

Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 23-26 Mayıs 2000, Zonguldak-Kdz.Ereğli, Türkiye
Proceedings of the 12th Turkish Coal Congress, 23-26 May 2000, Zonguldak-Kdz.Ereğli, Türkiye

GENİŞLETİLMİŞ BASAMAK METODUNDA DRAGLINE SEÇİMİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

AN APPROACH TOWARDS DRAGLINE SELECTION IN EXTENDED BENCH METHOD

Bülent ERDEM, *Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Müh. Böl., 58140 Sivas*
Zekeriya DURAN, *Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Müh. Böl., 58140 Sivas*
Neş'e ÇELEBİ, *ODTÜ, Maden Müh. Böl., 06531 Ankara*

ÖZET

Bu çalışmada, bir yerüstü kömür ocağında genişletilmiş basamak metodunda kullanılacak optimum dragline'ların seçimine yönelik bir yaklaşım getirilmiştir. Çalışmanın ana teması tek ve yatay bir kömür damarının bulunduğu durumda çalışılan dilimin genişletilme gerekliliğinin tanımlanması ve örtükazı esnasında uygulanacak kazı pateniminin dragline bazında belirlenmesi olmuştur. Buna yönelik olarak, bir genişletilmiş basamak modeli geliştirilmiştir. Amaç fonksiyonu verilen süre içerisinde istenilen miktarda örtükazıyı en düşük maliyet ile yapabilecek bir dragline seçmek olan optimizasyon modeli, dragline ve ocak etkileşiminden kaynaklanan geometrik boyutların tanımlanması ve formüle edilmesi ile bir dizi fonksiyon tarafından kısıtlanmıştır. Model bir veri seti ile test edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

ABSTRACT

In this study, an approach which aimed at selecting the optimum dragline to be deployed in extended bench mode in a strip mine has been put forward. The main theme of the study have been the definition of the extension need of the working bench and the determination of digging pattern to be applied in the course of stripping in a mine with one flat-lying coal seam. Towards reaching this, an extended bench model has been developed. With an objective function whose goal is the selection of an optimum dragline that performs the required stripping within a predetermined period of time at the lowest cost, the optimization model has been constrained with a set of functions by defining and formalizing the geometrical dimensions arising from interactions between the dragline and the pit. The model has been tested with a set of data and the results are interpreted

1. GİRİŞ

Dragline örtükazı sisteminde, hepsi direkt yana döküm metodunun varyasyonları olan birçok döküm yöntemi uygulanmaktadır. Bunlar kazı sistemini ocakta karşılaşılan değişikliklere adapte etme gereksiniminden doğmuştur. Başlangıçtaki tasarım dragiine'in gerekli boyutları karşılamasını sağlayabilse de, özellikle pasa kalınlığında meydana gelebilecek artışlar halihazırda uygulanan dragline kazı yöntemi için uygun olmayan bir dilim geometrisi ile sonuçlanabilir. Bu da paşanın kömür üzerine yığılması için daha uzak bir noktaya dökülmesini gerektirir. Gerekli uzanımın dragline çalışma yarıçapından büyük olduğu böyle durumlarda getirilebilecek çözümlerden birisi basamağı belirli bir oranda genişleterek dragiine'in yığına yaklaşmasını sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için dilimden kazılan paşanın bir bölümü şeve yaslanacak şekilde dökülür ve gerekli genişleme sağlanır. Bu yöntemle özgü temel dezavantaj dilimdeki paşanın bir bölümünün tekrar kazılması gerekliliğidir. Tekrarkazi oranındaki gereksiz artış doğrudan örtükazı maliyetine yansyacağından, kazı tasarımının hassas şekilde yapılması zorunludur.

