

## HAVA PATLATMALI KAZI SİSTEMİNİN MEKANIĞI

## MECHANISM OF AIR BLASTING EXCAVATION SYSTEM

N.A. AKÇIN

Karaelmas Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

T. ÖZKAN

Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak

ÖZET: Bu bildiride; Zonguldak havzasında uygulanmakta olan hava patlatmalı kazı sisteminin mekaniği incelenmiştir. Patlatma ünitesinden kayaca aktarılan kuvvet teorik yaklaşımlarla hesaplanmıştır. Hesaplamalardan elde edilen değerler bundan sonraki patlatma paternlerinin tasarımında kullanılacaktır.

ABSTRACT: In this paper, the mechanism of air blasting excavation system, that is currently being used at Zonguldak Region, has been studied. The force transferred to the rock from the breaking unit has been calculated by theoretical approaches. The values obtained from the calculations will be utilized in the future designs of blasting patterns.

## 1. GİRİŞ

Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda (TTK'da); yumuşak ve kazı kolaylığı iyi olan kömür damarlarında kazma ve martopikörle, sert ve zor kazılan kömür damarlarında patlayıcı maddelerle kazı çalışmaları yapılmaktadır. Özellikle, patlayıcı maddelerle yapılan kazı çalışmaları emniyet açısından riskler taşımakta ve üretim maliyetlerini artırmaktadır. Örneğin; Amasra İşletmesinde 1 ton kömür kazısı için yaklaşık 200 gr patlayıcı madde tüketilmektedir (TTK, 1994).

Havzanın yeniden yapılanması ve modernizasyonu çalışmaları kapsamında; kömür kazısı için alternatifler araştırılmış ve Yüksek Basıncılı Hava Patlatmalı Kazı Yöntemiyle, Cardox Sistemi uygulamaları başlatılmıştır. Bu yöntemlerin uygulanmasında sadece kazı sorunu üzerinde durulmamıştır. Üretim çalışmalarında karşılaşılan diğer sorunlar da ele alınarak

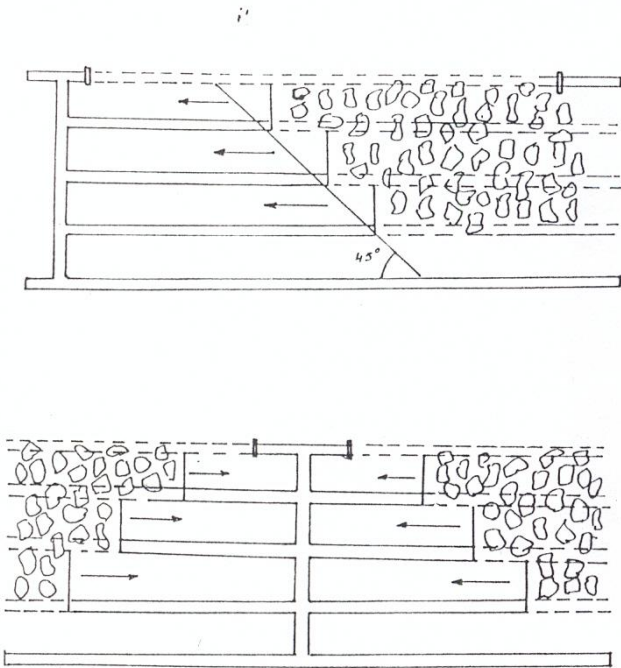
yeni üretim yöntemleri uygulanmaya başlanmıştır.

