

## **UZUNAYAK MADENCİLİĞİNDE DURAYLI TOPUK TASARIMI**

### **STABLE PILLAR DESIGN IN LONGWALL MINING**

*Hüseyin YAVUZ, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mük-Mim. Fak, 32260 İsparta*

#### **ÖZET**

Bu bildiriye, topuk tasarımında yaygın olarak kullanılan yöntemler verilmiş olup oda topuk yöntemiyle üretim yapılan ocaklardaki kare topukların tasarımında kullanılan görgül topuk dayanım bağıntıları uzun topuklara uyarlanarak karşılaştırılmış ve uzunayak madenciliğinde kullanılabilirlikleri tartışılmıştır. Panoların tabanyollar arasında bırakılan topuklara göçük bölgesinden aktarılan yüklerin belirlenmesi ve bunların topuk tasarımına etkisi ayrıca verilmektedir. Yöntemlerin karşılaştırılması ve duraylı topuk genişliğinin analizi amacıyla GLİ Ömerler yeraltı ocağı örnek olarak seçilmiştir. Bu ocak için duraylı topuk genişliği 30 m olarak önerilmektedir.

#### **ABSTRACT**

In this article, methods, commonly used pillar design methods, have been given and empirical square pillar strength equations used for the design of square pillars in room and pillar mining, after rearranged for long pillars, have been compared and their applicability to longwall pillars have been discussed. Determination of loads transferred from caving zone onto the pillar left between gateroads of the panels and its effect on the pillar design have been also given. GLİ Ömerler underground mine has been chosen for the comparison of the methods and for analysis of a stable pillar width. A stable pillar width of 30 m has been suggested for this coal mine.

## 1. GİRİŞ

Uzunayak madenciliği son yıllardaki teknolojik gelişmeler ile randımanı yüksek bir üretim yöntemi olarak önemini korumaktadır. Yüksek üretim kapasitesi, sürekliliği ve özellikle derin ocaklarda da topuk yöntemiyle üretimde kömür kaybının artması nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir. Uzunayak üretim yönteminin başarısı, taban yollarının üretim boyunca duraylı kalmasına bağlıdır. Başarısız bir tasarım, taban yolunda aşın tamir ve tarama masraflarına yol açabileceği gibi, oluşacak göçükler ile ölümcül kazalar ve uzunayakta üretimin günlerce aksamasıyla da sonuçlanabilir. Bu açıdan panoların tabanyollar arasında bırakılacak topuğun genişliği, taban yoluna gelecek yüklerin kontrolü açısından önemlidir.

Genel olarak topuk boyutunun tasarımında gözömine alınan faktör, topuğun eski üretim panosundan ve derinlikten kaynaklanan basımları taşıyacak genişlikte olmasıdır. Bu tür topuklar maruz kaldıktan basıncı, topuğun elastik sınırın aşılardan üzerine gelen yükleri taşıyacak genişlikte tasarlanırlar. İngiltere de bu tür geniş topuklar, genellikle 1/10 derinlik +10 metre kuralına veya Wilson'un (1983) önerdiği analitik yöntemle göre tasarlanırlar. Duraylı topuk genişliğinden daha az, yenilme topuk genişliğinden ise daha fazla genişlikte tasarlanırlar. Bir topuk, kritik topuk olup taban yollarının yüksek gerilmelere maruz kalması dolayısıyla duraysızlıklarla sonuçlanabilir. Bu çalışmada, emniyetli bir çalışma ortamı için gerekli topuk genişliği tasarımında kullanılacak yöntemler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Topuk tasarımı üzerine çok sayıda ampirik, analitik yöntem mevcut olmakla beraber en yaygın olarak kullanılan yöntemlere bu bildiride yer verilmektedir. Yöntemlerin önerdiği duraylı topuk genişliğinin analizi için GLİ Ömerler yeraltı ocağı örnek olarak seçilmiştir.

