

Dökme Emülsiyon Patlayıcılar ve Şarjlama Sistemleri (Basamak Patlatmaları)

Bulk Emulsion Explosives and Loading Systems (Bench Blasting)

Metehan Derya

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş., G.O.P./Ankara)

Özkan Düzgün

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş., G.O.P./Ankara)

Murat US

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş., G.O.P./Ankara)

Velat Alabaş

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş., G.O.P./Ankara)

ÖZET Bu bildiri de açık ocak maden işletmelerinde kullanılan dökme emülsiyon patlayıcılar ve şarjlama sistemleri değerlendirilmiş, modern şarjlama ekipmanları yardımıyla en son gazlama teknolojileri kullanılarak zor ve karmaşık zemin koşullarına sahip bir açık ocak patlatma uygulaması anlatılmıştır.

ABSTRACT This paper reviews bulk emulsion explosives and loading systems for open pit mining operations. The benefits of the modern equipments, along with the use latest gassed emulsion technology, is summarized in the application of an open pit blast with very difficult and complex ground conditions.

1 GİRİŞ

Günümüzde gelişen açık ocak madenciliğine paralel olarak tüm maden ekipmanları, patlayıcı ve ateşleme sistemleri gelişmektedir. Özellikle büyük hacimlerde üretim yapılan, ulaşım güçlüğü yaşanan maden işletmelerinde patlayıcının sahada üretimi ve özel ekipmanlar vasıtasıyla patlatma deliklerine doğrudan doldurulması gündeme gelmiştir.

Bu büyüklükteki maden işletmelerinde patlatma iş güvenliğinin temini zordur. Buna bağlı olarak daha az hassas patlayıcılar, hatta patlatma deliklerinde doldurulduktan sonra patlayıcı halini alan özel karışımlara ihtiyaç duyulmuştur. Günümüzde büyük çaplı

patlatma deliklerinde ana patlayıcı olarak çoğunlukla ANFO kullanılmaktadır. ANFO birim enerji başına maliyeti en düşük patlayıcıdır. Güvenli kullanım özelliği ve düşük maliyeti sebebiyle patlatma uygulamalarında tercih edilse de en ANFO'nun en önemli dezavantajı suya ditencinin olmayışıdır. ANFO'nun suya dayanıklılığı farklı katkı malzemeleriyle ancak belli oranlarda geliştirilebilmiştir.

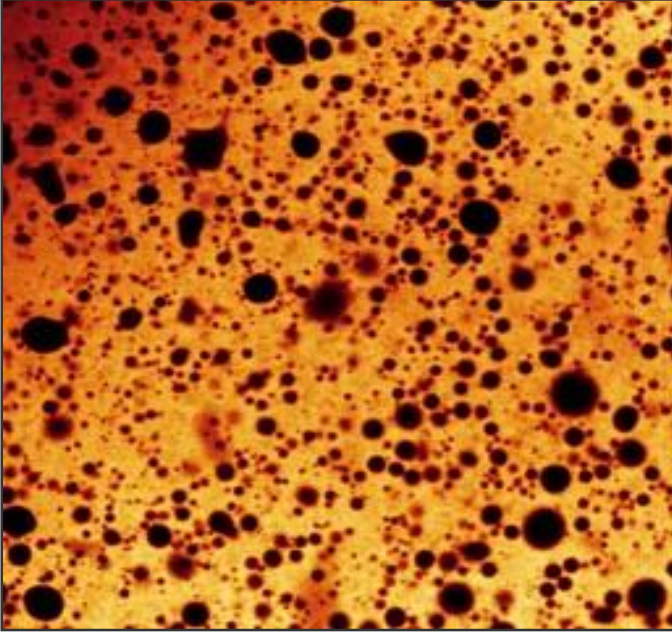
Patlayıcı madde seçimi tüm madencilik operasyonlarının verimliliğini doğrudan etkiler. Kuvvetli (yüksek enerjili) patlayıcı kullanımı kaya parçalanması ve kütlenin kazılabilirliğini olumlu yönde etkilediğinden, taşıma ve kırma hızlarında artış sağlamaktadır.

Son yıllarda dökme emülsiyon patlayıcı teknolojisinde yaşanan gelişmeler sistemin

çok farklı delik çaplarında rahatlıkla kullanılabilmesine olanak tanımıştır. Bunun sonucu suya direnci çok iyi olan emülsiyon patlayıcılar öncelikle ANFO'nun kullanılmadığı sulu deliklerde kullanılmaya başlamıştır. Son dönemlerde ise kuru deliklerde de yüksek verimliliği nedeniyle ANFO'nun yerine emülsiyon patlayıcı kullanımı üzerinde tartışılmaktadır.

