

# *Yeraltı Kömür Madenciliğinde Topuklu Üretim Yöntemlerinde Yeni Gelişmeler*

Latest Developments of Underground  
Coal Mining by Pillar Methods

**Sabit GÜRGEN (\*)**  
**Halil KÖSE (\*\*)**

## ÖZET

Bu yazıda, yeraltı kömür madenciliğinde, düz kömür damarlarının üretiminde kullanılan uzun ve kısa ayak yöntemleriyle, topuklu yöntemlerin değişik uygulamaları verilmekte ve birbirleriyle karşılaştırılmaktadır.

Yüksek verimle çalışılmayan uzun ayak yönteminin uygulandığı alanlarda, düz kömür damarlarının ekonomik olarak üretilebilmesi için en uygun çözüm olanağını, topuklu yöntemlerin yeni geliştirilmiş bir şekli olan ve mobil tahkimat kullanılan kare ya da şerit topuklu yöntemler sağlamaktadır. Bu yöntemlerle kömür, bir seferde ve geri dönümlü olarak kazanılmakta, hem teknik hem de ekonomik açıdan büyük yararlar sağlanmaktadır.

## ABSTRACT

In this paper, various applications of longwall, shortwall and pillar extraction coal winning methods are explained and compared with each other.

The most suitable application for the mines where the longwall systems cannot efficiently be used, is the pillar extraction or the rib pillar extraction methods, a recently developed version of pillar methods using mobile support systems. In these methods, the coal is produced retreatingly in a single stage and it has many technical and economical advantages.

(\*) Y. Doç. Dr., D E Ü Müh. Mim. Fak., Maden Müh. Böl., İZMİR

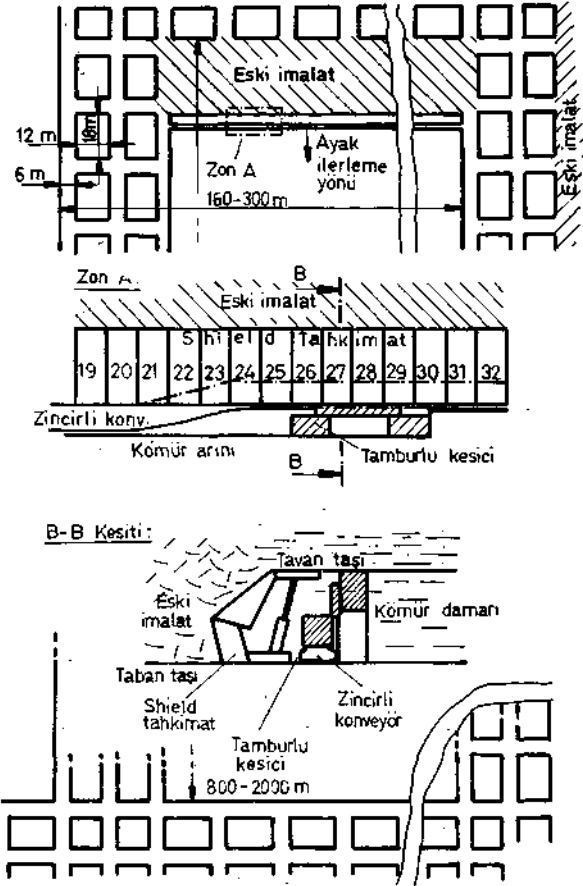
(\*\*) Prof. Dr., D E Ü Müh. Mim. Fak., Maden Müh. Böl., İZMİR

## 1. GİRİŞ

Yeraltı madencilik yöntemleri ile işletilen kömürlerin büyük bölümünü düz kömür damarları oluşturmaktadır. Böyle damarlardaki yaygın işletme yöntemleri oda-topuk yöntemi, uzun ayak yöntemi, kare topuklu yöntem, şerit topuklu yöntem ve kimi zamanda da ikincil olarak kısa ayak yöntemidir. Bu yöntemler arasında yer alan oda-topuk yöntemi, tek başına uygulandığında yüksek bir üretim hızı elde edilememesine karşın, topuklu yöntemle kombinasyonunda üretim hızı, oldukça yüksek bir seviyeye kadar artırılmaktadır (Hâbenicht, 1987).

Yukarıdaki yöntemlerde prensip olarak, ekonominin en büyük hedeflerinden biri olan tam üretim (kayıpsız üretim) amaçlanmaktadır (Hâbenicht, 1987).

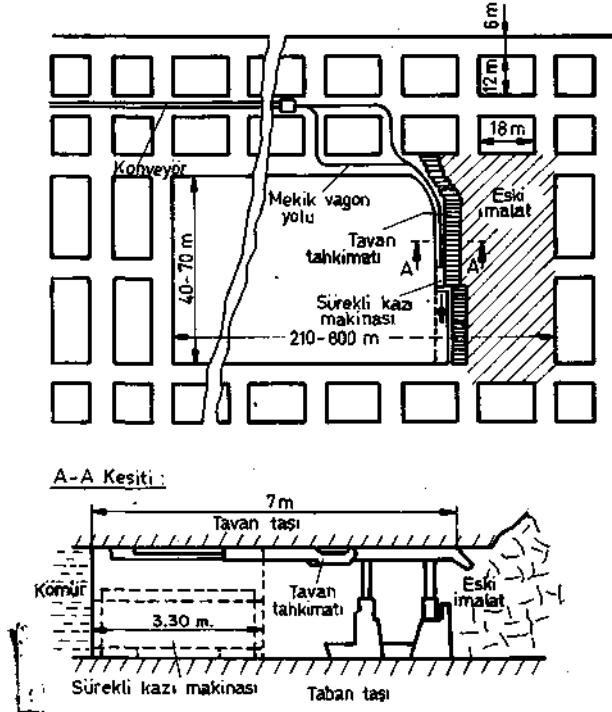
Yöntemler, aralarındaki farklı uygulama teknikleriyle birbirlerinden ayrılırlar. Modern bir uzun ayak yöntemi, yüksek üretim hızıyla diğer yöntemlere göre en hassas, en verimli ve aynı zamanda en ekonomik olanıdır (Hâbenicht, 1987). Bu teknik, Avrupa'dan kaynaklanmış ve sonra diğer madencilik bölgelerine tercihen uyarlanmıştır. Yöntemin ekipmanı kömür kazısı için sabanlar ya da tamburlu kesiciler, konvansiyonel ya da kalkan (şild) tipi yürüyen tahkimat ve konveyörlerden ibarettir; Şekil 1, (Hâbenicht, 1988; Hâbenicht ve Urschitz, 1987). Buna karşılık, mekanizasyonun çeşitli kademeleri oda-topuk yönteminde daima uygulama alanı bulabilmektedir (Hâbenicht, 1987; Hâbenicht, 1988). İşletme kaybı % 40-60 civarındadır (Hâbenicht ve Urschitz, 1987). Bu yöntem, kazı için delme-patlatma, yükleme-taşıma-boşaltma için LHD\*, geçici tavan tahkimatı için mekanize edilmiş tavan civatalama işlemi gibi operasyonları içerir (Hâbenicht, 1987). Kısa ayak yönteminde ise kömür kazısı için sabanlar, tamburlu kesiciler ya da sürekli kazı makineleri (continuous miner), pano içi taşımacılıkta mekik vagonlar ya da konveyörler, tavan tahkimatında konvansiyonel ya da kalkan (şild) tipi yürüyen tahkimat kullanılır, Şekil 2 (Hâbenicht, 1987; Hâbenicht, 1988). Kare topuklu yöntem ve şerit topuklu yöntem ise, tavan tahkimatı ve göçerime kontrolü için özete gereksinimleri nedeniyle diğer yöntemlerden



