

1. GİRİŞ

Günümüz madenciliğinde akılcı bir üretim planlamasının yapılabilmesi, ancak, maden yatağının ve yan kayacının tektonik ve kaya mekaniksel analizinin gerçeğe yakın bir şekilde önceden elde edilmesi ile mümkündür.

Özellikle, her geçen gün daha derinlerde sürdürülen ve daha fazla mekanizasyona gidilen kömür madenlerinde sürekli bir üretimin sağlanabilmesi için o bölgede etkin olan birincil (birincil) ve ikincil (sekonder) gerilmelerin hesaplanabilmesi gerekmektedir.

Birincil gerilmeler, kayaç yükünden (yerçekimsel basınç) ve tektonik diagenetik basınçlardan, ikincil gerilmeler ise yeraltında açılan boşlukların etkisinden oluşmaktadır.

Bu gerilmelerin önceden belirlenebilmesi, tavan kontrolünde olduğu gibi, kaya patlaması, göçük gibi olaylar ile, galeri kesitlerin deki daralmaların (konverjansların) önceden tahmin edilmesinde ve zamanında önlem alınmasında yardımcı olacaktır.

Düzenli katmanlaşmış kayaçların herhangi bir h derinliğinde oluşan birincil gerilmeler, kayacın özgül ağırlığından γ ve poisson sayısından (m) yararlanılarak gerçeğe yakın bir şekilde aşağıdaki formüllerden hesaplanabilir.

Düşey yönde oluşan gerilmeler (yerçekimsel basınç)

$$O_z = \gamma \cdot h$$

Yatay yönde oluşan gerilmeler

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\gamma \cdot h}{m - 1}$$

Son yıllarda tektonik ve diagenetik gerilmeler ile ilgili konularda sürekli bir şekilde araştırmalar yapılmaktadır (1,4, 7,13,15).

Uzun süreli ak etrafında oluşan ikincil gerilmelerin açıklanması ile ilgili olarak çeşitli teoriler ortaya atılmıştır. Bu teoriler arasında Önemli olanlarını, Basınç Kemeri Teorisi, Plastik örtü Katmanı Teorisi, Kiriş Teorisi, Katmanlar Teorisi, Basınç Ehipsoidi Teorisi ve Zemin Mekaniği Teorisi olarak sıralamak mümkündür (3, 5, 6, 7,8,14,16,17,18).

Bu makalede, uzun süreli ak etrafında oluşan gerilme durumu (kayaç basıncı) Sonlu Elemanlar Yöntemi yardımı ile hesaplanmış ve sonuçları basınç teorileri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, dolgu ve kömür özelliğinin, saha genişliğinin, damar eğiminin ve düşey fayların üretim alanı etrafında oluşan basınç dağılımına etkileri incelenmiştir.

I II

künden olusan
künden olusan
vi. avak onlu-
vi. avak onlu-
eu veva SOUK
eu veva eocilk

^Alin \ta kırçin'^
^Alin \ta kırçin'^
I, "n" \ :<*_n_____
I, "n" \ :<*_n_____
I, "n" \ :<*_n_____
I, "n" \ :<*_n_____



uu
uu

Tahkimat üzerine etki eden yükün miktarı derinliğe bağlı değildir ve yerçekimsel basıncın çok altındadır.

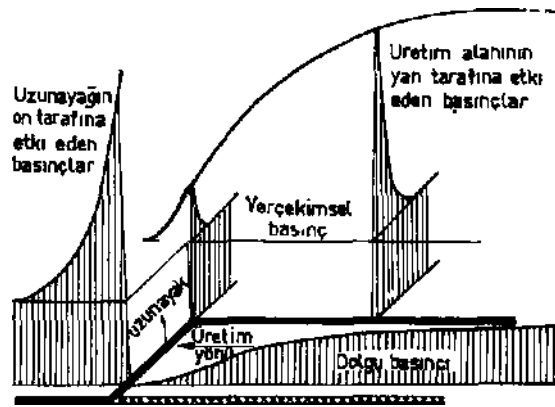
Ayak önündeki kömür damarı üzerine etki eden kayaç basıncı yerçekimsel basıncın 2-6 katını bulmaktadır. Maksimum değerine (pik değerine) ayaktan 10-15 m ilerde ulaşan bu basınçlar etkilerini 150 m ileriye kadar (kum taşında) göstermekte ve sonra yerçekimsel basınç değerlerine kadar azalmaktadır. Sıkışmış ve sertleşmiş dolgu ya da göçük üzerine etki eden ek basınçlar yerçekimsel basıncın çok küçük bir oranını oluşturmaktadır. Başka bir deyişle, dolgu üzerine etki eden basınçlar yerçekimsel basınçları biraz geçmektedir.

2.2. Plastik Örtü Katmanı Teorisi

Jacobİ tarafından geliştirilen bu teoride, tavan taşları pseudoplastik özellik gösteren ve kömür kazanıldıktan sonra dolgu üzerine oturan Örtü katmanı olarak kabul edilmektedir (6, 7).

Üretim bölgesi üzerinde yer alan kayaç yükünün bir bölümü ek basınç olarak, uzunayağın ön ve yan tarafındaki kömür damarı üzerine, kalan bölümü ise yerçekimsel basınç değerine kademeli olarak ulaşacak şekilde dolgu üzerine etki etmektedir (Şekil 1 ve 2).

Bu teoride kömür damarı üzerindeki ek basınçların maksimum değeri ayaktan hemen 4-5 m uzakta oluşmaktadır. Dolgu üzerinde herhangi bir ek basınç görülmemekte, yalnız ayaktan uzaklaşıldıkça sertleşen dolgu üzerinde yerçekimsel basınç değerlerine ulaşılmaktadır.



Şekil 2. Basınç dağılımının prensip şeması.

