

# *Kuyu Emniyet Topuklarında, Yüplün Üretim, Tahkimata Etkileri*

The Effect to Coal Mining From Safety Shaft Pillars on the Supporting System.

Halil KÖSE (\*)

## Ö Z E T

Kömür madenlerinde, artan derinlikle birlikte kuyu topukları içerisinde kalan ve üretilemeyen kömür rezervleri önemli boyutlara ulaşmaktadır. Kuyuya yakınlığından dolayı havalandırma ve taşıma giderleri düşük olan bu bölgelerdeki kömür potansiyelini değerlendirebilmek ve aynı zamanda kuyu topuğundan dolayı yeryüzünde oluşacak engebeleri ve kuyu tesislerindeki hasarı önlemek açısından, topuklar içerisindeki damarların kazanılmasının önemi açıktır. Bu damarların kazanılması sırasında, maden işletmesinde önemli bir yeri olan ana kuyuya, mümkün olduğu kadar az zarar verilmesi gerekmektedir.

Bu makalede, önce topuklarda yer alan kömür damarlarının üretiminden dolayı çöken tavan kayaçlarının kuyu tahkimatlarına etkilenen incelenmiş; daha sonrada bu etkileri azaltmak için teknik açıdan ne gibi önlemler alınması gerektiği açıklanmaya çalışılmıştır.

## ABSTRACT

It is obvious that the amount of coal left in the pillars reaches to considerable values as the depth of the shafts increases.

The importance of coal winning left in the pillars is evident for the reasons like favorable exploitability of coal potential due to its low transport and ventilation costs, prevention of deformations and consequent damages which may occur on the surface and shaft installations. As it is well known great care should be taken to minimize the negative effects on the main shaft during production of these pillars.

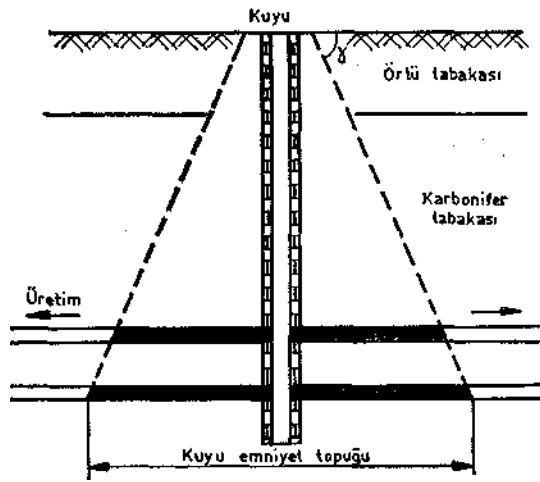
In this article, the effects of subsidence on shaft support during winning coal seams in the shaft pillars are investigated and technical precautions that should be taken to minimize the negative effects are proposed and explained.

(\*) Yrd. Doç. Dr., Maden Yük- Müh., Dokuz Eylül Üniv. Müh. - Mim. Fak- Maden Müh. Bölümü Bornova - İZMİR.

## 1. GİRİŞ

Yeraltı üretim bölgelerinin ana kuyu tahkimatına etkilerini önlemek için kuyu etrafında koni şeklinde emniyet topuğu bırakılır. Artan derinlikle birlikte emniyet topuğu içerisinde kalan ve üretilemeyen kömür rezervi de büyük boyutlara ulaşmaktadır.

Bir kuyu topuğunun 700 m. derinlikte ve  $55^\circ$  sınır açısında genişliği 1000 m. yi bulmaktadır. Damar kalınlığı 2 m. varsayıldığında 2,2 milyon ton kadar kömür potansiyeli kaybolmaktadır. Damar sayısı çoğaldıkça değerlendirilemeyen kömür rezervi daha da artmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Kuyu emniyet topuğu ve içerisinde yer alan kömür rezervi

Ana kuyuya yakınlığından dolayı, düşük havalandırma, nakliye ve hazırlık giderleri ile kazanılması olası olan bu rezervlerin, kuyu tahkimatını korumak amacıyla bırakılması, büyük kayıplara neden olmaktadır.

Ayrıca emniyet topukları içerisinde kalan kömür damarlarının yerinde bırakılarak, çevresindeki damarların kazanılması, yeryüzünde dengesiz çökmelere neden olmakta (kuyu horst şeklinde yükselmekte), bu da kuyu tesisleri ile çevresine bağlantı sağlayan kanalizasyon ve rayla-

rin eğilmesine ve taşımanın aksamasına yol açmaktadır.

Yukarıda anılan nedenlerden dolayı, madenlerde en önemli taşıma ve havalandırma yolu olan, ana kuyuya zarar vermeden, emniyet topuklarında yer alan kömür damarlarının kazanılabilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu kömür damarlarının kazanılması sırasında, üretim alanlarının kuyu tahkimatına ne gibi ve hangi ölçüde etki edeceğini saptayan yöntemler geliştirilmiştir (1,5).