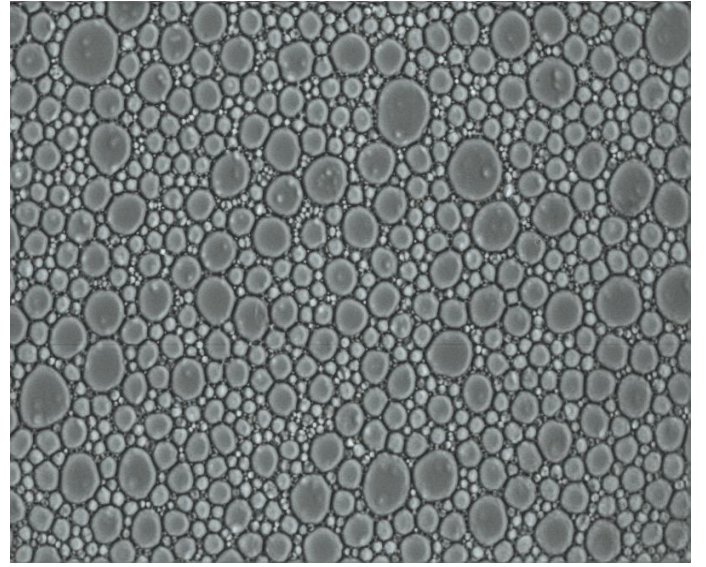
2 DÖKME EMÜLSİYON SİSTEMLERİ

Emülsiyon birbiri içinde çözilmeyen iki sıvının karışımıdır. Bir sıvı (dağılan faz), diğeri (dağınilan faz) içinde dağılmış durumdadır. Gündelik yaşamdaki emülsiyonların çoğu, yağ/su (su içinde yağ tanecikleri) emülsiyonudur (Şekil 1).



Şekil 1. Yağ/su emülsiyonu (Margarin)

Emülsiyon patlayıcılar genellikle amonyum nitratın sulu çözeltisi ile mineral yağ karışımından oluşmaktadır. Karışımın mikroskop altındaki görüntüsü bal peteği şeklindedir (Şekil 2). Yağ ve/veya mum membranı milimetrenin onbinde biri büyüklüğündeki amonyum nitrat solusyonu (oksidizer) damlacıklarını ayırır. Bu oksidizer ile yağın temas yüzeyinin fazla olduğu anlamına gelmektedir. Bunun sonucu patlama hızlı ve tam olarak gelişir. Ayrıca bu yağ ve mum membranı suya karşı direnci sağlar. Bu karışım, içerisine mikroskopik kürecikler (cam veya gaz) katılarak hassaslaştırılır.



Şekil 2. Mineral yağ ile çevrili AN damlacıkları

Milimetrenin onda biri kadar olan bu kürecikler karışımın yoğunluğunun ayarlanmasında önemli etken olmalarının yanısıra şok dalgalarının enerjisinin ısıya dönüşmesine katkıda bulunarak patlamanın tam ve hızlı bir şekilde gerçekleşmesini sağlarlar. Emülsiyon patlayıcıların içerisinde bulunan hammaddelerden hiçbiri patlayıcı olarak tanımlanamaz, ancak hepsi biraraya geldiğinde patlayıcı halini alır.

Emülsiyon patlayıcılar kaza sonucu sürtünme, darbe, şok gibi etkenler ile ateşlenmeye karşı hassas değildir. Bu nedenle üretim aşamaları, taşınmaları ve kullanımları diğer tüm ticari patlayıcılardan güvenlidir.

2.1 Dökme Emülsiyon Üretim Sistemleri

Emülsiyon tesisinde hazırlanan oksidizer- yağ karışımı (matriks) patlatma sahasında deliklere doldurulurken gazlama çözeltisi karıştırılarak hassaslaştırılır. Üretim aşamaları son derece güvenli olduğundan üretim tesisleri maden çalışma sahaslarının yakınında bulunabilir. Tesiste hazırlanan karışım (matriks) patlayıcı olmadığından emülsiyon kamyonunda taşınması ve depolanması oldukça güvenlidir.

2.2 Emülsiyon Kamyonları

Emülsiyon kamyonları karışımın (matriks) tesisten patlatma sahasına kadar taşınmasına ve patlatma deliklerine doldurulmasına olanak tanır. Farklı formasyonlar için değişik oranlarda ANFO ve emülsiyon matriksi karıştırarak farklı ürünler elde edilebilir.

3 GİRİŞ

3.1 Centerra Gold Madencilik

Centerra Gold Madencilik firmasının merkezi Kanada'dır. Altın madenciliğinde, sektörün en büyüklerinden olan Centerra, Orta Asyada, iki büyük altın madenini işletmektedir. Bununla birlikte Centerra, Türkiye'de Akaraca, Samlı, Emali ve Oksut olmak üzere altın arama çalışmalarına devam etmektedir.