U U U I I U U I I I U W L U W U U U I I I
U I U I I I U U U I I U I U L I U U U L U U .
L I I V U I I U V M < - u t > a y c i i \ v u a i n m a K I « * ? * n u a J " V
L I U . U I I W W u i - m m j \ D N \ S u a n n u a u u i i u i y u n y
J a . g n A , i i u m i . u i f \ u v g i u i L U u a t) > L . I I U l i g a i b i i t u a i n u a i u a ^ i u a g i u i i i i .
J a . g n A , i i u m i . u i f \ u v g i u i L U u a t) > L . I I U l i g a i b i i t u a i n u a a M u a ^ i u a g i u i i i i .
m u c i f i c i n i K C M J c u u \ - / j , i T ; ;
I I U C I I / - C U I I t C I V U C U U ^ - 1 , j j i T j .

iVM
isdzi dViidsirrni iieriemcsı ile uzuridydK eirdTinud uç TdrKii zon oiusmaKtaair >e-
Kii I I : >e-

.....
..... 0* - -6*
i a j m U I U U I I U U I I I I U U J U B L I K I
i a j m U I U U I I U U I I I I U U J U B L I K I
iv au i s t n a i i y u M f i i - n r i a i t n t i i " * . l r u t u i i v n u u a i u i u ^
iv au i s t n a i i y u M f i i - n r i a i t n t i i " * . l y u t u i i v n u u a i u i u ^

DU ileUCIHC, UM Hill VC IMMLI Aullull sillilliiua \ixuniui aim Uitiimut/ i,iv ua«ny
DU ileucine, UN 11111 VC IMIIti Aullull SilinIliUd \i\umui aim Uitiimut/ kiv uojiny-
I d r e n V U K M I K u e g e n n e U i d M N d K i d U H u c d i o y u u u d s i i y i d i i / , r t y n n . u c i i i i u c u c i c -
I d r e n V U K M I K u e g e n n e u i d S i i i d i t i d u i u e d r . » i y u u u d s i i i c i d i i / . / - y n n . u c i i i m u c u c i c -
r a n i a m i ŝ o i r s a n a o l u ŝ m a K i a d i r .
r a n i a m i ŝ o i r s a n a o l u ŝ m a K i a d i r .

Hıcuncu zonda basınc değerlen kaameii oıarak vercekimseı oasınc aet ;eneri-
Hıcuncu zonda basınc değerlen kaameii oıarak yercekimseı oasınc aet ;eneri-
n p r l i s m e t t e v e n e n e t e k r a r s a s a n m a K t a d i r . act
n p r l i s m e t t e v e n e n e t e k r a r s a s a n m a K t a d i r .

Rn tPrinVA artp (v> ay/ale nęünrfo vp arkas in Ha pk hasınrlar olunmaktadır.
Rn tPrinVA artp rlp ar/ak nniinHp vp arkas in Ha pk hasınrlar olunmaktadır.

1 A
1 /

rsege tarannaan ortaya aman DU teoriye gore, uzu nay ak uzerinae KI tavan
Rede tarannaan ortaya aman DU teoriye gore, uzu nay ak uzerinae KI tavan
Katmaman Kenal ve uzerinae ver alan ortu katmanlarının aeriiklarinaan aolavi
Katmaman Kenal ve uzerinae ver alan ortu katmanlarının aeriiklarinaan aolavi
egilerek komur daman ve doleu uzerine basınc yanmaktadırlar \ S . L . & .
esilerek komur daman ve doleu uzerine basınc yanmaktadırlar \ S . L . & .

1 / U J I V I U I . U I % V I I i i u v . i i n u i u i u a i n n a i u t t i m u t y c i y c r v i l l i c i u a s i i i *
1 / U J I V I U I . U I % V I V i i u v . i i n u i u i u a i n n a i u t t i m u t y c i y t i M i i i a c i u a s i i i *
/ / * - J v J I I I ; l u r u a i a u i i a i \ i a u u i g u u a i z . t i n e r i U i c i n i u c L o n i d i y c i y c r v i l l i c i U d -
/ / * - J v J I I I ; i v a u a i a i i i a i \ i a u u i g u u a i z . t i n e r i U i c i n i u c i c i v i a i y c i y c r v i l l i c i U d -
V H t I E H I C U I / - U U I C U I U C O M . U d S i i i y i d i i i I I I K . U M I U I U d i r i d i I U I C -
V H t I E H I C U I / - U U I C U I U C O S . U d S i i i c i d i i i I I I K . U M I I K U d i r i d i I I U . C -
i m u e u u ŝ u i g u , u u i g u u t c i n i u c i s e u u ŝ i i d i u K d u u i e u u m c K i e u i r .
i m u e u u ŝ u i g u , u u i g u l u c i n i u c i s e u u ŝ i i d i u K d u u i e u u m c K i e u i r .

A.D. Daune cupMjiui leunsi
i. j. Dasuıç cupMjiui leunsi

(——— , ———) , — , — .
—— (T ———

$$b = \frac{h}{20} + 18$$

Burada;

b : Elipsoidin genişliği, m

h : Uzun ayağın derinliği, m

örneğin 500 m derinlikte uygulanan bir uzun nay ak ta basınç elipsoidinin genişliği 93 m, 1000 m derinlikte ise 168 m olmaktadır. Bu teoride de hem ayak önündeki kömür damarı üzerinde hem de dolgu üzerinde ek gerilmeler oluşmaktadır.

2.6. Zemin Mekaniği Teorisi

Seldenrath ve Von Iterson tarafından savunuldu zemin mekaniği teorisinde, damar üzerindeki tavan katmanları üretimden sonra çatlaklar ve kırıklar gibi süreksizlikler içerdiği ve dolayısıyla kohezyonsuz kum ya da kırılmış taş parçaları gibi davrandığı, bu nedenle de zemin mekaniği teorilerinin uygulanabileceği ileri sürülmektedir (3,16,18).

Bu teoriye göre ayak üzerine etki eden σ_a basıncı, σ_z yerçekimsel basınca bağlı olarak aşağıdaki formülden hesaplanmaktadır.

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \cdot e^{-T \cdot \tan \theta}$$

bu formülde θ formasyonun içsel sürtünme açısını göstermektedir.

Örneğin; 100 m derinlikte yoğunluğu $\gamma = 2.5 \text{ ton/m}^3$ ve içsel sürtünme açısı 40° olan tavan taşında, tahkimat üzerine etki eden basınç $\sigma_a = 0.39 \text{ MN/m}^2$ olmaktadır.