Cardox Sistemi; tüp içindeki sıvı karbondioksit ( $CO_2$ ) gazının 12 V'lık bir el manyetosu ile ateşlenmesi ve bunun sonucunda ortaya çıkan  $1170^\circ C$ 'lik bir sıcaklığın  $CO_2$  gazını genleştirmesi esasına dayanmaktadır. Bu genleşme sırasında sıvı  $CO_2$ , gaz haline dönüşmekte ve hacmi 600 kat artmaktadır. Tüpün içindeki basınç 250 MPa'ya ( $2500 \text{ kg/cm}^2$ ) ulaşınca tüpün ucundaki kırma diski parçalanmakta ve yerleştirildiği deliğin çevresindeki kömür veya diğer malzemeleri parçalamaktadır (Başaran, 1996). Sarsıntısız ve şoksuz bir patlatma sağlayan bu sistem Amasra İşletmesinde pilot çapta denenmektedir ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Sistemin, Kozlu Müessesesi'nde de uygulanması için çalışmalar başlatılmıştır.

Yüksek basınçlı hava patlatmalı kazı sistemi ise 1992 yılında Kozlu Müessesesi'nde pilot çapta başlatılmıştır. Ancak, Mart 1992'deki grizu patlaması

sistemden bir sonuç alınmasına olanak vermemiştir. Daha sonraları, Karadon ve Üzülmüş Müesseselerinde uygulamalar yapılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır (Kel vd.,1996).

Sistem 1997 yılından itibaren Kozlu'da yeniden uygulanmaya başlanmıştır. Bu yöntem özellikle kalın ve dik damarlarda arakatlı üretim yöntemiyle ekonomik ve güvenli bir çalışma olanağı sağlamaktadır (Şekil 1) (Kel ve Akçın, 1997).



Şekil 1. Tek girişli arakatlı üretim yöntemi

TTK'da yapılan uygulamalar sonucunda; üretimdeki işçilik paylarında % 50, toplam maliyetlerde ise % 80 oranında azalmanın olduğu görülmüştür. Pano üretim randımanları % 80 civarında gerçekleşmiştir (Kel ve Akçın, 1997). Kozlu'da -425/-485 Acılık panosunda arakatlı göçertme yöntemiyle günde 500 ton üretim yapılabilmektedir (Akçın, 1997, Kel ve Akçın, 1997).

## 2. HAVA PATLATMALI KAZI DONANIMI

Sistem yüksek basınçlı hava ile kömür gevşetme esasına dayanmaktadır. Gevşetme işlemi, kapalı bir hacimde depolanmış yüksek basınçlı havanın şok etkisiyle kömür bünyesinde çatlaklar meydana getirip daha sonra bu basınçlı havanın çatlaklar içinde yayılarak kömürü parçalaması ile yapılmaktadır. Bu yönüyle patlayıcı maddeyle parçalama mekanizmasına benzemektedir.

Hava patlatmalı kazı sistemi;

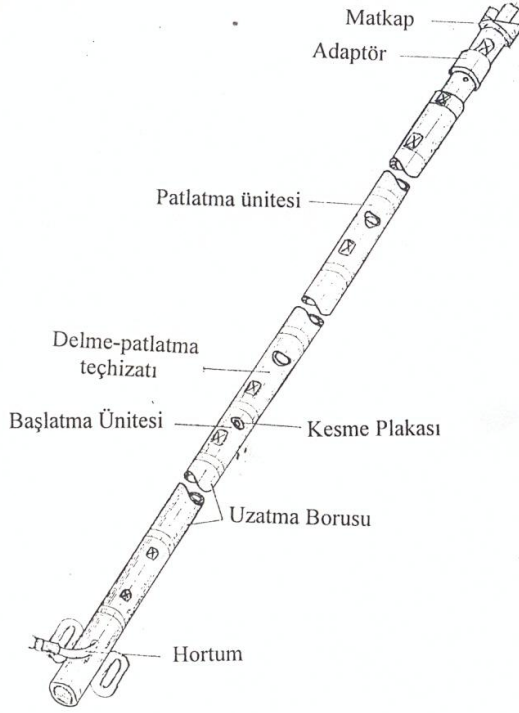
- yüksek basınçlı havayı üreten kompresör ya da kompresör grubu
- boru şebekesi ve aksesuarları
- delme-patlatma donanımından ibarettir.