Genişletilmiş basamak tasarımı üzerinde daha önce yapılan çalışmalar bu yöntemin uygulanmasını belirleyecek parametreleri saptamaktan çok yöntemin doğası üzerine yoğunlaşmışlardır. Basamak genişleme koşullarının tanımlanması ve formülasyonu üzerine yapılan çalışmalar arasında; Greenfield and Snowdowne (1977) tekrarkazi içeren yöntemlere geçilme gereksinimini dragiine'in yığın tepesine ulaşamaması ile belirtmişler ve tekrarkazi alanın formülize etmişlerdir. Bandopadhyay and Sundararajan (1986) ise tekrarkazi gerekliliğini dökülecek pasa alanı ile dragline dökme yarıçapı kullanıldığında oluşacak olan yığın tepeleri arasındaki fark ile tanımlamışlardır. Pasa yığını alanının dragiine'in oluşturabildiği yığın alanından büyük olduğu durumlarda tekrarkazi yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Aiken and Gunnett (1990) tekrarkazi alanını sabit bir basamak genişliği olarak formülize etmiştir. Seymour (1979) tekrarkazi yüzdesini sabit geometri parametrelerine bağlı olarak belirlemiştir. Dragiine'in dilim üzerindeki yerini sabit alan bu yaklaşımların yanında Michaud ve Calder (1988) ile Stuart ve Cobb (1988) tarafından geliştirilen bilgisayar modelleri tasarım mühendisine, interaktif çalışma fırsatı aracılığıyla, genişletilmiş dilim geometrisi hazırlama şansı vermektedir.

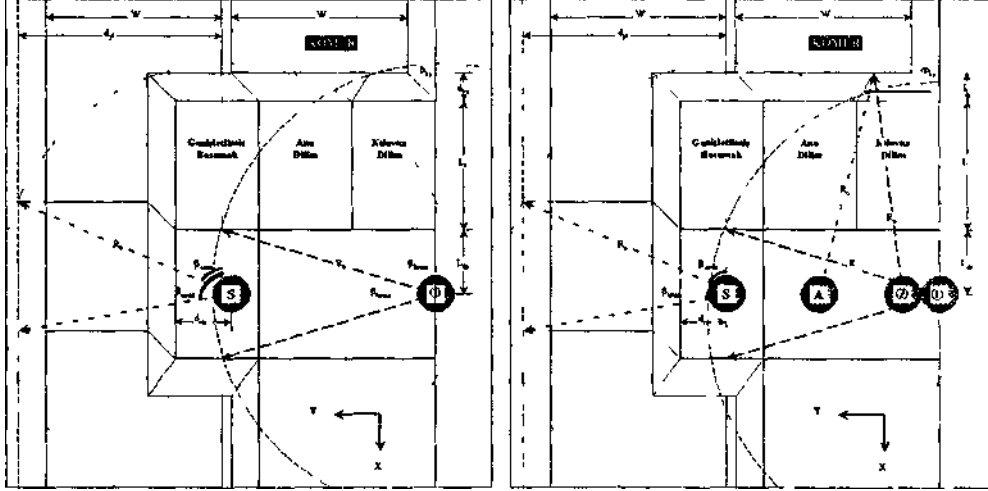
Genişletilmiş basamak uygulaması üretim hızının yavaşlamasına ve örtükazı maliyetlerinin de artmasına yol açmasına rağmen, öngörülen tekrarkazi oranının doğru olarak belirlenmesi ile alternatif örtükazı yöntemlerinden daha ekonomik olabilir. Daha önceki çalışmaların tasarım parametrelerinin bir çoğunu göz önüne almamış olmasından dolayı bu çalışmanın amacı, tek ve yatay bir kömür damarının bulunduğu bir örtükazı operasyonu için optimum dragline seçmek olarak saptanmıştır.

2. GENİŞLETİLMİŞ BASAMAK MODELİ

Optimum dragline seçimi örtükazı metodu seçimi ile yakından ilgilidir. Belirli bir kapasiteye sahip bir dragline birçok yöntemde kullanılabilse de, en yüksek verim ocaktaki koşulları yansıtan örtükazı yöntemi uygulandığı zaman elde edilecektir. Söz gelimi, paşayı doğrudan dökülecek kapasitede bir dragiine'in tekrarkazi içeren bir yöntem ile kullanılması gereksiz şekilde üretimin düşmesine ve maliyetin artmasına yol açacaktır. Böylece, maliyet minimizasyonu optimum dragline-metod ikilisine bağlı olmaktadır.

