

# *Açık Ocak İşletmeciliğinin Temel Ekonomisi (I)*

(The Basic Economies of Open Pit Mining)\*

R.P. PLEWMAN(\*\*)

## **ÖZET**

Bu bildiride, yeraltı madenciliğine kıyasla, açık ocak işletmeciliğine etki eden temel ekonomik etmenler incelenmiştir.. «Örtü kazı Oranı» kavramı; güvenli bir Şev acısı verildiğinde, ocak sınırlarının saptanmasının bir aracı olarak kullanılmış; ve belirli bir ocak geometresi için bütünüyle ele alınmıştır. Konu yüzeyin, yatay bir düzlem olduğu varsayımı ile sınırlandırılmıştır. .

Sınır tenörleri incelenmiş ve cevher stoklamanın etkileri gündeme getirilmiştir. Son olarak, kârların bugünkü değerlerinin maksimizasyonu açısından Örtükazının zamanlaması incelenmiştir.

## **1. GİRİŞ**

Batı tipi bir ekonomide madenciliğin «mirini, maliyetlerin gelirleri aştığı nokta olarak tanımlamak yanlış olmaz. Kimi vergi sistemlerinde, örneğin, Güney Afrika Cumhuriyeti'nde atın madenciliğinde, bu sınırın ötesinde yapılan madencilik işlemleri, doğrudan devlet tarafından sübvansede edilir. Ayrıca çeşitli nedenlerle, ekonomik sı-

nırın altında katan cevherlerin, diğer zengin kısımlarla birlikte işletildiği birçok örnek bulunmaktadır. Bununla beraber, genellikle, maliyetlerin gelirleri aştığı yerde madencilik devam edemez.

Birim maliyetin, birim gelire dengelendiği sınırlayıcı değer, işletilebilirlik sınırı («Pay Limit» ya da «cut - off - limit») olarak anılır Hesaplarda maliyet kısmına sermaye maliyeti ve kâr payı dahil edilmemiştir. Bu durumda bildirimizde, anılan «işletilebilirlik sınırı», cevherin değeri olup, içindeki mineral oranıyla ifade edilir. Bu noktada elde edilebilen mineralin satış geliri, mineralin madencilik, zenginleştirme vb tüm işlemlerden doğan maliyet toplamına eşittir.

Burada maden ekonomisinin tüm yönleriyle etüd edilmesi düşünülmemiş olup, daha çok açık ocak işletmeciliğinin yeraltı işletmesinden farklı yönleri üzerine ağırlık verilmiştir.

Cevher yatağının yüzeye paralel düzgün bir şekilde yer alması' gibi istisnalar dışında, açık ocağın en belirgin özelliği, işletmecilik sürdükçe, birim miktarda bir cevheri alabilmek için, büyük miktarlarda değersiz örtü malzemesinin alınma zorunluluğudur. Bazı noktalarda, bu nedenle örtü kazı, cevher kazı, zenginleştirme ve satış giderleri toplamı, o cevherin sağlayacağı geliri aşar. Yine aynı şekilde, örtü kazı giderleri nedeniyle bir noktada

<\*) Bu ve bunu İzleyen yazılar, 1970 yılında Güney Afrika'da «PLANNING OPEN PIT MINES» konulu sempozyumda sunulan bildiri ve yapılan tartışmaların bir bölümüdür.

(\*\*) Profesör, WitwatersraBd Üniversitesi Johannesburg.

acık ocak maliyeti, seyrelme ve kayıplar da gözönüne alınarak, yeraltı İşletme maliyetini aşar. Bu İki durumdan biri gerçekleştiğinde, acık ocak ekonomik olmaktan çıkar ve devam edildiğinde sübvansiyon ya da işletmenin diğer bölümlerinin kârıyla karşılanması gereken bir zarar söz konusudur.

## 2. KÂR FONKSİYONU

Jennings ve Black<sup>16</sup>e göre örtü kazı oranı «bir birim cevher alabilmek için yapılması gerekli örtü kazı miktarı» olarak tanımlandığında, genel Örtü kazı oranı \* R (Overall Stripping Ratio), herhangi bir zamandaki enstantane örtü kazı oranı (instantaneous

stripping ratio) R ile gösterildiğinde kâr formula yazılabilir.

Kullanılan simgeler şöyle tanımlanabilir :

a = Birim Örtü kazı maliyeti (kazma, taşıma, boşaltma)

b = Birim cevherin madencilik ve taşıma giderleri

c = Birim cevherin işleme ve içindeki değerli mineralin satış giderleri

f = Cevherdeki elde edilebilir mineral yüzdesi

r = Birim mineral içeriğinin satış geliri

ρc = Birim cevherden sağlanan kâr.

Burada tüm birimler hacim cinsindedir.

Cevher yatağındaki tenor dağılımının bir-biçimli (uniform) ve «v» olduğu varsayıldığında (birim hacim cevher içindeki ağırlık cinsinden mineral miktarı), birim kâr şöyle tanımlanabilir

(\*) Genel örtü kazı oranı Söyle tanımlanabilir : R

$$P_{,,} = r \setminus F - Ra - b - c \quad (D)$$

Yeraltı işletmeciliğinin mümkün olmadığı durumda, birim cevherden sağlanan kâr sıfır olduğunda, ocak sınırlarına ulaşılmış demektir.

$$R = R_E \quad (\text{ekonomik örtü kazı oranı})$$

ve böylece,

$$R = R_B = \frac{rvF - b - c}{a} \quad \text{olur.} \quad (2)$$

Yeraltı işletmeciliğiyle kâr sağlanması seçeneğinde ise, P<sub>g</sub> birim cevherden sağlanan kâr olarak tanımlanırsa, açık ocağın sınırı şöyle yazılabilir :

$$P_{\sim} = R_{\rho}$$

$$rvF - Ra - b - c = P_{,,}$$

ve

$$R = R_1 = \frac{rvF - b - c - P^g}{a} \quad \text{olur.} \quad (3)$$

Eşdeyişte, yeraltı İşletmeciliğinin kârlı olmaya başladığı durumda, acık ocak işletmeciliği sona erer.