Kompresör; dakikada  $2,5 \text{ m}^3$  84,3 MPa basınçta hava verebilmektedir. boru şebekesi özel alaşımli çelikten yapılmaktadır ve 140 MPa basınca dayanıklıdır. Dönüşlerde ve pano girişlerinde kolayca kıvrılabilen ince borular kullanılmaktadır. Ayrıca, şebekede farklı işlevleri olan valfler ve manometre bulunmaktadır (Anon, 1991).

Delme-patlatma ünitesi; uzun ve kısa olmak üzere iki tiptir. Kısa üniteler 1,5-2,5 m uzunluğundadır. Uzunayak yöntemiyle üretim yaparken ve arakatlı üretim yönteminde uzun patlatma yapıldıktan sonra kalan toprakları patlatmada kullanılır.

Uzun patlatma ünitelerinde delme ve patlatma işlemi aynı donanımla yapılmaktadır (Şekil 2). Bu donanımla 20-30 m'lik patlatma hatları oluşturulabilmektedir. Bunun için 1,1 m uzunluğundaki patlatma tijleri birbirine eklenmektedir. Delme-patlatma donanımı işlem sırasına göre;

- 1 adet burgu ve bağlantı adaptörü
- delik boyuna göre yeterli sayıda patlatma tiji
- 1 adet başlama ünitesi



Şekil 2. Uzun patlatma ünitesi.

- delik boyuna göre 3-5 parçadan oluşan uzatma veya yön tijleri
- 1 adet hortum muhafazası'ndan oluşur.

Delik delme ve patlatma tijlerinin delik içine yerleştirilmesi tek bir işlemle yapılır. Delme burgusu 64-72 mm çapındadır ve 4-6 barlık basınçlı hava ile çalışır.

Patlatma (kırma) ünitesi bir hava deposu ve bir patlatma penceresinden ibarettir. Hava deposu delik delme sırasında delme tiji görevini üstlenirken patlatma sırasında yüksek basınçlı havanın depolanmasını sağlar. Patlatma sırasında yaylı bir mekanizma yardımıyla piston geri itilir ve pencere açılarak yüksek basınçlı havanın kömür veya kayaç içine nüfuz etmesi sağlanır.

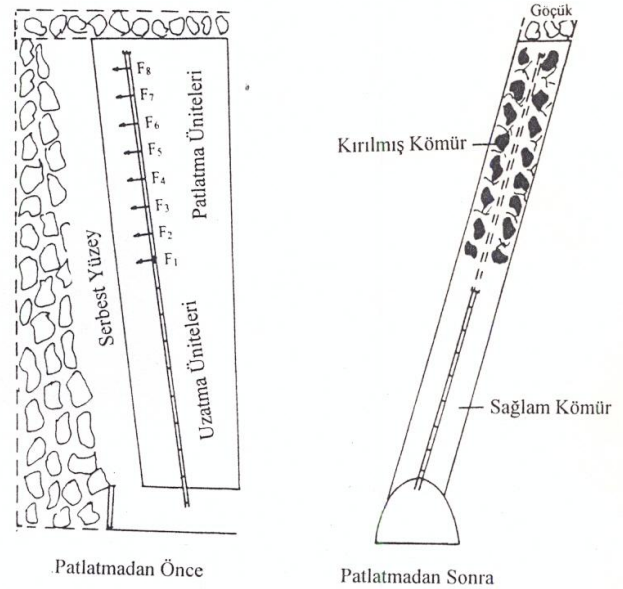
Başlatma ünitesi; patlatma işleminin başlamasını sağlar. Ünite içine yerleştirilen farklı kalınlıktaki kesme plakasının (pulun) kesilmesiyle patlatma üniteleri içinde depolanan yüksek basınçlı hava sırasıyla ve

ortalama 2 ms arayla pencerelerden dışarıya verilir. Patlatmanın başlayabilmesi için kesme plakasının muhakkak kesilmesi gerekir. Kesme plakası kalınlığı kazılacak kömürün özelliklerine, delik boyuna, dilim genişliğine v.s. göre belirlenir (Çizelge 1). Plaka seçimi patlatma verimini etkileyen en önemli etkindir. Bunun için patlatma mekanizmasının çözümlenmesi gerekir.