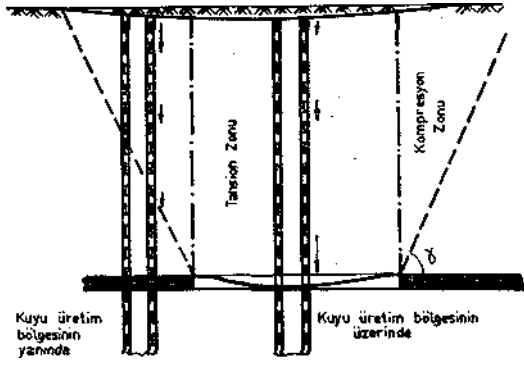
Bals'a göre kuyu tahkimatı ile kayaç arasında iyi bir bağlantı vardır. Bu nedenle kayaçlarda oluşan deformasyonlar kuyu tahkimatına aynen iletilmektedir (1). Kayaçta tahkimat arasındaki bağlantı yalnız kuyunun üst kısmında ve üretim düzeyinde kaybolmaktadır. Bu da kuyuların çevresindeki kayaçlara göre 1-2 cm. yükselmesine neden olmaktadır.

Kartzsch, kuyuların, üretim alanları etkisine girince kayaçla olan bağlantıların koptuğunu, kuvvet iletimlerinin yalnız kayaçla, kuyu tahkimatı arasındaki sürtünme kuvveti ile gerçekleştiğini vurgulamış ve bu prensibi temel alan grafiksel bir yöntem geliştirmiştir (5).

Köse, üretim alanlarının kuyu tahkimatlarına etkilerini sonlu elemanlar yöntemi yardımı ile bilgisayarda hesaplayarak, anılan yöntemin bu amaçlar için sağlıklı bir şekilde kullanılabileceğini kanıtlamıştır (3).

## 2. KUYU TOPUKLARINDAKİ KÖMÜR DAMARLARININ KAZANILMASI SIRASINDA KUYU TAHKİMATINDA OLUŞAN GERİLMELER VE DEFORMASYONLAR

Yeraltında herhangi bir bölgede üretim yapılıncaya, tüm katmanlar, tavandan başlayarak yeryüzüne kadar çökerek kazıdan sonra oluşan boşluğu doldururlar. Çökme hareketi yeryüzüne doğru sınıraçısı ( $\gamma = 50^\circ - 55^\circ$ ) değerinde ters kesik piramit şeklinde genişleyerek devam eder (Şekil 2).



Şekil 2. Merkez ve kenardan üretim şeklinde ana kuyunun konumu.

Kayaçlar çökerken kuyu tahkimatını da çöktürürler. Kuyu üretim bölgesi içerisinde yer alıyorsa, (merkez üretimde) tahkimatında bir uzama (tansiyon) oluşur, çünkü üretim bölgesi üzerinde yeraian ilk katman yeryüzüne göre daha fazla çöker. Örneğin 2 m. kalınlığındaki bir kömür damarının 500 m. derinlikte kazanıldığı ve tavan tabakasının 2 m., yeryüzünün 1,5 m. çöktüğü varsayılırsa ortalama

$$\frac{2000-1500}{500} = \frac{1}{m} \text{ kadar olur.}$$

Kuyu üretim bölgesinin dışında fakat, etki alanı içerisinde kalıyorsa (kenardan üretimde), kuyu tahkimatının üst kısımlarında kılma (kompresyon) oluşur, çünkü yeryüzünde çökme çanağı (tasman çanağı) daha geniş olduğundan, yeryüzünde çökme olduğu halde izdüşümünde, kömür tabakasında çökme olmamaktadır. Örneğin; Yeryüzündeki çökme 40 cm., üretim alanı etkisinde kalan tahkimatın boyu 200 m. olsun ortalama kılma

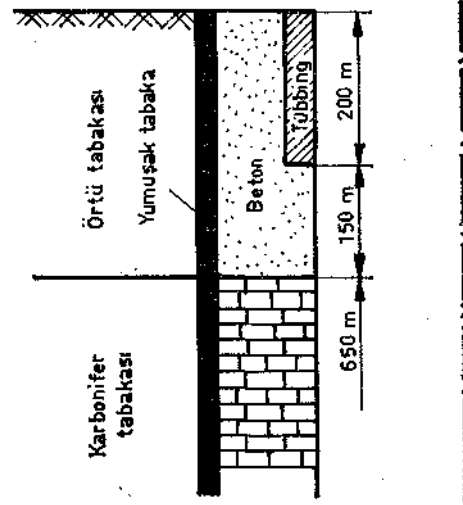
$$\frac{400}{200} = \frac{2}{m} \text{ olur.}$$

Kuyu tahkimatı ile kayaç arasındaki kuvvet iletiminin sürtünme yoluyla oluştuğu varsayıldığı için, sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan hesaplamada Şekil

3'de görüldüğü gibi, kuyu ile kayaç arasında yumuşak (küçük E modüllü) elemanlar alınmıştır. Böylece kuyu ile kayaç arasında oluşabilecek görecel kaymalar gözönüne alınmış olmaktadır.