Dragline ocak tasarımına yönelik olarak birçok bilgisayar modeli geliştirilmiş ve bir uzman sistem çatısı altında uygulamadaki zorluk derecesine göre sıralanmıştır (Erdem, 1996) Uygulamadaki zorluk basamak adedi, dragline adedi ve şev ya da şev+yiğın tarafında çalışma durumları ile belirlenmektedir Geliştirilen metodoloji bir yöntemin gerektirdiği koşulları sağlayan dragline'ların daha karmaşık modellerde test edilmesini önlemektedir

Her ortukazı yönteminin uygulama prensipleri, temel amaç fonksiyonu kazıyı en ekonomik şekilde tamamlayacak dragline'ı seçmek olan modeller içine gömülmüştür Bunların yanında özellikle dragline ve dilim geometrilerinin etkileşiminden kaynaklanan uzaysal ilişkileri temsil eden kısıt fonksiyonları da bulunmaktadır Modellerde dragline'lar öncelikle geometrik kısıtları sağlamak, daha sonra da istenilen miktarda kazıyı verilen süre içinde tamamlamak durumundadır Genişletilmiş basamak modelinde, uzanım emniyeti dikkate alınarak dragline'ların dokum yapacakları dilimin en uç noktasına erişebilmeleri sağlanmıştır (Şekil 1, 2) Formülasyonlarda kullanılan ocak boyutları Şekil 1, 2 ve 3'de verilmiştir



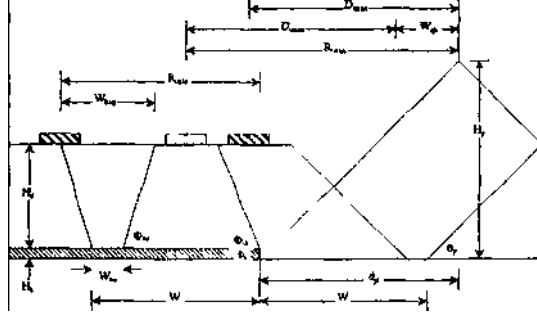
Şekil 1 Kazı paternleri ($L_{setkey} > L_{setmin}$) Şekil 2 Kazı paternleri ($L_{setmin} > L_{setkey}$)

2.1 Amaç Fonksiyonları

Modelde iki amaç fonksiyonu bulunmaktadır Bunlar sırasıyla, kazı sonrası minimum bekleme süresine ve en düşük ortukazı maliyetine sahip olan dragline'in seçilmesidir

a Dragline'in nihai bekleme süresi Ortukazı ekipmanlarının seçiminde izlenen metod, gerekli ortukazı miktarını belirli bir emniyet payı ile gerçekleştirebilecek olan kapasitenin belirlenmesidir Normal koşullarda, optimum kapasiteden küçük birimlerin verilen süre içinde gerekli olan komur alanının üzerini açamamaları, daha büyük birimlerin ise verilen işi zamanından önce bitirmeleri ve kalan zamanda da atıl kalmaları beklenmelidir Birinci durumda istenilen miktarda komur üretilmemekte, ikinci durumda ise ortukazı maliyeti planlanandan daha yüksek olmaktadır Bu çalışmada ikinci durum incelenecektir

Geliştirilen model dragline'lann ancak öngörülen miktarda ortukazı yapmalarına izin verdiği için birimlerin kapasiteleri, atıl bekleme süreleri ve ortukazı maliyetlerinin arasında doğru orantı bulunmalıdır. Bu da, kapasite ile edinim bedeli arasında doğru orantı olması ile açıklanabilir.



Şekil 3 Genişletilmiş basamak modeli ve kullanılan ocak boyutları

Genişletilmiş basamak modelinde çalışan bir dragline'm verilen sureyi aşağıdaki işlemler için harcadığı öngörülmüştür

$$t_{sch} = t_{tk_z} + t_{ty} + t_{thb} + t_{tab} \quad [i]$$

t_{sch} = ortukazı için verilen toplam süre (s)

t_{tk_z} = kazıda geçen süre (s)

t_{ty} = dilim içinde ve dilimler arasında yürümek için geçen süre (s)

t_{thb} = beklenmeyen arızalarda harcanan süre (s)

t_{tab} = dragline'm ortukazıyı tamamladıktan sonra atıl bekleme süresi (s)

Bu fonksiyon ile nihai bekleme süresi en az olan bir dragline seçmek amaçlanmıştır

$$M_{i,taj} = 1, 2, \dots, n \quad [2]$$

i = dragline'ı belirten rakam

n = toplam dragline sayısı

Dragline nihai bekleme süresinin belirlenmesi için öncelikle geometrik boyutları temsil eden parametrelerin formülize edilmesi gerekmektedir. Bu aşamalar aşağıda adımlar halinde verilmiştir.