Şekil 1. Bir uzun ayak panosunun yatay ve düşey kesitleri (Hâbenicht ve Urschitz, 1987)

farklıdır. Belirli şekil ve boyutta kazı yapılarak altından desteği alınan tavan tabakasının bulunduğu yerdeki çalışma alanının yeri, üretim sırasında değiştirildiğinden, göçük hattında kullanılan tahkimat yönteminin başarısında önemli bir yer tutmaktadır. Göçük hattı tahkimatı, yakın zamana kadar, çeşitli şekillerde sıkıca yerleştirilen ağaç direklerle yapılmıştır (Örneğin, 900 ton kömür içeren bir üretim birimi için bazı durumlarda 140'tan fazla ağaç direk kontrolü kullanılmıştır) (Hâbenicht, 1987). Bu iki yöntemde de, Kuzey Amerika'da geliştirilen ve kullanılan madencilik ekipmanının mekanizasyonu üst düzeye çıkarılmıştır. Bu ekipman, bir sürekli kazı makinası (continuous miner), mekik vagonlar, tavan civatalama makinası, tavanı destekleyen ağaç direklerle birlikte tavan civatalarından oluşur. Çalışanların ve makinelerin tavan kayacından korunmalarını, göçük sınırındaki tahkimatın sürekli bir şekilde çekilmesini, tavan ka-

\* Yükleme-taşıma-boşaltma (Load-Haul-Discharge) işlemlerini binarada yapabilen yeraltı nakliye vasıtası



Şekil 2. Kısa ayakta yatay ve düşey kesit (Habenicht ve Urschitz, 1987).

yacının düzgün olarak oturmasını sağlamak amacıyla mekanize, kendi ilerleyebilen (mobil) ve uzaktan kumandalı bir tahkimat sistemi geliştirilmiş (mobil tahkimat ünitesi) ve %100'e varan bir tavan kontrolü sağlanmıştır. Bu tahkimat, göçük sınırındaki kırılma hattına ve sürekli kazı makinasının hemen yakınına yerleştirilerek geçici tahkimat görevi yapar. Tahkimat ünitelerinin her birinin yük taşıma kapasitesi 5,4 MN kadardır. Tavan kontrolü ve emniyetinin yüksek olmasının yanısıra, geliştirilmiş olan tahkimat sisteminin ekonomiye katkıları da büyük olmaktadır (Habenicht, 1988).

## 2. TOPUKLU ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Topuklu üretim yöntemlerinde ana prensip, panonun galeriler yardımıyla kare ya da dikdörtgen şeklinde bölümlere ayrılmasıdır. Galerilerin çevrelediği bu cevher bölümlerine topuk denilmekte ve üretimin büyük kısmı bu topukların kazanılmasından oluşmaktadır.

Topuklu yöntemler genel olarak 2 - 10 m arasında damar kalınlığına sahip yataklarda uygulanır. Ancak, daha kalın yataklarda da uygulama olanağı bulunmuştur. Her türlü damar eğiminde (yatay, eğimli, dik) çeşitli varyasyonlarıyla uygulanabilirler. Yatay yataklarda topuklar yan yana, dik yataklarda ise üst üste yer

alınır (Köse, 1988; Saltoğlu, 1979).

Topuklu yöntemler genel olarak geri dönümlü ve göçertmeli olarak uygulanırlar, fakat özel durumlarda dolgu olarak da uygulama alanı bulmuşlardır.

Damar kalınlığı 3 m'ye kadar olan yataklarda üretim, topukların birbiri arkasından göçertmeli ve geri dönümlü olarak kazanılmasıyla yapılmakta, daha kalın ve fazla sağlam olmayan yataklarda ise panoların yatay dilimlere ve yan yana topuklara ayrılmasından sonra kazanılması gerekmektedir (Köse, 1988; Saltoğlu, 1979).

Yatak dik, kalın, sağlam ya da orta sağlamlıkta ise topuklar üst üste oluşturulurlar. Bu durumda yatay galeriler, damar doğrultusu yönünde açılır ve ara katlar (tali katlar) oluşturulur (arakatlı göçerime yöntemi) (Köse, 1988; Sahogb. 1979).

Bu topuklu yöntemlerde, topukların kazanılması sırasında kullanılan tahkimat sistemleri önemli bir yere sahip olduğundan öncelikle tahkimat sistemleri hakkında bilgi verilecek, sonra da uygulamalar açıklanmaya çalışılacaktır.