Bu basınç pratikteki ölçülen değerlere uygun olmaktadır. Uzun nay ak etrafında oluşan gerilmeleri açıklamak için ortaya atılan teorilerin hepsinin ortak yanı, kömür damarı üzerinde ek basınçların oluşmasıdır.

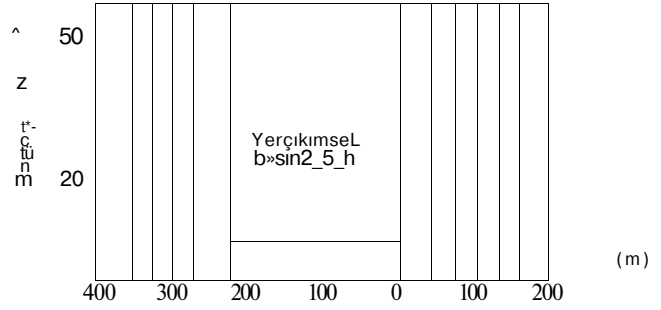
Göçük ya da dolgu üzerindeki basınç dağılımının açıklanmasında, teoriler iki farklı görüşü savunmaktadırlar. Basınç kemeri teorisi, basınç elipsoidi teorisi ve giriş teorisi dolgu üzerinde de az miktarda ek basınçların oluştuğunu savunmakta, plastik örtü katmanı teorisi, katmanlar teorisi ve zemin mekaniği teorisi ise kesinlikle karşı çıkmaktadırlar.

Bu makalenin, ilk bölümünde uzunayak etrafında oluşan basınçlar modern ve gelişmiş bir yöntem olan Sonlu Elemanlar Yöntemi yardımı ile hesaplanmış ve yukarıda özeti sunulan teorilerle karşılaştırmıştır.

Uzunayak önündeki kömür damarı üzerine etki eden kayaç basınçları $48,5 \text{ MN/m}^2$ lik maksimum değerlerine hemen kazı arnında ulaşmakta ve damarın içlerine doğru kademeli olarak azalarak yaklaşık 200 m ilerde yerçekimsel basınç değerlerine ($23,8 \text{ MN/m}^3$) kadar düşmektedir.

Bu bölümde yapılan hesaplamada, ek basınçların oluştuğu yerlerde kömür damarında çatlaklar ve kırıkların oluşacağı ve dolayısıyla mukavemetinin azalacağı faktörü gözönüne alınmamış olduğundan, ek basınçların maksimum değerleri hemen kazı arnında oluşmaktadır. (Hesaplama kömür damarı ve dolgunun E-modülü her yerde sabit kabul edilmiştir).

Dolgu arkasında kalan kömür damarı üzerinde de pik değeri 44 MN/m^2 olan bir ek basınç oluşmaktadır, bunun nedeni Şekil 4'de görüldüğü gibi, dolgunun arka bölümlerinde kayaç basınçlarının yerçekimsel basınçlara ulaşmamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4. üretim alanı etrafındaki basınç dağılımı.

Kazı arnını oluşturan kömür damarı üzerindeki basınçlarda % 103,8 lik ve dolgu arkasındaki kömür damarı üzerindeki basınçlarda % 84 Mük bir artış gözlenmektedir (Yerçekimsel basınçlara göre).

Dolgu üzerine yerçekimsel basıncın yalnız az bir bölümü etki etmektedir. Dolgu üzerine etki eden basınçlar, bölüm 4'de detaylı olarak irdeleneceği gibi, artan dolgu mukavemeti ve saha genişliği ile artmakta, fakat hiçbir durumda yerçekimsel basınç değerlerini geçmemektedir.

Dolgu üzerine etki eden basınçlar uzunayağın hemen 5 m kadar gerisinde $3,25 \text{ MN/m}^2$ ile maksimum değerlerine ulaşmakta ve ayak arkasındaki kömür damarına kadar devam etmektedir (Yerçekimsel basıncın % 13,7 si). Dolgu üzerindeki basıncın sabit olması dolgu E-modülünün her yerde eşit alınmış olmasından kaynaklanmaktadır. Dolgu malzemesi ayaktan uzaklaştıkça kayaç basıncından dolayı sertleşmekte ve mukavemeti artmaktadır. Hesaplama dolgu E—modülü ayaktan uzaklaştıkça kademeli olarak artırıldığında, dolgu üzerine etki eden kayaç basıncı da

avaktan uzak astıkça artmakta, do eu t—modulu. komur damarının L—modülüne
vaRtastienria iw dnPii [Lzrinnek] kavac hasına vercekimse pasmc delerine olus-
vaktactimnna rw rinloii [Lzrinnek] kavac hasına vercekimse basınç deelerine OUS-
maktahir

Rövlere delou arkasındaki kömür damarı üzerine atki eden kavac hasını ver-
Rövlere delou arkasındaki kömür damarı üzerine atki eden kavac hasını ver-
cekimse basınç deelerine vaktactimnna

Uzunluk tabliyatının suuna etkisindeki maksimum kuvvetlerini simüle edebil-
mek için suyunun etki kütlesini hesaplamak için E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-

Uzunluk tabliyatının suuna etkisindeki maksimum kuvvetlerini simüle edebil-
mek için suyunun etki kütlesini hesaplamak için E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-

Uzunluk tabliyatının suuna etkisindeki maksimum kuvvetlerini simüle edebil-
mek için suyunun etki kütlesini hesaplamak için E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-

Uzunluk tabliyatının suuna etkisindeki maksimum kuvvetlerini simüle edebil-
mek için suyunun etki kütlesini hesaplamak için E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-

Uzunluk tabliyatının suuna etkisindeki maksimum kuvvetlerini simüle edebil-
mek için suyunun etki kütlesini hesaplamak için E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-

Uzunluk tabliyatının suuna etkisindeki maksimum kuvvetlerini simüle edebil-
mek için suyunun etki kütlesini hesaplamak için E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-
bilir. Bu durumda E modülü tabliyatın dispancına tekebil ede-

