

Açık Ocak Geometrisinin Optimizasyonu ve Uyguluma Yöntemi

(Optimizing Open Pit Geometry and Operational Procedure)

O.K.H. STEFFEN*
W. HOLT**
V.R. SYMONS***

ÖZET

Herhangi bir açık maden ocağında, kârı en fazla kılan tek bir nihai ocak geometrisi vardır. Maden işletilmesinin en ekonomik yönteminin geliştirilebilmesinde, bu nihai ocak bilgisi önemlidir.

Bu bildiriye, tipik bir tabular cevher yatağı ve tipik bir silindirik cevher yatağı için, nihai ocak tasarımında grafiksel ve bilgisayar teknikleri anlatılmaktadır. Örtü kazı endeksi (I) olarak bilinen bir parametre, işletme seçeneklerinin kârlılığını kıyaslamak için önerilmektedir.

Şev açılan, işletilebilir cevher rezervini belirler ve açık ocak planlamasının başlangıç dönemlerinde göreceli olarak önemsizdirler. İşletme sırasındaki ve ocağın ömrü sonundaki şev güvenlik katsayıları maden mühendisi tarafından dikkate alınır.

(*) Öğretim Görevlisi, Department of Civil Engineering, University of the Witwatersrand.

(**) Maden işletme Md., Nchanga Consolidated Copper Mines, Ltd.

(***) Maden Planlama Md., Nchanga Consolidated Copper Mines, Ltd.

Bu bildiriye ayrıca, Zambiya'da, bir bakır madeni için optimum madencilik oranı [H_m] geliştirilmiştir. Optimizasyon için verilen sonuç; R^* her zaman için, enstantane Örtü kazı oranına olabildiğince yakın olmalıdır. Optimum işletme programının belirlenmesinde, Nchanga Consolidated Copper Mines Ltd. de geliştirildiği şekliyle, net bugünkü değer ve indirgenmiş nakit akım teknikleri sunulmuştur.

Pasa alanı tasarımı için temel ilkeler ele alınmakta ve iki tumba yöntemi karşılaştırılmaktadır. Taşıma yolunun yerleştirilmesi ve tasarımında temel gereksinimler tartışılmaktadır.

1. GİRİŞ

Açık işletmelerin planlanması, temel olarak ekonomide bir denemedir. Açık işletme planlamasının herhangi bir konusu üzerindeki bir tartışma, bu nedenle açık işletme ekonomisine başvurmayı kaçınılmaz kılmaktadır. Bu bildiriye yetersiz olarak incelenmiş bulunan konularda okuyucu, Plewman'm¹³ bildirisine başvurabilir.

Ocak planlamasında amaç, belirli sürede, belirtilen cevher miktarının üretimini ola-

bildiğince ucuz sağlayacak ocak şeklinin belirlenmesidir. Cevher üretim kapasitesinin üretim maliyetinde çok büyük etkisi olabilir, fakat bildiride yalnız bir sabit kapasite için ocak tasarımı ele alınmaktadır. Bu bildiride, cevher yatağının yeri kadar tanımlandığı kabul edilecektir.

Soderberg^{1*}, uzun dönemli ocak planlamasındaki etmenleri çok güzel ortaya koymuştur; ve Rausch¹⁵ ile birlikte, ocak tasarımı için uzun ve kısa dönemli planlamanın özelliklerini ele almıştır. Gül³, Panaⁿ ve Carlsor[^]un açık ocak tasarımına giren konularda değerli katkıları olmuştur. Bu katkılar iki aşamada düşünülebilir :

1. İşletilebilir cevher rezervini ortaya çıkarmak için en ekonomik nihai ocağın belirlenmesinde.
2. En ekonomik kazı programının belirlenmesinde.

En ekonomik nihai ocak; cevher yatağının geometrik şekli, cevher yatağındaki cevherin dağılımı, topografya, mümkün olabilecek en büyük şev açıları v.b. gibi çoğunlukla maden mühendislerinin denetimleri dışında olan etmenlere bağlıdır. Maden işletme programının ekonomisi, maden mühendislerince belirlenecek olan örtü kazı oranı, ekipman v.b. seçimine bağlıdır.

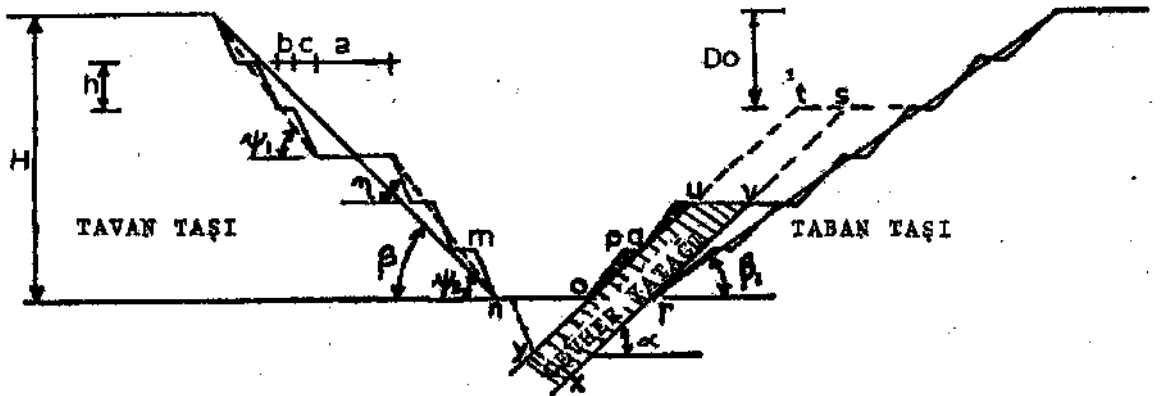
Nchanga açık ocağı 1955'te açıldığında —19. yüzyıl sonlarında Kimberley Bölge-

si'nde bulunan elmas damarlarındaki yüzey kazılarını dışlarsak— Güney Afrika'da açık ocak işletmecilik uygulaması, Zambian Copperbelt'teki başlangıcına dayanmakta idi. O tarihten bu yana. Güney Afrika'da çok sayıda açık maden ocakları açıldı. Bildiriye olabildiğince genel tutma niyeti olduğundan, yazarların kendilerinin en fazla aşına oldukları işletme türünü temel almaları ve Zambian Copperbelt'teki madenlerden kazanılan açık ocak planlama deneyimlerini yansıtmaları kaçınılmazdır. Bu nedenle, işletme yöntemi ne olursa olsun, önerilen çoğu ilkeler aynı derecede uygulanır olsa da, bu bildiri temel olarak ekskavatör ve kamyon çalışması temeline dayanmaktadır.

2. AÇIK OCAK İŞLETMECİLİĞİ TERMINOLOJİSİ

Acık ocaklarla yakından uğraşan kişiler, belirli işlemler ya da olağan geometrik parametreler için, bazı sözler ya da terimler türetmişlerdir. Bunlardan bazıları yerel miraslara sahiptir. Aşağıdaki terimler de açık ocak planlamalarında olağan sayılanlardandır; ve bu bildirin içinde daha ayrıntılı açıklamaya gidilmeksizin kullanılacaklardır. Şekil 1'de görülen idealize edilmiş bir tabular cevher yatağından alınan kesit üzerinde bu terimler şematik olarak açıklanmıştır.

Genel şev açısı 3. ocağın en alt basamağının topuğu ile ocak başındaki uc nokta-



Şekil 1. Tabular cevher yatağından idealize edilmiş bir kesit.

yi birleştiren doğrunun, yatayla yaptığı açıdır.

Ara Şev Açılan θ ve α açıları ile tanımlanmıştır.

Basamak Şev Açısı S ile gösterilmiştir.

H = Genel Şev Yüksekliği

h = Basamak Yüksekliği

b = Basamak Genişliği

a = Planlanan Yol Genişliği

α = Cevher Yatağının Eğimi

D_0 = Örtü Kalınlığı (Sub - outcrop depth) (cevherin herhangi bir kesimini açmak için kaldırılması zorunlu olan örtünün derinliği; bu örtü kazıya da hazırlık örtü kazısı - olarak ele alınacaktır.)

En alttaki «mnop» kesmesi Ocak tabanı (boxent) olarak adlandırılır ve makınaların verimli olarak çalıştırılabileceği minimum genişliği simgeler, ince tarama ile gösterilen «opq» kaması, işletme sırasında cevherin seyrilmesini önlemek için, cevherden çok dikkatli olarak ayıklanması zorunlu olan ve yatağın üzerini örten pasa kamasını simgelemektedir. Genellikle «sayıklama pasası» (separation waste) denen bu pasa, normal olarak, ana örtü kaldırma makına - donatısıyla alınmaz. Yavaş ve dikkatli olarak kontrol edilmesi zorunlu olan bir işlemdir ve dolayısıyla da yüksek bir üretim hızına uygun değildir. Şekil 1'de H dakik ocak derinliğinde, «tsro» alanıyla verilen bir toplam cevher hacmi açığa çıkarılmıştır. Eğer «tsvu» alanı halihazırda işletilmiş bulunan cevheri simgelerse, «uvro» da «işletmeye hazır açığa çıkarılmış cevher»! simgeleyecektir. Eğer «orxy» cevher hacmi, daha derinlerde bir ocak tabanı oluşturmak için, tavan taşı tarafındaki ayna kazılmaksızın işletilecekse, bu işlem de «taban eşinmesi» (pfgrooving) olarak adlandırılacaktır.

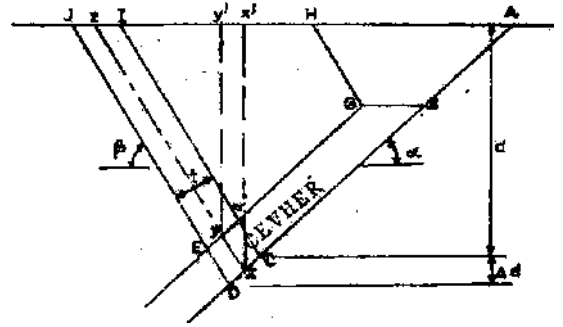
«Toplam Cevher Rezervi», ekonomik olarak işletilip işletilemeyeceğine bakılmak-

sızın, cevher yatağının tamamı şeklinde tanımlanmıştır. «İşletilebilir Cevher Rezervi» ise, açık ocak yöntemleri ile kurtarılması ekonomik olarak görülecek cevher yatağı kesimi şeklinde tanımlanmaktadır. İşletilebilir rezerv, ekonomik etmenlere bağımlı olarak zamanla değişebilir.

3. ÖRTÜ KAZI ORANLARI

Örtü kazı oranı olarak bilinen parametrenin kullanımı, hemen hemen, evrensel-dir; ve Jennings He Black⁶, Soderberg ile Raussh¹⁵, GUI ve Plewman¹³ tarafından oldukça ayrıntılı bir dikkatle ele alınmıştır. Bu parametrelerin yorumu da her zaman aynı olmadığı gibi, daha uzun bir süre de değişik örtü kazı oranı tanımları yapılacaktır.

Şekil 2'de α açısı ile dalan ve açık ocak yöntemi ile işletilen ideal bir cevher yatağından alınmış bir kesit görülmektedir. Cevher derinliğine kadar inen, ABGH alanı ile gösterilen pasa hacmi, cevher yatağının (jstünü açmak için yapılması zorunlu olan hazırlık örtü kazısı ya da üretim öncesi örtü kazısıdır.



Şekil 2. Tabalar cevher yatağı için, a-£j (Şekil 1'deki) olduğunda zaman, pasa ve cevher hacimlerini gösteren kesit.

BCFG alanı ile gösterilen toplam cevher hacmini alabilmek için, ABGF1 örtüsünün tamamının kaldırılması gerekir. Bu örtü hacminin cevher hacmine oranı «Gene! Örtü Kazı Oranı» olarak tanımlanmış ve R ile gösterilmiştir. Yani,

$$R = \frac{d \text{ derinliğine kadar kaldırılacak örtü hacmi}}{d \text{ derinliğine kadar kurtarılacak cevher hacmi}}$$

$$= \frac{V^*}{\dots} \text{dir.}$$

Şurası unutulmamalıdır ki, örtü kazı oranı R, «cevherin değerinden» (yani tenörden) bağımsız olan katıksız bir geometrik bağıntıdır. Ayrıca, görüleceği gibi, hazırlık örtü kazısı sırasında kazanılacak cevher hacmi olmadığından, R sonsuza eşit bir değer alacaktır. Cevherle ilk olarak karşılaşıldığı yerde ise, R yüksektir; cevher hacmi arttıkça azalır: ve daha derinlerde yeniden artmadan önce bir minimum değere erişir. Belirli bir cevher yatağında, derinlikten başka R nin değerini etkileyecek olan tek parametrenin şev açısı olduğu da görülebilir..

Bir açık ocak Şekil 2'deki gibi bir d derinliğine indiğinde, FEDC hacimli cevheri açmak için, IJEF alanı ile gösterilen örtünün kaldırılması gerekmektedir. Bu örtü dilimi hacminin cevher dilimi hacmine oranı, enstantane örtü kazı oranı R olarak

tanımlanmıştır. R_y* cebirsel olarak ifade edersek :

$$\begin{aligned} \text{Cevher diliminin hacmi} &= S V_c \\ &= 1/2 (FC+EDJ).t \\ &= XY.t \\ &XV \\ &' \text{Cosp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasa diliminin hacmi} &= S V^{\wedge} \\ &= YZ.t \\ &= \frac{VZ}{\text{Cos } 3}, t \end{aligned}$$

$$\text{Bu durumda } R = \frac{SV_{ob}}{SV_0} = \frac{VZ}{x^{\wedge}Y} \quad (i)$$

Birim kalınlıkta dilimler için, (1) nolu formül örtü dilimi hacmi ile cevher dilimi hacminin izdüşüm plan alanlarının oranını simgeler. Fakat hemen belirtelim ki; cevher yatağı düz çizgilerle idealize edil-

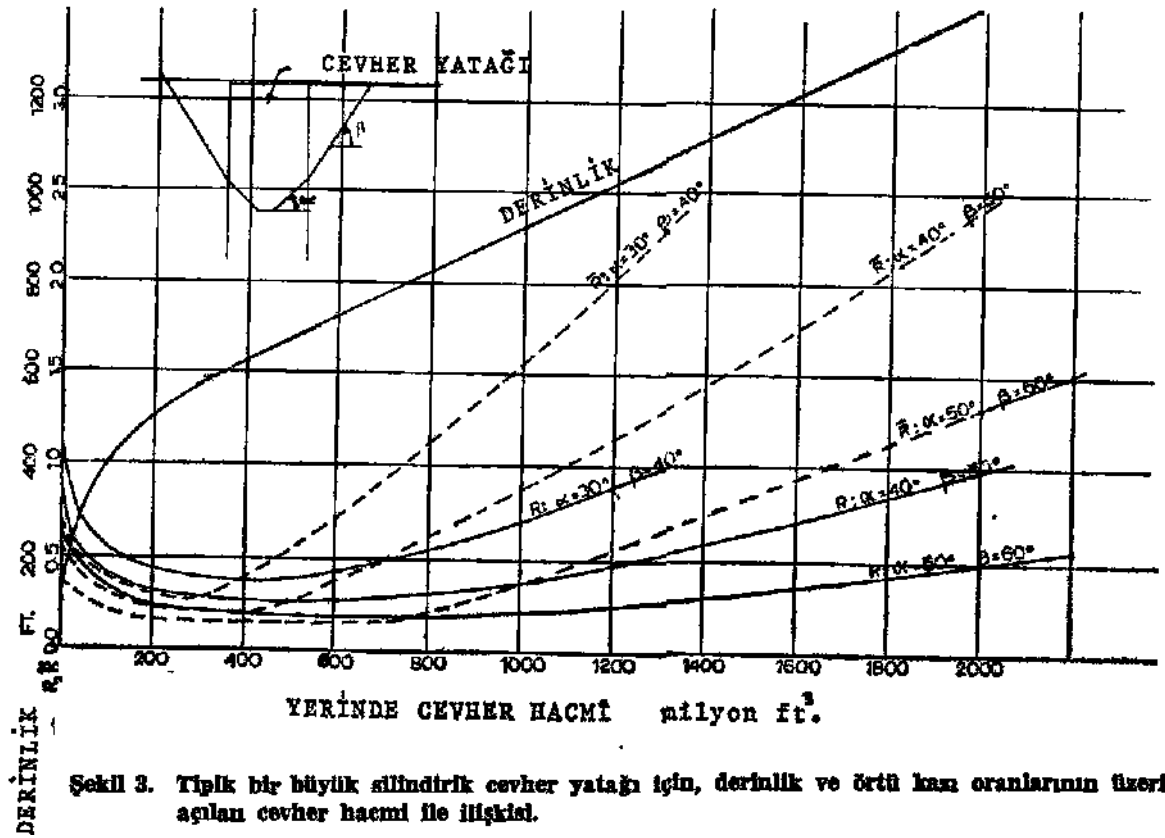
diğinden ve doğrultu boyundaki uçların etkisi ihmal edildiğinden, bu denklemin sadece bir yaklaşım olduğunu gözden ırak tutmamak gerekir (Plewman¹², Loftus⁹ ve diğ.). Bu ancak, doğrultunun uzun olması durumunda geçerlidir; ki bu durumda, uçlardaki hacimler, asıl hacime kıyasla çok küçüktür.

