birim Delme Maliyeti

Müteahhit firmadan alınan fiili veriler ile hesaplanan birim delme maliyeti aşağıda Çizelge 9’da verilmiştir.

Çizelge 9. Birim Delme Maliyet Tablosu (29.03.2012 tarihli kur; 1 \$ = 1,78 TL )

##### 1. Delicinin Aylık Maliyeti

Delici Fiyatı	225.000	\$
2 Yıl için Amortisman	9.375	\$/ay
İki Operatörün Maliyeti	3.000	\$/ay
Ortalama Delme Takım Sarfı	1.235	\$/ay
Enerji-Yakıt	1.500	\$/ay
Servis Bakımı, Arıza, Yedek Parça ve Onarım	3.520	\$/ay
<b>Toplam Maliyet</b>	<b>18.630</b>	<b>\$/ay</b>

##### 2. Birim Delme Maliyeti

Atım Başına Delik Sayısı	60,00	ad/atım
Delik Boyu	3,55	m/delik
Atım Başına Delgi Miktarı	212,82	m/atım
Ortalama Günlük Atım Sayısı	3,00	atım/gün
Aylık Delgi Miktarı (28 gün)	17.876,88	m/ay
<b>Birim Delgi Maliyeti</b>	<b>1,04</b>	<b>\$/m</b>

#### 4.1 Birim Patlayıcı Madde Maliyeti

Müteahhit firmanın uygulaması ve tarafımızca yapılan uygulamalarda kullanılan patlayıcı madde miktarları ve maliyetleri Çizelge 10’da verilmiştir.

Çizelge 10. Atım başına kullanılan patlayıcı madde miktarları ve toplam tutarları

Maliyet Kalemi	Birimi	Birim Fiyatlar (USD)	Firmanın Uygulaması		Tarafımızca Yapılan Uygulama	
			Atım Başına Kullanılan Miktar	Tutarı (USD)	Atım Başına Kullanılan Miktar	Tutarı (USD)
Elektriksiz Kapsül- 4m Kapsüle Duyarlı Patlayıcı Mad.	Adet	2,20	60	132,00	60	132,00
İnfilaklı Fitol (10 gr/m)	kg	1,95	140	273,00	127	247,65
	m	0,25	25	6,25	25	6,25
<b>Toplam (\$/atım)</b>				<b>411,25</b>		<b>385,90</b>

#### 4.2 Birim Delme –Patlatma Maliyeti

Yapılan uygulamalardan sonra tercih edilen tasarımla firmanın uygulamalarına ait delme patlatma maliyet hesabı Çizelge 11’de verilmiştir.

## Çizelge 11. Birim Delme – Patlatma Maliyeti

Birimler	Firmanın Uygulaması	Tarafımızca Yapılan Tasarım
Atım Başına İlerleme (m)	2,73	3,00
Tünel Kesit Alanı (m <sup>2</sup> )	18,00	18,00
Atım Başına Elde Edilen Hacim (m <sup>3</sup> )	49,14	54,00
Birim Patlayıcı Madde Maliyeti (\$/m <sup>3</sup> )	8,37	7,14
Birim Delgi Maliyeti (\$/m <sup>3</sup> )	4,55	3,36
Toplam Delme+Patlayıcı Birim Maliyet (\$/m <sup>3</sup> )	13.01	10.50
Birim Maliyet Farkı (%)		19.29