Çizelge 1. Kesme plakası kalınlıkları ve patlatma basınçları (Anon, 1991).

Plaka No	Plaka Kalınlığı (mm)	Patlatma Basıncı (MPa)
1	1,2	65
2	1,3	70
3	1,4	75

Uygulanan üretim yöntemine göre delik doğrultusu ve dilim genişliği belirlendikten sonra sondaj makinası kurulur ve delme işine geçilir. Delik boyuna göre tijler uçuca eklenerek delme işlemi tamamlanır. Kesme plakasının bulunduğu başlatma ünitesi deliğe verildikten sonra bırakılacak topuk kalınlığına göre 1-2 adet (bazen 3-4 adet) uzatma tiji deliğin ağzına yerleştirilir. ve delik patlamaya hazırlanır (Şekil 3).



Şekil 3. Patlatmaya hazır bir delik planı

Uzatma tijler üzerinde bulunan yön kanalları sayesinde kırma ünitelerindeki tüm pencerelerin göçük tarafına gelmesi sağlanır. Bu aşamadan sonra delme motorundan sağlanan delme yönünün tersi bir hareketle adaptör başlığın kapatılması sağlanır ve bu sayede tijlerin içi hava depolamaya uygun hale gelir. Delme motoru sistemden ayrılarak patlatma hortumu bağlanır. Kontroller yapıldıktan, patlatma valfi devreye sokulur ve manometreden basınç izlenir. Valfin kolu kuvvetlice çekilerek patlatma sağlanır. Patlatmadan sonra kol yavaşça bırakılır. Bağlantı hortumunu ve tijler sökülür. Yön tijleri ile geçilen ve topuk olarak bırakılan kısım kısa patlatma ünitesiyle patlatılır ve kömür akışı sağlanır.

### 3. PATLATMA ÜNİTESİNİN MEKANİZMASI

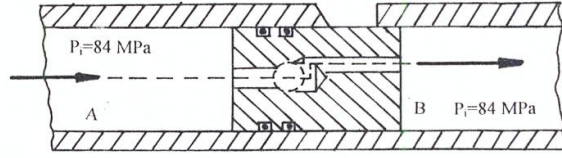
Patlatma ünitesindeki kesme plakasının (pulun) kesilmesiyle sistemden bir miktar hava boşalmakta ve bunun sonucunda patlatma ünitesi içindeki piston harekete geçerek pencereyi açmaktadır. Pencerenin açılmasıyla tij içinde depolanan basınçlı hava dışarıya çıkmaktadır. dışarıya çıkan havanın yarattığı şok basınç dalgaları kömürü parçalamaktadır.

Pencereden ne kadarlık bir enerjinin hangi hızda aktarıldığının bulunması patlatma mekanizmasının çözülmesi açısından önemlidir. Kırma ünitesinde oluşan tepki kuvvetinin "Hareket Miktarı Kuramı" yardımıyla bulunması mümkündür.

Sistem çalışınca kuramsal olarak tijlerin içi 84 MPa (840 bar) pratikte ise 77,5 MPa basınçlı hava ile dolmaktadır. Şekil 4'te kırma ünitesinin basınçlı hava ile dolduktan sonraki konumu görülmektedir.