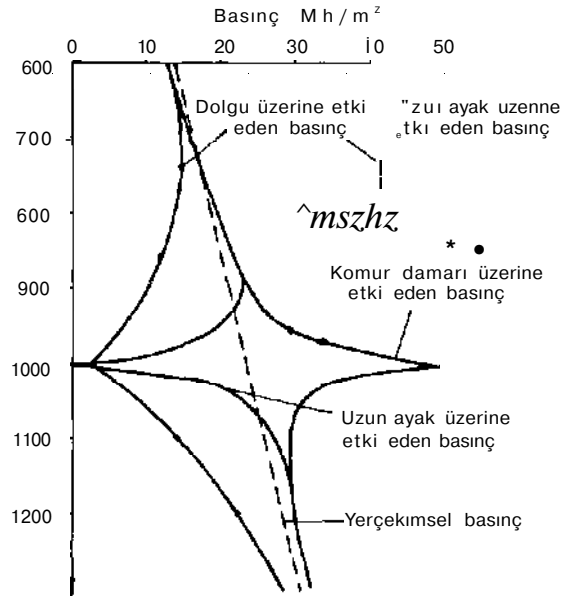
700 m derinliğe kadar her bir derinlikte her bir alanın 300 m üzerine kadar
700 m derinliğe kadar her bir derinlikte her bir alanın 300 m üzerine kadar
700 m derinliğe kadar her bir derinlikte her bir alanın 300 m üzerine kadar
700 m derinliğe kadar her bir derinlikte her bir alanın 300 m üzerine kadar

Bu derinlikten sonra dalmı üzerindeki tabakalarda her bir alanın 300 m üzerine kadar
Bu derinlikten sonra dalmı üzerindeki tabakalarda her bir alanın 300 m üzerine kadar
Bu derinlikten sonra dalmı üzerindeki tabakalarda her bir alanın 300 m üzerine kadar
Bu derinlikten sonra dalmı üzerindeki tabakalarda her bir alanın 300 m üzerine kadar

Bu derinlikten sonra dalmı üzerindeki tabakalarda her bir alanın 300 m üzerine kadar
Bu derinlikten sonra dalmı üzerindeki tabakalarda her bir alanın 300 m üzerine kadar
Bu derinlikten sonra dalmı üzerindeki tabakalarda her bir alanın 300 m üzerine kadar
Bu derinlikten sonra dalmı üzerindeki tabakalarda her bir alanın 300 m üzerine kadar

Şekil 5'den de görüldüğü gibi, uzunayağın yaklaşık 100 m üzerinde ferahlamış zon başlamakta ve 100 m altına kadar sürmektedir.

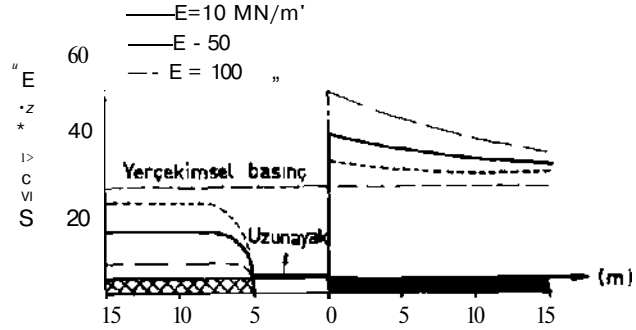
Uzunayak önündeki damar üzerindeki kayaç basıncı uzunayak üzerindeki kayaç basıncı ile simetrik bir özellik göstermektedir. Damarın 100 m üzerinde basınç artışı başlamakta ve derinlere doğru artarak üretim düzeyinde (100 m) maksimum değerine ulaşmaktadır. Kömür damarının tabanında derinlere doğru basınç artışı azalmakta ve kayaç basıncı damarın 100 m altında yerçekimsel basınç değerine düşmektedir. Burada da basınç artışı damarın yaklaşık 100 m üzerinde başlamakta damar seviyesinde maksimum değerine ulaşmakta ve damarın 100 m altında basınç artışı (üretim alanının etkisinden dolayı) sona ermektedir.



Şekil 5. Basınç dağılımının derinliğe bağlı olarak değişmesi.

Uzunayak üzerindeki basınç azalması, kömür damarı üzerindeki basınç artışına eşit miktardadır. Dolgu üzerindeki kayaç basıncının bir bölümü ise dolgu arkasındaki ve yanındaki kömür damarı üzerine etki etmektedir.

Kömür damarı mukavemeti, hesaplamalarda her yerde aynı kabul edildiği için, damar üzerindeki basınçların maksimum değeri hemen kazı arm üzerinde oluşmaktadır. Pratikte genellikle (ayak ilerleme hızı çok süratli olmadığı hallerde) kömür damarının kazı arnında yer alan bir kaç metrelik bölümü, ek basınçların (ikincil gerilmelerin) etkisi ile kırılıp çatlayarak mukavemetini kaybetmekte ve tavan alçalmalarına damarın diğer bölümü kadar reaksiyon (direnç) gösterememektedir. Bu nedenle hesaplamalarda bu faktörü gözönüne alabilmek için, kömür damarının uzunayak önündeki 5 m'lik bölümünün E—modülü kademeli olarak artırılmıştır.



Şekil 7. Dolgu mukavemetinin basınç dağılımına etkisi.

İçin, hesaplamalar üç ayrı dolgu E—modülü ($E_1 = 10 \text{ MN/m}^2$, $E_2 = 50 \text{ MN/m}^2$, $E_3 = 100 \text{ MN/m}^2$) seçilerek yapılmıştır.

Şekil 7'den görüldüğü gibi, artan dolgu mukavemeti ile birlikte, dolgu üzerine etki eden basınçlar artmaktadır. Göçertmeli yöntemden, gravite dolgu ve hidrolik dolguya gidildikçe (daha sıkı dolgu yöntemlerine gidildikçe) dolgunun mukavemeti ve tavana gösterdiği direnç büyümekte ve dolayısıyla tavan yükünden taşıdığı miktar artmaktadır.