R, cevher yatağının şekline bağımlı olarak, derinlikle değişen ve cevhere ulaşmaya değin hiçbir anlam taşımayan, yine belirtelim, katıksız bir geometrik bağıntı olup yalnız şev açısının (p) ve derinliğin (d) bir fonksiyonudur. Genel örtü kazı oranı durumunda olduğu gibi enstantane örtü kazı oranı da, üzeri açılan cevherin değerinden bağımsızdır. Şekil 3'de büyük bir silindirik cevher yatağı için, üzeri açılan cevherin toplam hacmi ile derinlik arasındaki bağıntı verilmiştir. Burada, R ve

R'nin değerlerinin, farkı şev açıları için, cevher hacimleriyle olan ilişkisi de gösterilmiştir.

R_m ile gösterilen işletme oranı (mining ratio). İşletmenin herhangi bir dönemi süresince, kaldırılan üstörtü hacminin çıkarılan cevher hacmine oranıdır. Açık ocak işletmeciliğinde çatışma maliyetinin ana bileşeni, işletmeciler tarafından

seçilen işletme oranı ile belirlenir. R ve R_{ra}, işin kârlılığı için bir ölçüm sağlayan parametrelerdir. Burada, kesinlikle aşılması gereken bir maksimum değer vardır. Bu değer ise daha önceleri —Jennings ve Black⁶ tarafından — ekonomik Örtü kazı oranı R_e olarak tanımlanmıştır ve öncelikle, kurtarılan cevherin değerine bağımlıdır. Yani, R_e'nin pratik kullanımı için, R_y! değişik cevher tenörlerine göre tanımlamak gerekmektedir. Bu ise değerlendirme



Şekil 3. Tipik bir büyük silindirik cevher yatağı için, derinlik ve örtü kazı oranlarının üzeri açılan cevher hacmi ile ilişkisi.

problemlerini usandırıcı hale getirmekte ve çoğunlukla da cevher değerinden bağımsız bir endeks cinsinden çalışılması daha kolay olmaktadır. Örtü kazı endeksi (I) diye adlandırılan böylesi bir endeks

R'nin cevher değerine bölünmesiyle elde edilebilir. Örneğin r tenörlü bir bakır cevheri için;

$$I = 5 \frac{R}{r} \text{ olur. burada } Y \% \text{ olarak ifade edilir.}^*$$

I boyutsuzdur ve farklı madencilik girişimlerinin potansiyel kârlılığının kıyaslanması için en kullanışlı endekstir. Bu türden kıyaslar yapılırken göz önüne alınması gereken diğer etmenler metalurjik kurtarma (recovery) oranları ve arazi tipi.

yeraltı su koşulları, işletme derinliği, v.b. tarafından etkilenen işletme giderleridir. Ocağın ekonomik sınırı, artık, I'nin maksimum değeri ya da ekonomik örtü kazı endeksi I₀ terimleri cinsinden tanımlanabilir, I₀'nin değeri, toplam kurtarma maliyetinin cevherin piyasa değeri ile kıyaslanmasıyla belirlenebilir ya da açık ocak kazanım maliyeti aynı cevherin yeraltı yöntemleriyle işletme durumundaki maliyeti ile kıyaslanabilir. U'nin değerini hangi koşullar tayin ederse etsin, bunlar kısmen, cevher ve paşanın kazılması ve taşınması gibi mühendislik kontrolü altındaki etmenlere ve kısmen de metal fiyatı, vergilendirme, siyasi etkenler tarafından belirlenen ücret durumu gibi mühendislik kontrolü dışında kalan etmenlere bağımlı olacaktır. Bu tanıma göre;

(*) Tipik bir açık ocak taçır madeninde, R, 10 ile 20 arasında olabilir; ve r'nin yüzde 3 olduğunu varsayalım,

$$\text{Bu durumda; } I = \frac{10}{3} \text{ ile } \frac{20}{3} \Rightarrow 3,33 \text{ ile } 6,67 \text{ arasındadır.}$$

$$l_a = \frac{U}{r} \text{ ya da } R = l \cdot r$$

olacaktır, r'nin (cevherin değeri) sabit olduğu durumlarda U, Re ile doğru orantılıdır.

4. ŞEV ACILARI VE BUNLARIN GÜVENLİK KATSAYILARI

Herhangi bir planlamanın başlayabilmesinden önce, şev açılarıyla ilgili bir bilgi gerekmektedir. Belirli hacimdeki cevherin üstünü açabilmek için, şev açısı ne kadar dik tutulursa, kaldırılacak örtü hacminin de o kadar azalacağı açıktır. Ama aynı zamanda, şevin kayma riski de o kadar artacaktır. Bu risk normal olarak güvenlik katsayısı (F) cinsinden tanımlanır.

Yüksek bir güvenlik katsayısı, düşük bir kayma riski demektir. Ve bu şev açısının daraltılması ile sağlanır, ve bu nedenle de kaldırılacak üstörtü hacmi artar. Güvenlik marjındaki bir artış, bu nedenle, şevin yatırılmasının sonucu olan ek örtü kazının maliyeti ile sağlanabilir.

Şev duraylılığı kuramları, oluşan makaslama gerilmeleri (developed shear stresses) ve maksimum makaslama dayanımı cinsinden ya da bozucu kuvvetler (disturbing forces) ve tutucu kuvvetler (resisting forces) cinsinden tanımlanan bir güvenlik katsayısına dayanır. Kayma noktasında bulunan bir şevde $F = \frac{R}{U}$ ve kayma riski azaldıkça F de artacaktır. F'nin 1,0 den büyük tutulması gereksinmesi aşağıdaki etmenlerden doğmaktadır :

- Duraylılığı olumsuz yönde etkileyebilecek olan ve şev içindeki açığa çıkmamış Jeolojik özelliklerin var olma olasılığı,
- Malzeme Özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneylerdeki prosedür hataları,
- Malzeme özelliklerinin değişebilirlikleri.

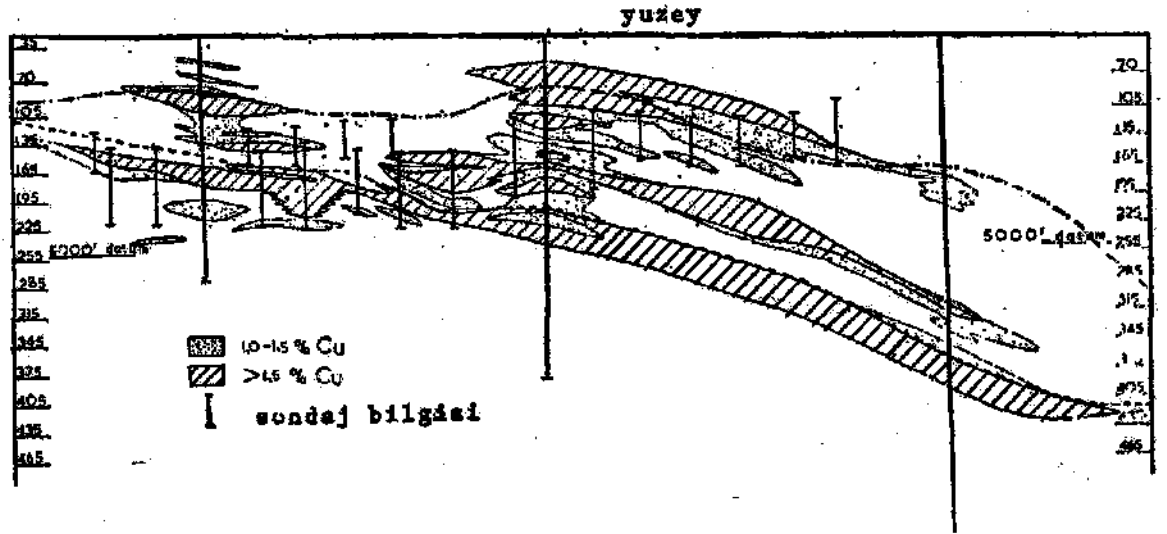
- Şev İçindeki su basınçlarının değişebilir meleri ve basıncın belirlenmesi,
- Uygulanan kuramlardaki kusurlar,
- Hesaplamalardaki hatalar.

Pratikte uyarılan değer farklı uygulamalar için, yukardaki etmenler hakkındaki bilgilerin güvenilirliğine ve bir kaymadan sonra doğacak sonuçlara bağımlı olarak değişmektedir. Örneğin, bir kaya şevinde, jeolojik özelliklerin belirsizliği ve denenmemiş kuramların uygulanması 2 dolayında bir katsayının (Jennings⁹) kullanımını gerektirebilirken, bir toprak dolgu İnşaatında 1,2 - 1,5 dolayındaki bir katsayı ile yetinilebilmektedir.

Eğer F, 1,0'den başka bir değerdeyse, temel şev duraylılığı kuramlarında belirli tutarsızlıklar ortaya çıkar. Bu bildirinin yazarları, taşarım şevinin, Jennings ve Steffen⁷'in önerdiği gibi elde edilmesini yeğlemektedirler. Bu yöntemde kaymanın meydana geleceği (F = 1,0) şev açısı öngörülmektedir. Sonra da bu kritik şevin, güvenlik ve maliyetin genel ilkeleriyle uyum sağlayabilecek miktarda yatırılması ile tasarım şevi elde edilmektedir. Bu yaklaşımın benimsenmesi iki ana nedene dayanmaktadır ;

- Kritik şev açısı soyut bir nicelik değildir ve bundan ötürü daha kolayca anlaşılabilir. Ayrıca, kritik şev açısının türetilmesinde belirli kuramsal karşı çıkmalar elenmektedir.
- Açık ocak işletmeciliğindeki maden mühendisleri, şev açıları cinsinden konuşmaya yatkındırlar ve bu nedenle de, bir şevin güvenlik sınırını değerlendirmek için, daha gerçekçi bir «sezgi» ya da yargı geliştirmişlerdir; yani, bir şevin güvenlik katsayısının F = 1,5 ya da 1,8 olarak kabul edilmesi yerine, aynı şevi 3 ya da 5 derece yatırılması biçimini yeğlerler.

Bu konuda daha yeni bir yaklaşım da güvenlik sınırlarının olasılık kuramı cinsinden ele alınmasıdır. Burada zamanın şev güvenliği üzerinde oynadığı rot gündeme



Şekil 4. Kompleks bakır cevheri yatağından alınan tipik bir kesit.

getirilmektedir. Denilmektedir ki, bir ocaktaki doğru şev açısı, en son makina - donatım parçasının ocaktan taşınıp, götürüldüğü gün kayan şevin açısıdır. Bu da (nihai) şev açısının, sadece göreceli olarak ktsa bir süre için, dayanmasının istendiğini ortaya koymaktadır. Tersine, ocağın işletme ömrü süresince, uygun çalışma koşulları sağlanabilmek için, şevlerin göreceli olarak duraylı olması gerekmektedir. Bu bildirinin sonunda gösterileceği gibi, ocak planlamasının hedefi, her zaman, şevlerin mümkün olduğu kadar dik tutulabilmesidir.

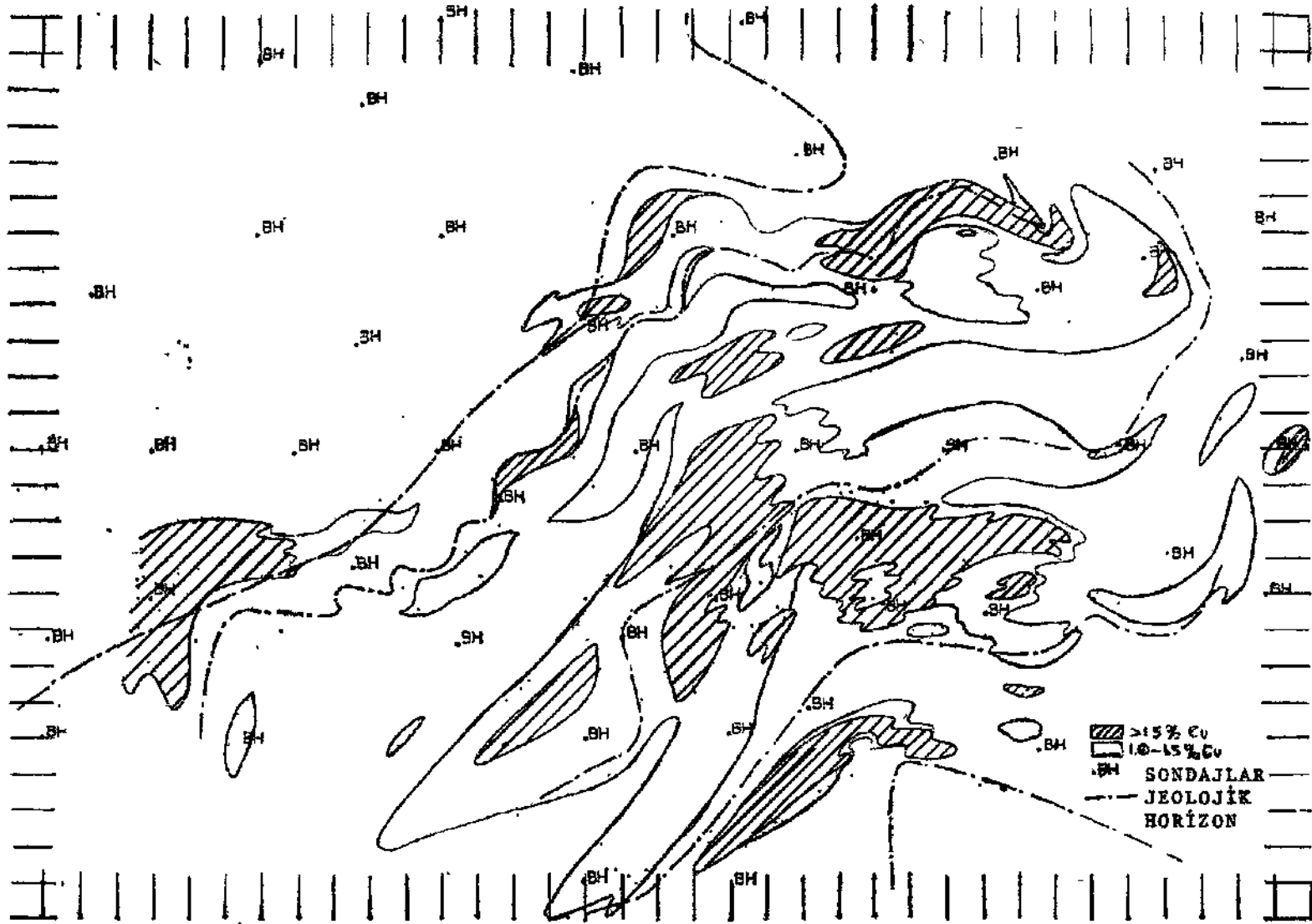
5. CEVHER REZERVLERİNİN SUNULUŞU

Cevher yataklarının sunulmasında normal yöntem cevheri, jeolojik kesitleri üzerinde göstermektir. Sonradan bu kesitler, değişik seviyelerdeki tavan taşı (TaT) ve taban taşı (TbT) konturları çiziminde kullanılır. Jeolojik kesitlerin yatağın doğrultusuna dik olarak alınması en kullanışlı olan yöntemdir. Kesitler arası uzaklıklar, arama amaçları için seçilen jeolojik kare-lafa göre değişir ve bundan Ötürü de yatağın doğrultu uzunluğuna büyük oranda bağlıdır. Ancak, açık ocak planlaması

için en az 4 ya da 5 adet Jeolojik kesitin, planının elinde olması gerekmektedir Şekil 4'de, kompleks bir maden yatağından alınan tipik bir ocakla İşletilecek bir cevher yatağı kesiti ve Şekil 5'de de basamak kontur planı, yani cevher yatağı'nın belirli bir seviyedeki İzi, görülmektedir.