## 3. TOPUKLARIN KAZANILMASINDA KULLANILAN TAHKİMAT CİNSLERİ

### 3.1. Tavan Civataları

Pano ve topukların hazırlıkları sırasında tavanı desteklemek için kalıcı tahkimat olarak belirli uzunluk ve aralıklarla tavan civataları kullanılmaktadır. Bu civatalar özel bir makina ile yerleştirilmektedir (Wyllie, 1987).

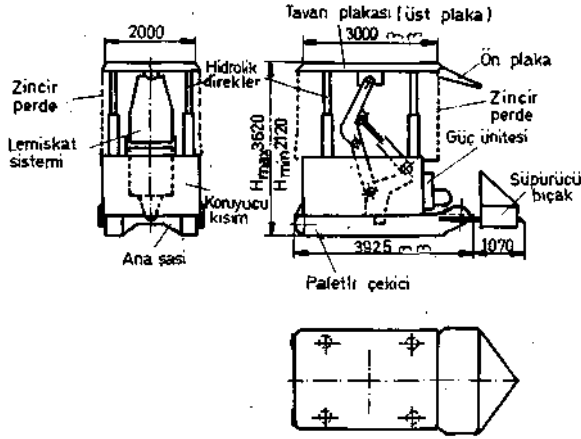
### 3.2. Ağaç Tahkimat

Topukların kazanılması sırasında oluşan boşluklardaki tavanı desteklemek ve kırılma hattını oluşturmak için tek ağaç direklerin meydana getirdiği diziler kullanılmaktadır (Wyllie, 1987).

### 3.3. Mobil Tahkimat Ünitesi

Bu tahkimat, topukların kazanılması sırasındaki özel koşullara uygun çözümler bulmak amacıyla, yeraltı tahkimat teknolojisindeki yaygın deneyimler sonucunda Avusturya'da geliştirilmiştir. Çalışma alanındaki tavanı desteklemek ve ağaç tahkimatın yerine kırılma hattını

oluşturmak üzere geçici tahkimat olarak kullanılmaktadır. Bu mobil tahkimat ünitesinin ana elemanları Şekil 3'te gösterilmektedir (Habenicht, 1987; Wyllie, 1987).



Şekil 3. Mobil tahkimatın ana elemanları ve boyutları (Habenicht ve Urschitz, 1987)

Her bir mobil tahkimat ünitesinde dikey durumdaki dört hidrolik direği taşıyan paletli bir taban (her bir paletin çekme gücü 20 ton) bulunmaktadır. Hidrolik direkler 6 m<sup>2</sup>'lik tavan alanını düzenli bir şekilde tutan üst plakayı desteklemektedir. Dikey durumdaki dört hidrolik direk, mekanik bir Lemniskat\* sistemiyle yönetilmektedir. Bu ana taşıma elemanlarının yapısı, aşırı derecedeki yüklenmelere göre dizayn edilmiştir. Elemanlar, özel dizayn yöntemlerine göre katlanıp şekil değiştirmektedir ve çökme olayına direnç gösterebilen, dayanıklı bir yapıya sahip olan kaliteli özel bir malzemeden imal edilmişlerdir. Bir ünitenin yük taşıma kapasitesi 540 ton'dur. Bu yük tavan taşından üst plakaya ve hidrolik direkler yardımı ile taban kısmına, oradan da taşıyıcı kısım ile taban taşına iletilir.

Eleman ve bağlantılarının dayanıklı olması karşılık, ünitelerin şekil ve durumları oldukça esneklik gösterir. Hidrolik direkler boylarının değiştirilebilirliği sayesinde üst plaka, tavan ya da tabana paralel olmayan durumlara uyum sağlayabilecek çeşitli doğrultularda eğilebilir. Hidrolik direkler, özel yapıları nedeniyle belirli sınırlar içerisinde yanlara ve ileri-geri eğilebilirler.

\* Tahkimat ünitesinin tavan plakasının ön uç noktasının, tahkimatın alçalıp yükselmesi sırasında izlediği yolun matematiksel tanımı

Bu ikinci özellik, taban ya da tavanın eğimini ya da düzensizliğini karşılamak için ikincil uyumu sağlamaktadır. Fazla yüke karşı hidrolik direkler içinde hızlı tahliye yapan valfler ve üst plaka üzerine itilen Lemniskat sisteminin aşırı yüklenmesini önleyen valfler yerleştirilmiştir.

Ünitelere akıcı malzemenin girmesini önlemek için arka ve yanların aşağı kısımları çelik levhalarla, üst plaka ile aşağı kısım arasındaki arka ve yanlar ise zincir perdelerden oluşan bir sistem ile korunmaktadır. Ünitelerin ön tarafı ise, serbest taş düşmelerine karşı üst plakanın uzatılması ve güç ünitesi üzerindeki çelik plakalar ile korunmaktadır.

Ünitenin hareketini sağlayacak güç, üzerine yerleştirilen 22-30 kW'lık bir elektrik motorundan elde edilmektedir. Bu elektrik motoru, ünitenin tüm fonksiyonlarını yerine getirmesini sağlayan hidrolik pompayı çalıştırmaktadır.

Ünitelerin gerçekleştirilmesi gereken işlemler, ayrı ayrı yerleştirilmiş güvenli noktalardan, kablolu ya da kablosuz uzaktan kumanda ile yerine getirilmektedir.

Yerdeki döküntülerden ve pasa yığınlarından etkilenmemesi için ünitenin önüne süpürücü bir bıçak monte edilmiştir.

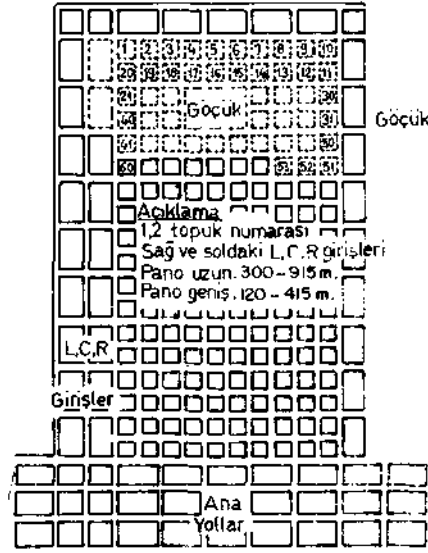
Bir ünitenin ağırlığı 18 ton, çalışma yüksekliği 1,5-3 m olmasına rağmen büyük mobilité gösterirler. Hareket hızı 6-12 m/dak'dır ve 15°'lik eğimlerde çalışabilir. Ünite başka bir yöne rahatlıkla döndürülebilir ya da aynı zamanda başka bir noktaya götürülebilir. Üniteler, belirli ölçüler (1,2-6,5 m) arasında imal edilebilmektedir (Habenicht, 1987; Habenicht ve Urschitz, 1987).