Bu eşitlik aynı zamanda, yüksek tenörüü, değerli ve işletme maliyetinin düşük olduğu yataklarda R<sub>B</sub>'nin daha büyük olacağı

gerçeğini gösterir. R<sub>B</sub> aynı zamanda. Örtü kazı maliyetlerine karşı da çok duyarlıdır. Ocağın son derinliğinin cevher yatağının kalınlığının fonksiyonu olduğu açıktır. Bir

Voetk <sup>mm</sup> V «tor

V, hacim olarak İfade edilir.

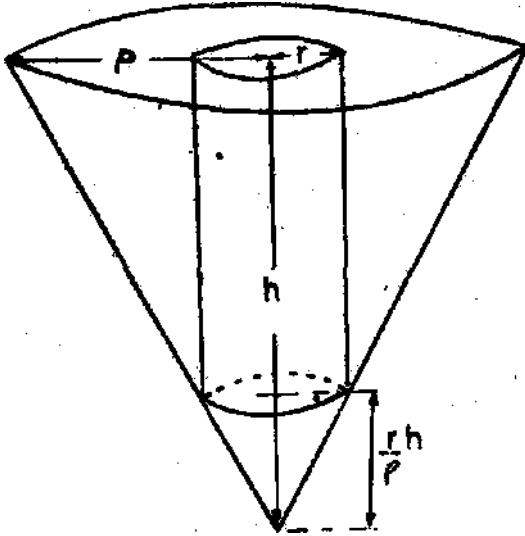
Vr\*Amr

R, bu eşitliğin (n) derinlisine göre birinci derece türevidir. Başka bir deyişle R, İşletmenin herhangi bir evresinde, bir birim cevheri alabilmek İçin yapılması gereken örtü kazı miktarı; R İse, bir birim Uave cevher alabilmek için yapılması gerekli üave orta kazı miktarını gösterir.

biçimli bir yatakta yüzeydeki ocak sınırları, ekonomik Örtü kazı oranı ve cevher kalınlığıyla doğrudan ilgili olup, şev açısı\* sına bağlı değildir; ancak, nihai ocak derinliği ise şev açısına bağlıdır. Bu bildiride iki durum incelenmiştir : Birincisi, yaklaşık düşey, silindirik yataklar ve ikincisi de, az eğimli tabular yataklardır. İncelemelerde yatakların ekonomik sınırlar dışında da devam ettiği varsayılmıştır.\*

### 3. DÜŞEY SİLİNDİRİK CEVHER YATAKLARI İÇİN ÖRTÜ KAZI ORANLARI

Silindirik yataklarda, Loftus ve diğerlerine<sup>3</sup> göre, cevher ve ocağın yatay bir düzlem üzerindeki projeksiyonları kıyaslanabilir;



Şekil 1. İdealize edilmiş düşey silindirik cevher yatağı.

bilir; ve enstantane örtü kazı oram ocağın izdüşüm alanı eksi cevher izdüşüm alanı bölü cevher izdüşüm alanıdır. Yani,

$$R = \frac{p^2 - r^2}{r^2} \quad (4)$$

(\*) R<sub>g</sub>'ye ulaşmadan cevherin tabanına erişilirse, doğaldır ki İşletme sona erer ve böylece ocağın yüzeydeki sınırlarını belirleyen etken, mümkün görülen T<sub>g</sub> p<sup>2</sup> K<sup>m</sup> şev açısı olur.

Burada p ocak sınırlarının yarıçapı, r de cevher yatağının yarıçapıdır (Bak. Ek. 1).

Bu formülün önemi şudur : Eğer R<sub>g</sub> hesaplanabilir ve cevher yatağı gerçekten silindirik ise, nihai ocak yarıçapı (p<sub>g</sub>) şu formülle bulunabilir :

$$p_g = r (R_g + 1)^{1/2} \quad (5)$$

Nihai ocak yarıçapı (p<sub>g</sub>) bulunduğunda diğer tüm yardımcı işlemler kolaylıkla yapılabilir; ve bunlar ancak R<sub>g</sub>'nin artması durumunda geçersiz olurlar (maliyetlerin fiyatlardan daha hızlı arttığı bir dünyada bu, pek olası görülmeyen bir olaydır).

Nihai ocak sınırları, açık ocak planlamasının başlarında saptanırsa da, işletmede kârı maksimize eden etmen şev açısının dikliğidir.

Şekil 1'den genel örtü kazı oranı R şöyle hesaplanabilir ;

$$R = \frac{\frac{1}{3} p^2 h - (\frac{1}{3} r^2 h - \frac{2}{3} r h^2)}{\frac{2}{3} r h} = \frac{p^2 - r^2}{r^2}$$

Burada, h ocak derinliği olup, sadeleştirilirse:

$$R = \frac{\frac{1}{3} p^2 - \frac{1}{3} r^2}{\frac{2}{3} r} = \frac{p^2 - r^2}{2r} \quad (6)$$

Bu ilişki ocak derinliği (h) ile feağintılı değildir, yani genel örtü kazı oranı şev açısından bağımsızdır. Ortalama maliyet genel Örtü kazı oranına bağlı olduğundan, birim cevherden sağlanan ortalama kâr da şev açısından bağımsızdır. Sonuç ola-

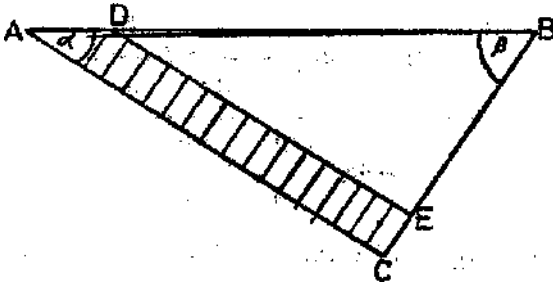
rak, şev açısı büyüdükçe toplam kâr artar (şev açısı dikleştikçe — üretimin durdurulduğu  $R = R_e$  noktasına gelinceye kadar — Üretilen cevher miktarı artar).