Hesaplama iki adımda yapılır. Birinci adımda ya sonlu elemanlar yöntemi ile, ya da diğer bir yöntemle üretimden sonra kayaçta oluşacak çökmelerin miktarı üretim seviyesinden yeryüzüne kadar katman katman hesaplanır. İkinci adımda saptanmış olan kayaç hareketleri verisi bilgisayara verilerek, tahkimataki çökmeler, deformasyonlar ve gerilmeler hesaplanır.

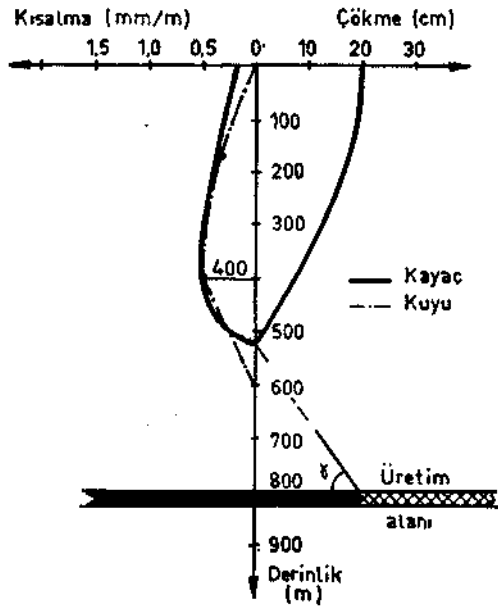
Burada hesaplanan modelde, üretim derinliği 800 m. olarak seçilmiştir. Kuyu tahkimatının ilk 200 m. si akışkan kayaçlar içerisinde olduğundan Tübbing ve betondan ( $E_{\text{tüb}} = 105000 \text{ MN/m}^2$ ,  $E_{\text{bet}} = 25000 \text{ MN/m}^2$ ), 150 m si betondan ve kalan bölümünde tuğladan ( $E_{\text{tuğ}} = 12000 \text{ MN/m}^2$ ) oluşmaktadır (Şekil 3).



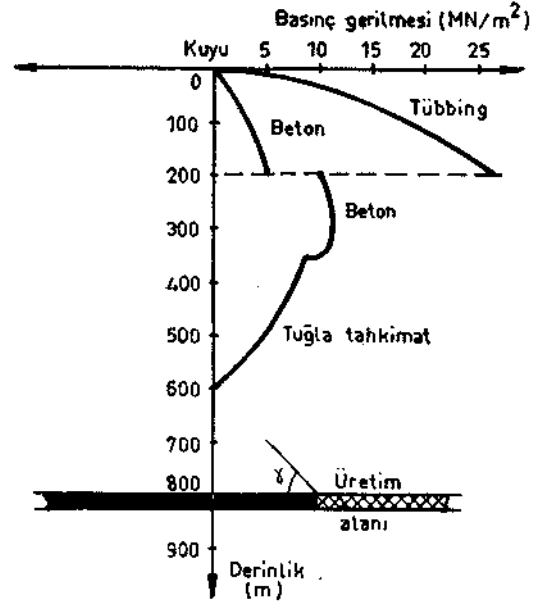
Şekil 3. Bir ana kuyu tahkimatının kesiti

### 2.1. Üretim Bölgesi Önünde (Kenardan Üretim) Yer Alan Kuyunun Tahkimatında Oluşan Deformasyonlar ve Gerilmeler

Şekil 4'de üretim alanının ön kısmında yer alan ve 550 m. derinliğe kadar



Şekil 4. Kenardan üretim şeklinde kuyu tahkimatında oluşan deformasyonlar



Şekil 5. Kenardan üretim şeklinde kuyu tahkimatında oluşan aksel gerilmeler.

üretim bölgesi etki alanı içerisinde kalan bir kuyudaki deformasyonlar gösterilmiştir. Şeklin sağ tarafında önceden saptanmış olan kuyu etrafındaki kayaların çökme miktarları derinliğe bağlı olarak gösterilmiştir. Çökmeler üretim bölgesinin etki alanının sınırında (550 m. derinlikte) son bulmuştur. Şeklin sol tarafından kayadaki birim deformasyonlar (kısalmalar) kuyu tahkimatında oluşan kısalmalar hesaplanarak mm/m olarak çizilmiştir.

Kenardan üretimde, yer yüzünden etki alanı sınırına kadar kayalarda derinlere doğru artan kısalmalar oluşmaktadır.

Kuyu ile kayaç arasında tam bağlantı bulunsaydı, kuyu tahkimatındaki kısalmalar kayaçtaki kısalmalara eşit olacaktı. Bu bağlantının kopduğu ve kuvvet iletiminin sürtünme yoluyla sağlandığı kabul edildiği için, şekilden de görüldüğü gibi kuyunun üst ve etki alanının sınır bölgelerinde, kısalmalar farklılık göstermektedir.