Çizelge 1'de bir bakır yatağına ait cevher rezervlerinin sayısal sunuluşu gösterilmektedir. Farklı değerleri göstermek için boyama yapıldığı zaman, yüksek ve düşük tenörlerin hangi alanlarda ve ne derinlikte olduklarını bir bakışta görmek mümkündür. Bu temelde, planlama çabalarının hangi alanlara ve derinliklere yoğunlaştırılacağını görmek de kolaylaşacaktır.

Cevher yataklarının bilgisayar kullanımıyla sunulması üzerinde de çok çalışılmıştır. Bu bildirinin yazarlarının görüşüne göre, nisbeten basit ve büyük cevher yataklarının hesaplamalarında bilgisayarlar çok kullanışlı olmakla beraber Şekli 4 ve Şekil 5'de görülenler gibi daha küçük ve daha kompleks cevher yatakları, «sağduyu» ve deneyimin uygulanmasına daha uygundur ve bu da çoğu kez plan üzerinde grafik olarak yapılabilir.



Şekil 5. Kompleks bakır cevheri yatağı için cevher amirlerini yatay düzlem üzerinde gösteren tipik bir basamak kontur planı.

ÇİZELGE 1. Bir Bakır Cevheri Rezervinin Çizelge ile Sunuluşu

FORMAT:

Cu Cevheri (ton)	Toplam Cu İçeriği (%)	
	Azaltılmış Cu İçeriği (%)	Asıl Cu İçeriği (%)

Kesit No Bazamak No	1. Sınıf		2. Sınıf		3. Sınıf		4. Sınıf		Toplam		Kesit No Bazamak No	
176											176	
206					7 261	6.61	479			7 261	6.61	479
236			13 706	5.62	7 701	5.71	406				5.61	406
266				4.81	618	4.61	1 900	32 345	2.79	982	4.67	3 751
296	23 766	6.75	1 604	5.87	1 521	4.47	4 001	47 034	4.05	2 907	4.78	14 852
296		6.81	1 500	5.10	1 721	3.89	3 221		3.52	1 660	4.39	9 708
296	112 146	9.24	12 210	3.79	1 976	2.38	7 071	86 431	9.63	6 751	6.13	29 406
296		6.80	7 929	2.98	1 554	2.60	5 439		6.57	2 407	6.67	23 126
326	122 234	7.56	9 241	4.01	1 702	1.61	7 486	79 142	4.96	1 925	4.24	24 154
326		7.02	8 642	2.63	2 447	2.81	5 628		4.10	3 245	3.87	19 762
356	14 208	6.49	955	3.66	6 315	6.45	12 163	51 566	3.97	2 047	5.06	21 880
356		5.92	811	8.99	1 708	5.60	10 857		4.12	1 504	3.49	65 345
386			162 249	8.06	13 091	6.62	13 268	18 143	3.00	544	7.95	26 865
386				6.64	19 811	5.36	10 667		2.00	163	7.74	28 804
416			47 369	6.53	3 093	5.69	9 922				5.67	93 095
416				5.94	2 814	5.13	8 946				5.30	41 701
446						6.03	2 541				6.01	2 544
446						3.32	2 003				3.12	1 015
476												
476												
TOPLAM	392 833	8.28	24 614	5.38	39 669	4.94	81 568	314 663	5.55	17 474	5.51	131 521
		6.87	16 932	3.75	21 267	4.11	51 240		4.75	14 957	4.40	104 415

6. NİHAİ OCAK

Herhangi bir cevher yatağı için, en ekonomik olan bir tek nihai ocak tasarımı vardır ve en iyi mali kazançlara erişebilecek bir işletme programının gerçekleştirilmesi için de bunun ortaya çıkarılmasının büyük önemi vardır. Nihai ocak aşağıdaki koşulların herhangibirinden saptanacaktır.

(a) İşletmenin bütününe ya da herhangi bir parçasının ekonomikliğine ilişkin bir sorun bırakılmaksızın, toplam cevher rezervini kurtaracak olan bir ocak.

(b) Kalan cevher rezervinin, açık işletme yöntemlerine göre, yeraltı yöntemleriyle daha az maliyetli olarak kurtarabileceği bir derinliğe kadar uzanan bir ocak.

(c) Korların marjinal hale geldiği ve yeraltı yöntemlerinin de ekonomik olmadığı bir derinliğe kadar uzanan bir ocak.

(d) Gelecekte, yeteri kadar uzun bir dönemde, madencilik kuruluşunun makul bir yatırım riskini karşılamak için, işletilebilir cevher rezervini kurtaracak herhangi bir ocak.

Nihai ocağın geometrisi, çıkartılan beher ton cevherin en azından kendi giderlerini karşıladığı kabul edilerek, işletilebilir cevher (payable ore) hacmini maksimize edecek bir geometrik biçime sahip olacaktır.

Tanımlanmış herhangi bir cevher yatağı için, işletilebilir cevher rezervini ortaya çıkarmak için belirlenmesi gereken, yalnız bir tane optimum geometrik şekil vardır. Optimum geometri ise bir sınıma - yanılma işlemi ile saptanır; ve (I) yüzey topografyasına, (II) cevher yatağının geometrik şekline, (III) yataktaki cevherin değer dağılımına, (IV) şev açlarına bağlıdır. Deneme - yanılma usulü, hem grafik olarak ve hem de

verilerin bilgisayara uyarlamasının uygun olduğu hallerde, bilgisayarla yapılabilir. Nihal ocak ekonomisini belirleyen etmenler zamanla değişeceğinden, koşullar değiştikçe, nihai ocağın da zaman zaman yeniden gözden geçirilmesi gerekir.

7.1. Nihal Ocak Tasarımı (grafiksel olarak)

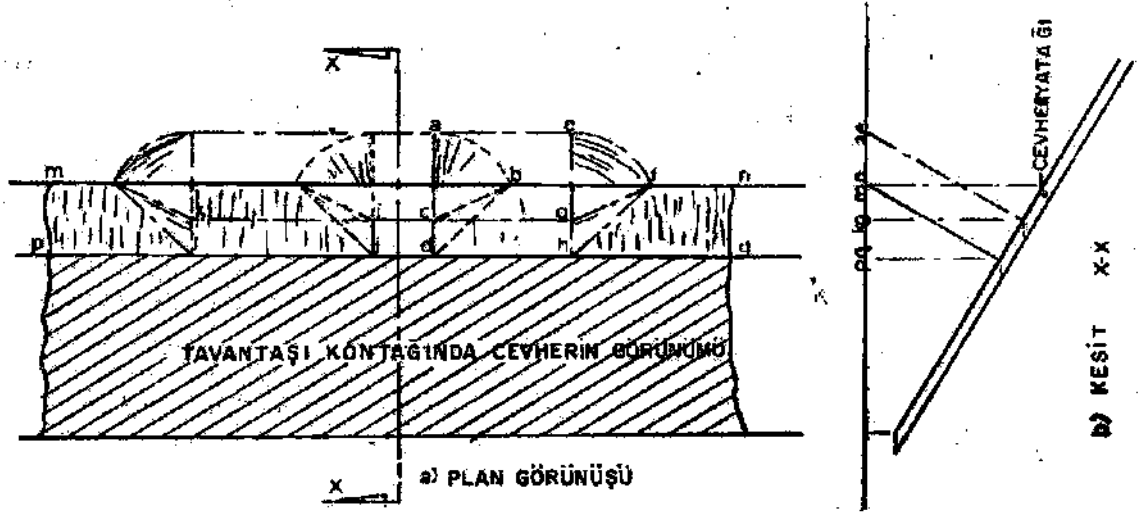
Nihal ocak tasarımının asıl amacı toplam işletilebilir cevher rezervlerinin saptanmasıdır. Nihal ocağın sınırları hakkında bilgilenmek, aynı zamanda yardımcı tesislerin &e atık alanlarının yerleştirilmesi bakımından da zorunludur. Nihal ocağın yukardaki «c» ve «d» koşullarından türetildiği bazı durumlarda cevher yatağının ekonomiiindeki muhtemel değişiklikler için pay bırakılmalı ve kalıcı tesisler ile tumba yerlerinin yerleştirilmesi de, yatağın bütününe bağlı olarak kararlaştırılmalıdır. İşletilebilir cevher rezervi ile ocak sınırlarının belirlenmesinde Plewman sade ve yaklaşık bir yöntem önermiştir.

İlk anda kararlaştırılması gereken (bu yöntemde) ekonomik örtükazı endeksi (I_e) olacaktır. Çizelge I'de verilen cevher rezervlerine kaba bir bakışla, cevher yatağının ekonomik kesimleri ile ilgili en bariz ipuçları ortaya çıkacaktır. Cevher yatağının bu kısımlarını minimum Örtü hacmiyle kurtaracak şekilde . tasarımılanan ocağın farklı kesimleri için seçilen şev açıları kullanılarak, plan üzerine bir ocak çizilir. Sonra da bu ocak için pasa ve cevher kazı miktarları ile cevher değeri ve dolayısıyla da örtü kazı endeksi belirlenir. Artık sorun, bu ocağın kendi optimum geometrik şekline ayarlanması halini almıştır.

Bu, kaldırılması gereken üst örtünün kaldırılan her parçası, dolaylı ya da dolaysız olarak, altındaki cevher tarafından karşılanması gerekir mantığına dayanarak yapılır (Bu başlık altında son paragrafa bakınız). Böylece bir kez ocak tasarımılandıktan sonra, bir sonraki en kârlı cevher bloku araştırılır. Ocak tabanı bu ek cevheri içerecek şekilde ayarlanır ve bu ek cevherin üstünü açmak,-kaldırılması gereken örtünün hacmi de sonradan belirlenir

Kapsama alınan ek cevher kazısı için örtü kazı endeksi bu işlemin kârlı olabilmesi için, ekonomik örtü kazı endeksi «-yi aşmalıdır. Bu işlemler örtü kazı endeksi I_e'ye eşit olduğu noktaya erişene kadar yinelenir. Şunun farkına varmak önemlidir : Cevher yatağının parçalarının üstünü açarken ki enstane örtü kazı oranı, yalnız yatağın derinliğine ve şev açısına değil, aynı zamanda, cevherin artan kısmının hacmine ya da bu açılan kısmın doğrultu uzunluğuna da bağımlı olacaktır. Bu, kenarlarda İçeri len üst örtü hacminden ötürüdür ki, bu da Şekil f'da gösterildiği gibi, doğrultu ister 100 ft ister 1000ft olsun, aynı olacaktır. Şekildeki taralı alan, ocak tasarımıyla üstü açılacak olan tavan taşı yüzeyinin plan görünüşüdür; tavantaşı şevi de planda «mnpq» alanı ile simgelenmektedir. Cevherde «|icd» ek bloku açıldığında yan kamanın içereceği hacim «abcd» olacaktır ki, bu da «lkgh» cevher blokunun açılmasıyla yan kamanın içereceği «efhg» hacminin bütünüyle aynıdır. Basit ve bir biçimli bir cevher yatağı için İlk andaki örtü kazı oranı, sonrakinden daha yüksek olacaktır (yan kamaların etkisi nedeniyle).. Yukarda açıklanan nedenle, nihai ocağın lik seçimi ile üstü açılan cevher yatağı kesimleri dışarda tutulmalı ve böylelikle tasarruf edilen üstörtü hacmi belirlenmelidir. Bu kesimlerdeki örtü kazı endeksi de her zaman için ekonomik örtü kazı endeksinden küçük olmalıdır. Bu usül, kaldırılan bütün üstörtünün, bu üstörtü altındaki cevherle karşılanmasını sağlar.

Baran bitişik zengin cevheri açığa çıkarabilmek için, ekonomik olamayacak cevheri kazmak gerekir. Bu gibi durumlarda, yukarda açıklanan işlemler düzeltilmeli ve kümülatif örtü kazı endeksleri hesaba katılmalıdır. Bu da, işletme ömrü süresince Örtü kazı endeksi I_e'nin her zaman için ekonomik örtü kazı endeksi U'nin altında bulunmasına gerek olmadığı anlamına gelmektedir. Böylesi koşullarda, ileride bu bildirinin «işletme programlanması» bölümünde açıklanacağı gibi, İşletme oranını (mining ratio), optimum koşulları yaratacak şekilde ayarlamak gerekir. Bütün bun-



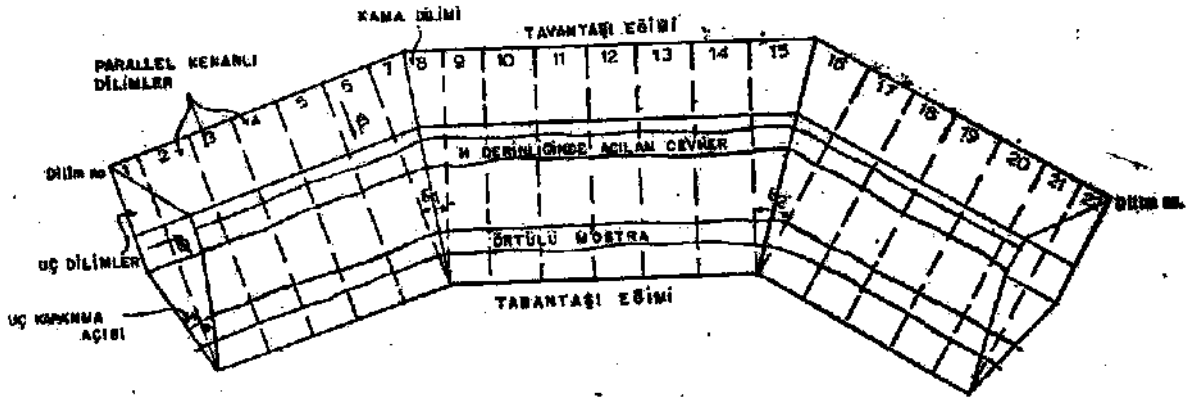
Şekil 6. Cevher yatağının eğim yönünde işletilmesi.