**5 SONUÇ**

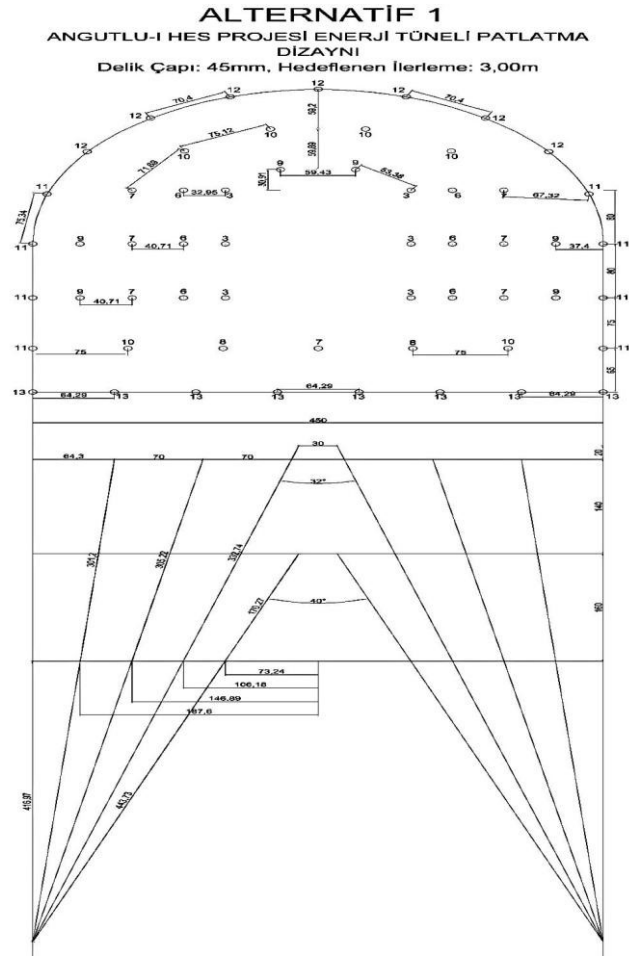
Bu çalışmada, Angutlu-I HES projesi inşaatını yapan alt yüklenici firmanın talebi üzerine, enerji tüneli kazısı sırasında atım verimini arttırmak ve delme-patlatma maliyetini optimum düzeye çekebilmek için yapılan çalışmalar anlatılmaktadır. Tünel patlatmaları için kaynaklarda verilen önemli noktaları dikkate alan bir tasarım yapılarak uygulanmış ve atım sonuçları değerlendirilerek iyileştirmeler yapılmaya çalışılmıştır. Yapılan uygulamaların sonuçları değerlendirilerek üzerinde fikir birliğine varılan tasarımla yapılan patlatmalar sonucu firmanın birim delme-patlatma maliyeti yaklaşık %20 azaltılmıştır (Çizelge 11).

Firmanın kendi delme-patlatma uygulamalarındaki tarafımızca tespit edilen en önemli hata kesme bölgesindeki uygun olmayan yük mesafesiydi. Tarafımızca yapılmış olan tasarımlarda ise kesme bölgesi 2 kademedede patlatılarak verimli bir şekilde boşaltılmış ve diğer delikler için uygun serbest yüzey yaratılmıştır. Firmanın patlatma tasarımındaki diğer bir dezavantaj ise tünel genişliği ve hedeflenen ilerleme arasındaki ilişkinin dikkate alınmamış olmasıdır. Firmanın uygulamasında ilerleme hedefi 3,60m iken tarafımızca yapılan tasarımlarda ilerleme hedefi 3,00m'ye düşürülmüştür. Bu paragrafta belirtilen 2 temel müdahale ile birlikte atımların verimi arttırılmıştır.

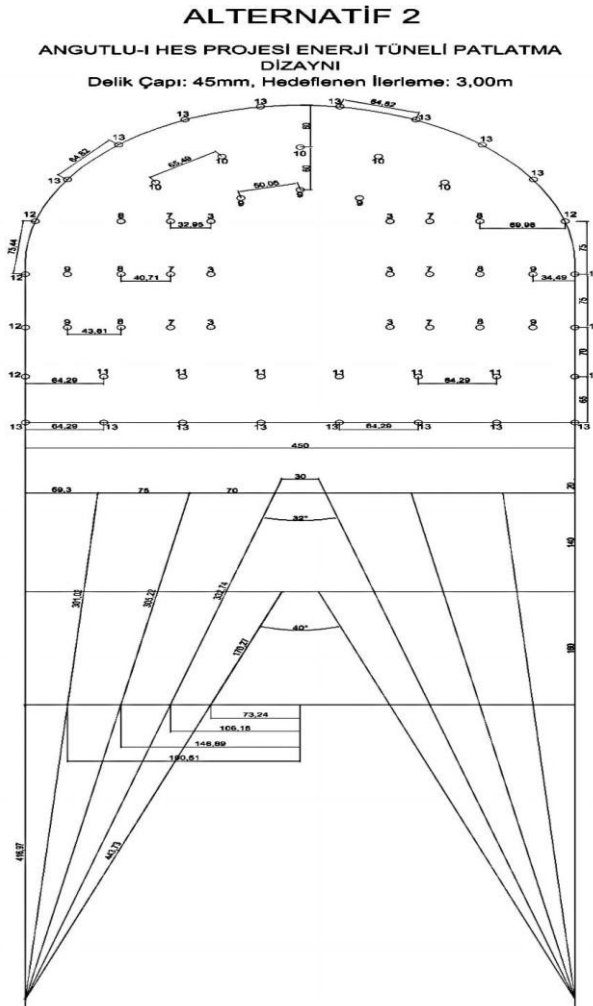
**KAYNAKLAR**

- Langefors, U ve Kihlström, B, (3rd ed.), 1979. The Modern Technique of Rock Blasting, Stockholm, Ohio, 200 s.
- Olofsson, S, (2nd ed.), 2002. Applied Explosives Technology For Construction and Mining, Arla, Sweden, 163-165, 177 s.
- <http://www.turkerler.com/hes/angutlu-i-ii-regulatoru-ve-hes>