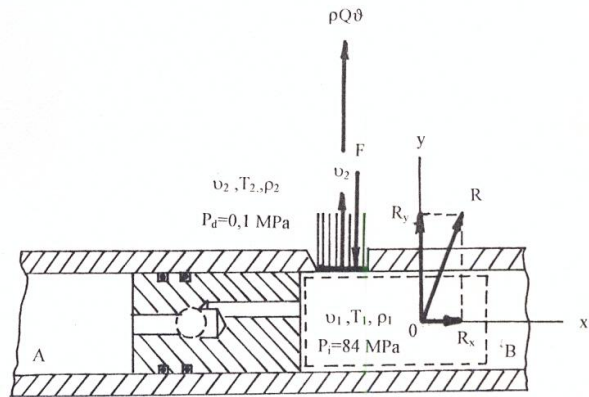
Pulun kesilmesiyle kırma ünitesinin A bölgesindeki basıncın düşmesi, B bölgesindeki yüksek basınçtan dolayı pistonun düşük basınçlı yöne doğru

hareketini sağlamakta ve böylece pencere açılmaktadır.



Şekil 4. Patlatma ünitesinin dolu konumu

Kesit alanı A olan pencereden, hızı  $\vartheta$  olan basınçlı havanın çıktığını ve kontrol yüzeyinin kesikli çizgi ile gösterildiğini kabul edelim (Şekil 5). Basınçlı hava tarafından kırma ünitesine verilen toplam kuvvet R ise kırma ünitesindeki kontrol yüzeyinden bu bölgeye -R kuvveti etki eder.



Şekil 5. Basınçlı havanın pencereden çıkışı ve oluşan kuvvetler.

Hareket Miktarı Kuramı; "Herhangi bir kontrol yüzeyi ile çevrili sabit ve imajiner bir kontrol bölgesine uygulanan dış kuvvetlerin toplamı bu bölge içinde birim zamanda hareket miktarındaki artma ile, birim zamanda bu bölgeden çıkan kuvvet miktarının toplamına eşittir (Özgür, 1966, 1977). Bu kuram y eksenini boyunca yazılırsa kontrol bölgesine etki eden dış kuvvet;

1977). Bu kuram y eksenı boyunca yazılırsa kontrol bölgesine etki eden dış kuvvet;

$$\sum F_y = \sum(\rho Q \vartheta)_{\varphi_y} - \sum(\rho Q \vartheta)_{gy} \quad (1)$$

bağıntısıyla bulunabilir.

Şekil 5'teki kesikli çizgiyle çevrili kontrol bölgesine Hareket Miktarı Kuramını uygulayalım.

$\rho Q \vartheta$  = bölgeden birim zamanda çıkan hareket miktarını

$F$  = bölgeye tesir eden dış kuvveti

gösterirse ve bölgeye birim zamanda giren hareket miktarı olmadığı için;

$$F = A(P_i - P_d) \quad (2)$$

yazılabilir. Burada;

$A$  = kesit alanını

$P_i$  = kontrol bölgesindeki iç basıncı

$P_d$  = çevre basıncını (dış basıncı)

göstermektedir.  $F$  kuvvetinin yalnız basınçtan kaynaklandığı görülmektedir. Kontrol bölgesinde y eksenı boyunca oluşan tepki kuvveti için;

$$R_y - F = \rho Q \vartheta \quad (3)$$

yazılabilir. 2 nolu eşitlik yerine konulursa

$$R_y = A(P_i - P_d) + \rho Q \vartheta \quad (4)$$

yazılabilir.

Kesit alanı  $A$  olan pencereden çıkan basınçlı havanın çıkış hızının bulunması gerekir. Bunun için Bernoulli Eşitliğini oluşturmak gerekir. Bernoulli Eşitliği en genel haliyle;

$$\frac{P_i}{\rho_1 g} + \frac{\vartheta_1^2}{2g} = \frac{P_d}{\rho_2 g} + \frac{\vartheta_2^2}{2g} \quad (5)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $\vartheta_1 = 0$  olduğu için çıkış hızı  $\vartheta_2$  ;

$$\vartheta_2^2 = 2 \left( \frac{P_i}{\rho_1} - \frac{P_d}{\rho_2} \right) \quad (6)$$

$$\vartheta_2 = \sqrt{2 \left( \frac{P_i}{\rho_1} - \frac{P_d}{\rho_2} \right)} \quad (7)$$