3.2 Kumtor Altın Madeni

Kumtor altın madeni konumu ve üretim kapasitesi itibari ile dünyada bulunan sayılı açık ocak işletmelerinden birisidir. Maden sahası deniz seviyesinden 4000m yükseklikte Kırgızistan tanrı dağlarında konumlanmış olup karayolu ile başkent Bişkek'e 350 km uzaklıktadır. Kumtor altın madeninde temel olarak delme, patlatma, yükleme ve taşıma aşamalarından oluşan açık ocak işletme yöntemleri uygulanmaktadır (Şekil 3). Maden sahasından elde edilen cevher sırasıyla, kırıcı, değirmen, flotasyon, liç ve elektro kazanım proseslerinden geçerek külçe halinde depolanmaktadır. Mayıs 1997 ve Aralık 2010 yılları arasında yıllık ortalama 18 ton olmak üzere toplamda 220 ton altın üretilmiştir. Açık ocakta altın tenörü ton başına 5-1,5gr arasında değişmektedir.

Şekil 3. Kumtor Altın Madeni genel görünüm

4 KUMTOR ALTIN MADENİ DELME PATLATMA UYGULAMALARI

Maden sahası konumu itibari ile jeolojik yapısında değişiklikler göstermektedir. Genel hatları ile taban taşı carbonaceous-clay slates, tavan taşı phyllites ve cevher metasomatites'tan oluşmaktadır. Örtü-kazı basamaklarının bir kısmı buzullardan oluşmaktadır. Ayrıca maden sahasında oldukça fazla miktarda yeraltı suyu bulunmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Buzullardan oluşan örtü-kazı basamakları



Kumtor altın madeninde kuru delikler için ANFO, sulu delikler için dökme emülsiyon patlayıcı madde kullanılmaktadır. Her iki üründe, ulaşım güçlüklerinden ötürü maden sahasında üretilmekte olup özel tasarlanmış kamyonlar ile deliklere doldurulmaktadır. Ayrıca her patlatma öncesi patlatılacak bloğun patlatma tasarımı özel bilgisayar programları kullanılarak hazırlanır. Bu sayede, istenen ateşleme yönü ve yapılması gereken bağlantılar henüz patlatma sahasına gitmeden kontrol edilebilir.



Şekil 5. Kumtor Altın Madeni emülsiyon tesisi

Dökme emülsiyon matrix üretimi esnasında bu iki tanktan pompalar yardımı ile farklı miktarlarda akış sağlanarak karışım elde edilir (Şekil 6.).

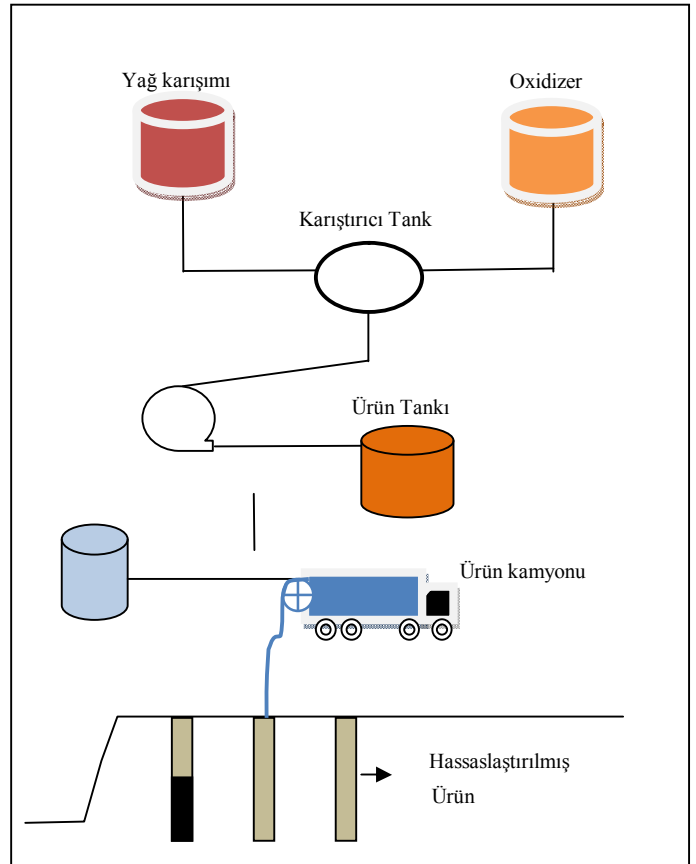
Çizelge 1. Üretim delikleri – patlatma parametreleri

Formasyon	: Phyllites (Filit)
Delik düzeni	: Şaşırtmalı
Basamak yüksekliği	: 8 m
Delik boyu	: 9 m
Yük mesafesi	: 5.5 m
Delikler arası mesafe	: 5.5 m
Patlatma delik çapı	: 172-215 mm
Ana patlayıcı	: ANFO-Emülsiyon
Yemleme	: Booste 465gr
Ateşleme sistemi	: Exel HTD 7m.
Başlatıcı	: İnfilaklı Fitol (5g./m)
Özgül şarj	: Kg./m ³

Yük, delikler arası mesafe ve özgül şarj kullanılacak ana patlayıcı maddeye göre değişiklik göstermektedir.