#### 4. TABULAR YATAKLAR İÇİN ÖRTÜ KAZI ORANLARI

İkinci durum olan tabular yataklarda, yatak geometrisi biraz daha karmaşık olmakta birlikte, öncekine çok benzer sonuçlar alınır. Aynı basitleştirici varsayımlar yapıldığında, örneğin, yatağın kalınlığı ve tenor dağılımı birbiriçimli, ocak aynasındaki

pasa/cevher oranından R de yaklaşık olarak biliniyor (Sonsuz uzunlukta bir ocak); ocak boyunca kesit alındığında,

R'nin şev açısından bağımsız olduğu ve yalnızca ilerleyen ocak şevinin yüzeyi kestiği noktaya bağımlı olduğu görülebilir.



Şekil 2. İdealize edilmiş tabular cevher yatağı.

Şekli 2'de ADEC, cevher yatağı; AB, yüzeyi; ve BC de ilerleyen aynayı göstermektedir. Bu nedenle :

$$R = \frac{BE}{EC} = \frac{BD}{AO} \text{ yazılabilir.}$$

Eşitliğe göre R, jS'nin değerine bağlı olmayıp sabittir.

$R_e$  bilindiğinde ocak sını için AB (ya da DB) hesaplanabilir ve işletmenin İlk evre-

(\*) Aynı zamanda damar kalınlığında ve tenörde olan derişiklikler de hesaba katılmalıdır, ancak bunlar daha sonra sunulacaktır.

lerinde, yüzeydeki ocak sınırları saptanabilir.

Ek 2'de belirtildiği gibi, basitleştirilmiş bu durum için:

$$R_s = \frac{R^*}{-2R-J-1} \text{ olur:} \quad (7)$$

R, şev açısından bağımsız olduğu için, R de şev açısına bağımlı değildir. Bu durumda, Önceki konik ocakta varılan «mümkün olan maksimum şev; kân maksimize eder» sonucu, bu durum için de geçerlidir. . - ' ! . "

Ocaktan alınan bir kesit kullanmak doğaldır ki büyük bir basitleştirmedir; fakat sonuç şunu göstermektedir : R. şev açısından bağımsızdır; ve  $R_s$  için geçerli bir tahmin yapıldıktan sonra, ocak sınırları hemen hesaplanabilir.

Tam bir bağıntı hem ocak uzunluğunu ve hem de yan şev açılarını hesaba katmalıdır.\*

İlerleyen ayna üzerinde bir kesit alındığında — köşelerin yuvarlanması ihmal edilerek — enstantane örtü kazı oranı şöyle yazılabilir :

PSYX alanı — TWX alanı

TWX alanı

Burada, TWX cevheri; PSWT paşayı (örtüyü) tanımlar.

$$p - \frac{a}{\dots} \wedge \dots S, \&$$

X Y

Şekil 3. İlerleyen ayna üzerinde alınan bir kesit.

RV  
WY (Şev açısı p'dan bağımsız bir oran)

K\* fle gösterildiğinde —Ek ^de^belirtit-

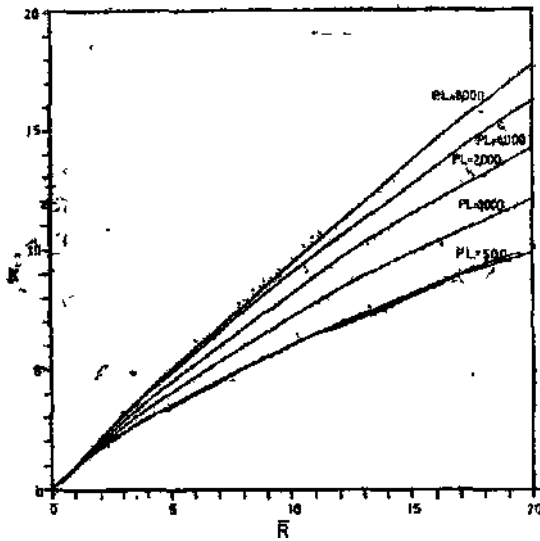
diği gibi — K Üe R arasında şöyle bir ilişkinin var olduğu görülebilir :

$$R_e = \frac{K^*4 - K(A + 2)}{A + 1} \quad (8)$$

Burada A, ocak uzunluğunun (QR) (şekil 3). cevherin yatayla kesişme uzunluğunun (AD) (şekli 2), yatağın eğiminin (a) (şekil 2) ve şev açısının (y) bir fonksiyonudur.

Bu eşitlik dolaylı olarak K'yi ifade eder ve grafiksel olarak ya da çeşitli yaklaşımlarla çözülebilir. R<sub>E</sub> değeri (8) nolu, eşitlikte yerine konulduğunda, K<sub>E</sub> ile gösterilebilecek bir K değeri bulunabilir. K<sub>B</sub> bffihdfği sürece, ocak sınırları da, daha önce olduğu gibi, kolaylıkla hesaplanabilir.