yazılabilir. Burada;  $\rho$  özgül küttedir. İdeal gaz kanunundan hareket edilerek;

$$P_i \frac{1}{\rho_1} = RT \quad (8)$$

$$\rho_1 = \frac{P_i}{RT} \quad (9)$$

yazılabilir. Burada;

$$P_i = 84 \text{ MPa} = 84 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$R = 287 \text{ Nm/kg}^\circ\text{K} \text{ (gaz sabiti)}$$

$$T = 273 + 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ }^\circ\text{K} \text{ 'dir. (ortamın mutlak sıcaklığı).}$$

Değerler yerine konulursa;

$$\rho_1 = \frac{84 \cdot 10^6}{287 \cdot 293}$$

$$\rho_1 = 998,9 \text{ kg/m}^3 \cong 1000 \text{ kg/m}^3$$

olarak bulunur. Bu değer suyun özgül küttesine eşittir. 0,1 MPa olan çevre basıncı 84 MPa olan iç basınç yanında ihmal edildiğinde 7 nolu eşitlik;

$$\vartheta_2 = \sqrt{2 \left( \frac{P_i}{\rho_1} \right)} \quad (10)$$

şeklini alır. Değerler yerine konulursa, çıkış hızı;

$$\vartheta_2 = \sqrt{2 \frac{84.10^6}{1000}}$$

$\vartheta_2 \cong 410$  m/s olarak bulunur. Bu değer ses hızından yüksek olduğu için süpersonik bir hızdır.

Hız bulunduktan sonra kırma ünitesinde oluşan tepki kuvveti  $R_y$  hesaplanabilir.

$$R_y = A(P_i - P_d) + \rho_1 Q \vartheta \quad (11)$$

Bu bağıntıdaki çevre basıncı  $P_d$  ihmal edilirse;

$$R_y = AP_i + \rho_1 Q \vartheta \quad (12)$$

yazılabilir.

$T_{ij}$  üzerindeki patlatma penceresinin alanı  $A = 800$  mm<sup>2</sup> 'dir.  $Q$  ise bu kesitten geçen havanın debisidir.

$$Q = A \vartheta \quad (13)$$

yazılınca, bağıntı;

$$R_y = AP_i + \rho_1 A \vartheta^2 \quad (14)$$

şeklini alır. Değerler yerine konulunca;

$$R_y = (800.10^{-6})(84.10^6) + (1000)(800.10^{-6}).(410^2)$$

$$R_y = 201\,680 \text{ N} = 201,7 \text{ kN}$$

olarak bulunur. 13 nolu bağıntı biraz daha geliştirilip  $\vartheta^2$  yerine 10 nolu eşitlikteki

$\vartheta^2 = 2 \frac{P_i}{\rho_1}$  değeri yazılırsa, bağıntı;

$$R_y = AP_i + \rho_1 A 2 \frac{P_i}{\rho_1} \quad (15)$$

$$R_y = 3AP_i \quad (16)$$

şeklini alır. Buna göre bir hesaplama yapılırsa;

$$R_y = 3(800.10^{-6})(840.10^6)$$

$$R_y = 201\,600 \text{ N} = 201,6 \text{ kN}$$

değeri bulunur. Bu değer ilk yapılan hesaplama sonucunda ortaya konulan değerle aynıdır ve bundan sonra yapılacak hesaplamaları kolaylaştırmıştır.