#### 4. TOPUKLARIN KAZANILMASI

##### 4.1. Kare Topuklu Yöntem

###### 4.1.1. Ağaç Tahkimatlı Kare Topuklu Yöntem

Bu yönteme örnek olarak kare şeklinde bölümlere ayrılmış bir panonun şematik planı ve topukların kazanılma sırası numaralanarak Şekil 4'te verilmiştir. Topuklar, şekilden de görüleceği gibi rekuplar boyunca bir sıra bitince diğerine geçilmek suretiyle geri dönüşlü olarak kazanılmaktadır. Kare şeklindeki topuk, eksekinden sürülen bir yarma rekubu ile iki parçaya ayrılmakta ve bu yarma rekubunun tavanı civatlar ile sağlamlaştırmaktadır. Kare topuğun



Şekil 4. Şematik pano planı ve kare topukların kazanılma sırası (Habenicht, 1987)

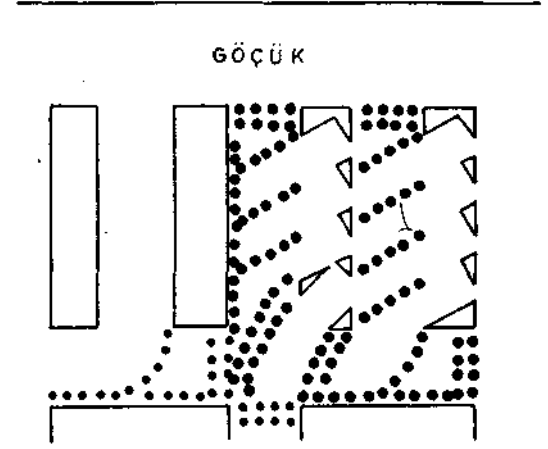
Şekil 4. Şematik pano planı ve kare topukların kazanılma sırası (Habenicht, 1987)

önce sağ, sonra da sol parçası sürekli kazıcı makina ile kazanılmaktadır. Bu aşamada tavanın altı boşaltılmış olur ve göçertme işlemi uygulanan tahkimat tekniği ile kontrol edilir. Ağaç tahkimatı bir örnek Şekil 5'te verilmiştir. Şekil incelendiğinde, bir kare topuk için 107 adet ağaç direğin kullanıldığı görülmektedir. Eğer bu topuk boylarının 18 x 18 m ve ortalama damar kalınlığının 2,7 m olduğu varsayılırsa, topuğun içerdiği kömür miktarı 1300 ton olur. Bu topuğun ağaç tüketimi, 0,08 adet direk/ton kömür olacaktır.

Ağaç tahkimatı yöntemlerindeki risklerin büyük kısmı, direkt maliyetin yanısıra, ağaç işçiliğinde toplanmıştır. Bunlar büyük miktarda işçilik, göçük hattında iş riski, hasarlar ve sürekli kazı makinasının kazı işlemi sırasındaki - ağaç direklerin dikilmesi sırasında bekleme süresi - kesintileri içerir (Habenicht, 1987).

#### 4.1.2. Mobil Tahkimat Üniteli Kare Topuklu Yöntem

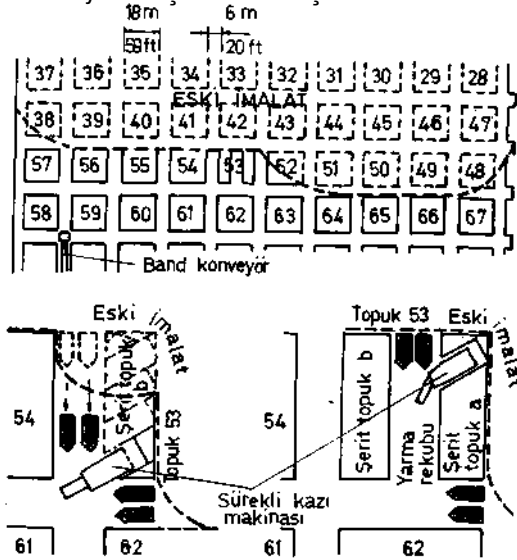
Mobil tahkimat ünitesinin kullanıldığı kare şeklindeki topukların kazanılması Şekil 6'da gösterilmektedir. Önce iki adet mobil tahkimat ünitesi (III ve IV nolu) kare şeklindeki topuğun önündeki rekupta yan yana kurularak iş güvenliği sağlanır. Sonra topuğun ekseninden geçen ve topuğu a ve b olmak üzere iki adet şerit topuğa bölen bir yarma rekubu sürülerek işlem ta-



Şekil 5. Bir kare topuğun kazanılması için ağaç direklerin pozisyonları (Habenicht, 1987)

Şekil 5. Bir kare topuğun kazanılması için ağaç direklerin pozisyonları (Habenicht, 1987)

marnlanır. Tavan civatalar ile tutturulur. Diğer iki ünite (I ve n nolu) yarma rekubunun ucundaki en uzak noktaya - yarma rekubu ile kırılma hattının kesiştiği bölge - kurulur. Sürekli kazı makinası kazıya başlar ve ilk kazıyı tamamlar. Kazı makinası en kısa sürede ikinci kazıya başlamalıdır. Ancak yarma rekubundaki iki ünite (I ve II nolu) kazı makinasına en yakın pozisyona getirilmek zorundadır. Bunun için iki ünite, makinanın gecikmesine neden olmaksızın birer birer ilerletilir ve üniteler yerini aldıktan sonra makina ikinci kazıya başlar. Bu işlem düzenli zaman



Şekil 6. Kare topukların kazanılması sırasında mobil tahkimatın çalışma şekli (Habenicht, 1988)

aralıklarıyla yinelenir, a şerit topuğunun kazısı tamamlandıktan sonra, b şerit topuğuna geçilir. Aynı işlemler bu şerit topukta yinelenir. Bu şekilde kazı devam ettirilir.