## 2. TOPUK DAYANIMININ GÖRGÜL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ VE UZUN KORUYUCU TOPUKLARIN MARUZ KALACAĞI YÜKLERİN TAKDİRİ

Görgül bağıntılar, teoriden ziyade ölçüm, gözlem ve tecrübeye dayanan yöntemlerdir. Bir görgül eşitliğin geliştirilmesinde, başarılı ve başarısız topuk boyutları analiz edilerek, topuğun dayanımı ile genişlik/yükseklik oranı arasında bir bağıntı kurulur. Bütün görgül topuk dayanım eşitlikleri aşağıdaki gibi genelleştirilebilir.

$$S_p = S_1 \left[ A + B(w_p / h_p) \right] \quad [1]$$

$$S_p = S_1 (w_p^a / h_p^b) \quad [2]$$

Eşitliklerde,  $S_p$  : topuğun basınç dayanımı (MPa),  $S_1$  : kömür kütlelerinin basınç dayanımı (MPa) olup Salomon ve Munro'nun (1967) eşitliğinde, 7.2 gibi sabit bir değer,  $w_p$  : topuk genişliği (m),  $h_p$  : topuk yüksekliği (m) ve A, B, a ve b: boyut etkisine bağlı sabitler olup Çizelge 1 'de verilmektedir.

Çizelge 1. Topuk basınç dayanımı eşitliklerinin detayları

Araştırmacı	A	B	a	b	Tavsiye edilen emniyet faktörü
ObertveDuvaH(1967)	0 778	0 222	-	-	15-2
Holland (1973)	-	-	0.5	0.5	>1
Bieniawski (1984)	0.64	0 36	-	-	15-2
Salamon ve Munro (1967)	-	-	0.46	0 66	16

Yukarıda verilen topuk dayanım eşitlikleri kare kesitli topuklar için önerilmiş olup, eşitlikler Hsiung ve Peng' in (1985) önerdiği aşağıdaki eşitlik ile, kare topuğun genişliğiyle eşdeğer olan uzun veya dikdörtgen topuğun etkin genişliği ( $w^r$ ) bulunarak dikdörtgen veya uzun topuklar içinde kullanılabilir

$$w_{eff} = w_{rp}^{0.43} L_{rp}^{0.15} \quad [3]$$

Eşitlikte  $w_r$  Dikdörtgen veya uzun topuğun genişliği,  $L^r$  • topuğun uzunluğudur

Wagner (1992), Salamon ve Munro'nun (1967) önerdiği eşitliğin, topuk genişlik/yükseklik oranının 5'den büyük olması durumunda topuğun basınç dayanımını yanlış tahmin edeceğim savunmuş ve topuk hacminin dikdörtgen alanı aşağıdaki eşitliği önermiştir.

$$S_p = S_1 \left( \frac{R_0^{0.5933}}{V^{0.0667}} \right) \left\{ \frac{0.5933}{\epsilon_r} \left( \left[ \frac{R_p}{R_0} \right]^{\epsilon_r} - 1 \right) + 1 \right\} \quad [4]$$

Eşitlikte,  $R_p$ : topuğun genişlik/yükseklik oranı,  $R_0$ : topuğun kritik genişlik/yükseklik oranı (önerilen değer 5'tir),  $V$  • topuk hacmi ve  $\epsilon_r$  : dayanım artış oranı olup 2.5 olarak önerilmiştir.

Sheorey (1992), topuk dayanımının derinlikle ( $H$ , metre) arttığını gözlemlemiş ve duraylı ve duraysız topukların istatistiksel analizi sonucunda topuk dayanımını,

$$S_p = S_1 + \frac{H}{160} \left( \frac{w_p}{h_p} - 1 \right) \quad [5]$$

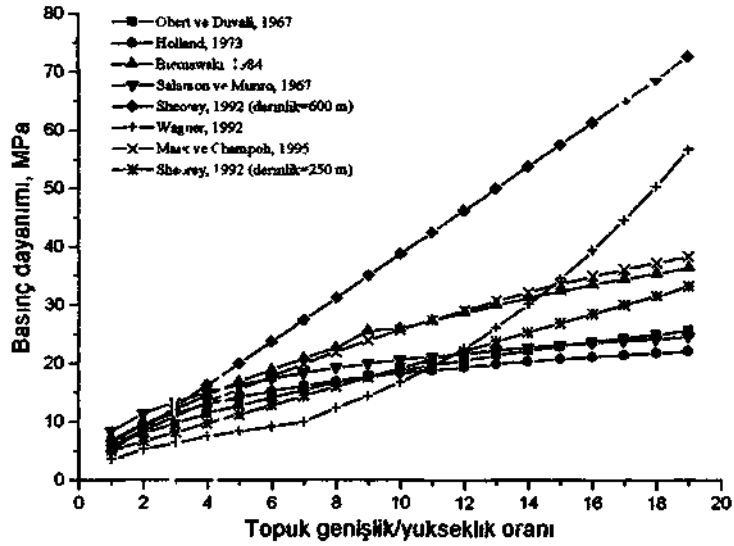
eşitliği ile ifade etmiştir.