Genişletilmiş basamak

Çalışılan basamağın ne kadar genişlemesi gerektiği doğrudan tekrar kazı oranını etkileyeceğinden ve bu da maliyetleri artırıp, ortu kaldırma hızını değiştireceğinden hayati önem taşımaktadır. Geliştirilen modelde genişletilmiş basamak uzunluğu, dragline'm paşayı şev üzerine yığmayacak kadar yeterli bir mesafeye dökme gerekliliği ile

belirlenmektedir (Şekil 3). Bu mesafe paşanın şeve tırmanmaması için gerekli olan uzanım (R_{uzan}) ile dragline'in gerçekte sağlayabildiği uzanım (D_{uzan}) arasındaki fark (W_{gb}) ile ifade edilmektedir.

$$W_{gb} = R_{uzan} - D_{uzan} \quad [3]$$

Burada

$$R_{uzan} = d_{em} + H_d \cot \Phi_d + H_k \cot \Phi_k + H_d f_s \cot \theta_y + 0.25W \quad [4]$$

$$D_{uzan} = \sqrt{R_o^2 - (L_{sb} + d_{kv})^2} \quad [5]$$

d_{em} = Dragline dönme ekseninden şeve olan mesafesi (m)

d_{ky} = Kazı yüzeyi mesafesi (m)

D_{uzan} = Ana dilim kazısı sırasında dragline uzanımı (m)

H_d = Dilim kalınlığı (m)

H_k = Kömür daman kalınlığı (m)

f_s = Pasa kabarma faktörü (1+%/100)

L_{sb} = Dragline'in dönme ekseninden kazı yüzeyine olan mesafe (m)

R_o = Dragline çalışma yarıçapı (m)

R_{uzan} = Ana dilim kazısı sırasında gerekli dragline uzanımı (m)

W = Dilim genişliği (m)

W_{gb} = Genişletilmiş basamak uzunluğu (m)

θ_y = Yığın açısı (°)

Φ_d = Dilim şev açısı (°)

Φ_k = Kömür daman şev açısı (°)

Dilim genişliği, kılavuz diliminde gerekli ve sağlanabilen uzanımlar

Bu yöntemde tekrarkazı oranı ile dilim genişliği arasında negatif bir ilişki bulunduğundan, dilim genişliğinin en yüksek değerini aldığı durumda, tekrarkazı oranı da en düşük değerini alacaktır. Bu yüzden dilim genişliği, dragline'in kılavuz kazı pozisyonunda durduğu zaman paşayı kömür damanı eteğine dökerek şekilde belirlenmiştir (Şekil 3).

$$W = \sqrt{R_o^2 - L_{sb}^2} - (H_d \cot \Phi_d + H_k \cot \Phi_k) \quad [6]$$

Bu dilim genişliği değerinde dragline kılavuz kazı pozisyonunda gerekli olan ve sağlanabilen uzanımlar;

$$R_{uzan} = W + H_d \cot \Phi_d + H_k \cot \Phi_k \quad [7]$$

$$D_{uzan} = \sqrt{R_o^2 - L_{sb}^2} \quad [8]$$

R_{uzan} = Kılavuz kazısı sırasında gerekli dragline uzanımı (m)

D_{uzan} = Kılavuz kazısı sırasında dragline'in uzanımı (m)

Set uzunluğu ve kazı paternleri

Modelde set uzunluğu üç ayrı şekilde hesaplanmaktadır Bunlar;

- i. Maksimum set uzunluğu (L_{setmax}): Dragline'in bulunduğu noktadan geçen dik hat üzerinde dilim dibine erişebilecek şekilde tasarlanmıştır.