Şekil 2. Tasarım 1 delgi paterni



Şekil 3. Tasarım 2 delgi paterni

Çizelge 4. Tasarım 1 uygulamasına ait veriler

**PARAMETRELER**

Formasyon	:	Bazalt (Sert)
Tünel Kesit Alanı	:	18.00 m <sup>2</sup>
Delik Çapı	:	45 mm
Delik Boyu	:	3.00 m
İlerleme	:	2.21 m
Üretim	:	39.78 m <sup>3</sup>
Atım Verimi	:	73.67 %

**KULLANILAN PATLAYICI MADDELER**

Patlayıcı Madde	:	115.00 kg
Elektriksiz Kapsül LP	:	56 Ad
İnfilaklı Fitol (12 g/m)	:	25 m
Elektrikli Kapsül	:	1.00 Ad

**ÖZGÜL TÜKETİMLER**

Patlayıcı Madde	:	2.89 kg/m <sup>3</sup>
Elektriksiz Kapsül LP	:	1.41 Ad/m <sup>3</sup>
İnfilaklı Fitol (12 g/m)	:	0.63 m/m <sup>3</sup>
Elektrikli Kapsül	:	0.02 Ad/m <sup>3</sup>
Delgi	:	4.08 m/m <sup>3</sup>

Çizelge 5. Tasarım 2 uygulamasına ait veriler

**PARAMETRELER**

Formasyon	:	Sert (Bazalt)
Tünel Kesit Alanı	:	18.00 m <sup>2</sup>
Delik Çapı	:	45 mm
Delik Boyu	:	3.00 m
İlerleme	:	3.00 m
Üretim	:	54.00 m <sup>3</sup>
Atım Verimi	:	100 %

**KULLANILAN PATLAYICI MADDELER**

Patlayıcı Madde	:	127 kg
Elektriksiz Kapsül LP	:	60 Ad
İnfilaklı Fitol (12 g/m)	:	25 m
Elektrikli Kapsül	:	1.00 Ad

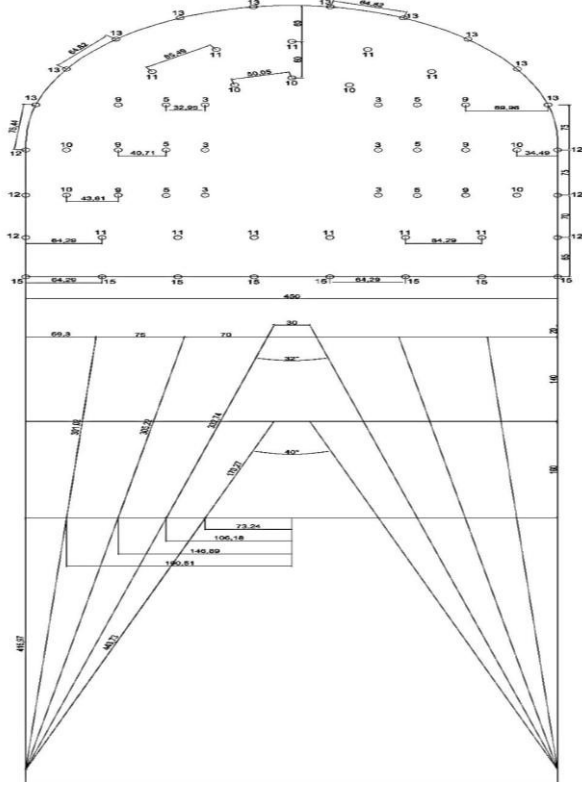
**ÖZGÜL TÜKETİMLER**

Patlayıcı Madde	:	2.35 kg/m <sup>3</sup>
Elektriksiz Kapsül LP	:	1.04 Ad/m <sup>3</sup>
İnfilaklı Fitol (12 g/m)	:	0.43 m/m <sup>3</sup>
Elektrikli Kapsül	:	0.02 Ad/m <sup>3</sup>
Delgi	:	3.23 m/m <sup>3</sup>