Mark ve Champoli (1995), Bieniawski'nin (1984) eşitliğini, topuk içerisinde oluşan gerilme dağılımını gözönünde bulundurarak dikdörtgen veya uzun topuklar için aşağıdaki gibi yeniden düzenlemiştir.

$$S_p = S_1 \left[ 0.64 + 0.54 \left( \frac{w_p}{h_p} \right) - 0.18 \left( \frac{w_p^2}{h_p L_p} \right) \right] \quad [6]$$

Eşitlikte  $h, p, L, q,$  ve  $w_{,,}$  dikdörtgen topuğun yüksekliği, uzunluğu ve genişliğidir

Topuğun basınç dayanımının, topuğun genişlik/yükseklik oranı ile değişimi, yerinde basınç dayanımı 5 MPa olan komur kütlesi için Şekil 1'de karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Uzun topukların basınç dayanımı, kare topuklar için önerilen Obert-Duvall (1967), Holland (1973), Bieniawski (1984) ve Salamon-Munro (1967) eşitliklerinde topuk genişliği yerine, Eşitlik 3'te verilen etkin topuk genişliği değeri kullanılarak bulunmuştur. Şekil 1'den görüleceği üzere diğer eşitliklerle karşılaştırıldığında, Sheorey'in önerdiği eşitlik, 600 metre çalışma derinliği için, topuğun basınç dayanımını çok yüksek bir değer olarak tahmin etmektedir. Topuk hacmini dikkate alan Wagner'in (1992) önerdiği eşitlik topuk üzerindeki gerilme artışına uygun olarak, topuğun basınç dayanımında üstel bir artış sergilemektedir.

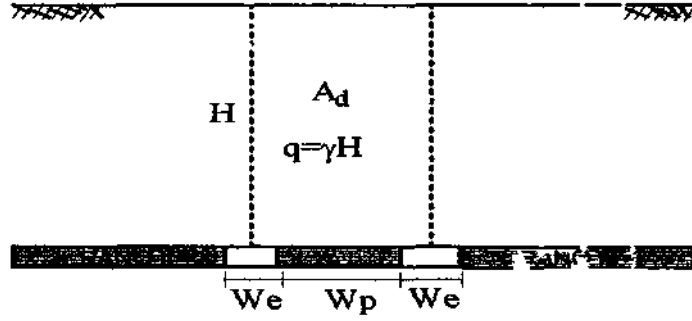


Şekil 1 Topuk basınç dayanımının topuğun genişlik/yükseklik oranı ile değişimi.

Topuğun basınç dayanımının belirlenmesinden sonra, topuğun hazırlık ve üretim aşamasında maruz kalacağı yüklerin belirlenmesi gerekir. Şekil 2'de gösterildiği gibi hazırlık aşaması olarak isimlendirilen göçük oluşumundan önceki durumda topuğun maruz kaldığı derinlik yuku ( $A_d$ , MN/m)

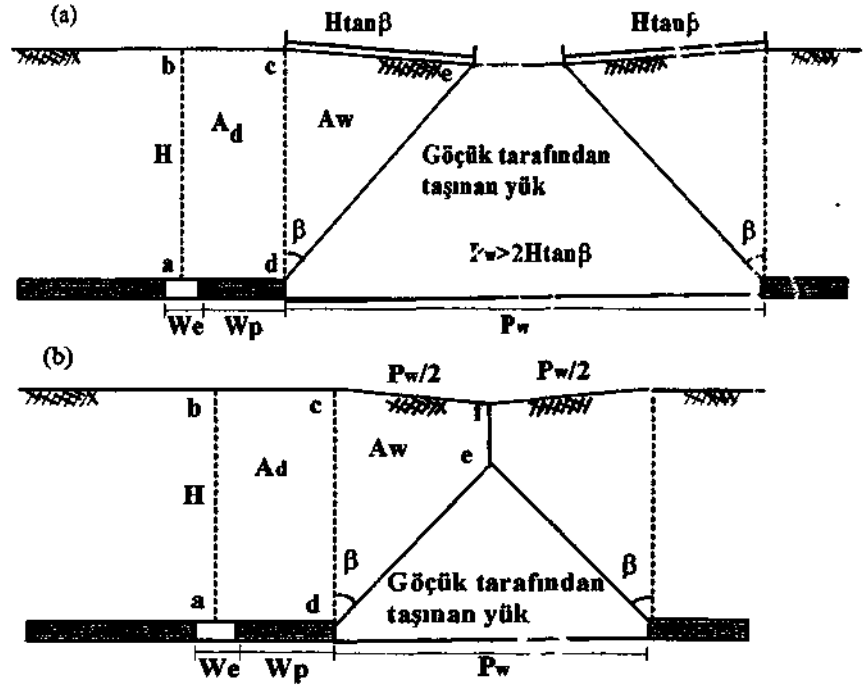
$$A_d = \gamma H (w_p - w_s) \quad [7]$$