#### 4.2. Şerit Topuklu Yöntem

##### 4.2.1. Ağaç Tahkimatlı Şerit Topuklu Yöntem

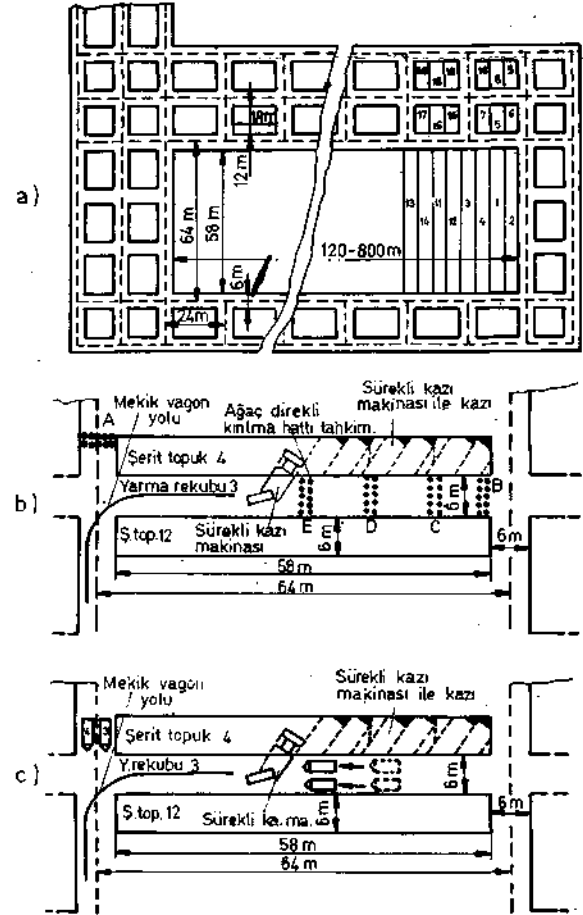
Bu yöntemde damarın bir seferde tam olarak kazanılması için geri dönümlü işletme yöntemi uygulanmaktadır. Bu işlem için pano sınırları belirlenir ve gerekli hazırlıklar yapılır. Şekil 7 a'da görüleceği gibi, işletilmesi planlanan panoya kadar üç galeri sürülmüştür. Bu galeri grubundan pano sınırına ulaşılan kadar 3 galerili ve 2 galerili iki grup daha galeri sürülmüş ve bu gruplar pano sınırında birleştirilmiştir. Pano sınırına kadar sürülen bu galeri grupları arasındaki ortalama uzaklık 60-120 m, pano uzunluğu ise 120-800 m'dir. Pano çevresinde bırakılan topukların (zincir topuklar) yanda ve altta olanları havalandırma amacıyla korunmaktadır (Habenicht, 1987; Habenicht ve Urschitz, 1987).

Panonun hazırlanmasından sonra düzenli üretime başlanabilir. Giriş galeri gruplarındaki zincir topuklar ve pano içindeki 6 m genişliğindeki yarma rekupları ile bölünür. Bu durum Şekil 7a'da numaralandırılarak gösterilmiştir (Habenicht, 1987; Habenicht ve Urschitz, 1987). Numara sırası, kazı sırasını göstermektedir. Başlangıçta 1 nolu yarma rekubu sökülür ve tavanı düzenli bir biçimde civatalarla tutturulur. Sürülen bu yarma rekubu, 2 nolu şerit topuğu oluşturur ki, yarma rekubunun sürülme işi bittikten hemen sonra bu topukta kazıya başlanmaktadır. Bu kazı işlemi, önemli derecede özel tahfömat gerektirmektedir (Habenicht, 1987).

Sürekli kazı makinasının çalışma prensibi ve ağaç tahkimatın detayı Şekil 7 b'de gösterilmektedir, «ulanılan ağaç direk grupları belirli aralıklarla (6-10 m) ve belirli düzenlerle (direk dizileri arası 1 m, direkler arası 1 m, topuktan uzaklık 1 m) kurulmalıdır. Şekilde gösterilen tahkimat detayı Sigma-Ben yönteminden örnek olarak alınmıştır. Plana göre gereken direk miktarı 0,02 adet direk/ton kömürdür (Habenicht, 1987; Habenicht ve Urschitz, 1987).

Şekil 7 b'deki 4 nolu şerit topuğunun kazanılması için önce, kırılma hatlarında çift sıralı A ve B direk grupları kurulur ve ilk 10 m'lik kazıya başlanır. İlk kazı tamamlandıktan sonra C

kırılma hattı kurulur. B kırılma hattındaki direkler sapan ya da zincirle sökülür. Bir ya da iki direk, tavan başındaki değişimleri göstermesi için yerinde bırakılır. Sonraki sökümelerde de aynı işlem tekrarlanır (Wyllie, 1987).



Şekil 7. Ağaç direk ve mobil tahkimatlı şerit topuklu pano. Rekuplar ve yarma rekupları düzenli bir şekilde tavan civataları ile tutturulmuştur (Habenicht ve Urschitz, 1987).

Kırılma hattında kullanılan 10 ağaç direkten toplam 5 MN destek kuvveti elde edilmektedir. Tavanın çökme olayında destek sağlayan direkler bazen düşmekte ve güvensiz bir ortam yaratmaktadır (Wyllie, 1987).

Bir kırılma hattı oluşturmak için 3-5 kişilik bir ekip ile 15-20 dakikalık bir zamana gereksinim duyulmaktadır (Wyllie, 1987).

Sürekli kazı makinası ile şerit topukta üretim çalışması yapıldığı sırada üretim miktarı 14.000 ton/hafta ve üretim hızı 2,8 ton/dak olmaktadır.