Şekil 4'de görüldüğü gibi kuyu ile

kayaç kısalmaları 175 m. ile 400 m. derinlikleri arasında aynı kalmaktadır. 0 — 175 m derinlikleri arasında kayaç tahkimattan fazla çökmektedir. Bunun sonucunda kuyu başı çevresindeki kayalara göre 1,6 cm. yükselmektedir. Pratikte de bu olay sık sık gözlenmiştir.

550 m. derinlikte, yani üretim alanının etki sınırının kuyu ile kesiştiği yerde kayaç çökme ve kısalmaları sona erdiği halde, kuyu tahkimatında 600 m. ye kadar kısalmalar devam etmektedir.

Sonlu elemanlar yöntemi, birim deformasyonlar yanında tahkimatta oluşan gerilmeleri de vermektedir. Gerilmeler derinliğe bağlı olarak Şekil 5'de gösterilmiştir. Kenardan üretimde (kuyunun üretim alanının dışında kaldığı üretim şekli) kuyularda yalnızca kısalmalar oluştuğu için. Hook kanunundan ( $a = Ee$ ) bilindiği gibi tahkimat malzemesinde yalnız basınç gerilmeleri görülür.

Tübbing ringlerinde max  $25 \text{ MN/m}^2$  ( $a_t = 75 \text{ MN/m}^2$ ), betonda max  $9,5 \text{ MN/m}^2$  ( $r_{j_b} = 40 \text{ MN/m}^2$ ) ve tuğla tahki-

matta max 7 M N/m<sup>2</sup>) (a tuğ = 12,5 MN/m<sup>2</sup>) basınç gerilmeleri oluşmaktadır. Bu değerler anılan malzemelerin mukavemetlerini aşmadığından, kuyu için herhangi bir tehlike oluşturmamaktadır. Fakat birden fazla kenar üretimi yapıldığında kısılmalar birbirlerine ekleneceğinden (süperpozisyon kanunu) tahkimat için tehlikeli olabilir. Kayaç kısılmaları 550 m. derinlikte sona ermesine karşın, tahkimattaki basınç gerilmeleri 600 m. derinliğe kadar etkilerini sürdürmektedir. Kazı arını kuyuya yaklaştıkça, kısılmalar kuyunun derinlerine kadar ilerlemekte, kazı arını kuyuyu geçince, kısılmalar yerine kuyu tahkimatında uzamalar oluşmaktadır.

## 2.2. Üretim Bölgesi İçerisinde (Merkezi Üretim) Yer Alan Kuyu Tahkimatında Oluşan Deformasyonlar ve Gerilmeler

Kömür üretimini kuyudan başlanarak iki yönlü olarak kenarlara doğru (merkezi üretim şekli) sürdürülürse, üretim alanı üzerinde kalan katmanlarda bir uzama (tansiyon) oluşur. Kayaçlar içersinde yer

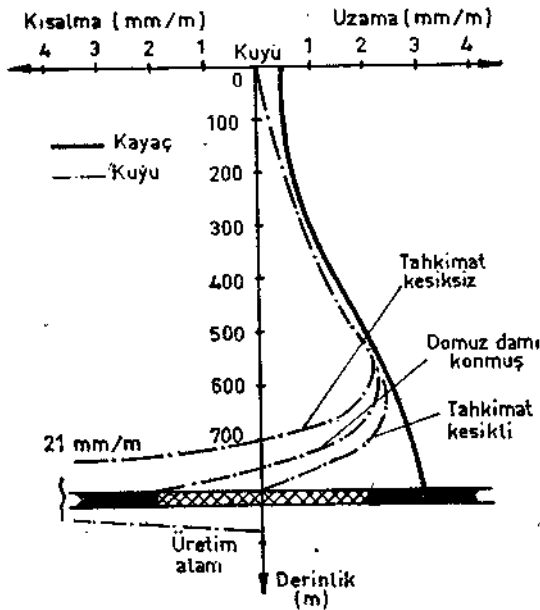
Glan kuyu da kayaçta birlikte uzamaya maruz kalır.

Şekil 6'da 800 m. derinlikte yapılan bir merkezi üretim alanının tavanlarında oluşturduğu uzamalar yeryüzünden üretim seviyesine kadar verilerek, kuyu tahkimatındaki uzama ve kısılmalar hesaplanmıştır.

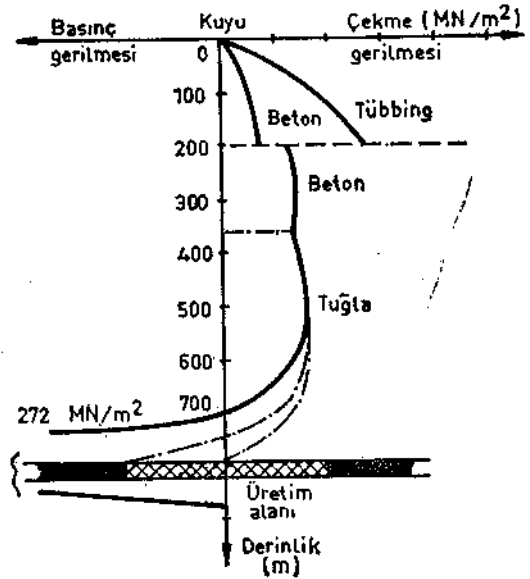
Bu modelde, kuyu 200 m. derinliğe kadar çevresindeki kayaçlardan daha çok çökerek, yeryüzü ile 64 mm. lik bir kot farkı oluşturmuştur. 200 ve 625 m. seviyeleri arasında kuyu ve taban tabakalarının çökmeleri ya da uzamaları birbirlerine eşit olmaktadır.