eşitliği ile hesaplanabilir. Eşitlikte  $w_p$  topuğun genişliği (m),  $w_s$  tabanyolunun genişliği (m),  $H$  üretim derinliği (m) ve  $\gamma$  topuk üzerindeki tavan tabakalarının ortalama birim ağırlığıdır (MN/m<sup>3</sup>)



Şekil 2 Panoların hazırlanması aşamasında topuğun yukkme durumu

Panolardan birinin kazısı sonucunda, Şekil 3'te gösterildiği gibi göçük tarafından taşınmayan, yan mesnet yuku diye adlandırılan yük ( $M$ ) topuk ve hazırlık panosu uzune aktarılacaktır Yan mesnet yuku hesaplanmasında gerekli olan göçük içerisinde derinlik basıncına ulaşılma mesafesi, iki yaklaşımla belirlenebilir Birinci yaklaşım Mark (1990) tarafından önerilmiş olup yeryüzünde maksimum  $\gamma_{Lm}^1$  başlangıcı ile topuk kenarından geçen doğrunun düşey düzlemlerle yaptığı yükleme açısı olarak tanımlanan açıyı ( $\beta$ ) dikkate alır (Şekil 3) Diğer bir yaklaşım Wilson (198J) tarafinaan oneilmiş olup derinlik basıncına derinliğin 0.3 katı mesafede erişildiğini one sümüktedir



Şekil 3 a Geniş panolar için yuk tasannu b dar panolar için yuk tasan .

Geniş pano (Şekil 3a) veya dar pano (Şekil 3b) durumlarında abcd dikdörtgeninin alanı vasıtasıyla topuğun maruz kaldığı derinlik yuku;

$$A_d = \gamma H(w_p + w_s / 2) \quad [8]$$

olacaktır. Pano genişliğinin derinlik basıncı mesafesinin 2 katından büyük veya eşit olması ( $P_w > 2H \tan \beta$ ) durumunda (Şekil 3a) cde'nin alanı vasıtasıyla yan mesnet yükü ( $A_w$ )

$$A_w = H^2 (\tan \beta) (\gamma / 2) \quad [9]$$

olacaktır. Eşitlik 9 derinlik basma mesafesi  $0.3H$  için

$$A_w = 0.15 \gamma H^2 \quad [10]$$

şeklinde yazılabilir

Pano genişliğinin derinlik basıncı mesafesinin 2 katından küçük olması ( $P_w < 2H \tan \beta$ ) durumunda (Şekil 3b) defc'nin alanı vasıtasıyla yan mesnet yükü ( $A_w$ ),

$$A_w = \gamma \left[ (HP_w / 2) - (P_w^2 / (8 \tan \beta)) \right] \quad [11]$$

olacaktır. Eşitlik 11 derinlik basıncı mesafesi  $0.3H$  için

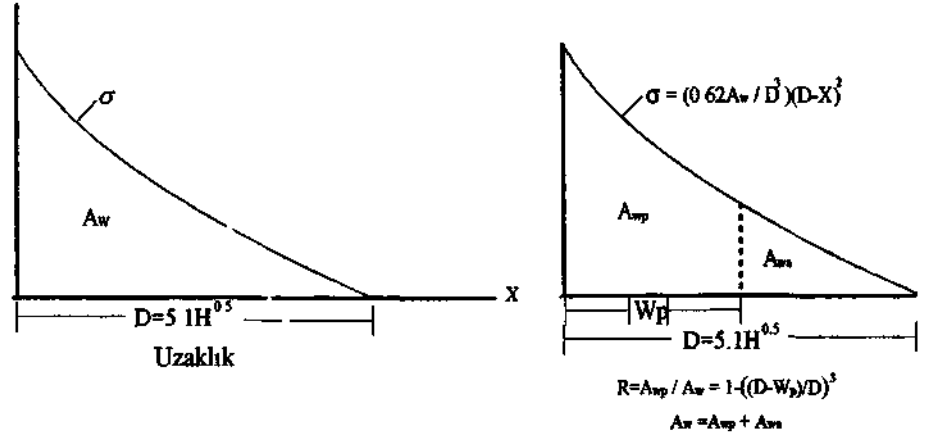
$$A_w = \frac{\gamma P_w}{2} \left[ H - P_w / 12 \right] \quad [12]$$