K ile R arasındaki, ilişkiler Şekil 4 ve 5'de gösterilmiştir. Şekil 4'de, 100 ft genişliğinde ve 20° eğimli bir yatak için, şev açılan 38° olan çeşitli ocak uzunluklarında bu

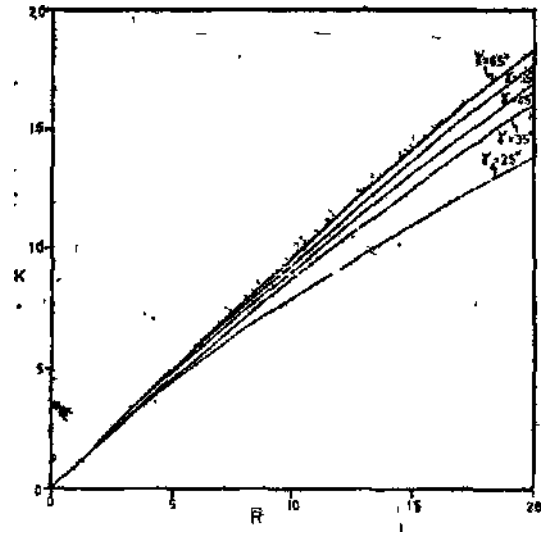


Şekil 4. R ile K ilişkisi (çeşitli ocak uzunluklarında).

ilişkiler gösterilmiştir. Şekil 5'de ise, 100 ft genişliğinde ve 20° eğimli bir yatak için 4000 ft uzunluğundaki bir ocakta aynı ilişkiler çeşit şev açıları için gösterilmiştir.

Görüldüğü gibi K horlaman R'den küçüktür, fakat ocak uzunluğu ve şev açısının

artması ile birlikte R değerine yaklaşmaktadır. Sonuç olarak, ocak sınırlarının şev açısına ve ocak uzunluğuna bağımlı olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 5. R ile K ilişkisi (çeşitli y değerlerinde).

Belirli bir ocak uzunluğu ve şev açısında

(Y), K ile R arasındaki ilişki, ilerleyen aynanın şev açısından da bağımsızdır. Bu nedenle, yüzeydeki ocak sınırları şev açısından bağımsızdır denebilir; fakat Önceki örnekte olduğu gibi, üretilecek toplam cevher miktarı, R = R<sub>B</sub> durumunda, mümkün olan en dik şev açısı ile maksimize edilir.

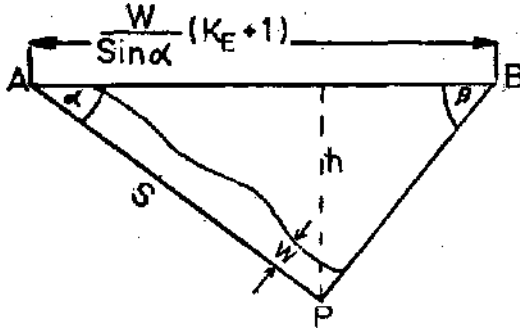
Cevher değerinin sabit olduğu varsayımını koruyup, fakat cevher yatağının kalınlığının bir biçimli (uniform) olması gereğinden vazgeçersek, bu durumda, ocağın herhangi bir noktasında R<sub>B</sub> ve dolayısıyla da K<sub>s</sub> yine sabit olacaktır.

i\*) Burada K, örneğin bir sondaj kuyusundan bulunan örtünün cevhere oranı olabilir.

Mostradan S uzgklığındaki P noktasında ölçülen cevher kalınlığı (eğime dik ölçülen) w olsun (Şekil 6). Mostradan ocak sınırına olan yatay uzaklık (AB) şöyle hesaplanır:

$$AB = \frac{w}{\sin \alpha} (K_E + 1)$$

Burada «» eğim açısıdır.



Şekil 6. Kahnlı âegfşen bir tabalar cevher yatağı.

Cevher yatağının bu kısmının ekonomik olarak işletilmesini sağlayacak minimum şev açısı [fi] şu formülle bulunabilir :

$$\cot fi = \frac{w(K_B + 1)}{S \sin^2 \alpha} \cot \alpha \quad (\text{Ek 4}) \quad (9)$$

İşletmenin P noktasına kadar devam edip etmeyeceği, bütününü, ocakta belirtilen konumda £'nm mümkün olan en dik güvenli şev açısından küçük olup olmadığı sorusuna bağlıdır. Şayet jß, en dik şev açısından küçük değilse p noktası ekonomik sınırların dışındadır ve madencilik P noktasına kadar inmemelidir.

Aynı şekilde, cevher değerinin tüm yatak boyunca sabit olduğu varsayımını da bir tarafa bırakmamız şimdi mümkündür. Herhangi bir P noktasındaki ortalama

cevher değeri verildiğinde o noktadaki R değeri hesaplanabilir ve sonuçta, o noktaya karşılık olan K<sub>B</sub> değeri de bulunabilir.

P noktasına kadar işletmenin devam etmesi isteniyorsa, erişilmesi gereken en az

şev açısı (9) nolu formüldeki K<sub>B</sub> değerini kullanarak hesaplanabilir.

## 5. TABULAR YATAKLARDA OCAK SINIRLARI

örtü kazı kuramındaki bu gelişmeler, tabular ve makul bir sabit eğimi olan yataklar için, ocak planlaması konusunda bir yöntem getirmektedir. Yatakta kalınlığın ve cevherin değerinin bilindiği tüm noktalar için minimum şev açısı (£) hesaplanabilirce, minimum şev açısı eğrileri çizilebilir. Maksimum güvenli şev açısı saptandığında, ocak tabanını sınırlayan eğri tanımlanmış olur ve dolayısıyla ocağın yer üstündeki sınırları da belirlenir. İlk yaklaşım olarak, ya R = K olduğu varsayılır (ocak uzunluğu sonsuz varsayılır) ya da muhtemel bir ocak uzunluğu tahmin edildikten sonra K hesap edilir. Gerektiğinde,

R ve K arasında daha duyarlı bir ilişki kurabilmek için, birinci yaklaşımdan bulunan ocak uzunluğu kullanılarak, ikinci bir yaklaşım yapılabilir.