(ardan ötürü, madenî ekonomisi, enstantane örtü kazı oranıyla olduğundan daha dolaysız olarak, genel örtü kazı oranıyla ilişkilidir.

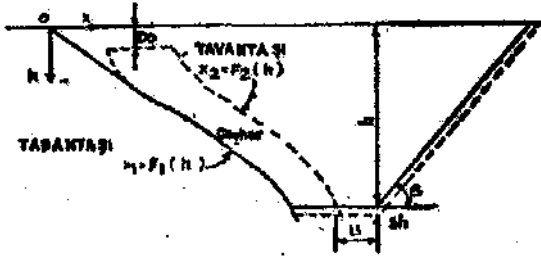
7.2. Nihai Ocak İçin Sayısal ya da Bilgisayar Çözüm

Daha basit cevher yatakları için en avantajlı nihai ocağın belirlenmesinde bilgisayar çok kullanışlı olabilir. Madencilikte açık ocak planlamasında bilgisayarların kullanımı Carlson³ tarafından anlatılmıştır. Nchanga Açık İşletmesi'nde bazı geometrik problemlerin çözümü için Jennings* bilgisayarı kullanmıştır. Cevher yatağı eşit aralıklı paralel kenarlı 16 kesite bölünmüş

ve cevher yatağının plân üzerinde bir eğri oluşturduğu yerlerde. Şekil 7'de gösterildiği gibi kama dilimleri çizilmiştir. Kesitler, her zamanki gibi Tavantaşı (TaT) ve Tabantaşı (TbT) nı gösteren her bir dilimin merkezinden geçecek şekilde alınmıştır. Sonra da her bir TaT ve TbT profiline 4. dereceden polinomlar uyarlanmıştır (Şek. 8 e bakın). Bu örnekteki doğal arazi yüzeyi çok hafif eğimli olduğundan — her bir dilim için farklı seviyelerde olmak üzere — yüzünün yatay olduğu varsayılmıştır. Şekil 9'da kuyu loğlarından türetilen tipik bir matematiksel eğri gösterilmektedir. Kuyu loğları grafikte birer nokta olarak gösterilmiştir. Matematik eğrilerin kullanımının



Şekil 7. Bilgisayar çözümlmesine uyarlamak için bir cevher yatağının basitleştirilmiş planı.



Şekil 8. Tipik bir kesit

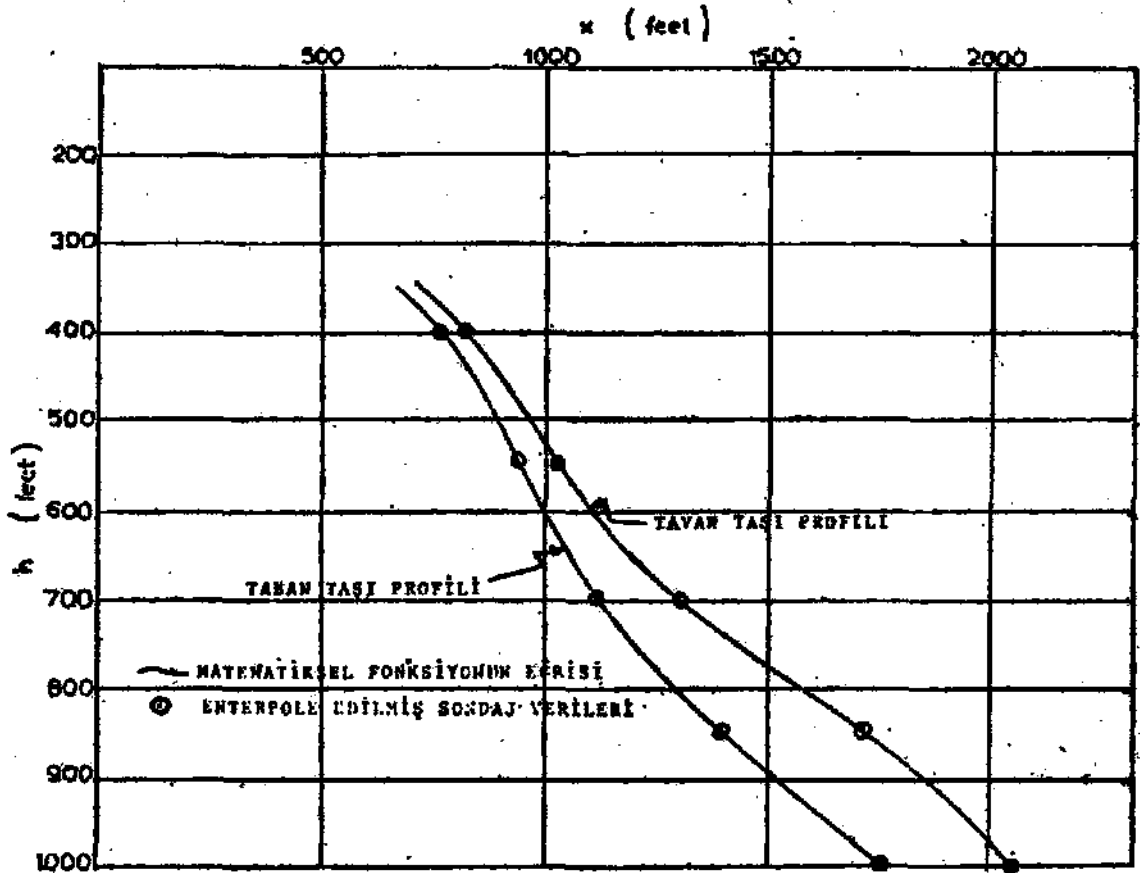
yalnız gözlem atarı için sınırlı olduğu bulunmuştur, (örneğin, Şekil 9'daki 400 ft ile 100 ft derinlikler arasında). Bu sınırların ötesinde kalan çok kısa bir uzaklıkta bile polinomik fonksiyonların ekstrapolasyonu çok hatalı sonuçlar doğurur. Bu nedenle, eğer bu yöntem uygulanacaksa, cevher yatağının alt ve üst sınırlarının belirlenmesi önemlidir.

Bundan sonra, her dilim derinliğinin fonksiyonu olarak, örtü hacmi ve cevher hac-

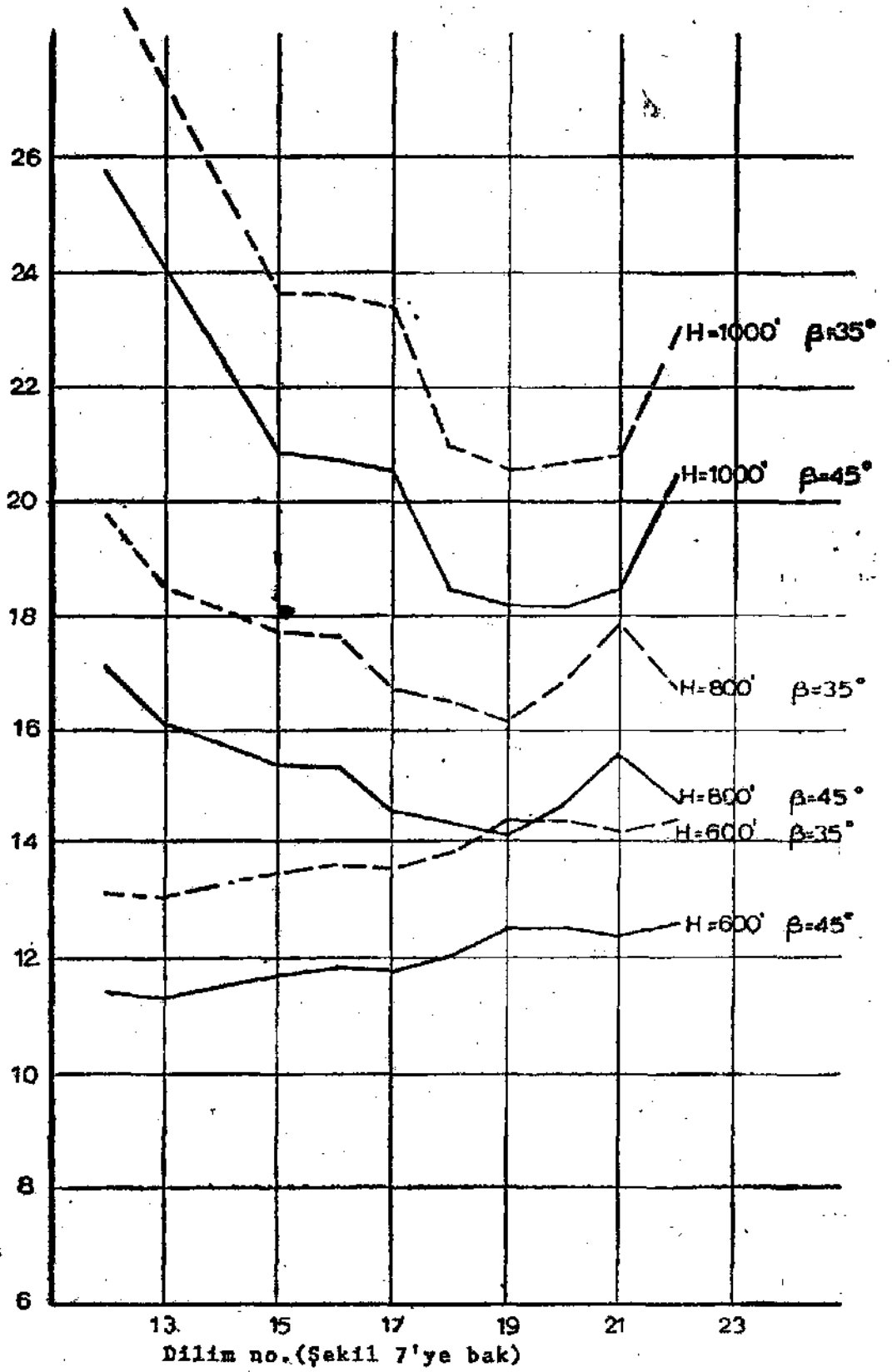
mi için ifadeler türetilmiştir. Bir pratik işletme programını simgeleyen bir mantıksal sıra içinde derinliği ve dilim sayısını değiştirerek farklı geometrik şekiller için örtü kazı oranları saptanmıştır. Şekil 10'da, değişik derinlik ve şev açıları için enstantane örtü kazı oranı ile plan geometrisi arasındaki ilişki (Şekil 7'de tanımlandığı gibi), verilmektedir. Cevher tenöründe hiçbir değişiklik kabul edilmediği için bu

örnekte R ve I doğru orantılıdır.

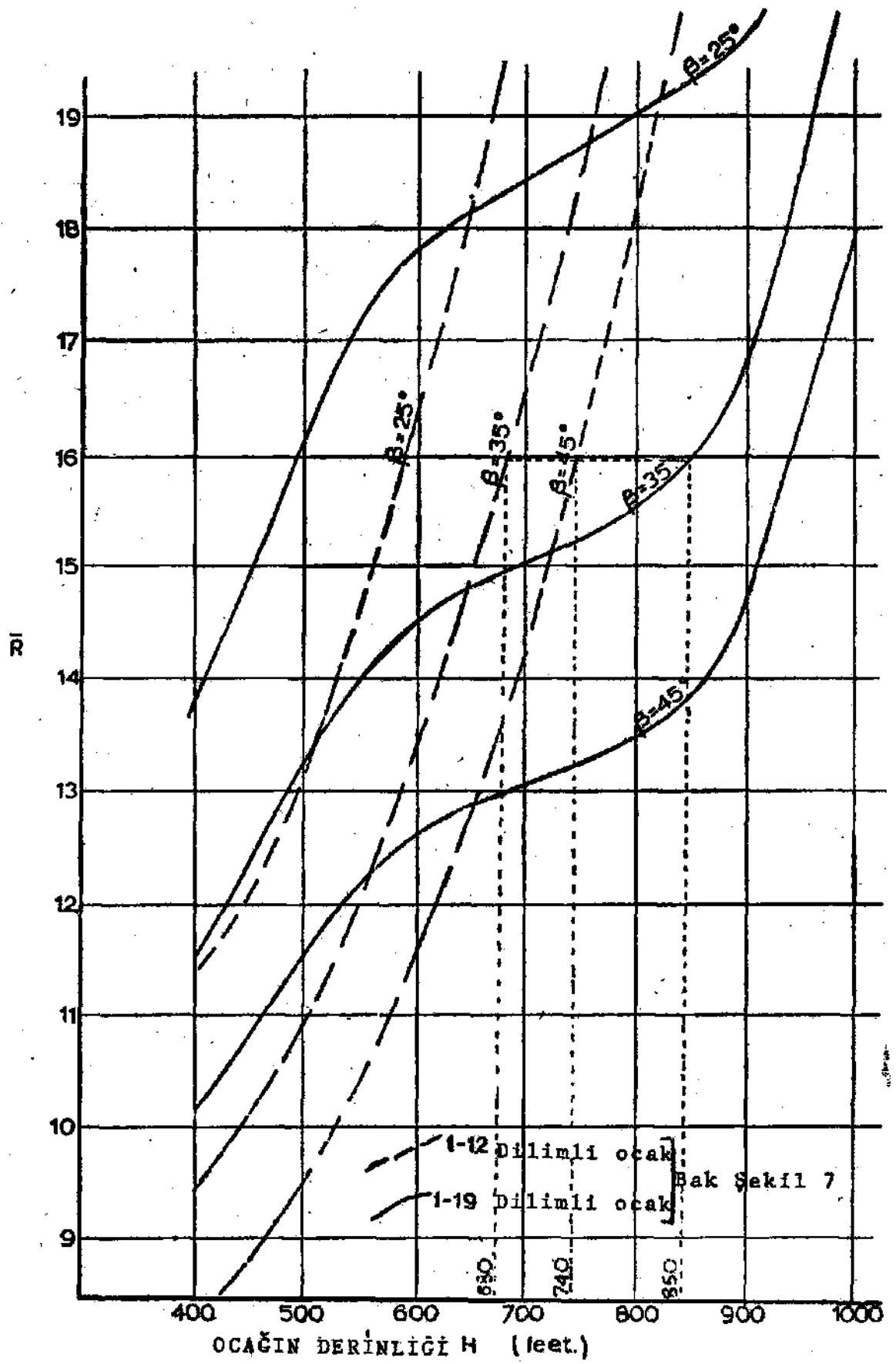
Eğer kurtarılan cevher değerinin R = 20'yi aşmasına Ezi vermeyecek kadar olduğu kabul edilirse, 1 - 13 No. lu dilimlerden oluşan bir ocakta (Şekli 7) 45 derecelik bir şev açısı için maksimum işletme derinliğinin yaklaşık olarak 900 ft olacağı Şekli



Şekil 9. Tabantası ve Uvantaşı profillerine matematiksel eğri uyarlaması.



Şekil 10. Ocagra plan geometrisinin değişiminin R üzerindeki etkisi.



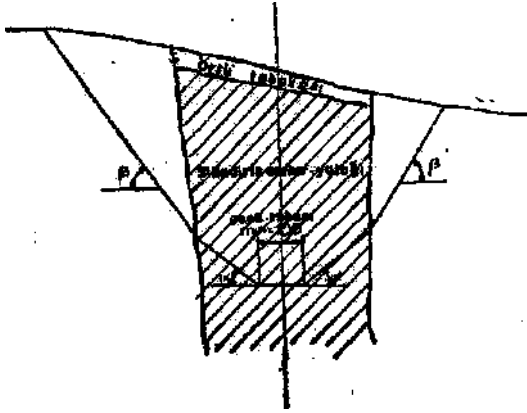
Şekil 11. Degik İki ocak seldi İcin R'nln derinlikle değişimi.

ğu varsayılmıştır. Amaç sorunu basite indirgemektir.