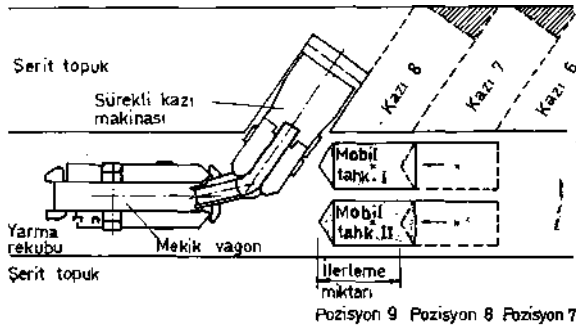
Hazırlık çalışmaları yapıldığı zamanlardaki üretim miktarı ise 10.000 ton/hafta ya da daha az olmaktadır.

Güney Afrika'daki Middelbult madeninde yapılan araştırma çalışmaları, sürekli kazı makinasının toplam vardiya süresindeki efektif kazı süresinin %32' si olduğunu göstermiştir (Wyllie, 1987).

Vagonların beklemesi, değiştirilmesi ve sürekli kazı makinasının yer değiştirmesi nedeniyle toplam kayıp %30'dur. Eğer sürekli nakliye sistemine geçilecek olursa kayıplar %12'ye indirilebilecektir. Eğer mobil tahkimat ünitesi kullanılacak olursa bu %12'lik kayıp da tamamen ortadan kaldırılabilecektir. Eğer bu iki gelişme başarılıysa, kazı süresi %65'e çıkacak, üretim miktarı da %100 artacaktır (Wyllie, 1987).

#### 4.2.2. Mobil Tahkimat Üniteli Şerit Topuklu Yöntem

Bu yöntemde de pano hazırlığı diğer Ağaç tahkimatlı şerit topuklu yöntemin aynıdır. Bu yöntemle ilgili detaylar Şekil 7 c'de gösterilmektedir. Mobil tahkimat üniteleri, sürekli kazı makinasını yakından izlemekte, hem kırılma hattını desteklemekte hem de makinayı korumaktadır, Şekil 8. Kazı işlemi ve mobil tahkimat ünitesinin kullanımı daha önceki uygulamalara benzer. İki ünite kazı makinasını yakından izlerken (uzaklık 0,10-0,25 m), diğer iki ünite de şerit topuğun önüne yerleştirilerek, yapılacak son dilim kazısıyla oluşacak tavan açıklığını kontrol etmeye yarar (Habenicht, 1987; Habenicht, 1988).



Şekil 8. Şerit topuğun kazanılmasında birbirini izleyen kazı dilimleri arasındaki mobil tahkimatın ilerleme detayı (Habenicht, 1988)

Mobil tahkimat ünitesinin hassas yöntemi, uzaktan kumanda sayesinde oldukça kolaydır.

Genellikle 4 ünite için 1 operatör ve diğer işler için 1 operatör yardımcısının görev alması yeterlidir. Bir çift ünitenin bir noktadan alınıp başka bir noktaya yeniden kurulması için gerekli süre 2,5-4,5 dak. kadardır. İki operatörün uyumlu olarak çalışmaları hariç tutulursa bu manevra, sürekli kazı makinasının çalışmasını engellemez. Böylece bu mobil tahkimat ünitesi, tahkimat çalışmaları nedeniyle sürekli kazı makinasının kazı işinin kesintilerini önemli ölçüde azaltmaktadır (Wyllie, 1987).

Yöntemin uygulandığı yerlerden biri, Güney Afrika'daki Middelbult kömür ocağında ortalama damar kalınlığı 3,5m'dir. Üretim miktarı 7 milyon ton/yıldır.

Her bir üretim biriminde bir adet sürekli kazı makinası, üç adet 10 tonluk mekik vagon, iki adet tavan civatası makinası ve bir besleyici bulunmaktadır.

Operasyon ekibi de şöyledir:

Nezaretçi	1
Ekip şefi	1
Sürekli kazı makinası operatörü	2
Kablo tutucu (operatör yardımcısı)	1
Mekik vagon sürücüsü	3
Tavan civatası elemanı No.1	2
Tavan civatası elemanı No.2	2
(ağaç tahkimatçısı)	5
Besleyici operatörü	1
<b>TOPLAM</b>	<b>16</b>

Yukarıdakilere ek olarak, bir elektromekanik ve iki bakım operatöründen oluşan bir ekip vardır. Normal olarak iki mekik vagon çalışmaktadır, üçüncü vagon yedek olarak tutulmaktadır. Haftada toplam olarak 17 vardiya çalışmakta, 1 vardiya da bakım için ayrılmaktadır (Wyllie, 1987).

#### 5. GELİŞMELER VE YARARLARI

Kare ve topukların kazanılması sırasında çalışma alanında kullanılan ağaç direklerin aşağıda belirtilen sakıncaları görülmüş, bunun yerine yeni geliştirilen mobil tahkimat üniteleri kullanılmaya başlanmıştır.

Ağaç direklerin sakıncaları şöyle sıralanabilir (Habenicht, 1987):

- Ocağın her yerinde ağaç kullanılması,
- Ağaç direklerin dikilmesi için işçilik gereksinimi,
- Özellikle kırılma hattında riskli çalışma,

- Direklerin dikilmesi sırasında zaman kaybı,
- Sürekli kazı makinasının çalışmasının gecikmesi, yani kazıya ara verilmesi,
- Yük taşıma kapasitesinin düzensizliği ve yer değiştirme özelliğinin olmaması,
- Ağaç kaybı,
- Geri dönüşlü çalışıldığında, sürekli kazı makinası ile direk dizileri arasındaki genellikle artan tavan açıklığı (tavan yükünün birikmesi ve olağan dışı bir sahaya girilebilmesi),
- Açıklıkların yükseklik sınırı.