şeklinde yazılabilir

Topuk ve pano üzerine taşınacak yüklerin bulunmasından sonraki aşama, bu yüklerin mesnet üzerindeki etki uzaklığının ( $D$ ) bulunmasıdır (Şekil 4). Bu uzaklık arazi ölçümlerinin analizi sonucu Peng (1986) tarafından  $D=5.1 H^{0.5}$  olarak bulunmuştur. Mesnet üzerinde düşey gerilmelerin dağılımı ve hesaplamaları Şekil 4'de verilmektedir. Topuk yükü, toplam yükün ( $A_w$ ) oran faktörü ( $R$ ) ile çarpımı sonucu bulunmakta olup,  $R, w_p < D$  olması durumunda

$$R = 1 - \left[ \frac{D - w_p}{D} \right]^3 \quad [13]$$

eşitliği yardımıyla bulunabilir. Eğer  $w_p > D$  ise  $R=1$  yani göçük bölgesinden aktarılan yükün hepsi topuk üzerinde yeralacaktır (Mark, 1990).



Şekil 4 Mesnet üzerinde gerilme dağılımı (Mark, 1990).

Topuğun dayanımının ve üzerine ge'len yüklerin belirlenmesinden sonra, seçilen topuk genişliği için emniyet katsayısının belirlenmesi gerekir. Göçüğün oluşumundan önce yani hazırlık safhasında emniyet katsayısı  $SF = S_p / (A_d / w_p)$ , göçük oluşumundan sonra ise  $SF = S_p / [(A_d + A_w R) / w_p]$  olacaktır. Çizelge 1'de verildiği gibi emniyet katsayısı, seçilen topuk dayanım eşitliğine bağlı olarak 1 ile 2 arasında değişen bir değer olacaktır.

### 3. TOPUK TASARIMINDA ANALİTİK YÖNTEM

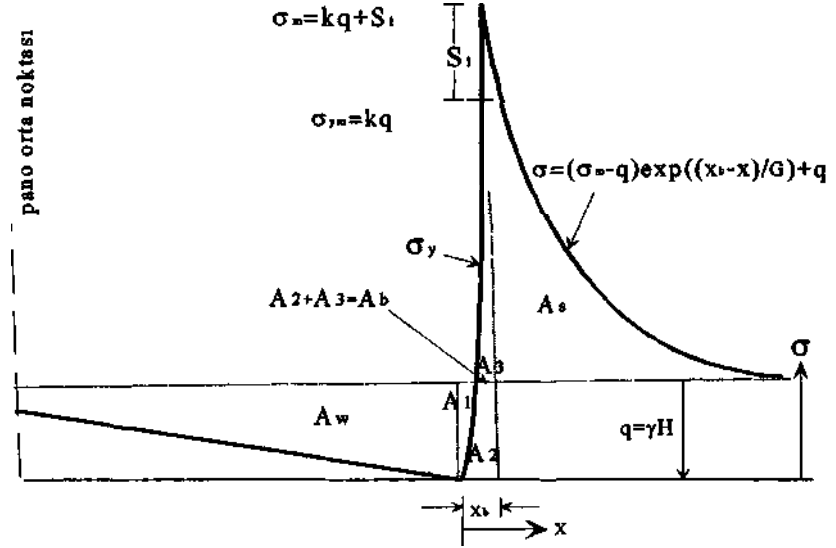
Analitik yöntemler içerisinde en dikkate değer ve uygulama alanı bulmuş olan yöntem ilk defa Wilson ve Ashwin (1972) tarafından öne sürülmüş olan sıkıştırılmış çekirdek (confined core) kuramıdır. Bu kuramda topuktaki yenilme kritik gerilmeli bölgeden yani topuk kenarından başlayarak topuğun son yenilme bölgesine doğru ilerler. Wilson ve Ashwin teorisini göçük tarafında bırakılmış topuklar için geliştirmişlerdir. Topuk kenarında gerilmeler düşük değerlerde iken kademeli olarak topuk içine doğru (3-7 metre) artış gösterecektir. Bu teorisinin temeli topuk kenarlarındaki yenilmiş kömürün topuk içine doğru yatay gerilme uygulayarak içerideki kömürün basınç dayanımını artırmasıdır. Wilson'un (1983) daha da geliştirilmiş olan yaklaşımında, yeraltı açıklıklarının etrafındaki gerilme durumları ve yenilme bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan zemin mekaniği prensipleri kullanılmıştır. Wilson'un önerdiği ideal gerilme alanı denge diyagramı Şekil 5'de gösterilmektedir. Şekil 5'de topuğun kenarından içeriye doğru kömürün yenilme mesafesi, orijinal yatay gerilmelerin ulaşıldığı noktadır. Hidrostatik yükleme şartlarında, yenilme bölgesinin sona erdiği noktadaki maksimum düşey gerilme