Damar E-modülü 200 MN/m^2 olarak sabit kabul edilerek dolgu E-modülü 100 MN/m^2 seçildiğinde, dolgu üzerinde etki eden basınç $19,6 \text{ MN/m}^2$ olduğu halde E-modülü 50 MN/m^2 seçildiğinde basınç $13,6 \text{ MN/m}^2$, 10 MN/m^2 seçildiğinde ise $3,25 \text{ MN/m}^2$ olmaktadır.

Dolgu üzerine etki eden basınçlar hemen uzunayağın 5 m arkasında maksimum değerine ulaşmaktadır. Bunun nedeni, önceki bölümde belirtildiği gibi, dolgu E—modülünün her yerde eşit kabul edilmesinden kaynaklanmaktadır. Pratikte dolgu malzemesi, ayaktan uzaklaştıkça daha fazla sıkışıp sertleşeceği için, tavana daha fazla direnç gösterecek ve daha fazla yük taşıyacaktır. Bu nedenle ayaktan uzaklaştıkça dolgu üzerindeki basınçlar kademeli olarak artacak ve yerçekimsel basınç değerine ulaşacaktır. Hesaplamalarda dolgu malzemesi mukavemeti, ayaktan uzaklaştıkça kademeli olarak artırıldığında bu olgu gözlenmektedir.

Kömür damarı üzerine etki eden basınçlar, dolgu üzerine etki eden basınçların tersine, artan dolgu mukavemeti ile birlikte azalmaktadır. İyi yapılmış ve mukavemeti yüksek olan dolgu, üretim alanı üzerinde yer alan katmanların yükünden daha fazla taşıyabildiği için, damar üzerine etki eden ek basınçlar azalmaktadır. Ek basınç miktarı göçertmeli yöntemde maksimum olmaktadır.

örneğin, Dolgu E—Modülü 10 MN/m^2 olduğunda damar üzerine etki eden ek basınçların maksimum değeri $48,5 \text{ MN/m}^2$ olduğu halde, dolgu E-modülü 50 MN/m^2 artırılıncaya $38,7 \text{ MN/m}^2$, 100 MN/m^2 'ye artırılınca ise $31,0 \text{ MN/m}^2$ olmaktadır.

Gözüdeği eibi Doleu E-modülü 10 |N/m² fon TOO MN/m²w 10 L-at artiril.
Gözüdeği eibi Doleu E-modülü 10 .»N/rt* Hpn IOF) MN/rVvo 1(1 L-at artiril.
çiginda damar izerine etki eden basir rlarirt maüimim Honor! 4fi Ç UW/m²Hon
çiginda damar izerine etki eden basir ..lr la Mrt maksimum Honor! 4fi Ç MW **lm** Mon
^T fi MM(m «" 4 ^

nranlriH:» iTnlmittirtir

>:i_nrl« n |, r,n.
>:i_nrl« n |, r,n.

* J_n |
i - i - i - i
i - i - i - i

- / - / - i - o -
- / - 7 - i - a -
- D - - - o -
- o - - - o -
t r - - - - r -
- - - - -
- - - - -
/ - - - i - • ' .

uuuuuuuu guu, uuuguru Uuu ia.y a rv uitLim yur i Ltuiii IUG, UUIgUIIUI SdgidiingHid
UUUIUUUGU giUI, UUUGUIU, UIU ui^iya^agi yim, guyci uncu uuigunui sgdidiingHid
uagii uiaian, ayari LanlMinai Mii uijiya^agi yun, guÇiiniciu **yumenic güre dZaid-ak**
uagii uiaian, ayari LanlMinai Mii uijiya^agi yun, guÇiiniciu **yumenic güre didididk**
ve Lavaii Miiuuuu Mjmylasai-dPiUi
ve u»viii MJIUUU NümyjH-dMii

J. iSAHA »jtl>iaL IUU^IIN U KtIIM ALAIM tIKAHI^UA ULUSAN
J. iSAHA (JCI>ISL IUU^IIN U KtIIM ALAI^ItIKAHI^UA ULU&AJN
BAUINL U UxiJLIMINA C.IKIM
DAUNI« U UxiJLIMINA C.IKIM

baha senishëinm üretim ii etrafında o usan hasinr dağılımina ptk|sini inrp.
Saha eenishëinin üretim alanı etrafında oluşan pa.sinr dağılımina ptkisini inrp.
eme, amac iv a ppsanlamalar nar tamvpppnjç «pa jrjn avri avri vanijmictir
lernëk amacivla hpsanlamalar nar tamvpppnjç «aha irin avri avri vanijmictir

&il Si SX® sit! fcr adz IS=Î=: :fii rt= fc=:i: fc= d; !:
miiir ^ m - in Vnarlna *+,\ #M, k *, ^ 1 - » " TM - , ! - 1 - - - , i : i , - * - 14
miiir /hmiri IWat-in*. atL-i «War. k *, ^ 1 - » " TM - , ! - 1 - - - , i : i , - * - 14

100-
100-

i.v
i
i

M 6fi-
M Kr
^
^
T
T
>
>
m
IU .
ZU .

varçiktmsel basınc
varçiktmsel basınc



iiijuguiii uauuu; UdgUUnillä e LKIMl.
iiijuguiii uauuu; UdgUUnillä e LKIMl.

Damar üzerindeki ek basınçların pik değeri dar sahada $48,5 \text{ MN/m}^2$ iken tam sahada % 38 artarak $66,7 \text{ MN/m}^2$ 'ye geniş sahada % 87,6 artarak $91,0 \text{ MN/m}^2$ ulaşmıştır.

Damar üzerindeki basınçların saha genişliğine bağlı olarak artmasının nedeni dolgu üzerine etki eden basınçların yerçekimsel basınç değerlerine ulaşmamasındandır. Dolgu mukavemetinin, ayaklan uzaklaştıkça sertleşecek kömür damarı mukavemetine yaklaşacağı kabul edildiğinde, saha genişliğinin damar üzerinde oluşan basınç büyüklüğüne etkisi azalmaktadır.