Üretim seviyesinin 200 m. kadar üzerinden başlayarak derinlere doğru kayaçtaki çökme, kuyudaki çökmeden fazla olmaktadır. Bu nedenle kuyu tahkimatındaki uzamalar azalmakta, hatta tahkimat kesilmediği ya da kesilen tahkimatın arasına yerleştirilen domuzdamları esnek olmadığı zaman, kısılmalar oluşmaktadır.

Şekil 6'daki modelde kuyu tahkimatında, yüz metre kadar üretim seviyesinde uzamalar başlamakta ve derinlere doğru artarak üretim seviyesinde 21 mm/m ye ulaşmaktadır. Bu kısılma-



Şekil 6. Merkezden üretim şeklinde kuyu tahkimatında oluşan deformasyonlar



Şekil 7. Merkezi üretim şeklinde kuyu tahkimatında oluşan aksenal gerilmeler

ya hiç bir tahkimat dayanamayacağına göre, tahkimat bu seviyede geçmektedir. Tahkimat kesildikten sonra domuzdamı ile desteklenirse, tahkimatta az da olsa kısalmalar oluşur. Tahkimat kesildikten sonra destek yapılmazsa, kısalma oluşmaz, tahkimata fazla zarar vermez (Şekil 6).

Şekil 7'den görüldüğü gibi, kuyu üretim seviyesinde kesildiği zaman, kuyuda gerilme oluşmamasına karşın kesildiği zaman 272 MİM/m<sup>2</sup> değerinde gerilmeler oluşuyor. Bu basınç gerilmesine hiç bir kuyu tahkimatı dayanacak mukavemete sahip değildir. Merkezi üretimde yapılacak iş önce kuyu tahkimatı üretim seviyesinde, damar kalınlığı kadar kesilip alınacak, daha sonra tuğlaların düşmesini önlemek için çok esnek bir ağaç domuzdamı ile desteklenecektir. Buna karşın kuyu tahkimatının üst bölgelerinde çekme gerilmelerinden dolayı çatlaklar oluşacaktır.

### 2.3. Çeşitli Üretim Şekillerinin Kuyu Tahkimatına Etkileri

Şekil 8'de üç ayrı üretim şekline göre, kuyu tahkimatında oluşan uzama ve kısalmalar aşamalı olarak gösterilmiştir. Birinci üretim şeklinde, tam saha genişliğinde bir üretim alanı emniyet topuğunun kenarından başlayarak merkeze doğru ilerlemektedir (kenardan üretim). Birinci aşamada kuyunun üst kısımlarında kuyu tahkimatı üretim seviyesinde kesilsin ya da kesilmesin bir kısalma oluşmaktadır (Şekil 8 a ve b, 1 nolu eğride). Kazı arınımda merkeze doğru ilerlemesi ile birlikte kuyuda oluşan kısalmalar derinlere doğru üretim seviyesine kadar ilerlemektedir (Şekil 8, 2 nolu eğri). Kazı arını kuyuyu geçtikten sonra kuyunun üst ve orta bölümlerinde uzama (tansiyon) alt bölümünde ise bir kısalma (kompresyon) oluşmaktadır (Şekil 8, 3 nolu eğri). Tahkimat üretim seviyesinde kömür damarı kalınlığı kadar kesildiği taktirde tahkimatta yalnız uzama oluşur, kısalma söz konusu olmaz.