## ALTERNATİF 3

ANGUTLU-I HES PROJESİ ENERJİ TÜNELİ PATLATMA DİZAYNI

Delik Çapı: 45mm, Hedeflenen İlerleme: 3,00m



Şekil 4. Tasarım 3 delgi paterni

Çizelge 6. Tasarım 3 uygulamasına ait veriler

## PARAMETRELER

Formasyon	:	Bazalt (Sert)
Tünel Kesit Alanı	:	18,00 m <sup>2</sup>
Delik Çapı	:	45 mm
Delik Boyu	:	3,00 m
İlerleme	:	3,00 m
Üretim	:	54,00 m <sup>3</sup>
Atım Verimi	:	100 %

## KULLANILAN PATLAYICI MADDELER

Patlayıcı Madde	:	126,44 kg
Elektriksiz Kapsül LP	:	60 Ad
İnfilaklı Fitol (12 g/m)	:	25 m
Elektrikli Kapsül	:	1,00 Ad

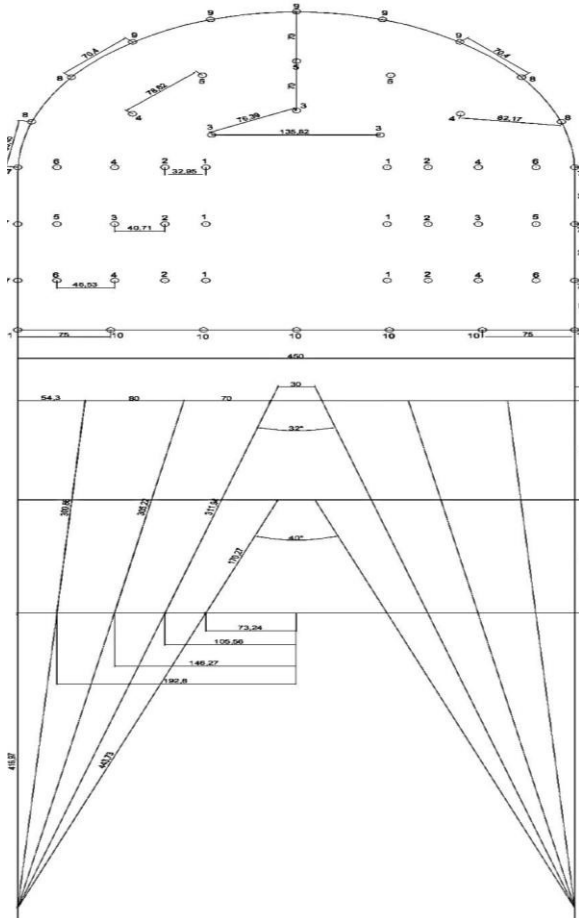
## ÖZGÜL TÜKETİMLER

Patlayıcı Madde	:	2,34 kg/m <sup>3</sup>
Elektriksiz Kapsül LP	:	1,11 Ad/m <sup>3</sup>
İnfilaklı Fitol (12 g/m)	:	0,46 m/m <sup>3</sup>
Elektrikli Kapsül	:	0,02 Ad/m <sup>3</sup>

## ALTERNATİF-4

ANGUTLU-I HES PROJESİ ENERJİ TÜNELİ PATLATMA DİZAYNI

Delik Çapı: 45 mm, Hedeflenen İlerleme: 3,00 m



Şekil 5. Tasarım 4 delgi paterni

Çizelge 7. Tasarım 4 uygulamasına ait veriler

## PARAMETRELER

Formasyon	:	Sert (Bazalt)
Tünel Kesit Alanı	:	18,00 m <sup>2</sup>
Delik Çapı	:	45 mm
Delik Boyu	:	3,00 m
İlerleme	:	2,95 m
Üretim	:	53,10 m <sup>3</sup>
Atım Verimi	:	98,33 %

## KULLANILAN PATLAYICI MADDELER

Patlayıcı Madde	:	124,81 kg
Elektriksiz Kapsül LP	:	54 Ad
İnfilaklı Fitol (12 g/m)	:	25 m
Elektrikli Kapsül	:	1,00 Ad
Toplam Delgi	:	156,30 m

## ÖZGÜL TÜKETİMLER

Patlayıcı Madde	:	2,35 kg/m <sup>3</sup>
Elektriksiz Kapsül LP	:	1,02 Ad/m <sup>3</sup>
İnfilaklı Fitol (12 g/m)	:	0,47 m/m <sup>3</sup>
Elektrikli Kapsül	:	0,02 Ad/m <sup>3</sup>
Delgi	:	2,94 m/m <sup>3</sup>