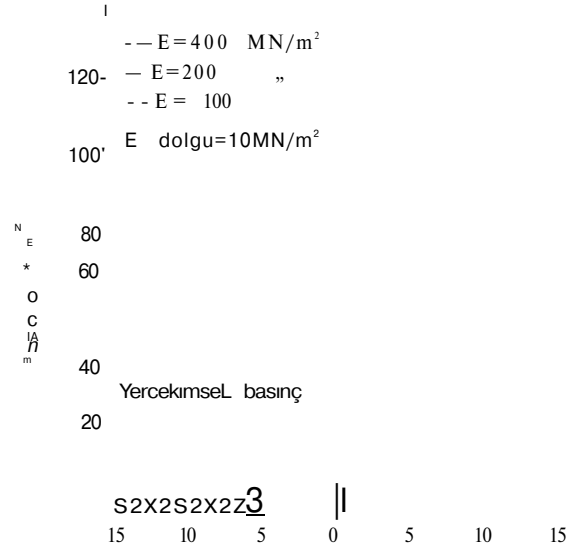
Dolgu ve ayak üzerine etki eden basınçlarda, saha genişliğinin Önemli bir etkisi olmamıştır.

6. KÖMÜR DAMARI MUKAVEMETİNİN ÜRETİM ALANI ETRAFINDA OLUŞAN BASINÇ DAĞILIMINA ETKİSİ

Kömür damarı mukavemetinin üretim alanı etrafında oluşan basınç dağılımına etkisini incelemek amacıyla yapılan hesaplamalarda, Dolgu E-modülü 10 MN/m^2 olarak sabit kabul edilmiş ve kömür damarı E-modülü 100 MN/m^2 , 200 MN/m^2 ve 400 MN/m^2 olarak değiştirilmiştir.

Şekil 9'dan görüldüğü gibi, damar mukavemeti yükseldikçe kömür damarı üzerine etki eden basınçlar da artmaktadır.

Üretim alanı üzerinde yer alan tavan katmanlarının yükü, dolgu ve kömür damarı tarafından taşındığı için, kömür damarı mukavemeti artınca, tavan alçalmasına karşı gösterdiği direnç artacak ve böylece tavan yükünden daha fazla taşıyacaktır.



Şekil 9. Kömür damarı mukavemetinin basınç dağılımına etkisi.

Inf-Alonon \si\tr- mnAa\|r^Aa Inanic- c-ili-
 Ca'il'-fritru-la r^imir i'u«r!nA nTLI „J„»
KarUANirtAn r^imir i'u«r!nA nTLI „J„»
Ut, IIIUo r^TM„J„;:; OAA MM/«2>... SL:
 Xi, inUo r^TM„J„;:; OAA IHM/™2'... SL:
 «:—J_=_: n/ /r/»... i n i i m 2 i
 «:—J_=_: n/ /r/»... i n i i m 2 i.
 J_—!—* *» n/ -1—* * i *^n

—j: 1 f(t) IIM /_2
 —j: 1 f(t) IIM /_2
 «m 1 2 1 1
 „KM 2 1 1

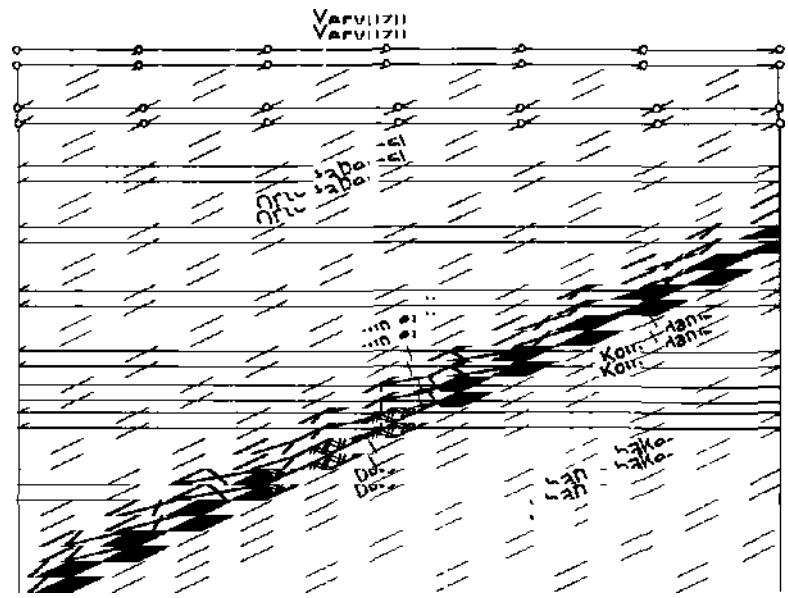
~V'''''' ~. " | » 1

yal, numuruu LCIV tivacnn uaailiyim, IYUMIUIUII
 yial, numuruu LCIV tivacnn uaailiyidi, IYUMIUIUII
 -rwiMi uujiny IIIj\an.IIIIIIII a^JUÇ
 -Iuvini uujiny IIIj\an.IIIIIIII a^JUÇ
 un uuuuuuuuu MIW it ,aill<H>id
 un uuuuuuuuu MIW it ,aill<H>id
 Iytijinc uugiu r.tyir^ttiMK.
 Iytijinc uugiu r.tyir^ttiMK.

uui^u uz.eine emi euen oasinciara Komur mukavemetinin onemii Dir etkisi ol-
 mamis dir.
 L>uigu uz.eine emi euen oasinciara Komur mukavemetinin onemii Dir etkisi ol-
 mamiş dir.
 rridinişLir.