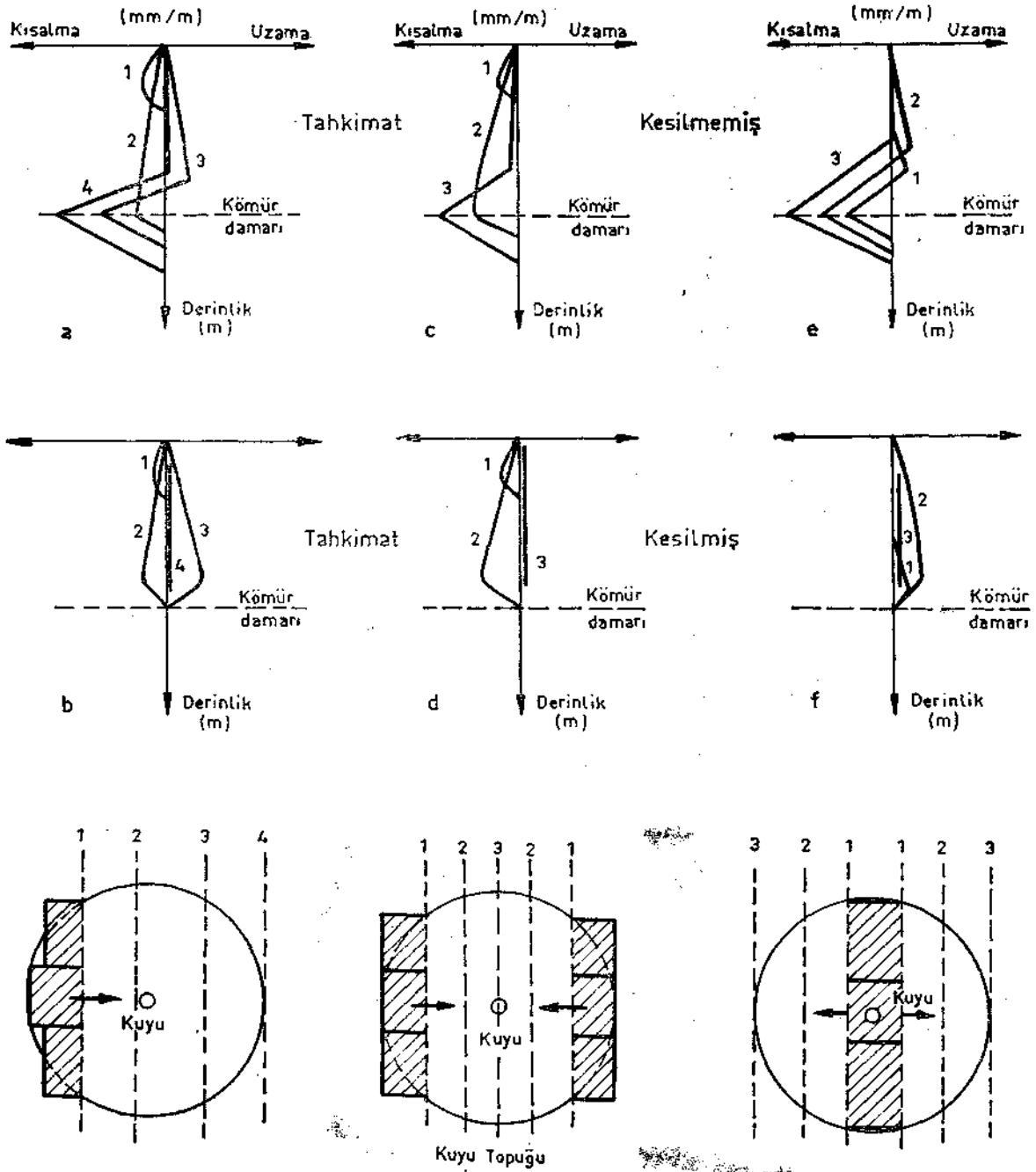
Üretim tam sahayı kapsayacak şekil de ilerlediği zaman, yani tüm emniyet topuğu kazanıldığı zaman, kuyu tahkimatı üretim seviyesinde kesilip alınmaz ise, kuyunun alt bölümlerinde çok yüksek düzeyde kısalmalar (basınç gerilmeleri) oluşur ki, buna da hiç bir kuyu tahkimatı dayanacak mukavemette değildir.

Kısaca özetlemek gerekirse; kuyu emniyet topuğu kenar üretim ile tek yönlü kazanılırsa, kuyu tahkimatı önce kısalmaların (basınç gerilmelerinin) sonra uzamaların (çekme gerilmelerinin) etkisi altında kalır. Ayrıca kuyu küçük bir oranda yana doğru eğilir.

Kuyu topuğu kenar üretim ile merkeze doğru çift yönlü olarak kazanılırsa tahkimatın uzama ve kısalma gibi her iki gerilme türünün birden etkisi altında kalması önlenmiş olduğu gibi, kuyunun yana doğru eğilmesi de otadan kalkar (Şekil 8 c ve d). Kuyu tahkimatının üst bölümünde oluşan kısalmalar a ve b de gösterilenden daha fazladır, çünkü sağdan ve soldan her iki üretim alanı da etki etmektedir (Şekil 8 c ve d de 1 nolu eğri). Kazı arınıları 2 nolu bölgeye kadar ilerleyince, tahkimattaki kısalmada üretim seviyesine kadar uzanır. Kuyu tahkimatı kesilmediği taktirde üretim seviyesinin altına kadar ulaşır.

Üretim kuyuya ilerlediği zaman, kuyu tahkimatındaki kısalma ortadan kalkar (Şekil 8 d-3). Ancak kuyu tahkimatı kesilmediği taktirde üretim seviyesinde yüksek derecede kısalmalar oluşmakta, bu da tahkimatın parçalanmasına neden olmaktadır (Şekil 8 c-3).