$$\sigma_{ym} = kq \quad [14]$$

eşitliği ile elastik bölge başlangıcındaki maksimum düşey gerilme ise:

$$\sigma_m = kq + S_1 \quad [15]$$

şeklinde dir Eşitliklerde k. uç eksenli gerilme faktörü q- derinlik basıncı değeri ve S<sub>1</sub>. kömürün yerindeki basınç dayanımı değeridir



Şekil 5. İdeal gerilme alanı denge diyagramı (Wilson, 1983).

Topuk içerisinde gerilme artışı ve yenilme mesafesi değeri kömür damarının, tavan ve taban formasyonlarının dayanım özelliklerine bağlı olarak aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilmiştir.

I. Basıncı dayanımı düşük kömür, basınç dayanımı yüksek tavan ve taban formasyonu:

$$\sigma_y = kq = k(p + p') \exp\left[x_b \left(\frac{F}{h}\right)\right] \quad [16]$$

$$x_b = \frac{h}{F} \ln\left(\frac{q}{p + p'}\right) \quad [17]$$

$$A_b = \int_0^{x_b} \sigma_y dx = \frac{h}{F} k[q - (p + p')] \quad [18]$$

H. Aynı dayanım özelliklerine sahip damar, tavan ve taban formasyonu

$$\sigma_y = kq = k(p + p') \left(\frac{2x_b}{h} + 1\right)^{k-1} \quad [19]$$

$$x_b = \frac{h}{2} \left[ \left(\frac{q}{p + p'}\right)^{\frac{1}{k-1}} - 1 \right] \quad [20]$$



$$A_b = \int_0^{x_b} \sigma_y dx = \frac{h}{2} (p + p') \left[ \left( \frac{q}{p + p'} \right)^{\frac{k}{k-1}} - 1 \right] \quad [21]$$

Eşitliklerde p ve p' tahkimat basıncı ve topuk kenarındaki yenilmiş komurun basınç dayanımı (Wilson tarafından 0.1 MPa olarak kabul edilmiştir), Xb yenilme bölgesi genişliği, h tabanyolu yüksekliği, Ab yenilme bölgesi tarafından taşınan düşey yükün değeri ve F ise k'nın bir fonksiyonu olup

$$F = \frac{k-1}{\sqrt{k}} + \left( \frac{k-1}{\sqrt{k}} \right)^2 \tan^{-1} \sqrt{k} \text{ eşitliği ile ifade edilmektedir}$$

Elastik bölgenin başlangıcından topuk içine doğru düşey gerilmedeki azalma gösteren eşitlik Şekil 5'da verilmiştir. Eşitlikte G bir sabit olup

$$G = \frac{A_w + qx_b - A_b}{\sigma_m - q} \quad [22]$$

ile bulunur. Wilson'a göre emniyetli taban yolu şartlarını sağlayacak topuğun genişliği, tabakaların ağırlığından kaynaklanan düşey birincil gerilme değerine yaklaşıldığı