4.1 Maden Sahasında Dökme Emülsiyon Üretimi

Kumtor altın madeninde kurulu olan dökme emülsiyon tesisi günlük 75 ton üretim kapasitesine sahiptir. Fabrika içerisinde her biri 18 ton kapasiteli iki adet oksidizer çözelti tankı bulunmaktadır. Yağ karışımı için ise 6 tonluk iki ayrı tank bulunmaktadır (Şekil 5).



Şekil 6. Emülsiyon tesisi hazırlama ve uygulama şeması

Su içinde çözülmüş AN tanecikleri ile yağ tanecikleri statik karıştırıcılardan geçirilerek matriks oluşturulur. Su ve yağ taneciklerinin çok küçük boyutlarda karıştırılması ile mükemmel derecede suya dayanıklı ürün elde edilir. Elde edilen ürün yalıtılmış depolama tanklarına gönderilir. Emülsiyon kamyonları ihtiyaç duyulduğunda depolanan matriks ile doldurulup maden sahasına gönderilir (Şekil 6).



Şekil 6. Depolama tankından emülsiyon kamyonuna ürün dolumu

Çok küçük tanecik boyutunda hazırlanan emülsiyon karışımı, patlayıcının çok hızlı reaksiyona girmesine yol açar. Bu durum patlama hızını (VOD) arttırdığı gibi, detonasyon sonucu oluşan toxic gaz miktarını da oldukça düşürür.

Üretimi, özel olarak kurulmuş fabrikalarda gerçekleşen dökme emülsiyon patlayıcı, ancak patlatma deliklerine dolum sırasında hassaslaştırılır. Dolum sırasında hassaslaştırma önceden hazırlanmış gaz solüsyonu ile olur. Gazlama solüsyonu ile ayrıca farklı yoğunluklarda ürünler elde edilebilmektedir.

Dökme emülsiyon için üretilmiş kamyonlarda matriks, AN, gazlama, dizel ve su tankı olmak üzere 5 ayrı hazne bulunmaktadır. Şarjlama esnasında beş ayrı ürün farklı miktarlarda akış sağlanarak delik içine hassaslaştırılmış dökme emülsiyon patlayıcı doldurulmaktadır. Patlatmanın yapılacağı kaya tipine göre bu akış ayarları değiştirilebilir. Sert ya da yumuşak zeminde

ürün tipi değiştirilerek daha verimli patlatmalar yapılabilir.

Ürün üretim sonrası depolama ve patlatma sahasına taşınması esnasında tamamen güvenli olup tehlikeli madde olarak 5.1 sınıfında yer almaktadır. Ürün delik içine şarj edildikten sonra patlayıcı madde sınıfına geçer.

4.2 Dökme Emülsiyon Teknik Özellikleri

Çizelge 2' de dökme emülsiyon teknik özellikleri ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Dökme emülsiyon üstün performansının yanı sıra yüksek iş güvenliği özelliklerine sahiptir. Suya karşı çok dirençlidir. Herhangi bir sürtünme ya da darbe ile patlatılması çok zordur. Sıkıştırılmış bir alan içerisinde aşırı darbe ya da ısınma ile ateşlenebilir. Tabloda verilen detonasyon hızı (VOD) test edilen delik çapına ve ortama bağlıdır (confinment).

Çizelge 2. Kullanılan Emülsiyon Patlayıcının Teknik Özellikleri

Ürün	Dökme Emülsiyon
Yoğunluk (gr/cm ³)	1,10-1,25
Minimum delik çapı (mm)	89
Maximum delik boyu (m)	30
Maximum şarj Boyu (m)	25
Delik tipi	Kuru-Sulu
Şarj sistemi	Pompalama
Önerilen yemleme tipi	Pentex 400 gr
VOD (km/s)	3,9-6,5
RWS	101-110
RBS	139-172
CO ₂ çıkışı (kg/ton)	150-158

4.3 Dökme Emülsiyon Avantajları

- Daha az işgücü ihtiyacı
- Hızlı ve otomatik doldurma ile zamandan kazanım
- Delikten su çekilmesine gerek duyulmaması, bununla beraber doğabilecek delik formasyonundaki bozuklukların önüne geçilmesi

- Patlayıcı maddenin delik içinde bozulmadan uzun süre (7-10 gün) durabilmesi
- Patlayıcının delik tabanından başlayarak doldurulması
- Tabandan yukarı doğru şarjlama ile patlayıcı kolonunda yabancı madde ve boşluk bırakılmaması
- Minimum enerji kaybı
- İstenilen yoğunlukta patlayıcı
- Jeolojik yapıya göre patlayıcı oranlarının (ANFO/Emülsiyon) ayarlanması
- Son derece güvenli ürün, sadece delik içi patlayıcı madde