^bitettiAâtiSşl

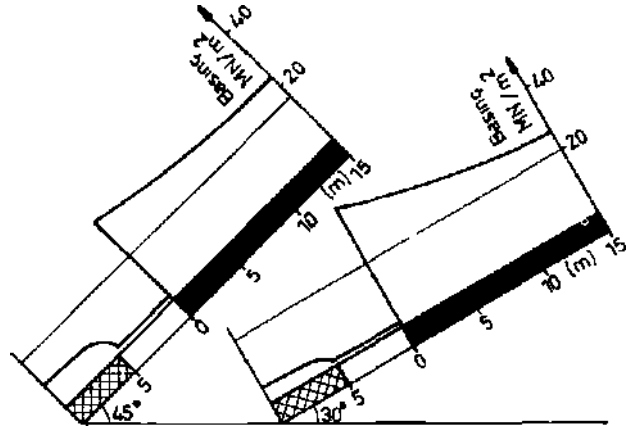
—,l.
 'S...^n* J^M IIVI EM tUA uaniar aci^iden., ydddy ÜdiTJdraa KaOUI
 'S...^n* J^M IIVI EM tUA uaniar aci^iciciv, ydddy UdiTJdraa KaOUI
 nv. m^apiauuuuar yapin İŞUI ^CMI IUI.
 nv. m^apiauuuuar yapin İŞUI ^CMI IUI.



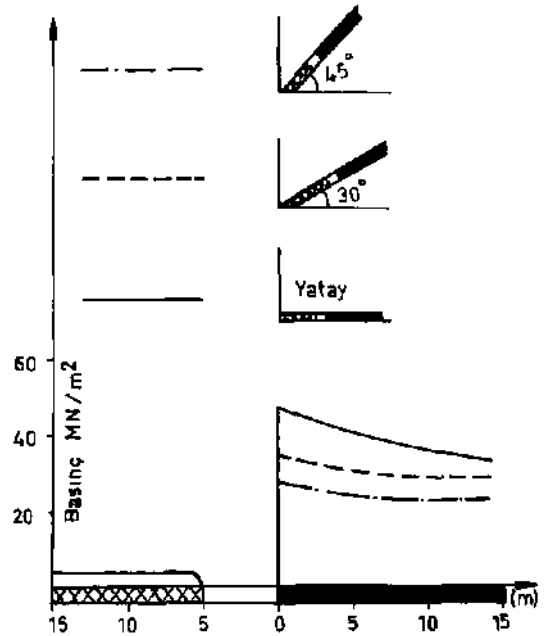
q>>Ku iu, uuşey nuşu uz erin u e eiernan ağinin uui^turuıması irvomur aaman egimn).
 q>>Ku J.U. uuişny nuşu uz erin u e eiernan ağinin uui^turuıması (rvomur aaman egimn).

Dolgu üzerine etki eden basınçlarda damar eğiminin fazla bir etkisi olmamıştır. Ancak kömür damarı üzerine dik olarak etki eden basınçlar Şekil 11 ve 12 'de görüldüğü gibi artan damar eğimine bağlı olarak azalmaktadır.

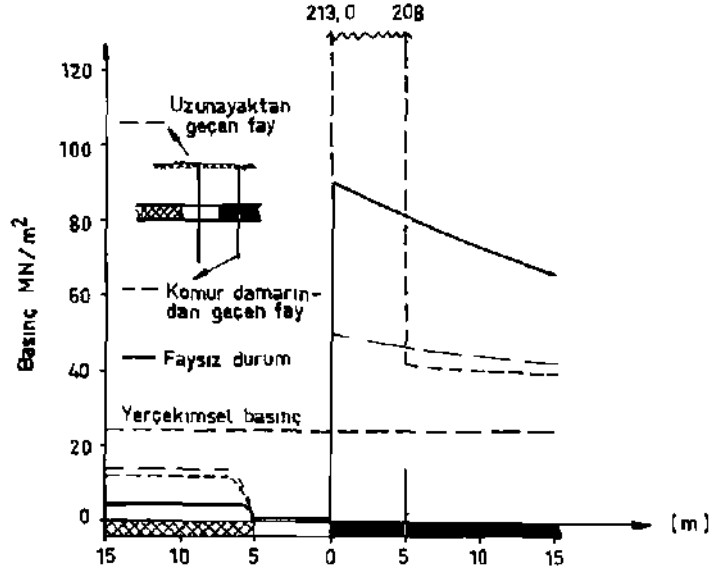
örneğin; yatay damarda üretim yapılması halinde, uzunayağın önündeki kömür damarı üzerine etki eden maksimum basınç $48,5 \text{ MN/m}^2$ iken 30° eğimli damarda % 29 azalarak $34,4 \text{ MN/m}^2$, 45° eğimli damarda % 42 azalarak $27,9 \text{ MN/m}^2$ olmaktadır.



Şekil 11. Eğimli kömür damarlarındaki basınç dağılımı.



Şekil 12. Damar eğiminin basınç dağılımına etkisi.



Şekil 13, Düşey fayın basınç dağılımına etkisi.

Pratikte yapılan ölçümlerin sonuçları da eğimli damarlardaki tavan basıncının yatay damarlara göre daha az olduğunu göstermektedir.

8. DİK DALAN BİR FAYIN ÜRETİM ALANI ETRAFINDA OLUŞAN BASINÇ DAĞILIMINA ETKİSİ

Dik dalan fayın üretim alanı etrafında oluşan basınç dağılımına etkisini incelemek için, Önce bir fayın yeryüzünden başlayarak ayak önündeki damardan geçtiği, daha sonra ise uzunayak içerisinde geçtiği kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

Uzunayağın faya yaklaştığı birinci durumda, yani fayın kazı arından 5 m ilerde olması halinde, dolgu ve uzunayak ile fay arasında yer alan kömür damarı üzerine etki eden basınçlarda (faysız duruma göre) bir artma, faydan sonra yer alan kömür damarı üzerine etki eden basınçlarda ise bir azalma oluşmaktadır (Şekil 13). Dolgu üzerine etki eden yüklerde ise % 140'lık bir artış (5,3 MN/m²'den 12,6 MN/m² ye) gözlenmektedir.

Fay ile uzunayak arasında kalan kömür damarı üzerine etki eden kayaç basıncı, topuklar üzerinde oluşan basınç dağılımına benzemektedir. Kömür damarının bu bölümü üzerine etki eden basınçlar, 213 MN/m² ile yerçekimsel basıncın (23,8 MN/m²) dokuz katına kadar ulaşmaktadır. Uzunayak faya yaklaştıkça basınçlar artmaktadır.