$$w_p = 2(G + x_b) \quad [23]$$

mesafesidir

#### 4. TOPUK TASARIM YÖNTEMLERİNİN GLİ ÖMERLER YERALTI OCAĞINDAKİ TOPUKLARA UYGULANMASI

Ömerler yeraltı ocağında 8 m kalınlığındaki komur daman, blok göçertmeli uzunayak üretim yöntemi ile kazanılmaktadır. Bu yöntemde komur damarının tabanda 2.8 metrelik kısmı çift tamburlu kesici yükleyici ile kazılmakta, tavanda 5.2 metrelik kısmı ise yürüyen tahkimat ünitelerinde bulunan pencerelerden göçertilerek alınmaktadır. Damar yeryüzünden 210 m derinliktedir. Damarın hemen üzerinde kalınlığı 25-50 cm arasında değişen yumuşak kıltaşı formasyonu, bu kıltaşlanın üzerinde ise toplam kalınlıkları 17 m olan diğer kıltaşı formasyonları yer almaktadır. Kıltaşı formasyonlarını yeryüzüne kadar uzanan ve yer yer kil içeren marn formasyonları takip etmektedir. Damarın tabanında da kıltaşı formasyonları mevcut olup basınç dayanımı 23-25 MPa arasında değişmektedir. Pano tabanyollarının taban genişliği 4.6 m olup yükseklikleri 3.5 m'dir. Panoların genişliği veya ayak uzunluğu 90 m ve pano uzunluktan ise 450-600 m arasında değişmektedir (Destanoğlu vd, 2000)

Wilson tarafından önerilen analitik yöntemle 210 metre çalışma derinliğindeki panoların tabanyolları arasında bırakılacak topuğun genişliği sağlam taban ve tavan koşulları için 26 m zayıf tavan ve taban koşulları için 30 m olarak bulunmuştur. Analitik yöntemdeki hesaplamalar için gerekli topuk yüksekliği, uç eksenli gerilme faktörü, çalışma derinliği,

tahkimat basıncı, pano genişliği değerleri Çizelge 2'de verilmektedir. Ömerler'de tabanyollarının tavanında kömür ve tabanında ise çok sağlam olmayan kiltaşının varlığı düşünüldüğünde 30 m genişliğindeki topuk Wilson'un analitik yöntemine göre uygun topuk boyutu olacaktır.

Çizelge 2. Wilson'un analitik yöntemine göre Ömerler panolarının tabanyolları arasında bırakılması gerekli topukların genişliği.

h (m)	K	$\gamma_{CMN}/m^3$	H(m)
3.5	3.5	0.027	210
p+p'(MPa)	$P_w$ (m)	$w_p$ (sağlam tavan-taban)	$w_p$ (zayıf tavan-taban)
0.1	90	26	30

1

Ömerler ocağında bırakılan topukların genişliği 18-20 m civarındadır. Wilson'un yöntemine göre 20 m topuk korumalı hazırlık panosu tabanyolu 30 m topuk korumak tabanyoluna göre daha yüksek gerilmeli ortamda açılacağından daha fazla deformasyona maruz kalacaktır. Topuğun duraylı olup olmayacağını belirlemek için topuğun emniyet katsayısı değerleri farklı topuk dayanım eşitlikleri için hesaplanmıştır. 90 m genişliğindeki panonun üretiminden ve topuk üzerindeki tabakaların ağırlığından kaynaklanan gerilmenin 20 m genişliğindeki topuğa etkileyen değeri, Wilson'un önerdiği analitik yöntemle 13 MPa, Mark'ın önerdiği yöntemle 11.4 MPa olarak belirlenmiştir. Bu gerilme değerleri 30 m genişliğindeki topuk için Wilson'un yöntemine göre 11 MPa Mark'ın yöntemine göre 10.5 MPa'dır. Bu hesaplamalardan bölüm 2 de verilen topuk dayanım eşitlikleri için emniyet katsayıları belirlenmiş ve çizelge 3'te 20 ve 30 metrelik topuk genişlikleri için verilmektedir. 20 m genişliğindeki topuk Holland'ın, kısmen Bieniawski ve Mark-Champoli'nin dayanım eşitlikleri dışında duraylı topuk olarak görülmemektedir. 30 m genişliğindeki topuk ise çizelge 3'te bulunan emniyet faktörlerine göre duraylı olacaktır. Topuk genişliğinin 20 m olması durumunda hazırlık panosu için açılacak tabanyolunun maruz bırakılacağı düşey gerilme analitik yöntemle 9.3 MPa, 30 m olması durumunda ise 6.5 MPa olarak bulunmuştur. Topuk genişliğinin 10 m fazla seçilmesi durumunda tabanyoluna yaklaşık 2.8 MPa daha az bir düşey gerilme etki edecektir.