4.4 Ülkemizde Yemlemeye Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı Kullanımı

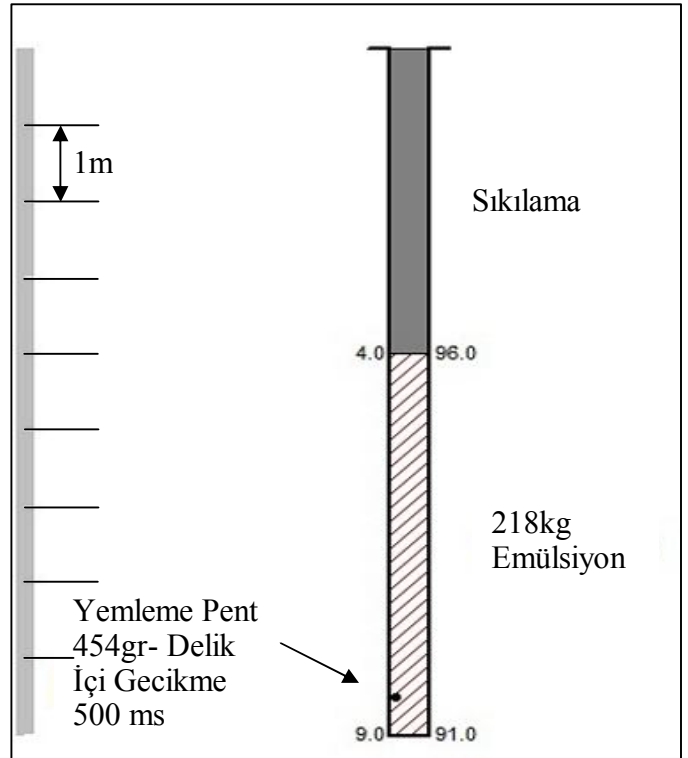
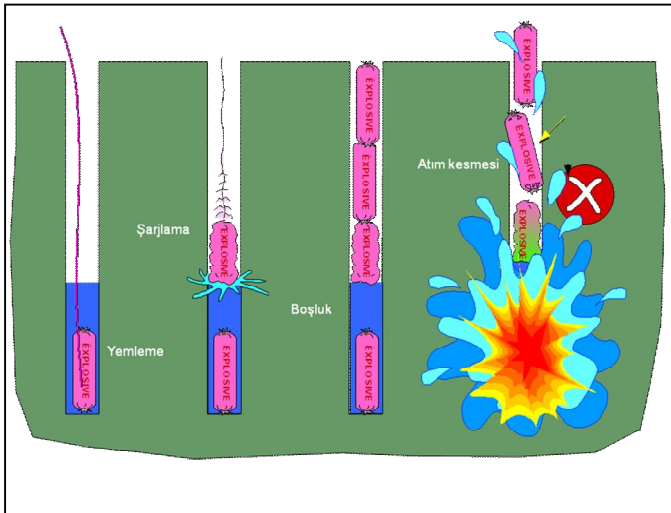
Ülkemizde gerek ihtiyaç, gerekse yasal düzenlemeler sonucu dökme emülsiyon patlayıcı kullanımı sınırlı kalmıştır. Yemlemeye duyarlı emülsiyon patlayıcıların sahada üretimi ve/veya özel kamyonlar ile patlatma deliklerine dolumu pratik olarak ilgili yasal düzenlemeler (87/12028 Karar Sayılı Tüzük, 23 Mayıs 2001 ve 24410 sayılı Resmi Gazetelerde Yayınlanan Değişikliklerle Beraber Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle İlgili, Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük) nedeniyle imkansızdır. Bu nedenle ülkemizde yemlemeye duyarlı emülsiyon patlayıcılar paketlenerek, patlatma deliklerine doldurulmaktadır (Şekil 7).