Üretim birimlerine uygun biçimde yerleştirilen mobil tahkimat üniteleri, tavan dengesini ve iş güvenliğini sağlamakla birlikte önemli ölçüde ekonomik özellik de gösterirler. Ağaç direk kullanılan birimlerde üretim miktarı 684 ton/vard. iken, yürüyen tahkimatlı birimlerde bu miktar 828 ton/vard.'ya ulaşmakta ve artış oranının %21 olduğu görülmektedir (Habenicht, 1988). Mobil tahkimat ünitesinin kullanılmasıyla elde edilen olumlu sonuçlar ise aşağıda özetlenmektedir (Habenicht, 1988).

- Düzenli tavan kontrolü,
  - Yüksek iş güvenliği,
  - Yüksek üretim hızı,
  - Yüksek kazı oranı,
  - Ekonomiklik,
  - Mekanize tahkimat,
  - Hızlı tahkimatın mevcudiyeti,
  - Tahkimatın çabuk kurulması ve çabuk yükleme,
  - Ekipmanın yüksek yararı,
  - Daha yüksek verimlilik,
  - İş güvenliği,
  - İş gücünün geliştirilen güvenilirliği,
  - Çalışma sahasının daha iyi korunması,
  - İlerleyen göçük koşulları artında geliştirilen korunma,
  - Sürekli kazı makinası hasarlarının önlenmesi,
  - Tavan çökmelerinin ve üretime etkilerinin azaltılması,
  - Tahkimat kullanımında basitlik, kolaylık, doğruluk, esneklik ve güvenlik,
  - Daha hızlı ve daha düzenli operasyon,
  - Yüksek yararlanılabilirlik,
  - Ağaç direklerin kullanılma yükseklikleri sınırlı olduğundan daha büyük kazı yüksekliği.
- Şerit topuklu yöntemin kare topuklu yöntem göre üstünlükleri de şöyle açıklanabilir:
- Bozulmanın zamana bağlı olmadığı yeni

açılan boşluklarda operasyon, tek seferde ve geri dönüşlü olarak yürütülebilmektedir,'

- Daha az kavşak,
- Daha uniform destekleme,
- Daha az ağaç direkli (ağaç direk kullanılıyorsa) kırılma hattı, daha az direk değiştirme işlemi,
- Herhangi bir zamanda daha küçük tavan açıklığı.

## 6. MAKİNA-DONANIM VE YATIRIMLAR

Makina-donanım ve yatırımlarıyla ilgili veriler uzun ayak yöntemi, kısa ayak yöntemi ve şerit topuklu yöntem için Çizelge 1 'de verilmektedir (Habenicht ve Urschitz, 1987).

Çizelge 1. Başlıca Ekipman Tipleri, Ağırlıkları ve Yatırım Miktarları

Üretim Yöntemi	Uzun Ayak Yöntemi	Kısa Ayak Yöntemi	Şerit Topuklu Yöntem
Ayak uzunluğu (m)	150	58	58
1. Ekipman Tipi			
1.1. Kömür Kazı	Tamburlu kesici	Sürekli kazı mak.	Sürekli kazı mak.
1.2. Tahkimat	Şild tan. ya da yürüyen tan.	Yürüyen tahkimat	Mobil tan. ünitesi
1.3. Nakliyat	Zincirli konv.	Mekik vagon	Mekik vagon
2. Ekipman Ağırlığı Ortalama (ton)			
2.1. Kömür kazı	50	58	58
2.2. Tahkimat	1500	500	100
2.3. Nakliyat	42	30	30
3. Ekipman Yatırımı (Ortalama x 1000 US\$)			
3.1. Kömür kazı	1700	830	830
3.2. Tahkimat	5000	1800	650
3.3. Nakliyat	120	500	500
3.4. Toplam	6820	3130	1980

Çizelgeden görüleceği gibi tahkimatın ağırlık oranları,uzun ayak: kısa ayak: şerit topuklu ayak için, 15: 5 : 1'dir. Tahkimat donanımı yatırım bakımından incelenecek olursa, 7,7:2,8:1 dir. Toplam donanım yatırımları oranlanırsa 3,4:1,6:1 elde edilir.

## 7. FİZİBİLİTE

Performans ve ekonomiye katkısı olan parametrelerin hepsini incelemek pek mümkün olmadığından burada sadece avantaj sağlayan kelimeler üzerinde durulacaktır (Habenicht, 1987).



Bunlar;

- Ağaç giderlerinden tasarruf,
- Yüksek üretim hızı nedeniyle yüksek kâr,
- Daha fazla kömür çıkarılması sayesinde genel giderlerdeki maliyet şarjının azalması'dır.

Örnek olarak, üretim miktarı 500.000 ton/yıl olan kare topukların kazanıldığı bir üretim birimi gözönüne alındığında gereken veri listesi Çizelge 2'de görülmektedir (Habenicht ve Urschitz, 1987).

#### Çizelge 2. Fizibilite İçin Hazırlanmış Veri Listesi

Kullanılan ağaç miktarı	0,08 adet direk/ton
Dikilen bir ağaç direk maliyeti	8,00 US \$
Kömür için genel gider şarjı	7,00 US \$/ton
4 ünite mobil tahkimat için ilk yatırım miktarı	900 000 US \$
4 ünite yürüyen/tahkimat için bakım onarım ilk yatırım oranı	0,10/yıl
Kredi faiz oranı	0,10/yıl
Mobil tahkimat ünitesinin ömrü	5 yıl
Mobiltahkimatlı üretim miktarı	600.000 US\$/ton
Kâr	2,00 US \$ /ton

Yukarıdaki çizelgede görülen verilerle % 20 daha fazla üretim artışı varsayılırsa, Çizelge 3'de verilen örnekte gösterildiği gibi bir işlem ortamı yaratılabilir (Habenicht, 1987).

Çizelge 3'de verilen ekonomik kazancın yanısıra;

- Geliştirilmiş ekipman kullanımı,
  - Maliyetlerde azalma,
  - Kayaç düşmesi ya da kontrolsüz göçertmeden dolayı üretim kesintilerinin azaltılması,
  - Göçüğün ilerlemesinden dolayı ekipman hasarının azalması,
  - İşçilik giderlerinden tasarruf,
  - Üretim birimi sayısındaki kısmi azalma,
- gibi bazı ek faktörler bu gelişmeye katkıda bulunmaktadır (Habenicht, 1987).