Optimum ocağın merkezinin konumu aşağıdaki şeklide belirlenmiştir :

(I) Orijini yatağın ağırlık merkezinde olan bir kareyaj sistemi plan üzerine yerleştirildi. Wiederholdt¹⁶'un geliştirdiği yüzey uyarlama yöntemi, topografyayı matematiksel ifadelerle simgelemek amacıyla kullanıldı (6. dereceden poñnom).

(II) Merkezi, eksenlerin orijini ile çalışan ve tabanının minimum genişliği 100ft'e eşit olan bir ocak seçildi (Şekil 13),



Şekli 13. Süfaiâirik bir cevher yatağından tipik bir kesit

(III) Şekil 13'de görüldüğü gibi. cevherdeki şev acısı α ile, yantaş yada toprak örtüsündeki şev acısı da β ile gösterildi.

(IV) Merkezden, her biri plan üzerinde 5 derecelik acılar yapan (yani 360 derecelik tam yayı 72 parçaya bölen) radyal kesitler çıkartıldı ve her bir kesit için yatağın kenarına doğru ortalama yarıçap ölçüldü.

(V) Herbir dilim için pasa ve cevher hacimlerinin matematiksel ifadeleri derinlik, ölçülen plan yarıçapı ve şev açısı cinsinden elde edildi.

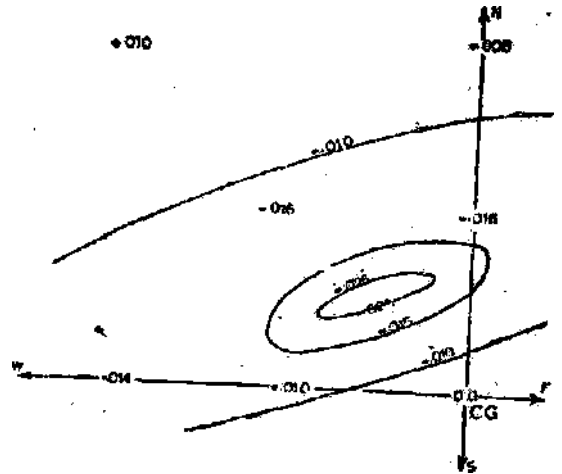
(VI) Toplam pasa hacminin toplam cevher hacmine bölümü, genel örtü kazı oranı verir.

Yukardaki işlemler ocak merkezinin farklı konumları için yineleni ve herbir durum

için genel örtü kazı oranı bulundu. Sonra da minimum R'yi verecek olan ocak merkezinin konumunu elde etmek için eş Örtü kazı oranı konturları çizildi.

Şunu belirtmemiz gerekir ki; eğer genel örtü kazı oranını simgeleyen fonksiyon derinliği göre diferansiye edilseydi (ki böylece enstantane örtü kazı oranını verecektir), ekonomik derinlik sınırı, aynı anda bulunabilirdi. Yatağın birbölçümlülüğne borçtu olduğumuz bu özel durumda R'deki eğilimler (trend) R'nin eğilimlerini çok yakından izledi. Farklı merkezli ocaklar için genel örtü kazı oranındaki farklar çok küçük olduğundan, enstantane örtü kazı oranındaki farklılıkların işaretlenmesi daha kolay geldi.

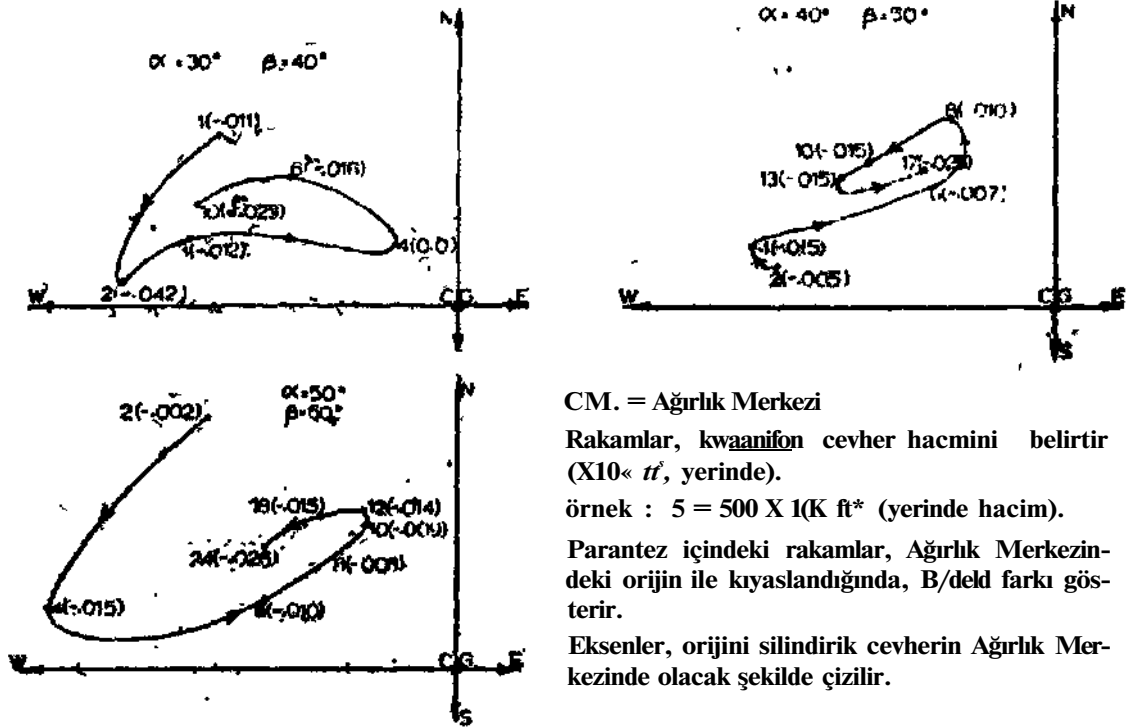
Şekil 14, merkezi cevher yatağının ağırlık merkezinde olan ocağa kıyasla R'leri eşit farklılıkta olan ocak merkezlerinin bir tipik



Şekil 14. Merkezi Ağırlık Merkezinde olan

ocakla kıyaslandığında eşit R farkına sahip ocak merkezi konumlarını gösteren konturlar.

kontur serisini göstermektedir. Şekil 15'de İse, kurtarılan cevher hacmindeki artışa göre optimum ocak merkezinin İzlediği yol



Şekil 15. Optimum ocak merkezinin derinliğe zöre değişimi.

görülmektedir. Kurtarılan cevher hacmi, sırayla, aynı örneğe ilişkin olan Şekil 3 kullanılarak derinlikle de bağlantılandırılabilir. Şekil 15'de verilen 3 eğriye göre, optimum ocak merkezinin konumu ocağın indiği derinliğe ve şev açısına bağımlıdır. Enstantane örtü kazı oranlarından efde edilen farklar (Şekil 15'de parantez içinde gösterilmiştir.) %2.5 düzeyindeki farkları yansıtır. Bu farklar, somut olmamasına ya da önceki örnekteki kadar yeterli olmamasına karşın yine de işletme sırasında erişilebilecek somut tasarrufları simgeler.

Yukardaki iki Örnek göstermektedir ki; l/nin belirli bir değeri için, maksimum cevher rezervini veren ocağa karşılık olan optimum ocağı verecek bir belirli geometrik şekil vardır. Bir nihai ocak için farklı çözümler, üstü açılan cevher rezervi temelinde kıyaslanır; çünkü, her ocak kendi ekonomik sınırına kadar işletilebilir.

CM. = Ağırlık Merkezi

Rakamlar, kwanifon cevher hacmini belirtir (X10« t', yerinde).

örnek : 5 = 500 X I(K ft* (yerinde hacim).

Parantez içindeki rakamlar, Ağırlık Merkezindeki orijin ile kıyaslandığında, B/deld farkı gösterir.

Eksenler, orijini silindirik cevherin Ağırlık Merkezinde olacak şekilde çizilir.

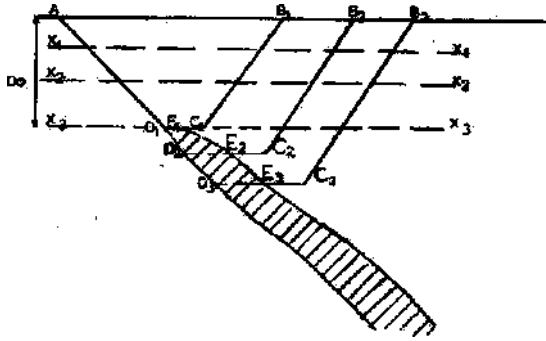
8. İŞLETME PROGRAMI

Bundan önceki bölümde «en iyi» nihai ocağın belirlenmesi işlemi ele alınmıştı. Bundan sonra atılacak adım ise, işletme için maksimum hasılatı verecek gerekli ara aşamaların belirlenmesi olacaktır. Diyelim ki, çeşitli nedenlerle (örneğin sermaye temini), cevher çıkartım hızı x ton/ay'da sabitleştirildi. Burada yanıtlanması gereken iki soru vardır :

1. İşletmenin başlangıcındaki ön örtü kazı ne kadar olacaktır?
2. İşletme ömrü süresince işletme oranı ne olmalıdır?

Bunların her ikisi de en kârlı çözümün bulunmasında gereken ekonomik sorulardır. Hernekadar vergilendirme sistemi Ue İşletmenin kendi mali yapısına bağımlıysa da başlangıç örtü kazısını olabildiğince minimum sınıra indirmekte genel olarak yarar vardır.

Şekil 16'da. D» derinliğinden başlayan bir cevher yatağından alınan bir kesit görülmektedir. Kuramsal olarak, yatağı açmak için gerekli minimum örtü kazı AB₁ C₁ D₁ ocağı ile gösterilir. Böyle bir ocak, yatağın üst yüzeyini açığa çıkaracaktır. Ancak bu cevher, ocağın dar olan taban kısmında açığa çıkacağından, işletilmeye değer herhangi bir cevher bulunamayacaktır. Bu nedenle uygulamada, işletilebilecek bir cevher rezervini ortaya çıkarabilmek için, kesitte AB₃ C₃ E₁ D₁ ile gösterilen bir ocağın açılmasına gerek vardır.



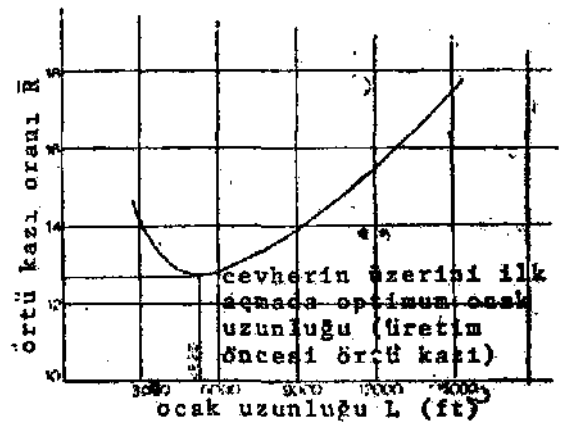
Şekil 16. Hazırlık örtü kazısını gösteren kesit.

Artık C₃ D₃ ile gösterilen ocak tabanı üstündeki taraflı alanda bulunan cevher, işletilmeye hazır toplam cevher hacmini verecektir. Bu nedenle, ilk kazının (başlangıç örtü kazısı Ç. N.) derinliğinin ya da uzunluğunun değiştirilmesiyle, bu hacmin de değiştirilebileceği görülebilir. Dolayısıyla da, minimum miktarda örtünün kaldırılmasıyla, istenen hacimde cevherin acıtmasını sağlayacak olan bir optimum geometrik şeklin var olması gerektiği kolaylıkla görülebilir. Şekil 17'de bir sabit miktardaki cevherin üzerini açmak için gerekli ocak uzunluğu (L) ile, genel örtü kazı oranı (R) arasındaki bağıntıyı görmekteyiz. Bu diyagram Şekil 1'de görülen bir ideal tabular cevher yatağı için türetilmiştir. Bu yatakta; $D_0=60$ ft, $S_1=W^\circ$, $3=45^\circ$, $a=30^\circ$ ve yatay kalınlık da 80 ft'dir.

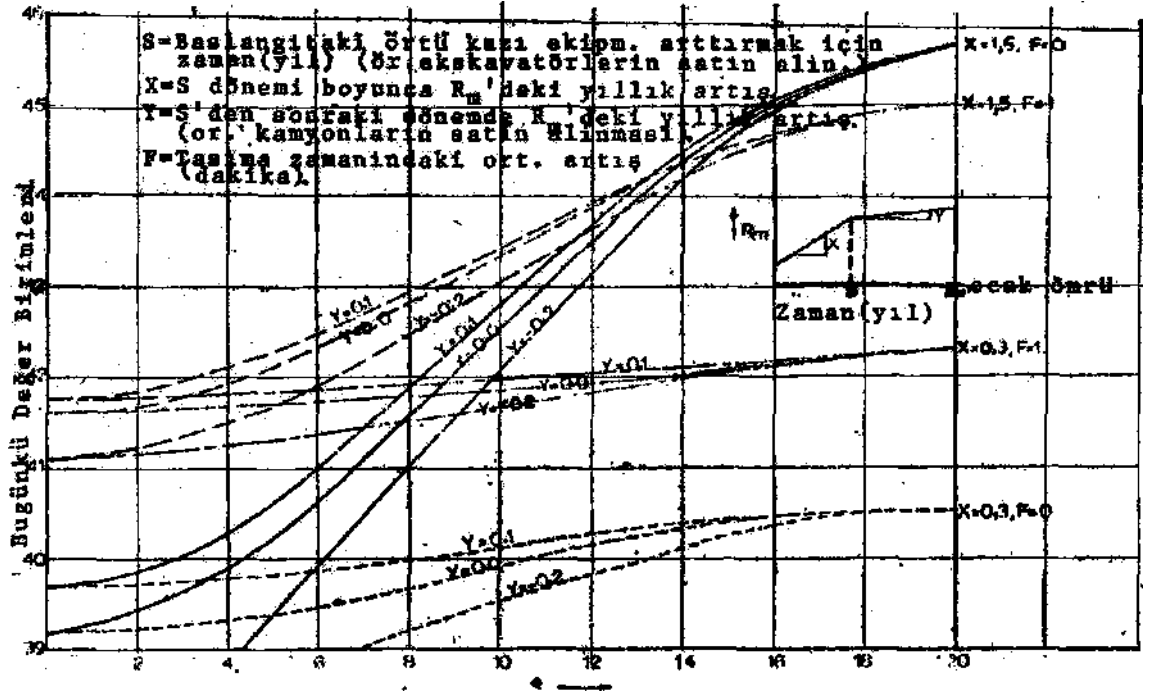
Genel uygulama, açık ocakların ortalama örtü kazı oranında işletilmesidir (Brink¹). Bu görüşün temelinde ekipmanları işletme ömrü süresince amorti etmenin maliyeti

yatar. Bu, taşocakları vb. gibi küçük çaplı işletmeler için makul olabilir ancak, büyük ölçekli açık ocaklarda uygulandığında, değişikliğe gerek vardır.