$$L_{setmax} = R_o - L_{sb} - d_{ky} \quad [9]$$

- ii. Minimum set uzunluğu (L_{setmin}): Dragline'in genişletilmiş basamak üzerinde konumlanabilmesi ve yürüme emniyeti dikkate alınarak tasarlanmıştır. Bu set uzunluğunun belirlenmesinde; dragline ayakları arası, dönme ekseninden kazı yüzeyine (L_{sb}) ve şeve (d_{em}) olan mesafeleri dikkate alınmıştır

$$L_{setmin} = 1,75\Phi_{dt} \quad [10]$$

Φ_{dt} = Dragline oturma tablası çapı (m)

- iii. Kılavuz dilimine göre hesaplanan set uzunluğu (L_{setkey}): Kılavuz kazı sırasında dragline'in ilk oturma konumundan (Φ) kılavuz dilim alt genişliğine (W_{ka}) erişebilecek şekilde tasarlanmıştır.

$$L_{setkey} = \sqrt{R_o^2 - (W_{ka} + H_d \cot \Phi_d)^2} - (L_{sb} + d_{ky}) \quad [H]$$

W_{ka} = Kılavuz dilim alt genişliği (m)

Maksimum set uzunluğu, diğer iki değerden büyük olmak zorundadır. Aksi takdirde dragline dilim dibine erişemeyecektir. Geliştirilen modelde, $L_{setkey} > L_{setmin}$ (Bkz Şekil 1) ve $L_{setmin} > L_{setkey}$ (Bkz Şekil 2) olmak üzere iki durum söz konusudur. İlk durumda (L_{setkey}), ikinci durumda ise (L_{setmin}) esas alınarak set uzunluğu belirlenmektedir. Kazı paternleri ve buna bağlı olarak oturma noktası sayısı değişmektedir. Buna göre ($L_{setkey} > L_{setmin}$) durumunda dragline'in birinci (©) ve son (S), ($L_{setmin} > L_{setkey}$) durumunda ise dragline'in birinci (©), ikinci (2>) ve son (S) oturma konumları sabittir. Ancak bir set içinde bulunan paşanın kazısı için dragline oturma konumu sayısına, dilim geometrisine bağlı olarak, ara noktalar da (A_1, A_2, \dots, A_n) eklenebilmektedir (Şekil 4, 5).

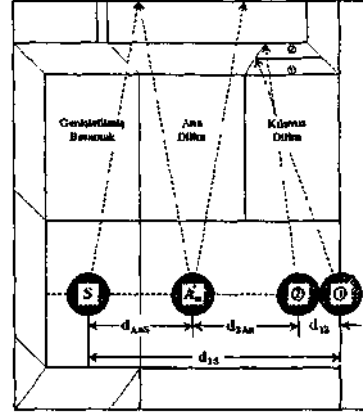
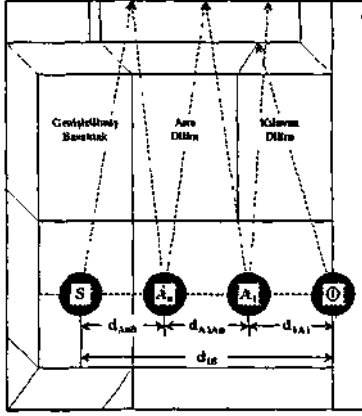
Her iki kazı paterninde de ilk ve son oturma konumları arasındaki mesafe (d_{1s}) aynıdır.

$$d_{1s} = W + W_{gb} - d_{em} \quad [12]$$

$L_{setkey} > L_{setmin}$ durumunda ara oturma konumunun olup olmayacağı ©. ve A_1 noktaları arasındaki mesafenin (d_{1u}), d_{1s} ile karşılaştırılması ile bulunmaktadır $d_{1s} < d_{1u}$ ise dragline tüm paşayı ©. ve S konumlarından kazanabilmektedir (2 oturma konumu). Aksi takdirde $(n-1) \cdot d_{1u} > d_{1s}$ olacak şekilde toplam oturma noktası sayısı (n) bulunur. Bu durumda tüm noktalar arasındaki eşit mesafe (d_{ed}),