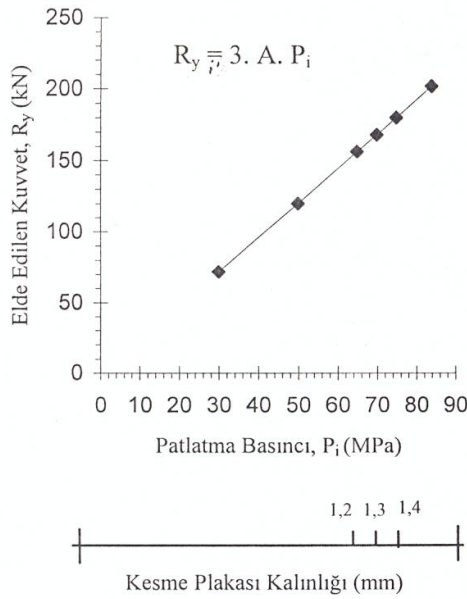
#### 4. HESAPLAMA SONUÇLARININ YORUMU VE DEĞERLENDİRİLMESİ

1930'lu yıllardan beri fasilalarla uygulanan ve bugün halen başta İspanya, Macaristan ve Türkiye'de yaygın olarak kullanılmakta olan bu sistemin işleyiş mekanizmasıyla ilgili hiçbir bilgiye ve kaynağa rastlanmamıştır. Sistemi know-how olarak pazarlayan Macar şirketi yetkilileri bile böyle bir bilgiye sahip olmadıklarını ifade etmişlerdir. Dolayısıyla, bu çalışmada gerçekleştirilen hesaplamalar bu konudaki eksikliği tamamlamaktadır.

Bu hesaplamadan elde edilen bilgiler sistemi kullanmakta olan maden mühendislerine yol gösterici olacak ve üretim planlarının yapılmasında kolaylık sağlayacaktır. Kazılacak damarın; eğim, kalınlık, tavan ve taban taşı özellikleri ile dayanım özellikleri tespit edildikten sonra nasıl bir patlatma paterninin uygulanacağı bu hesaplama ile ortaya konulabilecektir. Kömürün sertliğine göre kesme plakası seçimi yapmak olasıdır. Bu hesaplama ile hangi kesme plakası kullanılırsa ne kadarlık kuvvetin ortaya çıkacağı Çizelge 2'de verilmiştir. Bunu grafik olarak göstermek de olasıdır (Şekil 6).

Çizelge 2. Patlatma plakalarının kesilmesiyle elde edilen kuvvetler

Plaka No	Plaka Kalınlığı (mm)	Patlatma Basıncı (MPa)	Elde Edilen Kuvvet (kN)
1	1,2	65	156
2	1,3	70	168
3	1,4	75	180



Şekil 6. Kesme plakası kalınlığına ve patlatma basıncına göre elde edilebilecek kuvvetler.

Bu aşamadan sonra yapılması gerekli çalışma, kömür veya kayaç bünyesine aktarılan bu tepki kuvvetinin nasıl bir parçalama mekanizması olduğunun çözülmesidir. İlk bakışta her bir pencerede oluşan parçalama mekanizması, patlayıcı maddeyle patlatmada bir delikteki patlatma mekanizmasına benzerlik göstermektedir.

## 5. SİSTEMDEKİ YENİ GELİŞMELER

Başlatma ünitesinde ilk hareketi sağlamak üzere yerleştirilen ve basınçlı hava tarafından kesilen plakalar bazen sorun yaratabilmektedir. Bu plakalar St37 çelikten yapılmaktadır. Bazen basıncın yeterli olmamasından bazen de malzeme hatasından pul kesilmemekte veya deforme olmaktadır. Böyle bir durumda sistemdeki hava tümüyle boşaltılarak, başlatma ünitesi dışarı çekilerek kesme plakasının değiştirilmesi gerekir. Bu da üretim kayıplarına yol açmaktadır.

Ayrıca; kalın kömür damarlarında bir delik içinde birden fazla ve kademeli patlatma yapma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Keza, sert kömürlerde de bu tür patlatma yapılması gereklidir. Halen kullanılmakta olan patlatma üniteleriyle bir delik içinde kademeli ve birden fazla patlatma olanağı yoktur.

Sistemi pazarlayan Macar şirketi kesme plakasız bir başlatma ünitesi geliştirme aşamasında olduklarını ve pilot çapta denemeler yaptıklarını ifade etmişlerdir.