Çizelge 3. 20 ve 30 metre genişliğindeki topukların topuk dayanım eşitliklerine göre sağladığı emniyet faktörleri.

Araştırmacı	Emniyet Faktörü (Topuk genişliği 20 m)	Emniyet Faktörü (Topuk genişliği 30 m)
Öbert-DuvaU (1967)	1.1	1.67
Salamon&Munro (1967)	1.2	1.66
Holland (1973)	1.2	1.65
Bieniawski (1984)	1.45	2.30
Sheorey (1992)	0.86	1.36
Mark-Chatpoli (1995)	1.42	2.35

## 5. SONUÇ

Bu bildiriye, panolar arasında bırakılan topuğun boyutlarının belirlenmesinde kullanılacak olan görgül yöntemler kendi içerisinde ve analitik yöntemle karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Yöntemlerin karşılaştırılması GLİ Ömerler yeraltı ocağı tabanyollar arasında bırakılan topuklar için yapılmış olup analitik yöntemle bulunan 30 m genişliğindeki topuk boyutu hazırlık panosu taban yolunda 240 m derinliğe eşdeğer birincil gerilme ortamı, uygulamada bırakılan 20 m genişliğindeki topuk boyutu ise 345 m derinliğe eşdeğer bir gerilme ortamı oluşturacaktır. Görgül topuk dayanım eşitlikleri kullanılarak yapılan incelemede de 30 m genişlikli topuk uygun topuk genişliği olarak belirlenmiştir. Üretim derinliğinin ve göçük genişliğinin az olması gözönüne alındığında hazırlık tabanyoluna etkiyecek gerilmelerin çok aşın olmayacağı düşünülebilir. Ancak, hazırlığı tamamlanan panonun kazısı sırasında tabanyolunun maruz kalacağı ön mesnet gerilmeleri de dikkate alındığında 30 m genişlikli topuk daha emniyetli ve tamir tarama masrafının azaltıldığı bir çalışma ortamı sağlayacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Bieniawski Z. T. (1984) *Rock Mechanics Design in Mining and Tunnelling*. A. A. Balkema.
- Destanoğlu N., Taşkın F. B. Taştepe M. Ve Öğretmen S.** (2000) *GLİ Tunçbilek - Ömerler Yeraltı Mekanizasyon Uygulaması TKİ*, p. 211.
- Holland C. T.** (1973) Mine Pillar Design. *SME Mining Engineering Handbook*. Soc. Min. Eng. AIME, Vol. 1, pp. 13/96-13/118.
- Hsiung S. M and Peng S. S.** (1985) Chain Pillar Design for US Longwall Panels. *Mining Sei. Tech.* pp. 279-305.
- Mark C.** (1990) *Pillar Design Methods for Longwall Mining*. BuMines IC 9247.
- Mark C and Champoli A. A.** (1995) Analyses of Retreat Mining Pillar Stability. *Proc. of 1<sup>st</sup> Int. Conf. On Ground Control in Mining*. Morgantown, pp. 63-71.
- Obert L and Duvall W.** (1967) *Rock Mechanics and Design of Structures in Rock*. Wiley, New York.
- Peng S. S.** (1986) *Coal Mine Ground Control*. Second Edition. A Wiley-Interscience Publication.
- Salamon M. D. G and Munro A. H.** (1967) A Study the Strength of Coal Pillars. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, pp. 55-67.
- Sheorey, P. R.** (1992) Pillar Strength Considering In-Situ Stresses. *Workshop on Coal Pillar Mechanics and Design*. New Mexico, pp. 122-127.
- Wagner H.** (1974) Determination of the Complete Load-Deformation Characteristics of Coal Pillars. *Proc. f\* Int. Cong. Rock. Mech.* Denver, pp. 1076-1081.
- Wagner H.** (1992) Pillar Design in South African Collieries. *Workshop on Coal Pillar Mechanics and Design*. New Mexico, pp. 283-301.
- Wilson A. H and Ashwin D. P.** (1972) Research into the Determination of Pillar Size, An Hypothesis Concerning Pillar Stability. *The Mining Engineer*, Vol.131, No. 141. pp. 409-417.
- Wilson A. H.** (1983) The Stability of Underground Workings in the Soft Rocks of the Coal Measures. *Int. J. of Mining Eng.* Vol.1, pp. 91-187.