Buraya kadar, cevherin mostra verdiği ve yüzeyin de yatay bir düzlem olarak ifade edilebileceği varsayılmıştı. Bu varsayımlardan birincisi yanlış olsa bile, ocak sınırı kuramında herhangi bir etkisi olmaz; ve kuramın amacına yönelik olarak, cevherin yüzeye kadar devam ettiği varsayılabilir. İkinci varsayım yanlış ise, yüzeyin bir düzlem ile ifade edilebileceği düşünülerek sorun, kuramın kapsamı içerisine çekilebilir. Bu gibi durumlarda yüzey eğimi, yatağın eğimi yönünde ise, basit bir çevirim ile kuram uygulanabilir duruma getirilebilir. Yüzey, doğrudan doğruya eğimli bir düzlem ise, düşey kesitler bu iş için yeterlidir. Eğer yüzey, ancak daha yüksek dereceli bir eğri ile tanımlanabiliyorsa ayrıntılı planlamada kullanılmazdan önce, kuramın geliştirilmesi gerekmektedir. İlke olarak bu olası görülmektedir; ancak, bu bildiride böylesine bir problemin çözümüne girmemmiştir.

## 6. SINIR TENÖRLER\*

Buraya kadar yapılan işlemlerde, yatağın herhangi bir noktasında, açıklıkla tanımlanabilen bir kalınlığı ve bir ortalama cevher değerinin olduğu varsayılmıştı. Böylece durumda kuram, ocak ekonomisi kuramına yeteri kadar çözüm getirecektir; fakat, sınır tenor istendiği durumlarda, cevherin değerinin ve kalınlığının karşı\*lıklı etkisi, w ya da K için tek bir değer bulmak olanaksız olacaktır.

Bu koşullar altında, cevherin kalınlığının ve ortalama değerinin saptanabilmesi (cin. sınır tenorunun hesaplanması gerekir. Birim cevher başına kâr fonksiyonunu yazacak olursak :

$$P = (r - C_z) vF - b - R_a - C_1 \quad (10)$$

Burada;

a == Birim paşanın kazı ve taşıma maliyeti

b = Birim cevherin kazı ve taşıma maliyeti

c<sub>2</sub> = Birim mineralin zenginleştirme ve satış giderleri (Devlet hakkı vb. dahil)

r = Birim mineralin piyasa fiyatı

v = Birim cevherdeki değerli mineral miktarı

F = Kazanım faktörü

Soderberg ve Rausch<sup>3</sup>a göre alt sınır tenoru şöyle tanımlanabilir:

$$v_1 = \frac{b + d}{(r - c_2) F} \quad (11)$$

Açıktır ki, değeri v<sub>1</sub>'nin altında olan tabandaki cevherler işletilmemeli; zira bu cevherler, yaratacağı ek masrafları karşılayacak kadar gelir getirmeyeceklerdir.

Üst sınır tenörü, v<sub>u</sub> v<sub>1</sub>'den değişiktir. V<sub>u</sub>'nun saptanmasında şu gerçek gözönünde tutulmalıdır ki, malzeme her koşulda kazılıp çıkartılacaktır; ondan sonra

cevher ya da pasa olarak işlem görecektir; bu nedenle, sınır tenor şu şekilde belirlenmelidir :

$$v_1 = \frac{(b - \hat{a}y + c_1)}{(r - c_a) F} \quad (12)$$

Ek 5'den görüldüğü gibi, bu sınır tenor, sözkonusu malzeme «dillimin»den sağlanacak kâr maksimize eder.

Cevher ve pasa arasındaki geçişi ele alırsak, (b—a), pasa taşıma ve boşaltma maliyeti ile cevheri taşıma maliyeti arasındaki farkı göstermektedir, a ve b için ortalama değerler kullanıldığında, sınır tenoru hesabında bazı yanlışlıklar olabilir; bu nedenle, a ve b için mümkün ise daha sağlıklı rakamlar kullanılması tercih edilmelidir.

Gerek a ve gerekse b sabit değildir ve her ikisi de ocaktaki konumun bir fonksiyonu olan en az bir etmene bağlıdır; özellikle de derinliğe bağlıdır. Ancak, bu İnceliklerin anlatılmasına karşın —yine Soderberg ve Rausch<sup>3</sup>e göre— ilk planlama evresinde bu ayrıntılı işlemleri yapmak gereksizdir; çünkü, maliyet tahminleri oldukça kabardır. İşletmenin daha sonraki evrelerinde, ocağın ulaşacağı belirli durumlara uygulanabilecek gerçek değerler elde edilebilir.

Yukarıdaki gibi hesaplanan sınır tenörü kullanarak, yatak boyunca örnek bir bölümün var olabileceği, önerilen (ya da gerçek) bir ocağın herhangi bir noktasında, bir kalınlık ve ortalama cevher değerini belirlemek olasıdır. Bu kalınlık ve değerler bilindiği için, daha önce önerilen ocak tasarımı işlemleri de uygulanabilir.

Açık ocak işletmeciliğinden elde edilen kârın bugünkü değerinin\*\* maksimizasyonu\*

(\*) Bu ve bunu işleyen bölümler Bn. J. Knox tarafından ayrıntılı araştırılmıştır. J. Knox, Witwatersrand Üniversitesi, Ticaret ve Uygulamalı Ekonomi Bölümü.

(\*\*) Gelecekte sağlanacak kârların bugüne indirgenmiş değeri :

$$P.V. = \frac{F.V.}{1+i} + \frac{R_1}{(1+i)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+i)^n}$$

Burada; F.V., Bugünkü değer; R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ... gelecekte sağlanacak karlar (1, 2, ... yıllarında); İ de faiz oranıdır.

nu kapsamında İki etmen daha tartışılma-ya değer görünmektedir.

### 6.1. Cevher Stoklamamın Sınır Tenöre Etkisi

Yapılan genel ekonomik değerlendirmeler, madencilik işlemlerinin zenginleştirmeden daha hızlı yürütülmesini gerektiriyorsa, çıkarılan cevher, sonraki işlemler için stok edilmelidir. Bugünkü değer varsayımları da stoklanan cevherin düşük tenörlü olması gerektiğini gösterir.\*

Herhangi bir zamanda cevher stoklandığında, stoklama ve stoktan tekrar alma giderleri sınır tenorunu etkiler.