Nchanga'daki açık maden ocaktan içtın optimum işletme oranının saptanmasında Pronk¹³ o zamanlarda Nchanga'da var olan vergi ve maliyet koşullarının aynen uygulandığı hayali bir cevher yatağı varsayımını kullanmıştır. Kullandığı kıyaslama bazı ise, net bugünkü değer olmuştur. Düşünülen madenin ömrünün 20 yıl (=N) olacağı varsayılmış; ve madenin ömrünün değişik dönemlerinde değiştiği varsayılan örtü kazı oranları için, bugünkü değer hesaplanmıştır. Bulduğu sonuçlar, Şekil 18 ve 19'daki grafiklerde gösterilmektedir. S parametresi ek iş makinalarının satın alınacağı zaman süresini «28) yıl cinsinden ifade eder. Bu dönemden sonra işletme ömrünün sonuna kadar, kazı derinliğinin artması dolayısıyla aynı çıkartım düzeyini korumak için gerekli olan ek kamyonların alımı İstisna olmak kaydıyla, örtü kazı kapasitesi aslında sabittir. X parametresi, S yıllık dönem boyunca işletme oranındaki yıllık artış miktarı; Y de arta kalan yıllardaki fVnin (işletme oranı) yıllık artışıdır. S, X ve Y parametreleri ancak, işletmenin bütün ömrü boyunca doğru zamanda cevherin üstünün açıldığını garanti eden belirli ilişkiler içinde değiştirilebilir. Diyagrama işlenen bugünkü değer, herhangi belirli bir birimi göstermemektedir.



Şekil 17. Optimum hazırlık örtü kazısı uzunluğu.



Şekil 18. R_m 'nin Net BusUnfehi Defer üzerindeki etkisi.

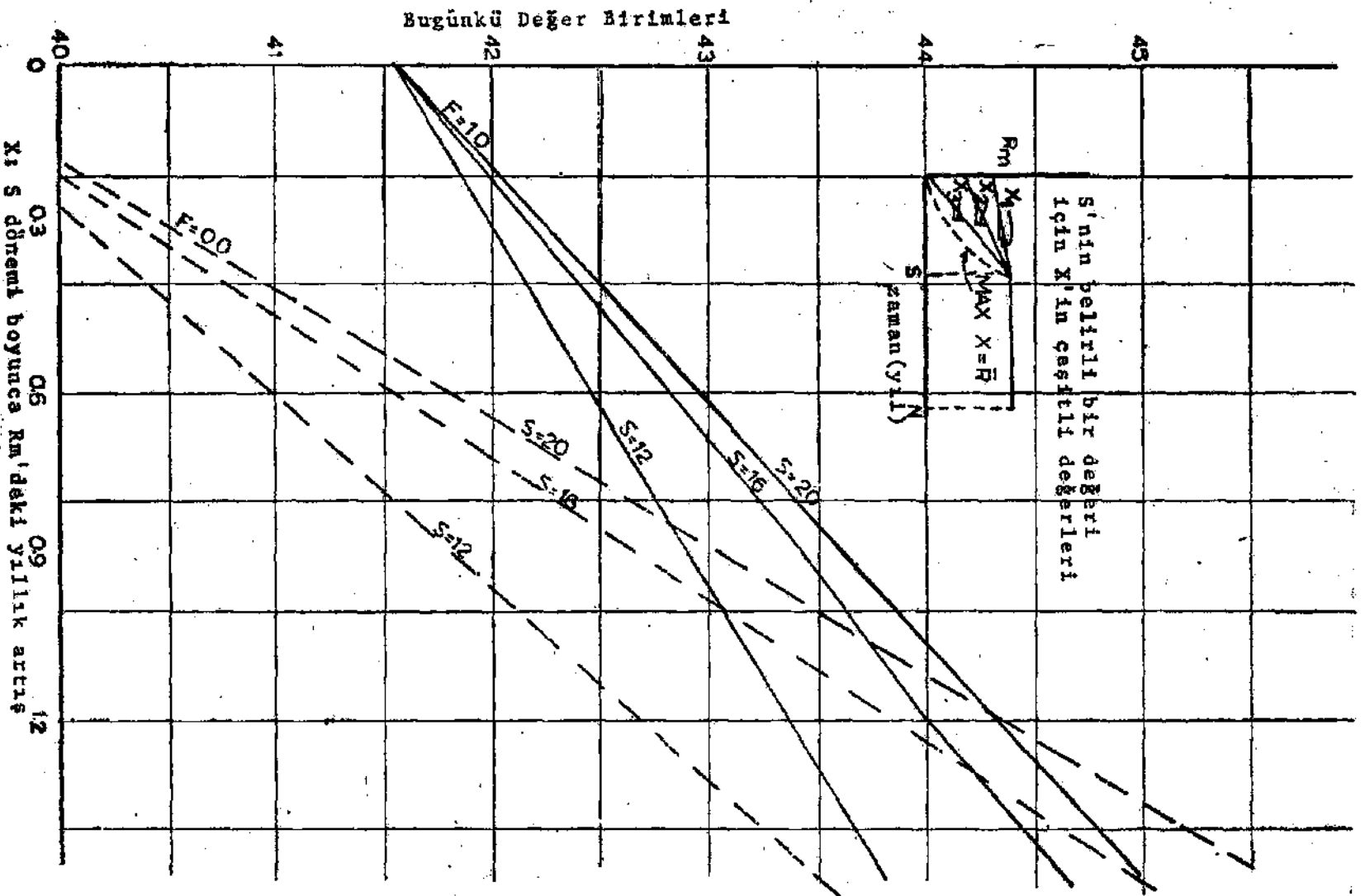
Şekil 18, en yüksek bugünkü değerin $S=N$ (ocağın toplam ömrü) olduğu zaman elde edildiğini göstermektedir. Bir başka deyişle, sonunda nisbeten yeni ekipmanın elde kalacağı bilirse bile, işletme ömrü boyunca örtü kazı ekipmanlarının kapasitesinin artırılması yeğlenir. Bu nedenle, işletme ömrü süresince bir ortalama örtü kazı oranı ile çalışmak, Zambia'daki bir açık bakır işletmesi için ekonomik değildir. Şekil 19'a göre, X değerinin arttırılmasıyla, bugünkü değerler de yükselmektedir. Fakat, X'in değeri (bu örnekte sabit varsayılmıştır.) sınırlıdır; ve erişebileceği en yüksek değer, bir yılda ulaşılan derinliğin karşılığı olan enstantane örtü kazı oranına eşittir. Bu nedenle, optimum örtü kazı hızı (yıllık örtü

kazı miktarı $\dot{C}N$) da $R_{ra}=R$ noktasına karşılık gelir. Ancak bu da, sürekli olarak genişleyen bir örtü kazı ekipman parkı gerektireceğinden, pratik değildir. Bu nedenle en iyi çözüm, bu satırların yazarınca 3 - 5 yıl arasında olması önerilen dönemler

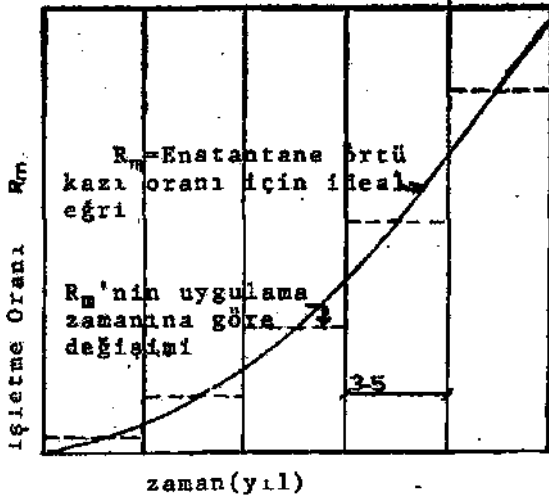
içinde, örtü kazının yaklaşık olarak sabit oranlarda yürütülmesini sağlayacak bir uzlaşmadır.

Bu ise, makina - donatımda planlı artış olanlığı ile kazı makinalarında gerçekleştirilecek yenilik ve ilerlemelerden işletmenin yararlanabilmesini sağlar; Bu işlem Şekil 20'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Buradaki «pratik» eğrinin her basamağı makina - donatımda yapılan bir arttırıma karşılık olmaktadır. Bununla beraber unutulmaması gerekir ki, eğrinin kendisi idealize edilmiştir; çünkü sabit bir makina parkı, işletme derinliğinin ve tumba uzaklığının artması nedeniyle, zaman içinde giderek azalan bir işletme oranı verecektir.

Bu çalışmadan çıkan sonuç şudur: Eğer işletme oranı enstantane örtü kazı oranına yaklaşırsa, net bugünkü değer her zaman artacaktır; fakat pratikte karşılaşılabilecek karmaşık durumlar için pay bırakılması da gerekmektedir.



Sekil 18. X'in Ney Bugünkü Değer Üzerindeki Etkisi



Şekil 20. R_m 'nin optimum değeri.

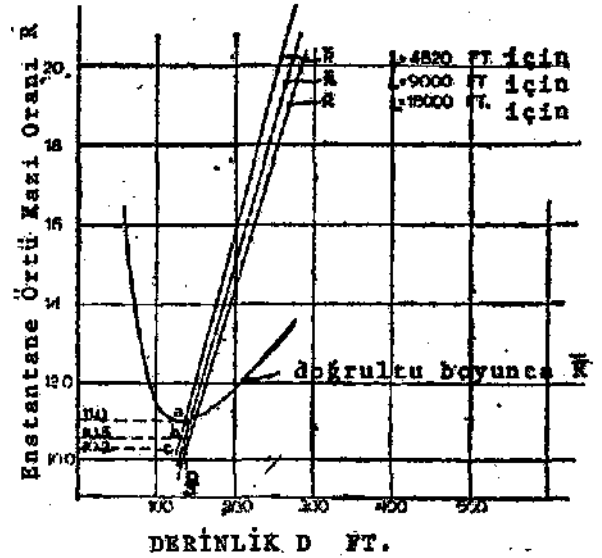
Başlangıç ocağının belirlenmesinden sonra, artık hangi geometrik şeklin en düşük

enstantane örtü kazı oranı R 'yi sağlayacağı sorununu yanıtlayabiliriz. Konuya açıklık getirmek amacıyla Şekil 1'de görülen ideal bir tabular cevher yatağını yeniden ele alalım. Bunun için optimum başlangıç ocağı Şekil 17'den geliştirilmiştir. Bu ocağın derinliği yada doğrultu uzunluğu boyunca ilerletilmesi ile daha fazla cevherin

üstü açılacaktır. R 'nin derinliğe göre değişimi 4320 (optimum başlangıç ocak uzunluğu), 9000 ve 18000 ft uzunluk! ardaki ocaklar için ayrı ayrı Şekil 21'de görülmektedir. Aynı grafik üzerinde R 'nin doğrultu boyunca ilerlemesi ile derinliğe göre değişimi gösterilmiştir. Birleşimli tabular bir

cevher yatağı varsayıldığından R , doğrultu ilerleme uzunluğundan bağımsızdır. Sekile göre başlangıç ocağı, eğer eğim aşağı 140 ft derinliğe kadar indirilirse (Şekil 21 de «a» noktası ile gösterilmiştir) optimum işletme programı elde edilecek ve ondan sonra da ocağın gelişimi artık, uygun bir uzaklığa kadar, doğrultu boyunca ilerleyecektir. Bu uzaklığın 9000 ft'lik bir doğru uzunluğu top-

lamına eşit olduğu varsayılırsa. Şekil 21'deki «b» noktasında görülebileceği gibi, eğim aşağı yapılacak ilerleme daha küçük bir enstantane örtü kazı oranı sonucunu verecektir. Bu yolla optimum ilerleme modeli kurulabilir. Seçilen örnek, yöntemi açıklayabilmek için yararlıdır, fakat uygulamada derinlik artırımları basamak yüksekliklerine karşılık gelmektedir.



Şekil 21. Optimum $R_m (=R)$ elde etmek için ocağın uzunluk ve derinlik ilişkisi.

Bunlardan başka, eleştiriye açık kimi pratik düşünceler daha vardır. Yıllık yağış miktarı yüksek olan bölgelerde işletme planlaması uygun biçimde yapılmalıdır. Böylesi durumlarda normal olarak, ocak tabanında yüzey akıntılarını toplama görevini üstlenecek bir havuz hazırlanır. Sonra da buradan yüzeye pompalanır ve arazinin uygun bir yerine akıtılır. Bu havuzun büyüklüğü ise su besleyen havzanın alanına, beklenen maksimum yağış miktarına ve bir de eldeki pompalama kapasitesine bağlıdır. Böyle bir havuzun açtırılması için yapılan kazı, pratik güçlüklerle doludur ve çoğunlukla istenen büyüklükte bir havuzun açılması olanaksız hale gelmektedir. Bunlara bir de maksimum sağanak miktarının ölçülemezliği de eklenirse.

havuzdaki su seviyesinin bellirlemeyeceği derhai görülecektir. Bu nedenle, ani bir sağanak halinde makina - donatımın sele gitmesi korkusunu ortadan kaldırmak için, yağışlı mevsimlerde ocağın taban seviyelerinin yakınında? hiçbir makınanın çalıştırılmaması gerekir. Yağışlı mevsimin tamamı süresince ocağın tabanında hiçbir çalışma yapılamayacağından, cevherin yılın kurak zamanlarında açığa çıkarılması gerekir ve çalışmaları su basmasından korumak için havuzdaki suyun beklenen düzeyi İte cevher yatağındaki çalışmalar, arasında yeterli bir kot farkının sağlanması, işletmenin güvenliği açısından zorunludur. Çalışma genişliği ile ilgili sorunlar açık işletmeciliğin planlama evresinde çoğunluk-gilila ihmal edilir (Soderberg 15). Bunun ise belli hacimdeki bir cevherin üstünü açmak için gereken minimum örtü hacmi üzerinde çok büyük etkisi olur. Örneğin, 10 yd küptük bir ekskavatör İte 65 tonluk kamyon filosu örtü kazıda kullanılıyorsa, verimli bir işletme yapılabilmesi için çalışma genişliği 120 ft olmalıdır. Yani Şekil 16'daki CE genişliğinin minimum boyutu 120 ft olmak zorundadır. Eğer skreyper kullanılsaydı aynı genişlik, hiç zorlanmadan, 50 ft'e kadar indirilebilirdi; ve böylelikle de aynı hacimdeki cevherin üzerinin açılması için kaldırılması gereken üstörtünün hacmi azaltılmış olur.

Yukarda tartışılanlardan ve Şekil 16'dan görülebileceği gibi, hiç cevher kazısı yapılmazdan önce belirli hacimdeki bir örtünün kaldırılması zorunludur (Bu ilk örtüyü kaldırma maliyeti bir yatırım olarak kabul edilir.). Bu hazırlık örtü kazısı bitirilince, açılan cevherin kazısına başlayabilmek mümkün olur. Cevher üretim hızı sabit olduğundan, üstü açılan cevherin tamamının biteceği bir tarih belirlenebilir ve bu tarihten Önce de, ek olarak daha başka cevherin üstünün açılması gerekir. Bu nedenle şu sorunların çözülmesi gerekir :

<1) Hangi zaman aralıklarıyla cevherin üstü açılarak işletilmeye hazırlanmalıdır? Daha önce de söz konusu edildiği gibi, bu sorunun cevabı Güney Afrika'da çoğunlukla

iklim koşulları tarafından belirlenir. Örneğin yağışın yoğun olduğu bölgelerde uygulama, bir yıllık üretimi karşılayacak cevherin, kurak mevsimde üstünün açılmasıdır. Bir kuruluşun mali durumu yıllık olarak düzenlendiğinden» bu, ilerideki cevherin üstünü açma planlaması için uygun bir süre olmaktadır.

(11) Çıkartıma hazırlanan cevher rezervlerinde ne kadar güvenlik payı bırakılmalıdır? Birinci şıkta, gerekenin üstünde, beklenmeyen durumları karşılamak üzere yedekte, üstü açılmış biraz cevher bulundurmamak, kuşkusuz, iyi bir uygulamadır. Ancak, gereğinden çok daha fazla örtü kazı yapılacağından, bu oldukça masraflı olacaktır. Yazarın deneyimine göre, gereken minimum miktardan, aylık üretimin 3-6 katı fazlası üstü açılmış bir cevher rezervi, uygun bir güvencedir.