$$d_{ed} = d_{1A1} - \frac{(n-1)d_{1,11} - d_{1S}}{(n-1)} \quad [13]$$

$L_{setmin} > L_{setkey}$ durumunda, ©. ve ®. oturma konumları arasındaki mesafe (d_u) sabittir. Ara oturma noktasının olup olmayacağı ©. ve A₁ noktaları arasındaki mesafenin ($d_{12} + d_{2A1}$), dis ile karşılaştırılması ile bulunmaktadır. $d_{1S} < (d_{12} + d_{2A1})$ ise dragline tüm paşayı ©, ® ve S konumlarından kazanabilmektedir (3 oturma konumu). Aksi takdirde ara nokta sayısı ve noktalar arasındaki mesafe yukarıdaki gibi bulunur.



Şekil 4. $L_{setkey} > L_{setmin}$ durumunda tipik oturma konumları (nihai durum) Şekil 5. $L_{setmin} > L_{setkey}$ durumunda tipik oturma konumları (nihai durum)

Dragline dönüş açıları

Dönüş açıları; $L_{setkey} > L_{setmin}$ (Bkz. Şekil 1) ve $L_{setmin} > L_{setkey}$ (Bkz. Şekil 2) durumlarında, kılavuz ve ana dilim için ayrı olarak tasarlanmaktadır (Bundan sonraki tasarım aşamalarında set uzunluğu L_s olarak kabul edilecektir). Buna göre dönüş açılarının, dragline kılavuz ve ana dilimde kazı yaparken alabileceği en küçük ve en büyük değerler belirlenmekte ve dönüş açısı bu iki değerlerin ortalaması olarak alınmaktadır.

$$KILAVUZ = \begin{cases} \beta_{kmin_1} = \tan^{-1} \left[\frac{R_{uzki}}{L_{sb}} \right] \\ \beta_{kmax_1} = 90 + \tan^{-1} \left[\frac{L_s - L_{sb}}{R_{uzki}} \right] \\ \beta_{kmin_2} = \tan^{-1} \left[\frac{D_{uzki}}{L_{sb}} \right] \\ \beta_{kmax_2} = 90 + \tan^{-1} \left[\frac{L_s - L_{sb}}{D_{uzki}} \right] \end{cases} \quad ANA = \begin{cases} \beta_{amin} = \tan^{-1} \left[\frac{D_{uzan}}{(L_{sb} + d_{ky})} \right] \\ \beta_{amax} = 90 + \tan^{-1} \left[\frac{L_s - (d_{ky} + L_{sb})}{D_{uzan}} \right] \end{cases} \quad [14]$$

β_{amin} = Dragline'in ana dilimden yaptığı en küçük dönüş açısı (°)
 β_{amax} = Dragline'in ana dilimden yaptığı en büyük dönüş açısı (°)

β_{\min} = Dragline'in kılavuz dilimden i pozisyonda yaptığı en küçük donuş açısı (°)
 β_{\max} , - Dragline'in kılavuz dilimden i pozisyonda yaptığı en büyük donuş açısı (°)

b Dragline'in ortukazı maliyeti Bu fonksiyon ile dragline'lar ortukazı maliyeti bazında sınıflandırılmaktadır Önceki fonksiyonda belirtildiği üzere nihai bekleme suresi fazla olan birimlerin kullanıldığı operasyonlar yüksek üretim maliyeti ile sonuçlanacağından, optimum birimlerin atıl bekleme süreleri düşük, dolayısıyla maliyetleri de makul olacaktır Bu fonksiyon ile dragline'lar ortukazı maliyeti bazında sıralanması amaçlanmıştır

$$C_{pk} = \frac{C_{dr}}{V_{gps}}, V_{gps} = \frac{T_k H_d}{\rho_k H_k} \quad [15]$$

C_{dr} = Dragline'in yıllık toplam amortisman ve işletme maliyeti (USD)

C_{pk} = 1 m³ yerinde paşanın ortukazı maliyeti (USD/m³)