Bu ek giderler  $c_3$  ile gösterildiğinde, bunlar sınır durumunda oluyorsa ve bunların tüm etkileri marjinal ya da sınır tenor cevherde hissediliyorsa, sınır tenörler şöyle hesaplanabilir :

$$V_t = \frac{b + C_1 - f c_3}{(r - C_s J F)} \quad (13)$$

$$V_u = \frac{(b - a) + C_1 + e_s}{(r - C_a J F)} \quad (14)$$

### 6.2. Optimum Örtü Kazı Hızı

Sağlanacak gelirler ileride çıkarılacak cevherin değeri ve zenginleştirme hızına bağlı olarak, önceden saptanmış ise. Bugünkü Değer, ancak masrafların ertelenmesi yoluyla arttırılabilir. Diğer bir deyişle, örtü kazı hızı\*\* minimumda tutulmalıdır. Pratikte tam olarak gerçekleştirilememekle birlikte örtü kazı, hemen sonraki bir birim cevherin kazılabilmesinin ortamını

hazırlayacak minimum R hızıyla ilerlemelidir.

Bu durumda R, ocağın herhangi bir noktasında, mümkün olan güvenli en dik şevde minimumdur; ve böylece, erişilebilecek maksimum şev açısının bir tahmini değeri

(\*) Cevher stoklama gereği çok çeşitli nedenlere de dayanabilir.

(\*\*) Hız kelimesi burada, birim zamana göre kazı miktarını belirtmektedir. Ç.N.

ri lie istenen minimum örtü kazı ve ocak derinliği arasında bir ilişki kurmak olasıdır.

R, ocak şeklinin kompleks bir fonksiyonu olduğundan örtü kazı / cevher oranını düşey kesitlerde incelemek daha kolay olur. R, K'nin dolaysız bir fonksiyonu

olduğundan, minimum K, minimum bir R değeri verir.

Şekil 6'dan :

$$h = S \cdot \sin a$$

ve

$$(K + 1) \frac{w}{\sin a} = S \cos a + \frac{h}{\tan \epsilon}$$

yazılabildiğinden,

$$(K + 1) \frac{w}{\sin a} = S (\cos a + \frac{\sin a}{\tan p})$$

$$K = \frac{S}{w} \sin a (\cos a - \frac{\sin a}{\tan \epsilon}) - 1$$

bulunabilir.

Bu fonksiyon,  $\tan p$  maksimum olduğu zaman minimum olur.  $R = K H \frac{K^3}{A}$  olduğu

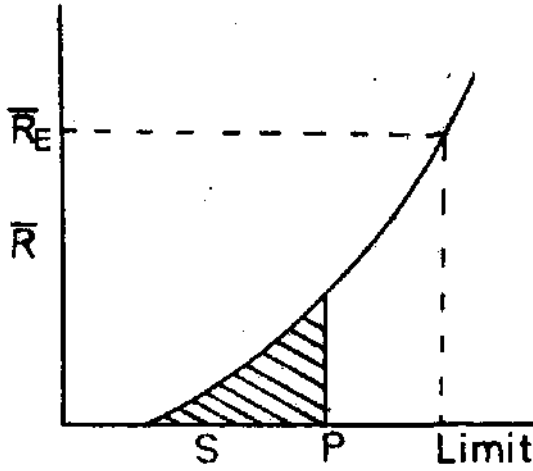
özel bir ocak geometrisinde ilişki, Şekil 7'de gösterildiği gibi, artan bir eğri olarak tanımlanır.

Açıkça görülmektedir ki, örtü kazı oranları bu eğriye yakın tutulabildikçe Bugünkü Değer artmaktadır.

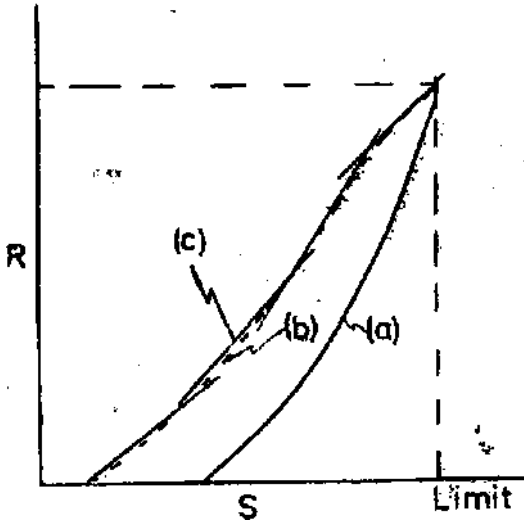
Herhangi bir P noktasında yapılacak minimum örtü kazı miktarı, eğrinin o noktaya kadar olan kısmının altında kafan alan ile gösterildiğinden gerçek örtü kazı hızı

ite kıyaslamak zordur. Bu nedenle R'nin, s'ye göre integral! olan kontrol eğrisi çizilebilir (Şekil 8).





Şekil 7. Özel bir ocak geometrisi için R ile S ilişkisi.



Şekil 8. R ile S ilişkisi için kontrol eğrisi.

Şekilde (a) eğrisi, minimum örtü kazı miktarını (maksimum güvenli şev açısına kadar olan); (b) eğrisi, herhangi bir nedenle maksimum şev açısından daha küçük bir şev açısının uygulanması durumundaki örtü kazı miktarını; ve (c) eğrisi de, (b) eğrisine sekant olan eğri olup, muhtemel cevher kazı miktarını göstermektedir. Bu durumda, önceden harcanması gerekli paramiktarı, (a) ve (c) eğrileri arasındaki düşey uzaklıktır. Uygulamada bu uzaklık ne kadar küçük tutulabilirse, kârların bugünkü değeri o kadar büyük olur.