Performans ve ekonomiye katkısı olan parametrelerden biri de yüksek üretim hızıdır. Üretim hızının artırılmasıyla maliyet şarjları düşmektedir. Bu durum Çizelge 4'de açıkça görülmektedir.

#### Çizelge 3. Kare ya da Şerit Topuklu Bir Üretim Biriminde 4 Mobil Tahkimat Ünitesi İçin Fizibilite Kriterlerinin Bir Örnek Üzerinde Hesaplanmasından Elde Edilen Sonuçlar (Habenicht, 1987).

Ağaç direklerden tasarruf:

$$500\ 000\ \text{ton/yıl} \times 0,08\ \text{ad. direk/ton} \\ 8,00\ \text{US\$/ad. direk} = 320.000\ \text{\$/yıl}$$

Kârdaki artış:

$$(600.000\ \text{ton/yıl} - 500.000\ \text{ton/yıl}) \times \\ 2,00\ \text{\$/ton} = 200.000\ \text{\$/yıl}$$

Genel giderlerden dolayı kazanç:

$$(600.000\ \text{ton/yıl} - 500.000\ \text{ton/yıl}) / 500.000\ \text{ton/yıl} \times \\ 7,00\ \text{\$/ton} \times 600.000\ \text{ton/yıl} = 840.000\ \text{\$/yıl}$$

$$\text{Toplam kazanç} = 1.360.000\ \text{\$/yıl}$$

Mobil tahkimat ünitelerinden dolayı giderler:

$$4\ \text{adet mobil tahkimat ünitesi için} \\ \text{toplam yatırım} = 900.000\ \text{\$}$$

Mobil tahkimat ünitelerinin

$$\text{amortisman miktarı (0,20)} = 180.000\ \text{\$/yıl}$$

Yedek parça bakım-onarım miktarı (0,10)

$$= 90.000\ \text{\$/yıl}$$

Faiz miktarı (0,10)

$$= 54.000\ \text{\$/yıl}$$

Giderler toplamı

$$= 324.000\ \text{\$/yıl}$$

Ekonomik kazanç

$$1.360.000\ \text{\$/yıl} - 324.000\ \text{\$/yıl} = 1.046.000\ \text{\$/yıl}$$

Uzun ayak yöntemleri ile vardiyada 2000 ton'dan 4000 ton'a kadar üretimin elde edildiği bilinmektedir (Habenicht ve Urschitz, 1987).

Yıllık üretilen ton başına yatırım, çizelgenin 5. satırında görülmektedir. Uzun ayak yöntemi için bu değer 7,66 \$/ton/yıl, Kısa ayak için 8,35 \$/ton/yıl, Şerit topuklu yöntem 4,06 \$/ton/yıl'dır. Bu değerlerin oranları 1,89: 2,06 : 1'dir ve şerit topuklu yöntem, en ekonomik yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yöntemde verim 64 ton/işçi/vard, uzun ayak yönteminde 110 ton/işçi/vard, kısa ayak yönteminde 50 ton/işçi/vard'dır (Habenicht ve Urschitz, 1987).

Çizelge 4. Uygulama ve Verimle ilgili Örnek Veriler ve Bir Üretim Birimindeki Başlıca Harcamalar İçin Maliyet Şarjları

İşletme Yöntemi	(1)	12)	(3)
	Uzun ayak yöntemi	Kısa ayak yöntemi	Şerit topuklu yöntem
Ayak uzunluğu (m)	150,00	58,00	58,00
1. Üretim miktarı (ton/vard)	1200,00	500,00	700,00
2. Yıllık üretim miktarı (x 1000 ton/yıl)	900,00	375,00	525,00
3. Üretim birimindeki personel miktarı -	11,00	10,00	11,00
4. Üretim miktarı (ton/işçi/vard)	110,00	50,00	64,00
5. Yatırım miktarı (US\$/ton/yıl)	7,58	8,35	4,08
6. Personel giderleri (US \$/vard)	2464,00	2240,00	2464,00
7. Ekipman amortisman giderleri (US\$/vard)	4550,00	2000,00	1300,00
8. Enerji giderleri (US \$/vard)	100,00	70,00	70,00
9. Giderler toplamı	7114,00	4310,00	3834,00
10. Maliyet şarjı (US \$/ton)	5,93	8,62	3,48

## SONUÇ

Yeraltı kömür madenciliğinde düz kömür damarlarının işletilmesinde kullanılan yöntemler arasında uzun ayak üretim yönteminin ilk sırayı aldığı bilinmektedir. Uzun ayak üretim yönteminden beklenen yüksek verimliliğin sağlanamayacağı koşullarda, bu yöntem yerine teknik ve ekonomik değerlendirmeler ışığında, sürekli kazı makinası (Continuous miner) ile mobil tahkimata sahip şerit topuklu üretim yönteminin güvenli, modern ve ekonomik bir yöntem olarak kullanılabilirliği açıkça görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- HABENICHT, H., 1988; "Pillar Extraction and Rb Pillar Extraction by use of Alpine Breaker Line Support (ABLS)", IMME 88 Number, Journal of mines, metals and fuels, page 51-59.
- HABENICHT, H., 1987; "The Alpine Breaker Une Support ABLs)- A Means to Promate Full Extraction", Proceedings of the third International Conference on Innovative Mining Systems. University of Missouri-Rblla, page 22-29.
- HABENICHT, H. ve URSCHITZ, E., 1987; "Alpine Breaker Une Support (ABLS), Rb Pillar Extraction-an Alternative to Longwalling and Shortwalling", Mining Engineering June, page 437-441.
- KÖSE, H., 1988; "Madenlerde Yeraltı Üretim Yöntemleri", DEÜ Müh. Mim. Fak. MM/MAD-88 EY 014, İzmir.
- SALTOĞLU, S., 1979; "Madenlerde Yeraltı Üretim Yöntemleri", İTÜ Kütüphanesi, Sayı 1151, İstanbul.
- WYLLIE, R. J. M., 1987; "Secunda Collieries Refines Pillar Mining to Raise Productivity", Engineering and Mining Journal, August, page 16 N-16 P.