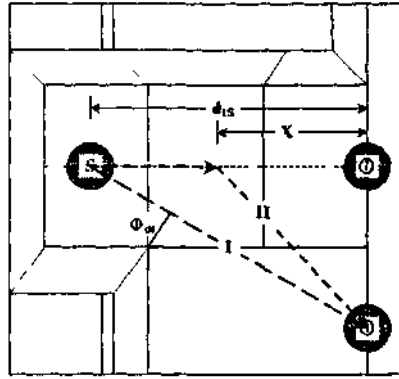
T_k = Talep edilen yıllık komur miktarı (t)

V_{gps} = istenen miktarda komur üretilebilmesi için kazılması gereken pasa hacmi (m³)

ρ_k = Komur yerinde yoğunluğu (t/m³)

3.2 Kısıt Fonksiyonları

a Son konum (S) ile ilk konum ((D) arasındaki yurume mesafesi (d_{sj}) Dragline'e bir sonraki setin kılavuz kazı konumuna yürümesi $X > d_{js}$ durumunda doğrusal (I durum) tersi durumunda ise segmentler boyunca (II durum) olmaktadır Dragline yurume emniyeti ayaklar arası mesafe de dikkate alınarak tabla çapı (ϕ) alınmıştır (Şekil 6)



$$X = \frac{L_s (W^2 - L_{sb}^2)}{2WL_{sb}} \quad [16]$$

$$d_{s1} = \sqrt{d_{1s}^2 + L_s^2} \quad [17]$$

$$d_{s1} = d_{1s} - X + \sqrt{X^2 + L_s^2} \quad [18]$$

Şekil 6 Yurume patemleri

b Sağlanabilen dragline uzunumu Kılavuz ve ana dilim kazısı sırasında dragline uzunumları, gerekli olan uzunumlardan büyük veya eşit olmalıdır

$$\begin{aligned} D_{uzki} &\geq R_{uzki} \\ D_{uzam} &\geq R_{uzam} \end{aligned} \quad [19]$$

3.3 Girdi Parametreleri

Geniştirilmiş basamak döküm modeli sanal bir açık işletmede test edilmiştir. Sanal işletme ile ilgili bilgiler Çizelge 1'de, simülasyona giren dragline'lar ile ilgili bilgiler ise Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 1. Sanal işletme ile ilgili bilgiler

Dilim kalınlığı	30 m
Kömür kalınlığı	4 m
Dilim açısı	70°
Kömür şev açısı	75°
Yığın açısı	36°
Kabarma faktörü	36%
Simülasyon süresi	8.760 saat (1 yıl)
Yıllık çalışma süresi	6.750 saat
Kömür üretimi	1.700.000 t/yıl
Örtükazı miktarı	9 807.693 m ³

Çizelge 2. Dragline'lann temel boyutları

Dragline No	Kepçe Kapasitesi, (m ³)	Çalışma Yançapı, (m)
#1	8,89	47,20
#2	11,86	54,60
#3	18,72	60,00
#4	30,58	68,60
#5	36,67	75,00
#6	35,11	77,70
#7	40,57	82,30
#8	43,69	86,30
#9	56,95	92,40
#10	71,77	96,60
#11	78,80	100,90
#12	91,28	111,90

4. MODEL SONUÇLARI

Simülasyona giren üniteler, 260 dragline'a ait bilginin depolandığı bir veri tabanından alınmıştır. Dragline #12 direkt yana döküm modelinin kısıtlarını sağladığından genişletilmiş basamak modeline girmemiştir. Dragline'lar #1..#6, geometrik kısıtları sağlayamadıklarından dilim geometrisi sonunda, #7 ise gerekli üretimi yapamadığından simülasyon sonunda elenmişlerdir. Dragline'lar #8, #9, #10 ve #11 başarılı olmuşlardır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Model sonuçları