Emniyet topuğunun kenarlarından başlayarak kuyuya doğru ikj yönlü olarak kazanılmasına dayanan bu üretim şeklinde kuyunun üst bölümlerinde hiç bir şekilde uzama oluşmamaktadır. Özellikle akışkan kayaçların yer aldığı üst tabakalarda, borulardan (tubing) yapılan kuyu tahkimatı için uzamalar çok sakıncalıdır. Çünkü uzama nedeniyle boru parçaları



Şekil 8. Çeşitli üretim şekillerinin kuyu tahkimatına olan etkileri

arası açılmakta ve basınç altında bulunan su, bu açıklıklardan kuyu içersine akmaktadır. Ayrıca beton malzemenin çekme gerilmelerine karşı dayanımları da oldukça düşüktür.

Kuyu topuğunun kazanılması, kuyudan başlanarak kenarlara doğru çift yön-

lü yapılırsa (merkezi üretim), kuyu tahkimatının kesilmiş halinde, kuyunun hiçbir yerinde kısaltmalar (basınç gerilmeleri) oluşmaz (Şekil 8 f). Tahkimat üretim seviyesinde kesilmez ise, kuyunun alt bölümlerinde tahkimatı göçertecek düzeyde basınç gerilmeleri oluşur (Şekil 8 e).

Üretim kuyudan kenarlara doğru ilerledikçe, tahkimatta oluşan uzamalar da, aşağıdan yukarıya doğru kaymaktadır (Şekil 8, 1 ve 2 nolu eğri). Topuk içerisinde yer alan kömür damarı tümüyle kazanılınca (tam saha), uzamalar da ortadan kalkmaktadır (3).

Madencilik açısından birçok yararları bulunan bu üretim şekli, örtü tabakalarında akışkan kayalar bulunmayan yerlerde uygulanır. Topukların kazanılmasının başlangıcında, tahkimatta oluşabilecek uzama ve kısalmaları zamansal olarak dengelemek, yani karşılıklı eşitlemek olası değildir. Kazı işlemine kenardan ve merkezi üretim şekli ile çift yönlü olarak aynı anda başlansa bile, kuyunun üst bölümlerinde kenar üretimin etkisi ile kısalmalar oluşurken, alt bölümlerde, merkezi üretimin etkisi ile uzamalar oluşur. (Şekil 8 d ve f de 1 nolu eğri). Ancak belirli bir üretim aşamasından sonra uzama ve kısalmalar karşılıklı olarak birbirlerini eşitler (Şekil 8, 2 nolu eğri). Böyle durumlarda kuyu tahkimatı herhangi bir birim deformasyona uğramadan, kayalarla birlikte çöker.

Kuyu topuklarının kazanılması sırasında üretim alanının kuyular üzerine etkisini daha da azaltmak için başka ve daha karmaşık yöntemler geliştirilmiştir. Şekil 9'da 1000 m. çapında bir kuyu topuğunun kazanılış şekilleri gösterilmiştir.

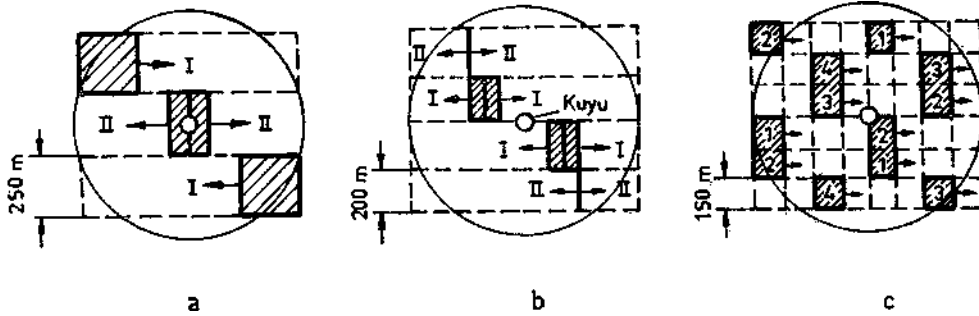
Birinci yöntemde; kenarlardan karşılıklı olarak merkeze doğru iki yerden, (I), üretime başladıktan kısa bir süre sonra merkezden kenarlara doğru çift yönlü üretime (II) geçiliyor.

İkinci yöntemde; kuyunun yanından çift yönlü olmak üzere iki bölgede (I) üretime geçtikten kısa bir süre sonra, II nolu üretime geçilir.

Harmonik üretim yöntemi olan üçüncü yöntemde, üretim alanının kuyu tahkimatına ve yeryüzüne etkisi en az düzeye indirilmektedir. Şekil 9 c de görülen bu yöntem birden fazla damarlarda daha kolay uygulama alanı bulmuştur. Bu yöntemin pratikte uygulanabilmesi oldukça çok güçlükler neden olmaktadır. Uygulama sırasında, karşılaşılan teknolojik ve teknik güçlükler, üretim planının zamansal olarak gerçekleştirilebilmesini engellemektedir. Ayrıca bu yöntemin hazırlık ve havalandırma giderleri de oldukça yüksektir.