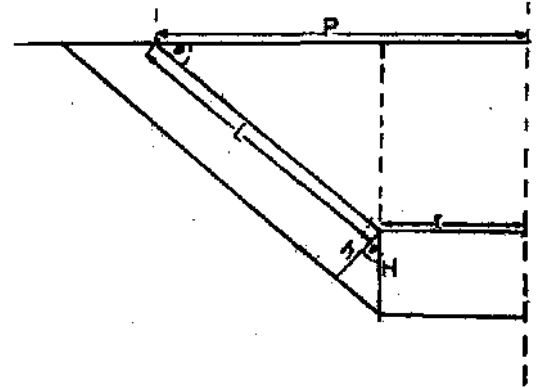
## 7. SONUÇ

Bildiride incelenen konuların hiç bin yeni değildir; ancak, bazı görüşlerin geliştirilmesiyle ocak sınırlarının saptanması, sınır tenörlerinin belirlenmesi ve Örtü kazı işlemlerinin optimizasyonu gibi sorunların çözümlerine kimi yeni görüşler getirdiği açıktır. Belirli ocak geometrisi için incelenen bir K oranı kavramı ve bunun R ile olan ilişkisi, minimum şev açısı hesabı gibi her türlü düzgün yataklara uygulanabilecek şekilde geliştirilebilir. Dolayısıyla açık ocak planlaması ve işletmeciliği yapan mühendisler bu görüşleri yararlı bulacaklardır.

## KAYNAKLAR

- 1 — Jennings, JJE. and Black, HAL. 'Factors affecting the angle of slope in opencast mines.' Trans. S.M.E. March 1963; Trans. AIMS, 226, 1993.
- 2 — Loftus, W.K3., Stucke, BLJ. and Rankin, D. 'Mining and treatment plant practice at the Flinsch Mine, De Beers Consolidated Mines, Ltd. J.S.Afr. Inst Min, and Met, 69, Aug. 1969.
- 3 — Soderberg, A. and Rausch, p. 'Pit planning and layout.' Surface Mining, Ed. Eugene P. Pfeider, Chap. IV.

## EK 1



Şekil A1

$$\text{Şekil A1'den : } \frac{h}{H} = \cos \theta$$

$$\frac{p-r}{r} = \cos \theta$$

Oranı küçükse, enstantane örtü kazı  
L

oranı (kesitteki) :

$$R = \frac{L \cdot h}{r \cdot H} \text{ olur.}$$

fakat

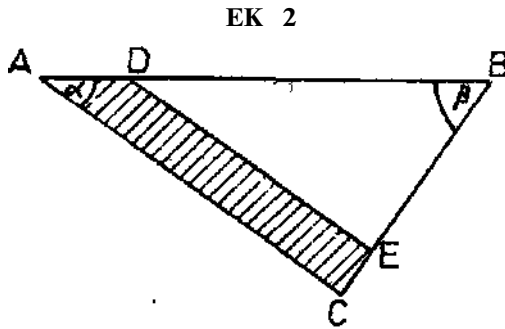
$$L \cdot h = \frac{(P-r) \cdot H \cos \theta}{\cos \theta} \text{ olduğundan}$$

$$R = \frac{(p-r) \cdot H}{r \cdot H}$$

$$\frac{(P-r)}{r} \text{ olarak bulunur.}$$

Tüm bir koni olabilmesi için bu kesitin 360° döndürülmesi gerekir. Böylece her yarıçap kendi karesiyle orantılı bir alan meydana getirir.

$$R = \frac{P^3 - r^3}{r^3}$$



Şekil A2

ADEC alanı cevheri, DBE alanı da paşayı gösteren ocağın alman bir kesit düşünelim. Şekil 2A'da gösterildiği gibi :

Enstantane örtü kazı oranı;

$$\frac{BE}{EC} = \frac{DB}{AD} \text{ olur.}$$

Genel örtü kazı oranı ise :

$$R = \frac{\text{DBE alanı}}{\text{ABC alanı} - \text{DBE alanı}}$$

$$= \frac{DB \cdot BE \sin \theta}{AB \cdot BC \sin \theta - DB \cdot BE \sin \theta}$$

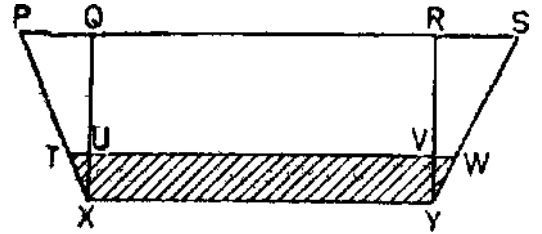
$$= \frac{DB \cdot BE}{AB \cdot BC - DB \cdot BE}$$

$$= \frac{AD \cdot R \cdot EC \cdot R^*}{AD \cdot [R+1] \cdot EA \cdot [R-1] - AD \cdot EC \cdot R^*}$$

$$= \frac{R^3}{(R+1)^3 - R^3}$$

$$= \frac{R^3}{2R+1} \text{ olarak bulunur.}$$

EK S



Şekil A3

Ocağın ilerleyen aynasına dik bir kesit alındığını düşünelim ;

Şekil A3'den

$$R = \frac{\text{PSYX alanı} - \text{TWYX alanı}}{\text{TWYX alanı}}$$

$$(2 \cdot \text{POX alanı} + \text{QRYX alanı} - 2 \cdot \text{TUX alanı} - \text{UVXY alanı})$$

$$2 \cdot \text{TUX alanı} + \text{UVXY alanı}$$

$$\frac{PQ \cdot QX + QR \cdot QX - TU \cdot UX - QR \cdot UX}{TU \cdot UX + QR \cdot UX}$$

yazılabilir.