Dr No	W (m)	U (m)	Wgi. (m)	Pk ₁ (m)	# NokU	(W) (m)	P. (m)	Rudtl (m)	Duakl (m)	Kusan (m)	(m)	Preh (%)	t* (%)	(i/m ³)
#7	68.4	31.0	31.4	88.4	4	80.5	65.3	80.4	80.4	98.5	67.1	31.0	-	-
#8	72.1	33.95	29.9	88.4	4	88.4	66.3	84.1	84.1	100.7	70.8	29.0	0.9	0.63
#9	78.2	35.2	25.1	88.5	3	-	68.1	90.2	90.2	102.7	77.6	25.0	22.4	0.72
#10	82.5	41.0	21.2	90.2	3	-	71.2	94.4	94.4	103.8	82.6	22.0	38.2	0.85
#11	86.4	43.3	20.6	89.5	3	-	71.2	98.3	98.3	106.6	86.1	21.0	45.0	1.06

Simülasyondan başarılı çıkan birimler içinden minimum bekleme süresine (t_b) ve en düşük örtükazı maliyetine (C_p) sahip optimum dragline, #8'dir (Bkz. Çizelge 3). Buna göre yukarıda verilen sanal açık işletme'de 8 nolu dragline'ın çalıştırılması önerilmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada genişletilmiş basamak döküm metodu uygulandığı durumda gerekli basamak genişlemesi tanımlanmıştır. Buna yönelik olarak, genişletilmiş basamak metodunu analiz eden bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Modelin genel sonuçları aşağıda verilmiştir:

1. Genişletilmiş basamak metodu'nda bir set içindeki dragline oturma konumu sayısı değişebilmektedir. Buna göre küçük boyutlu dragline'ların bir set içindeki oturma konumu sayısı büyük boyutlu olanlara göre daha fazladır (Bkz. Çizelge 3).
2. Tasarımda kullanılan set uzunluğu küçük boyutlu dragline'larda minimum set uzunluğu (L_{setmin}), büyük boyutlularda ise kılavuz set uzunluğu (L_{setkey}) dikkate alınarak belirlenmektedir. Buna göre dragline ilk durumda kılavuz dilimini çift, ikinci durumda ise tek oturma pozisyonunda kazmaktadır. Böylece ilk durumda en az 3, ikinci durumda ise en az 2 oturma konumu bulunmaktadır.
3. Büyük dragline'larda set içindeki nihai oturma konumları arasındaki mesafe eşit, küçük boyutlularda ise farklıdır.
4. Dragline kapasitesi büyüdükçe kılavuz dilimindeki ortalama dönüş açısı 90° civarında iken ana dilimdeki ortalama dönüş açısı artmaktadır.
5. Dragline kapasitesi büyüdükçe döngü süresi artmakta, toplam yürüme mesafesi ve buna bağlı olarak yürümeye harcanan süre azalmaktadır.

KAYNAKLAR

Aiken, G.E. and Gunnett, J.W. (1990), *Overburden Removal. Surface Mining*, (Kennedy B.A., ed.), Society of Mining and Metallurgy, Inc., Littleton, Colorado, pp 584-619. '

Bandopadhyay, S. and Sundararajan, A. (1986), Simulation of a Multi-seam Dragline Operation in a Sub-arctic Mine, *CIM Bulletin*, Vol. 79, No. 893, September, pp 47-54

Erdem, B. (1996), *Development of an Expert System for Dragline and Stripping Method Selection in Surface Coal Mines*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 383 p

Erdem, B., Çelebi, N. and Paşamehmetoğlu, A.G. (1998). Optimum dragline selection for strip coal mines. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy-Section A Mining Industry*, Vol. 107, The Institution of Mining and Metallurgy, London, England, A13-A24

Greenfield, N.D.W. and Snowdowne, J.B.H. (1977), Aspects of the Development and Use of a Minicomputer-based Coal Mine Planning System, *APCOM 1977: Proceedings of 15th Conference*, Brisbane, Australia, pp 359-368.

Michaud L.H. and Calder P.N. (1988), Computerized Dragline Mine Planning, *Computer Applications in the Mineral Industry*, Calgary, Canada, (Fytas, Collins and Singhal, eds), pp. 353-357.

Seymour, CA. (1979), Dragline Stripping. Extended Bench Method, *World Coal*, April, pp. 23-26

Stuart N.J. and Cobb Q. (1988), Two Approaches to the Computerized Planning of Dragline Operations, *Computer Applications in the Mineral Industry*, Calgary, Canada, (Fytas, Collins and Singhal, eds.), pp 23-31.