Şekil 7. Paketli emülsiyon kullanımı zorlukları

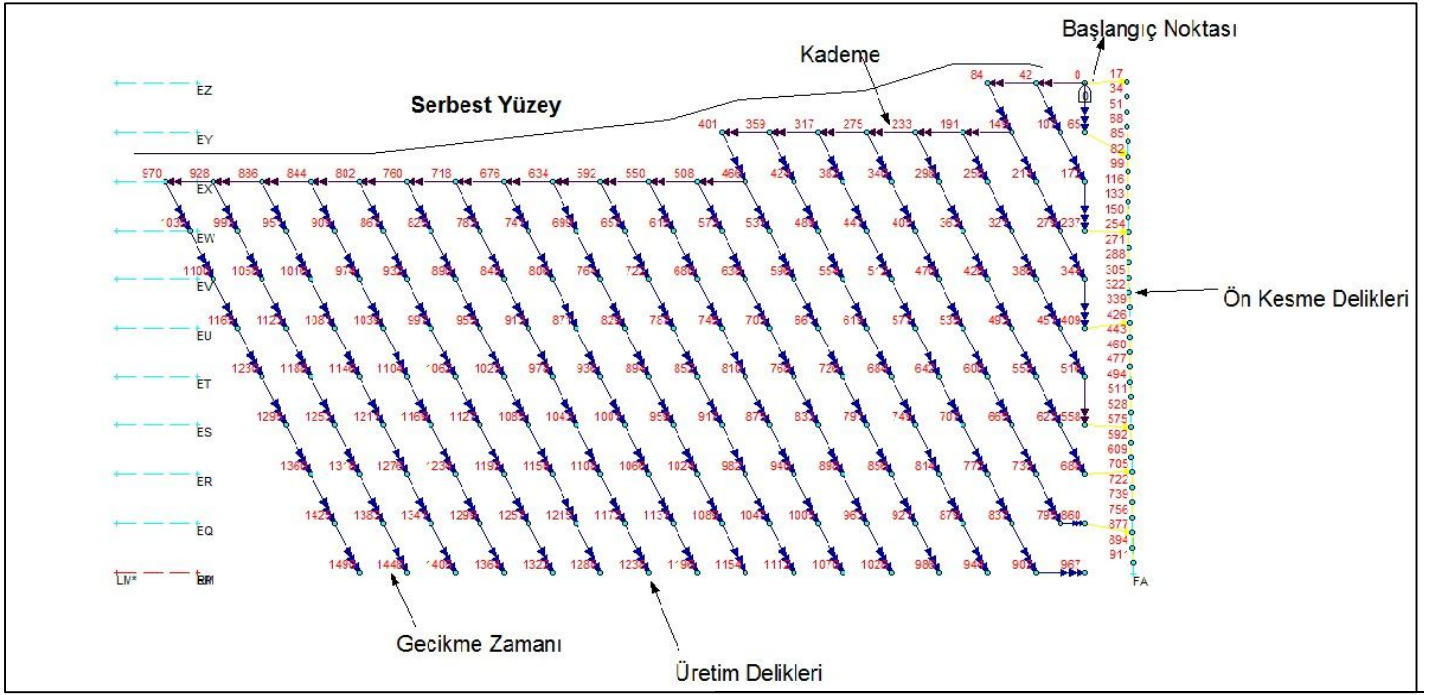
Bu şekilde kullanım beraberinde çeşitli zorlukları da getirmiştir: Paketlenmiş emülsiyon patlayıcıları özellikle içerisinde su bulunan patlatma deliklerine doldurmak oldukça zahmetli ve özen gerektirmektedir. Bazı işletmeler bu zorlukları gereğinden büyük çapta delikler delerek veya kısa delikler delerek önlemeye çalışmaktadırlar. Bunun sonucu verimlilik kayıpları yaşanmaktadır.

5 DÖKME EMÜLSİYON PATLAYICI KULLANILAN ÖRNEK PATLATMA UYGULAMASI

Kumtor delme patlatma birimi tarafından yapılan denemeler ve araştırmalar sonucu işletme şartlarına en uygun patlatma düzeni (patern) şaşirtmalı (şeş beş) delik düzeni olarak belirlenmiştir. Kumtor altın madeninde uygulanan delme patlatma parametreleri Çizelge 3.te ayrıntılı olarak verilmiştir. Patlatma deliklerinde yemleme olarak kalıp yemleyiciler, ateşleme sistemi olarak elektriksiz kapsüller kullanılmaktadır (Şekil 8, Şekil 9, Şekil 12).



Şekil 8. Delik içi yemleme, ana patlayıcı, ateşleme sistemi ve sıkılama detayı



Şekil 9. Ateşleme sisteminin bilgisayar programı ile simülasyonu (Filit)

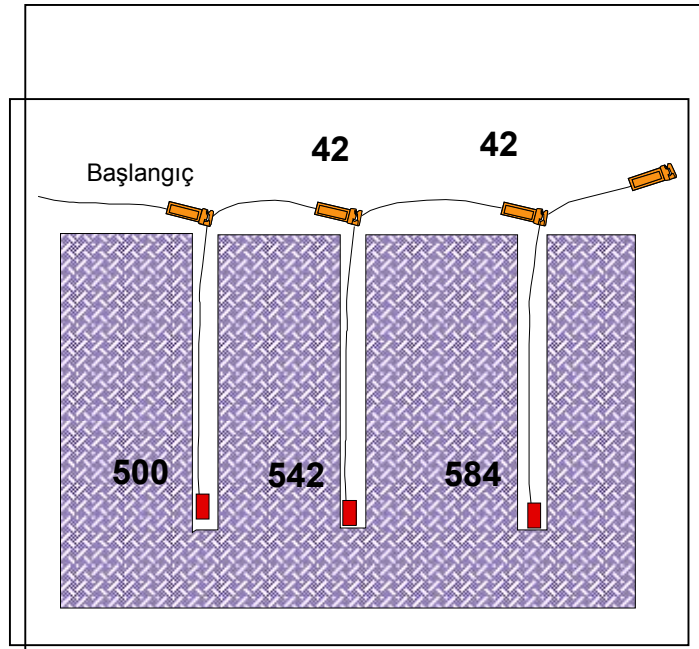
Çizelge 3. Delme – patlatma parametreleri