TTK Merkez Atelyeleri'nde (MAZ'da) yapılan bazı değişikliklerle de kesme plakasız (pulsuz) patlatma yapma olanağı sağlanmıştır ve halen ocaklarda uygulanmaktadır.

Bu yeni sistemde, patlatma üniteleri istenilen basınçta yüksek basınçlı hava ile doldurulduktan sonra bir blöf vanası (boşaltma vanası) ile başlatma ünitesindeki yüksek basınç boşaltılarak patlatma üniteleri aynı kesme plakalı sistemdeki gibi seri olarak devreye sokulabilmektedir.

Pulsuz patlatma sisteminin getirdiği avantajlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Şebekedeki yüksek basınçla istenilen basınçta patlatma yapmak olasıdır.
2. Patlatma anında kompresörün çalışmasına gerek yoktur, sadece şebekedeki basınç düşünce çalışması yeterlidir.

3. Bu sayede kompresörün çalışma süresi azalmakta ve ısınma problemi ile karşılaşılmamaktadır.
4. Sert kömür damarlarında birden fazla ve yönlü patlatma yapılmasıyla verim artırmak olasıdır. Ayrıca, kalın damarlarda da bu çalışmayı yapmak olanağı vardır.
5. Sorun yaratan kesme plakaları ortadan kalkmaktadır.

Ancak; sistemin bu şekilde başarılı olarak kullanılabilmesi için pistonlu tijlerin bakımının iyi yapılması gerekir. Piston pencereleri kapanmadığı veya sıkıştığı anlarda ikinci üçüncü patlatmaların yapılması olası değildir.

## 6. SONUÇLAR

TTK'da dik ve kalın damarlarda uygulanmakta olan hava patlatmalı kazı sistemi giderek daha da yaygınlaşmaktadır. Bunda en önemli etken; randımanların artması, maliyetlerin düşmesi ve bugüne kadar işçi sağlığı ve güvenliği açısından herhangi bir sorun yaşanmamasıdır.

Kırma ünitelerindeki mekanizmanın çözümlenmiş olması bundan sonraki çalışmalarda kazı performansının daha da artırılmasına yol açacaktır.

Sistemin kesme plakasız (pulsuz) kullanılabilir duruma getirilmiş olması da uygulamada bazı yenilikler sağlamıştır. Bu sayede bir delik içinde birden fazla ve yönlü patlatma yapma olanağı vardır. Kazılacak kömürün özelliklerine göre, istenilen basınçta patlatma yapılabilmektedir.

## KAYNAKLAR

Akçın, N. A., 1997. *Hava Patlatmalı Kazı Sistemi*. 97 K 122160 Proje Kod Nolu DPT Projesi İkinci Gelişme Raporu (devam ediyor).

Anon, 1991. *Technical Documentation for the Equipment for Breaking with High Pressure Air*. 25 p., 2M Mecsek Marketing Ltd., Hungary.

Başaran, C.,1996. *Cardox*, Caba İç ve Dış Tic. A. Ş. Tanıtım Broşürü.

Kel, K., Kasapoğlu, A. ve Akçın, N.A., 1996. *Yüksek Basınçlı Hava Patlatmalı Kazı Teknolojisinin Karadon Ocaklarındaki Uygulamaları*. Türkiye 10. Köm. Kong. Bild. Kit.s. 21-34.

Kel, K. ve Akçın, N.A., 1997. *Yüksek Basınçlı Hava Patlatmalı Kazı Sisteminin Optimum Uygulama Koşulları*. Türkiye 15.Mad. Kong. Bild. Kit. s. 45-52.

Özgür, C., 1966. *DeneySEL Hidromekanik*. İTÜ Kütüphanesi, sayı-660, İstanbul.

Özgür, C. ,1967. *Pratik Hidrolik Problemleri*. İTÜ Matbaası, İstanbul.

TTK, 1994. *TTK 1994 İstatistik Yıllığı*.