Kömür damarının mukavemeti bu basınçları taşıyacak büyüklükte olmadığı için, uzunayak faya yaklaşınca kömür damarı ezilerek taşıma özelliğini kaybedecek ve ek basınçların pik değerleri faydan sonraki damar üzerinde oluşacaktır.

Uzunayağın ilerleyerek fayı kesmesi halinde, yani fayın uzunayağın ortasından geçmesi halinde, dolgu üzerinde basınç artışı, kömür damarı üzerinde ise basınç azalması görülmektedir. Dolgu üzerindeki basınç artışı % 156 (5,3 MN/m² den 13,6 MN/m²'ye), kömür damarı üzerindeki basınç azalması ise % 45 (91 MN/m² den 50 MN/m² Ve) olmaktadır.

Üretim alanı üzerinde yer alan kayacın yükü kömür damarı ve dolgu tarafından taşınmaktadır. Uzunayak içerisinde bir fayın geçmesi durumunda, tavan yükünün süreksizlikten dolayı faysız duruma göre, daha az bir bölümü kömür damarı üzerine iletebilmekte ve bu nedenle damar üzerindeki ek basınçlarda bir azalma, dolgu üzerindeki basınçlarda ise bir artma oluşmaktadır.

Uzunayak üzerinde yer alan tavan katmanlarında düşey yönde birçok küçük faylar (kırıklar) bulunduğu kabul edildiğinde, dolgu tabakası üzerindeki tavan basıncı artacaktır. Ancak her durumda dolgu üzerindeki basınç yerçekimsel basınç değerlerini aşmayacaktır.

9. SONUÇ

Uzunayak etrafında oluşan kayaç basınçları Sonlu Elemanlar Yöntemi yardımı ile hesaplanmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir;

- Hesaplama sonuçlarının, Basınç Teorilerinden, Jacobi tarafından ortaya atılan "Plastik Örtü Katmanı" teorisini destekleyici nitelikte olduğu görülmüştür.
- Dolgulu yöntemde, göçertmeli yöntemle göre uzunayak ve kömür damarı üzerine etki eden basınçlarda bir azalma gözlenmiştir. Bu azalma miktarı artan dolgu mukavemeti ile birlikte daha da belirginleşmekte ve tavan kontrolü kolaylaşmaktadır.
- Damar mukavemeti arttıkça, üretim alanı önünde yer alan kömür damarı üzerine etki eden basınçlar artmaktadır.
- Üretim yapılan sahanın boyutları büyüdükçe kömür damarı üzerine etki eden basınçlar artmaktadır.
- Damar eğimi arttıkça tavan basıncı azalmaktadır.
- Düşey fayların da uzunayak etrafında oluşan basınçlara büyük çapta etkileri olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- 1 ADLFR, BE ve Dięerleri, Tektonische Deformationszahl zur Gebirgsbeschreibun. Gluckauf, Cilt 114, Essen, 1978, pp. 169-175
- 2 ADLER, H., POTTS, E LJ ve WALKER, E., Research on Strata Control in the Wortheren Coal Field of Great Britain. A. 8, International Conference About Rock Pressure and Support in the Workings, Liege, Belçika, 1951.
- 3 BIRON, C. ve ARIOĐLU, L , Madenlerde Tahkimat işlen ve Tasarımı, Birsen Kitabevi istanbul, 1985
- 4 EHRHARDT, W., Die Tektonische Kennziffer als Hilfsmittel zur tektonische Bewertung einer Lagerstaette, Gluckauf, Cilt 114, Essen, 1978, pp. 696-700
- 5 FRIZSCHE, H., Lehrbuch der Bergbaukunde II. Band, Springer Verlag, Berlin, Gottingen, Heidelberg, 1962, pp 428-434.
- 6 JACOBI, O., Druck auf Flöz und Versatz Gluckauf, Cilt 96, Cssen, 1960, pp. 409-418
- 7 JACOBI, O., Praxis der Gebirgsbeherschung, Verlag Gluckauf, Essen, 1976.
- 8 KEGEL, K , Bergmaennische Gebirgsmechanik, Halle, Knapp, 1950.
- 9 KÖSE, H., Tektonik Kıvrımlarda Oluşmuş Komur Damarlarının Kazanılmasında Uygulanan Uzunayak Üretim Yönteminin Kaya Mekaniksel Açından İncelenmesi, Ege Üniversite sı Makına Fakültesi Dergisi, Cilt 1, izmir, s. 73-81.
10. KÖSE, H., Tektonik Gerilmelerin Maden işletme Planlamasındaki Önemi ve Yen, Madencilik, Cilt 21, Sayı 3-4, Ankara, J982, s. 5-13.
- 11 KÖSE, H., Finite Element Yönteminin Kaya Mekanığı Dalındaki Problemlenn Çözümünde Kullanılışı, Madencilik, Cüt 19, sayı 3, Ankara, 1980, s. 26-34.
12. KRATZSCH, H , Mining Subsidence Engineenng, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1983
- 13 KRATZSCH, H. ve KOSE, H , Modlcoretische Berechnung der tektomschen Spannungen im tiefen Ruhrkarbon nach der Methode der finiten Elemente, Westdeutscher Verlag, Nordrhein Westfahlen, 1978.
- 14 LABASSE, H , Rock Pressure and Rock Movements, A 2, Irt. Cont. About Rock Pressure and Support In the Working, Liege, 1951
- 15 RLIK, G ve VARDAR, M., Bestehen Zusammenhaenge Zwischen residuellen Spannungen und tektonischer Beanspruchung³, Rock Mech. 6, Springer Verlag, 1974, pp 101-116.
- 16 SELDENRAIH, R , Can Coal Measures be Considered as Masses of Loose Structure Which The Laws of soil Mechanics May be Applied, A 5, 1. int Strata Control, Liege, 1951
17. SPRUTII, F., Die Verteilung des Gebirgsdruckes im Strebraum und seiner Umgebung. Gluckauf, Fssen, 1951, pp 337.
18. VON PIERSON, F K R , The Marvel of Mining, A.4, Int. Conf About Rock Pressure and Support In the Working, Liege, 1951