Delik durumu	: Kuru-sulu
Basamak yüksekliği	: 8 m
Alt delme	: 1 m
Şarj boyu	: 5m
Yük mesafesi	: 5.63 m
Delikler arası mesafe	: 6.5 m
Sıkılama	4 m
Patlatılan alanın hacmi	: 293 m ³ /delik
Patlatılan delik sayısı	: 209 ad.
Patlayıcı delik çapı	: 215 mm
Ana patlayıcı	: Emülsiyon
Patlayıcı yoğunluğu	: 1.20 gr/cm ³
Ana patlayıcı miktarı	: 218 kg/delik.
Yemleme (Booster)	: Pent 454 (454gr)
Ateşleme sistemi	: Exel HTD, Exel MS
Özgül Şarj	: 0.74 kg./m ³
Delik dolumu sırasında aşağıdakilere dikkat edilmiştir;	

- Yemleme delik tabanından bir miktar yukarıya yerleştirilmiştir.
- Ürün hortumu delik dibine kadar salınıp, pompalama esnasında düşük devir ile sarılmıştır.
- Başlangıçta kısa aralıklarla ürün yoğunluk kontrolü yapılmıştır.
- Patlayıcının hassasiyeti kazanması için sıkılamalara ürün pompalanmasından 20 dakika sonra başlanmıştır.



Şekil 10. Delik dolumu

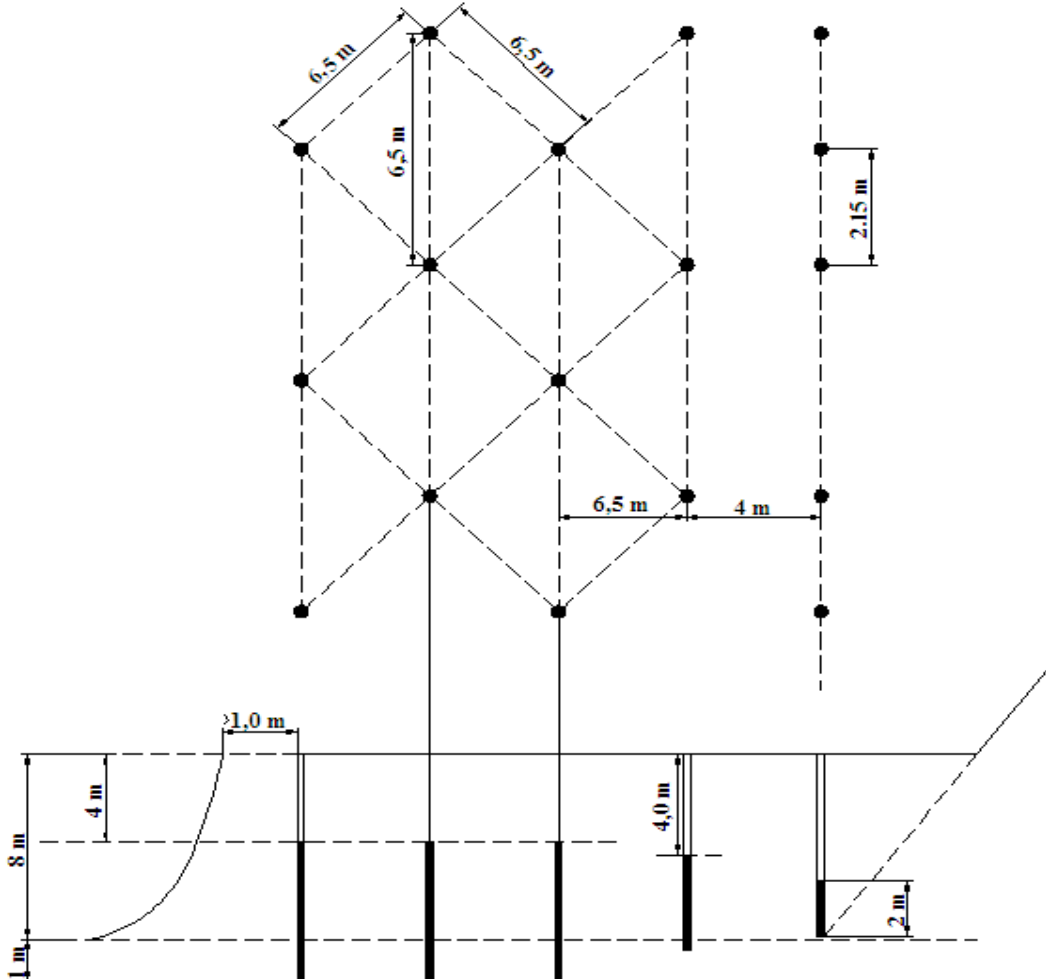


Şekil 12. Delik içi gecikmeler ve bağlantı detayı

5.1 Patlatma Sonuçları

Patlatma alanının konumu gereği kısıtlı serbest yüzey alanı nedeniyle patlatma sırasında savrulma gözlenmiştir.