8.1. Birden Fazla Cevher Yatağı İçin Optimum İşletme Programı

Bilgisayar kullanımı, birden fazla rezervin varlığı halinde, optimum işletme programının belirlenmesinde yatırım değerlendirme tekniklerinin uygulanmasını kolaylaştırmaktadır. Bunun İçin Net Bugünkü Değer (NBD) ve İndirgenmiş Nakit Akımı (İNA) teknikleri herkes tarafından kullanılan ölçütlerdir. İNA, yatırımda harcanan sermayenin gerçek yıllık kârıdır. NBD de, bir projenin net nakit akımlarının, kuruluşun sermaye maliyeti (kredi faiz haddi ÇN) üzerinden, ilk sermaye harcamasının yapıldığı zamana indirgenmiş bugünkü değeri ile sermaye harcamaları arasındaki farktır; yani, NBD=Nakit Akımlarının Bugünkü Değeri—Sermaye Harcamalarının Bugünkü Değeri'dir.

İNA'nın İki seçenek arasında yapılacak bir tercihte, her zaman için doyurucu bir yöntem oluşturmadığı görülmüştür. Gerçi indirgeme amacıyla yatırım ve proje ömrü göz önüne alınmaktadır ama, tek başına ele alındığında, ne yatırım tutarı ve ne de proje ömrüne ilişkin bir gösterge taşımaz. Bununla beraber iki seçenek proje arasında nakit akımlarının artışı temelinde yapı-

tacak bir tercihte çok yararlıdır. NBD ve İNA aynı düzeyde sıralama vermeye eğilimlidir; yani, istenen toplam yatırımın, eldeki mevcut fonlara eşit olduğu bir program seçiminde her iki yöntem de aynı programı seçerler.

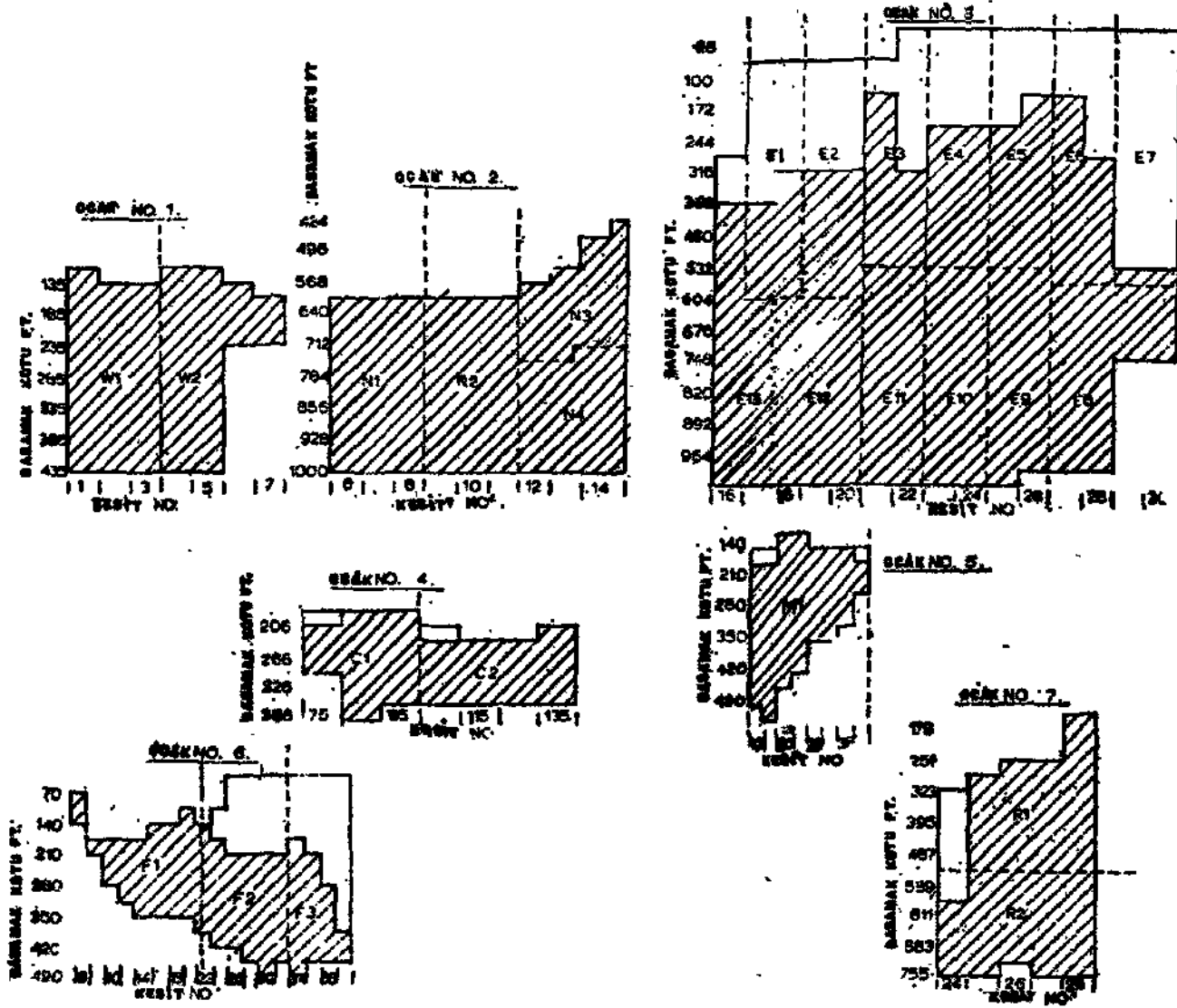
Yatırımın hiç hesaba katılmayacağı durumlar da vardır, örneğin, beş yıllık optimum

madencilik ya da metalurjik üretim programının değerlendirilmesinde olduğu gibi. Bu halde kullanılan değerlendirme ölçütü, nakit akımlarının NBD'nin maksimumuzasyonudur. Bu tekniğin basit bir örneği, açık ocak yöntemleriyle işletilen birden fazla sayıdaki bakır cevherlerinin çıkartımında bir optimum sıralamanın belirlenmesi için

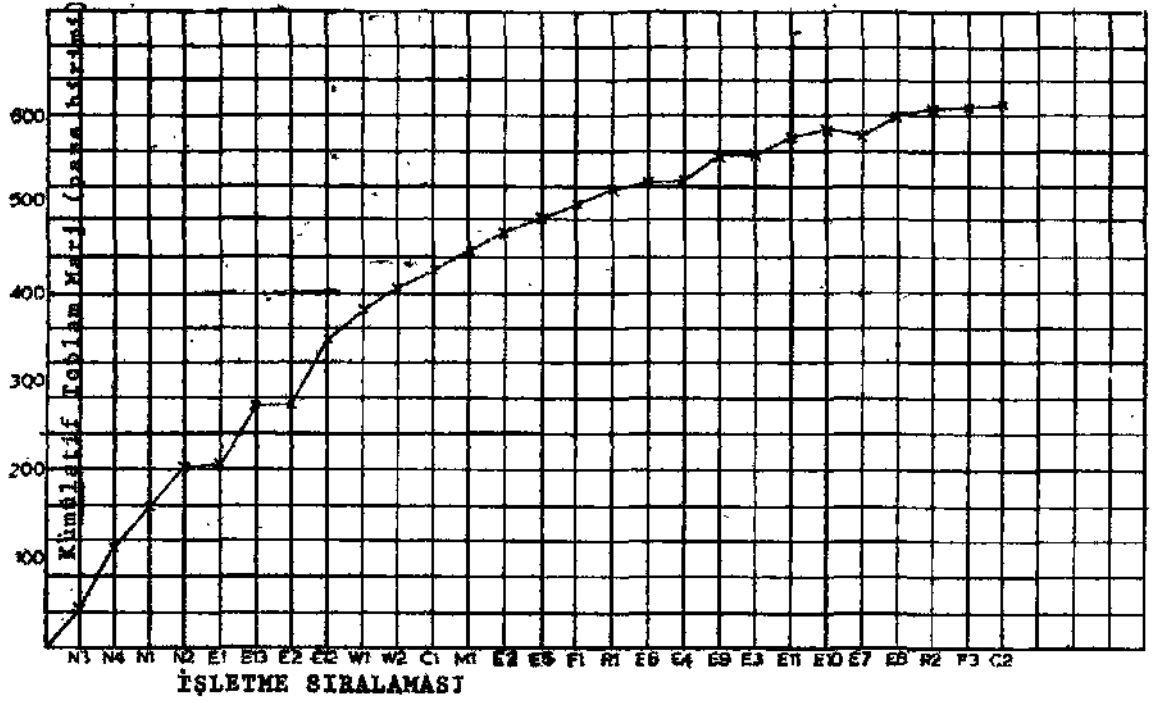
Çizelge 2. Cevher Yatağı Panolarının Ekonomik Yönden Karşılaştırılması.

Cevher Yataktan	Panolar	Toplam Marj* 10*	Marj/ton- son ürün	Genet Örtü kazı Endeksi
Ocak No. 1	W ₃	33,8	349	2,00
		23,1	355	2,00
Ocak No. 2	N1	44,6	313	3,48
	N2	43,7	305	3,56
	N3	41,4	384	1,32
	N4	72,1	352	2,62
Ocak No. 3	E1	3,0	152	10,82
	E2	1,0	63	13,70
	E3	— 0,8	— 94	19,86
	E4	2,3	130	9,66
	E5	17,5	316	3,10
	E6	8,8	257	5,66
	E?	— 4,4	—4150	181,44
	E8	20,2	238	5,88
	E9	29,1	274	3,80
	E10	10,2	171	6,78
	E11	17,5	228	5,48
	E12	73,0	349	2,56
	E13	66,6	361	2 &
Ocak No. 4	C1	22,8	377	2,12
	C2	1,7	265	7,20
Ocak No. 5	M1	20,7	351	2,06
Ocak No. 6	F1	16,9	334	3,96
	F2	19,9	326	3,86
	F3	3,6	150	10,14
Ocak No. 7	R1	15,8	367	2,52
	-	R2	6,9	228

(*) MarJ : Satış gelirlerinden, üretim maliyetinin değişken kısmının çıkarılmasıyla bulunur ve maliyet birimleri cinsinden ifade edilir.



Şekil 22. Basamak ve keşiş numaraları ilişkisini gösteren, çözümlenelerde kullanılan çevher yatığı panoları (Mütüm ocaklar aynı ölçekte değil).



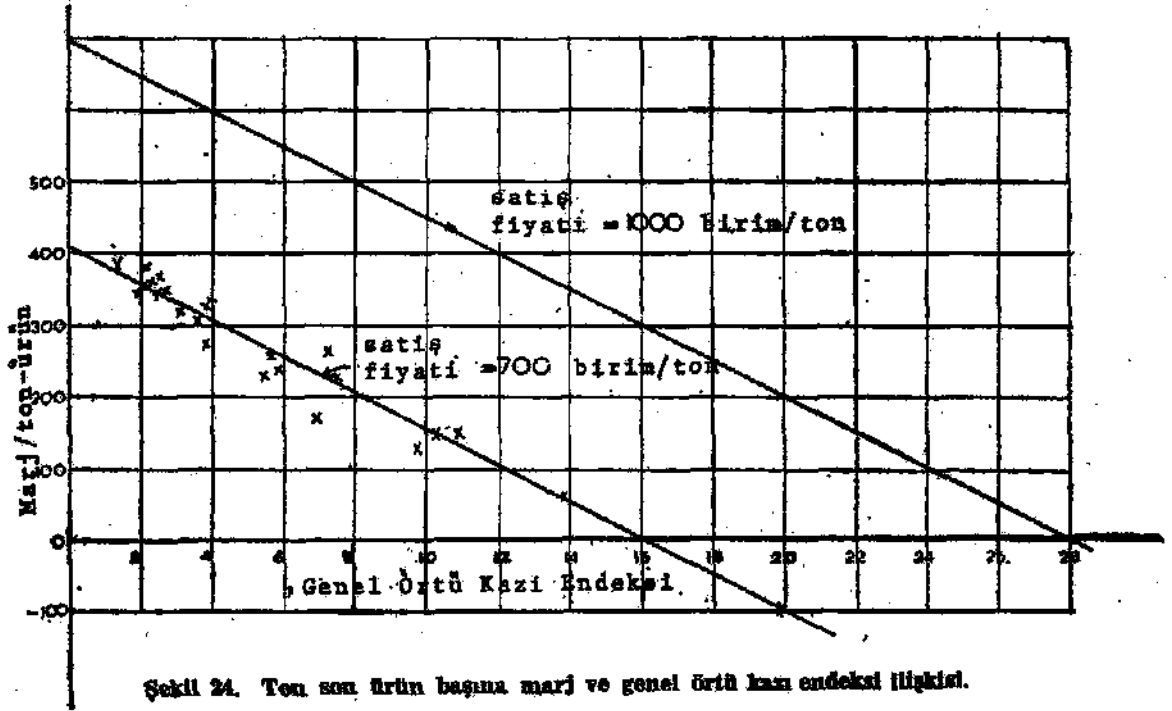
Şekil 23. Ocakların Net Bugünkü Değerini maksimize eden bir işletme sıralamasının yarattığı kümülatif marj.

uygulanmıştır. Oldukça düzgün şekilli bir cevher yatağında, belirli bir cevher kesiminin üzerinin acıtması için yapılması gereken örtükazı miktarını ayrıntılı planlanma ile sağlıklı bir biçimde belirlemek mümkündür. Zaman etmeni de işe karıştığından, bu miktarın belirlenmesinde basit trigonometrinin kullanımı uygun olur. Ele alınan örnekteki yedi cevher yatağının herbiri aşağı yukarı aynı miktarda cevher içeren panolara bölünmüştür ki, bu da en küçük ocağın rezervi olan 4 milyon ton tutarındadır (Şekil 22). Sonra da toplam sayısı 27 adet olan panoların herbirine ilişkin örtü miktarı trigonometrik yöntemlerle hesaplanmıştır.

Her bir pano için, derinlik ve taşıma uzunluğu ile artan maliyeti de hesaba katarak, cevher kazı ve örtükazı maliyetleri hesaplanmıştır. Beher ton cevher ve son ürünün işleme maliyetleri ile mevcut madencilik ve metaflurjl randımanları baz alınarak, bu işlemlerin herbiri için beklenen marjlar bulunmuştur. Marj — Şekil 22'deki Çizelge

II'nin üçüncü ve dördüncü sütunlarında görülen — son ürünün satışından elde edilen hasılat ile değişken İşletme giderleri arasındaki farktır. Sabit giderler—hernekadar toplam maliyetin büyük bir bölümünü oluşturma kaysa da — ihmal edilerek hesaba katılmamıştır, çünkü bu örnek çalışmada işletme faaliyetlerinin nerede yoğunlaştığına bakılmaksızın, işlemenin sabit giderlerinin süreceği varsayılmıştır. Sön Ürünün tonu başına marj ise Çizelge 2'de gösterildiği gibi, cevher yatağının her bir panosunun görece kârlılığına İşaret etmektedir.

Mümkün olan en iyi bir işletme sıralaması, nakit akımlarının NBD'ni maksimize eden sıralama olacaktır; ve bu, cevher yatağının daha kârlı bölümlerinin (yani, son ürün başına en yüksek marjı taşıyanın) olabildiğince erken işletecek biçimde sıralanmasıyla elde edilir. Bu ölçütlere göre ocakların işletilmesinin sıralaması, Şekil 23'de görülen biçimdeki, kümülatif net-nakit akımı grafiğini vermiştir.



Şekil 24. Ton son ürün başına marj ve genel örtü kazı endeksi ilişkisi.