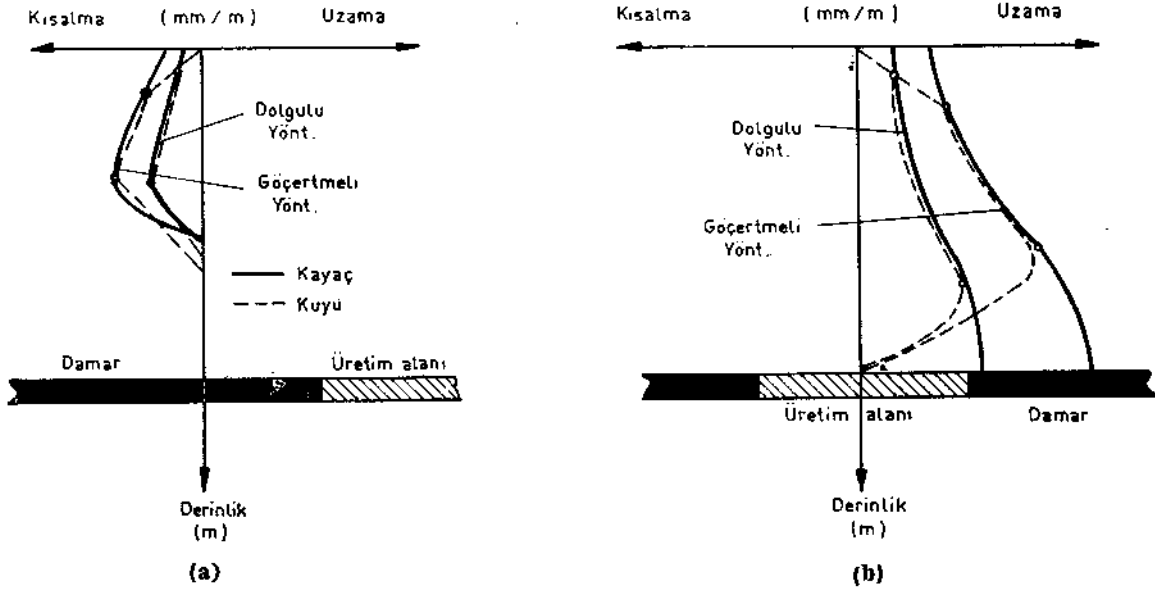
#### 2.4 Dolgulu ve Göçertmeü Yöntemlerin Kuyu Tahkimatı Üzerine Etkileri

Kuyu topuklarında yapılan üretimin tahkimata ve yeryüzüne etkisini azaltmak için alınabilecek diğer bir önlem de, dolgulu yöntemlerin uygulanmasıdır. Göçertmeü uzun ayak üretim yöntemi yerine dolgulu yöntem seçildiği zaman tavan tabakalarının çökmesi ve buna bağlı olarak kuyu tahkimatında oluşabilecek birim de-



Şekil 9. 1000 m- çapında bir kuyu topuğunun kazanılış biçimleri





Şekil 10. Dolgulu ve göçertmeli yöntemlerin kuyu tahkimatına olan etkileri  
a — Kenardan üretim şekli  
b — Merkezi üretim şekli

formasyonlar yaklaşık yarıyarıya azalmaktadır. Şekil 10 a ve b de kenar ve merkezi üretim şekillerinin dolgulu ve göçertmeli sistemlere göre kuyu tahkimatlarında oluşturdukları birim deformasyonlar (uzama ve kısıpmalar) gösterilmiştir.

Kenardan üretimde, kayaçta ve kuyu tahkimatında oluşan kısıpmalar, dolgulu yöntemin uygulanması ile yarı yarıya azalmıştır (Şekil 10 a)

Merkezi üretim şeklinde de kayaç ve kuyu tahkimatındaki uzamalar dolgulu yöntemle azaltılmaktadır (Şekil 10 b).

Dolgulu yöntemlerin göçertmeli yöntemlere göre daha pahalı olmasına karşın böyle özel durumlarda uygulanmaları teknik açıdan yararlı olmaktadır.

#### KAYNAKLAR

- i. BALS, R-, «Der Abban von Schachtsicherheits-pfeilern»; Mitt. Markscheidewesen. 54 S. 54/87; Essen 1943
2. BİRÖN, C, ARIOĞLU, E., «Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı» Birsen Kitabevi, İstanbul, 1980-
- 3- KÖSE, H., «Programmierte Berechnung der Abbaneinwirkung auf Schachte nach dem Modeli der finiten Elemente» Glückauf Forschungshefte, H. 4. s. 141/145, Essen, 1978.
4. KÖSE, H., «Finite Element Yönteminin Kaya Mekaniği Dalındaki Problemlerin Çözümünde Kullanılışı», Madencilik-, Eylül. S. 26-34, Ankara 1980.
- 5 KRATZSCH, H-, «Die axiale Beanspruchung des gebirgsverbundenen Schachtausbaus beim Abban der Schachtschutzzone», Mitt. Mark-Scheidewesen., H. 77., S. 29/44; Essen, 1970.
- 6- KRATZSCH, H., «Bergschadenkunde» Springer-Verlag., S. 98/133, Berlin. 1974.