$$\frac{QU}{UX} = K \text{ degerini yerine koyarsak,}$$

$$QU = K \cdot UX \text{ olur ve}$$

$$QX = (K+1) \cdot UX$$

$$PQ = (K+1) TU \text{ yazılabilir.}$$

Buradan

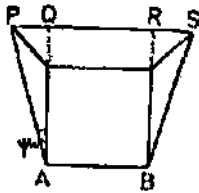
$$R = \frac{(PO \cdot UX < K+1) + QR \cdot UX < K+1 - TU \cdot UX - QR \cdot UX}{TU \cdot UX + UK \cdot UX}$$

$$PQ \frac{(K+1) + QR}{TU + QR} \{K+U - TU - QR\}$$

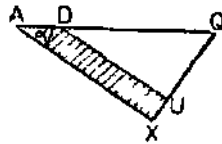
$$= \frac{QR \cdot K + TU(K^2 + 2K)}{TU + QR} \text{ bulunur (3.1)}$$

Burada :

$$TU = \frac{PQ}{K+1} \text{ dir.}$$



Şekil A4(I)



Şekil A4(II)

Şekil A4(I) ve A4(II)'den:

$$PQ = AQ \tan \varphi$$

$$= AD (K+1) \tan \varphi \text{ yazılabilir, o haide}$$

$$TU = \frac{AD (K+1) \tan^2 \varphi}{(K+1)} = AD \tan^2 \varphi \text{ olur.}$$

{3.1} den :

$$R = \frac{QR \cdot K + AD \tan^2 \varphi (K^2 + 2K)}{QR + AD \tan^2 \varphi}$$

$$\frac{QR}{AD \tan \varphi} = A \text{ degerini yerine koyarsak;}$$

$$A \cdot K \cdot AD \tan^2 \varphi + AD \tan^2 \varphi (K^2 + 2K)$$

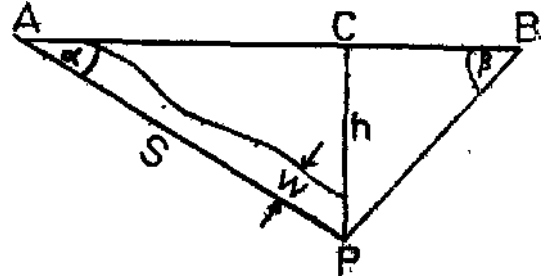
$$A \cdot AD \tan^2 \varphi + AD \tan^2 \varphi$$

$$= \frac{K^2 + K(A+2)}{(A+1)} \text{ bulunur.}$$

Şev acısı için y yazıldığında :

$$\varphi = \arcsin(\tan a \cot y) \text{ olur.}$$

EK 4



Şekil AS

Şekil A5'de P noktasındaki  $K_E$  ve  $w$  verildiğinde :

$$AB = \frac{w}{\sin a} (K_E + 1) \text{ olacağından,}$$

öte yandan,

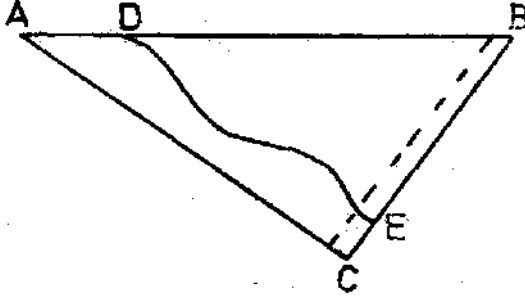
$$AB = AC + CB$$

$$= s \cos a + s \sin a \cot \varphi \text{ yazılabilir olduğundan}$$

$$\frac{w}{\sin a} (K_E + 1) = s \cos a + s \sin a \cot \varphi$$

$$\cot \varphi = \frac{\frac{w}{\sin a} (K_E + 1) - s \cos a}{s \sin a}$$

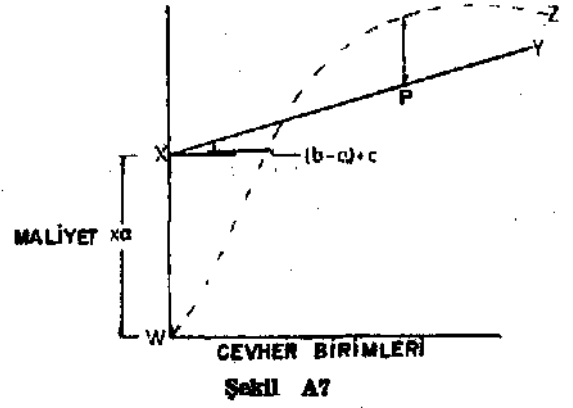
$$= \frac{w (K_E + 1)}{s \sin^2 a} \cot a \text{ olur.}$$



ŞeJdl A6

B ve C noktaları arasında, ilerleyen aynanın bir bölümünü oluşturan birim kalınlıktaki bir malzeme dilimi düşünüldüğünde : Daha önce belirtilen maliyet işaretleri kullanıldığı zaman; dilimdeki tüm malzeme pasa olarak alınırsa, maliyet,  $x \cdot a$  olur. Burada  $x$ , dilimdeki birim malzeme sayısını göstermektedir.

Bu malzemeden herhangi bir birimin cevher olarak kabul edilmesi durumunda,  $a$  maliyeti yerine  $b$  ve  $c$  maliyeti gelir. Çeşitli sayıda cevher birimlerine göre toplam maliyet. Şekil A7'deki XY eğrisi ile gösterilebilir. Eğrinin eğimi  $(b - a) + C_1$  dir.



Şekil A7

Cevher olarak işleme sokulan her birim, toplam gelirden bir artış meydana getirir. Bu da WZ eğrisi ile gösterilirse, toplam gelir ve toplam maliyet eğrilerinin eşit olduğu P noktasında, kâr maksimum olur. Yani birim cevherin yarattığı birim gelir :

$[(b - a) + C_1]$  olur. Ya da;

$$(r - es) \ll F = (b - a) + C_1$$

ve

$$v \ll = \frac{(b - a) + c_1}{(v - C_{af} F)} \text{ olur.}$$