Şekil 11. Delik boyu, yük ve delikler



Şekil 10. Delik dolumu

Şekil 11. Delik boyu, yük ve delikler

Yığın şekli ve geometrisi, ortalama parça boyutlarının uygun olduğu görülmüştür.

Yığının arka tarafında parçalanmış malzemenin yeterince ötelendiğinin göstergesi olan bir ayrılma (çukurluk) görülmüştür. Bu tabanda parçalanmamış kısımlar kalmadığının göstergesidir.

Gerideki basamak sınırına delinmiş olan ön kesme deliklerinin sonuçları da oldukça başarılı olduğu, kazı hattının yığından görüle bildiği kadarıyla net ve belirgin olarak çıktığı söylenebilir. Ancak yığının kolay kazılabilir kazılamadığı, kazı hattının gerisindeki yüzeyin kalitesi kazılar başladıktan sonra değerlendirilebilecektir.

Patlatma sonrası elde edilen yığın üzerinden farklı noktalardan alınan fotoğraflar bilgisayar programı aracılığıyla incelenmiştir (Çizelge 4, Şekil 13).



Şekil 13. Patlatma anı

Çizelge 4. Parça boyutlandırma analizi

Boyut (cm)	Elek Altı (%)
55	40
75	50
95	60
115	70
150	80



Şekil 13. Yığın fotoğrafı

6 SONUÇLAR

Ülkemizde de özellikle sivil patlayıcıların üretim teknolojileri açısından pek çok Avrupa ülkesinin ilerisinde bulunmaktadır. Bununla beraber ülkemizde patlayıcı maddelerin taşınması, depolanması, kullanımı ve denetimi konularında çeşitli eksiklikler de bulunmaktadır.

Bu durumun yarattığı eksikliklerden biride dökme emülsiyon patlayıcı kullanımının paketlenmiş ürünlerle sınırlı kalmasıdır. Yemlemeye duyarlı emülsiyon patlayıcıların paketlenerek kullanımı hem güvenlik hemde verimlilik kayıplarına yol açmaktadır.

Bu eksiklikler doğal olarak sorumlu mühendisin patlatmalar sırasında fazladan önlemler almasına yol açmaktadır. Özetle, sivil amaçlı patlayıcı kullanımını ile ilgili hususlar 87/12028 sayılı “23 Mayıs 2001’e Kadar Yapılan Tüm Değişikliklerle Beraber Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle İlgili Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük” ve 84/8428 sayılı tüzüğün ilgili maddelerinde, ülkemizde üretilen modern patlayıcı ve ateşleme sistemlerine yönelik değişiklikler yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

87/12028 Karar Sayılı Tüzük, 23 Mayıs 2001 ve 24410 sayılı Resmi Gazetelerde Yayınlanan Değişikliklerle Beraber Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle İlgili, Av Malzemesi ve

Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük,
(Resmi Gazete, Sayı. 24410, 2001.)

84/8428 Karar Sayılı Tüzük, 1984. *Maden ve Taş Ocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Alınacak İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Önlemlerine İlişkin Tüzük,* (Resmi Gazete Tarihi: 22.10.1984, Sayı: 18553.)

Orica Technical Service Team, *Safe and Efficient Blasting in Metal Mines,* (115 - 134 s.).

Atlas Powder Company Field Technical Operations , Texas, USA, 1987. *Explosives and Rock Blasting,* (47 - 54 s.).

Orica, *Engineer Training Program – Package No. 20 (Charging),* Australia, (40 - 58 s.).

International Society of Explosives Engineering, Ohio, USA, 1998. *Blasters Hand Book,* (243 - 256 s.).

Orica Technical Service Team, *Safe and Efficient Blasting in Metal Mines,* (120 - 133 s.).

International Society of Explosives Engineers, (17th ed.), 1998. *Blasters' Handbook,* Cleveland, Ohio, (547 - 561 s.).

Olofsson, Stig O., 1988. *Applied Explosives Technology for Construction and Mining,* Arla, Sweden, (160 - 173 s.).

Orica, *Engineer Training Program – Package No. 17 (Initiation Applied)* Australia, (21 - 32 s.).