R

— olarak tanımlanan genel örtükazı endeksi ile ton basma marj (yani net gelir) arasında çeşitli panolarda karşılıklı yakın ilişki olduğu bulunmuştur. Bu ilişkinin biçimi Şekil 24'de görülmektedir. Burada işaretilenen her nokta farklı cevher yataklarındaki panolardan birine ait değeri simgelemektedir. Dağılımın az olduğu (noktaların sık olduğu ÇN) yerler çeşitli yataklardaki yataklanma biçiminin ve tenorun benzerliğinden kaynaklanmaktadır.

Cevher yataklarının farklı bölümlerinin görece kârlılığının iyi bir göstergesi, bu nedenle, örtü kazı endeksi (I) olarak tanımlanan bu orandır. Bu, özellikle, her bir alan için ayrı ekonomik değerlendirme yapmayı gerektirmeden, ayrıntılı planlamanın yapılması gereken atarın, tam isabet olarak gösterdiği bir büyük ocakta böyledir.

9. PASA ATIMI

Buraya kadar yalnız ocak içindeki işlemler ele alınıp İncelenmişti. Bununla birlik-

te, üst örtünün kaldırılıp atık alanına tumba edilmesi de maliyetleri oldukça etkileyen bir işlemdir. Burada pasa atımı ile ilgili önemli etmenlerin bazıları, ekskavatör ve kamyon sistemine uygulanış biçimiyle, incelenecektir. Cevherin zenginleştirme tesislerine taşınması ise hesaba katılmayacaktır.

Atık alanı tasarımını ilgilendiren İlk problem bunun yerinin seçimidir. Herşeyden önce gelecekteki genişlemeye engel olmayacak bir biçimde yer seçimi, açık bir zorunluktur. Atık alanını, istenen bir seviye elde etmek için yüzey düzenlemesinin planlandığı ya da zemin koşullarının İnşaat yönünden elverişsiz olduğu alanlara yerleştirmek çoğunlukla yararlıdır. Yine de atık alanının cevher yatağının üzerine konulduğu ve sonra da aitta kalan cevherin çıkartımı için, belirli bir süre sonra, yeniden taşındığı sık sık rastlanan olaylardır. Böylesi durumlar ileri planlama tekniklerinin noksanlığından kaynaklanır. Diğer taraftan, böylesi hatalar yüzünden maden mühendisleri haksız eleştirilere uğrarlar. Oysa ki, atık alanının yerleştirildiği sıralarda, o zaman için elde bulunan bilgi-

lerin ışığı altında bu işlem, akla en uygun karar olabilir.

Atık yeri (ya da yerleri), kamyonların taşıma sürelerini azaltmak ve böylelikle maliyetleri düşürmek için, açık ocak çalışmalarına olabildiğince yakın olmalıdır. Bu ise, daha karmaşık iki duruma yol acar :

(a) Hazırlığın ilk evrelerinde nihai ocağına sınırları her zaman tam olarak bilinemez ve atık alanının, nihai ocağın çok yakınına yerleştirilme tehlikesi vardır.

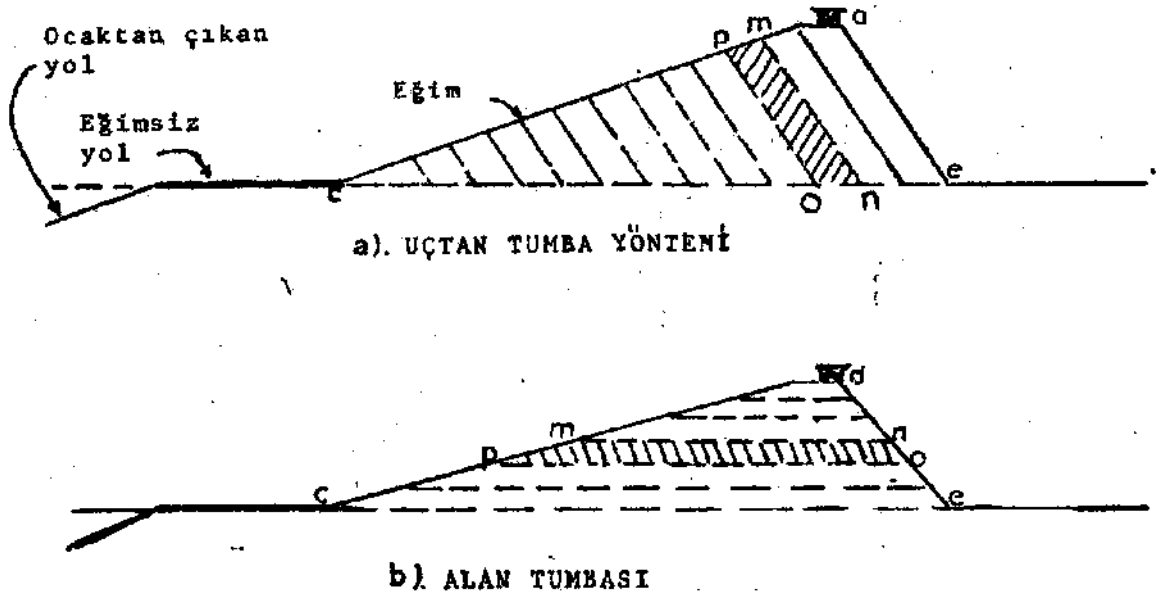
(b) Başlangıç dönemlerinde, çalışmalara yakın olan bütün atık alanları kullanılırsa, daha derinlerdeki seviyelerde çalışıldığı zaman araçlar, daha ötedeki alanlara gidip gelme zorunda kalacaklardır; ve bu nedenle de, gidip gelme süresi çok daha fazla artacaktır.

Bu sorunun, Şekli 19'dan çıkartılabilecek olan ekonomik bir yanıtı vardır. $S=20$ yıl olan bir işletmeyi ele atalım. X (işletme oranındaki yıllık artış) 1,2'den küçük olması koşuluyla, eğer F (atık alanına gidiş dönüş süresindeki yıllık artış) pozitif olursa, madenin bugünkü değerinin artacağı görülebilir. Bu nedenle eğer işletme oranı R_m sabit ise, en yakın atık alanını olabildi-

ğince erken kultanmanın daha ekonomik olacağını söylemenin dışında, bu soruya verilebilecek basit bir yanıt yoktur. Bu da iyi bir sonuçtur; çünkü, insan doğası gereği, herhangi bir üretim sorumlusu, başlangıçtan beri olabildiğince en düşük maliyetle çalışacaktır ve bundan sonraki birkaç yılda, maliyetten kazanmak için, İşletme maliyetini arttırmaya isteksiz olacaktır.

Atık alanı tasarımı ile ilgili olan ikinci ana sorun, bunun fiziksel boyutları ve çalışma yöntemidir. Çözümlerin bir çoğunu da genellikle pratik düşünceler belirler; örneğin, fazla yağış alan bölgelerde drenajı sağlayabilmek için atık alanı üzerinde uygun eğimlerin mutlak gerekliliği gibi.

Kuramsal olarak atık alanı, pasaz malzemelerinin atımını olabildiğince ucuza getirecek biçimde tasarlanmalıdır. Atık alanının tasarımında, kamyonların tumba noktasına gidiş ve dönüş hızları, maliyetleri etkileyen ana etmendir. Bu nedenle tumba üzerindeki yolun eğimi de en önemli etmendir. Şekil 25 (a)'da en çok kullanılan iki tip tumba tekniğinden «uçtan tumba» (end - tipping) olarak bilineni gösterilmiştir. Burada atık alanının «de» kenarı, ke-



Şekil 25. Kamyon tumba yöntemleri.

nara yakın tumba edilen yüklerin, dozerle tesviye edilmesi suretiyle ilerletilmektedir. Atık alanı inşa işlemi taralı olarak gösterilen «pmno» gibi dilimlerin eklenmesiyle oluşturulur, yalnız, pratikte bu dilimlerin kalınlığı azdır. Bu yöntemde atık alanı istenen eğimde ve sabit yükseklik artışında ilerletilebilir.

Bu eğim ne kadar artarsa, birim taşıma uzunluğu başına düşen atık hacmi de o kadar artar; ancak, bu sefer de, araçların hızı düşer ve dolayısıyla da tumba noktasına vanş süresi artar. Paşanın birim hacmi için atık yığını üzerindeki taşıma süresini en az kılan bir en uygun eğim olacaktır. Bu en uygun eğim, kutlanılan makina - donatımın özelliklerine bağlıdır.

Şekil 25 (b)'de ise, hazırlanmış bir alan üzerine yapılan ve çoğunlukla «alan tumbası» (area dumping) diye adlandırılan atıklama tekniği görülmektedir. Burada, dökülen pası dozerle düzeltilmekte ve bir düzey bittikten sonra, onun bir üstüne çıkılmaktadır. İnşa şekli bu nedenle, taralı olarak gösterilen «mnop» yatay tabakası ile simgelenebilir. Bu tabakaların kalınlığı, kullanılan kamyonların büyüklüğüne bağlıdır. Bu sistemin yararı, araçların her bir tabaka üzerinde boşaltma yapma amacıyla tumba alanını bir uçtan diğerine kat etmeleri ve böylece zemine dökülen atığın sıkılmasıdır. Oysa ki, uçtan tumbalı sistemde atık, yalnız kendi ağırlığı ile sıkılmaktadır. Daha sıkı bir dolgu elde edilirken, aynı tonajdaki pası, uçtan tumba tekniği ile oluşandan daha küçük bir atık yerine yerleştirilebilir. Nchanga'da 70 ft yüksekliğindeki uçtan tumbalı atık yığının da yapılan deneyler sonucunda, bu daraltma tekniğinin uygulanmasıyla, % 20'lik bir hacim azalışı görülmüştür. Atık yeri boyutlarının sorun yaratacağı (örneğin, yerleşim alanlarında), boyutların daraltılması için bu yöntemin kullanılması yararlı olmaktadır. Elde edilebilecek sıkılama miktarı, paşayı oluşturan kayaçların tipine bağlıdır. Örneğin pası, küçük bir toz yüzdesi içeren parçalanmış kayaç ise, iki yöntemle oluşturulan atık yığını yoğunluğu

arasında belirgin bir fark olmayabilecektir. Bitki örtüsünün sık olduğu alanlarda, alan tumbası yöntemiyle çalışılmaya başlamadan önce, ağaç tepelerinin üzerini örtecek yeterli bir yüksekliğe kadar uçtan tumbalı yöntemin uygulanması gerekir. Bununla birlikte, tumbanın bu biçimini kullanışsız hale getiren bazı sakıncalar vardır :

(a) Kamyonlar tumba yerine varmak için büyük alanları dolaşmak zorunda kalacağından, buraların uygun trafik koşullarında tutulması gerekecektir ki, bu da zor ve masraflı olur.

(b) Böyle büyük alanlarda uygun biçimde drenaj yapılması güçtür. Özellikle bol yağış alan bölgelerde, Dütün tumba alanının bakımını üstlenmektense. uçtan tumbalı yöntemde, tumba noktasına çıkan bir yada iki yolun bakımını yapmak daha kolaydır. Nchanga'daki uygulamada % 4-6'lık eğimlerle tırmanan yolları bulunan uçtan tumbalı yöntem geliştirilmiştir.

Tartışmaya açık diğer bir tumba uygulaması da, ocağın işletilmiş kısımlarının doldurulmasıdır; böylece çalışılan ayna ile atık boşaltma noktası arasındaki taşıma uzaklığı da azaltılmış olur.

Pratikte atık yeri tasarımının uygulanışına oldukça az rastlanılır. Normal olarak, atık yeri tasarımının temel gereksinimlerinin anlaşılması ve sonra da somut koşullara göre atıklama yönteminin planlanması yeterlidir.

10. TAŞIMA YOLLARININ TASARIMI

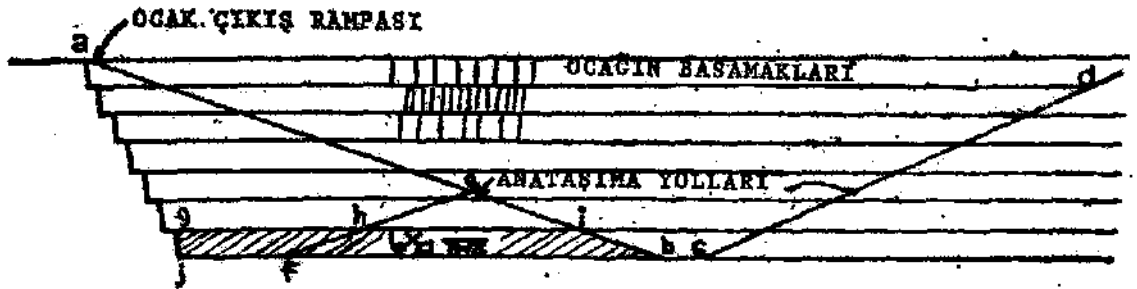
İyi taşıma yolları, açık ocak uygulamasının en önemli gereksinimlerinden biridir; ve bunların doğru dürüst planlanması da ocak tasarımı ile görevli mühendis için önemli bir uğraştır. Her ocağın planı farklı olduğundan ve kendine özgü özel sorunları bulunduğundan, taşıma yollarının planlanması bu bildiride ancak genel hatlarıyla tartışılabilir. Yalnız, konuyla ilgili olarak yazarların uygulamaya koydukları temel ilkelerin bazılarının ele alınması ile yetinilecektir.

Taşıma yollarının, atığın ocak dışına en kısa ve en çabuk bir rota üzerinden taşınıp götürülebilmesine elverecek bir biçimde planlanması gerekir. «x» birim hacimdeki (yerindeki) hacim yükü ocak içindeki belirli bir kottan yüzeye taşımak için kuramsal bir taşıma yolu taşınacak hacmin ağırlık merkezinden kalkarak ocak basma varana kadar kabul edilebilir maksimum eğimde, sürekli tırmanan bir yol olacaktır. Böyle bir düzenleme ocağın her tarafının bir çok yollarla dolmasına neden olacaktır. Bu da açıktır ki hiç pratik değildir. Uygulamada ise, yol yapım ve bakım maliyetlerinin azaltılması için, yol sayısının minimumda tutulması uygun olur. Bu nedenle, en çok başvurulan care, her basamağın işletilmesinde yararlanılacak olan, bir ya da İki ana rampa sisteminin kurulmasıdır. Mevzii basamak heyelanlarının yolu kapatması gibi durumlarda, bir giriş hizmete elverişsiz hale gelirse, işin aksamasının önüne geçilmesi için İki ana giriş - çıkış yolunun planlanması mümkün olan her yerde önerilir. Eğer taşıma yolu yerleştirilmesinde yukardaki teme) önerme de akılda tutulacak olursa, sonradan ana taşıma yoluna dönüşecek olan geçici rampa sistemlerinin kullanılmasıyla, ideale yakın bir duruma erişilebilir. Bu da Şekil 26 da, şekilsel olarak gösterilmiştir. Şekilde taralı olarak gösterilen «ghlbfj» basamağının çalışılması durumunu ele alalım. Eğer işlemler «aeb» yada «cd» ana taşıma yolu kullanılarak yürütülürse, çalışma «b» seviyesinde «b» den «j» ye doğru ilerleyecektir. Bu da, taşıma rampasının dibine yarmadan önce, kamyonların bu seviyede «b» basa-

mağının bütün uzunluğunu katetmesini gerektirecektir. Eğer «ehf» gibi geçici bir yol yapılırsa, «b» uzunluğunu boş, yere gidip gelmekten kurtulmamızı sağlayacak olan, daha iyi bir çalışma sistemine kavuşulabilir. Böylece, «ghfi» hacmi «fhea» yoluyla, geriye kalan «hibf» hacmi de «biea» ya da «cd» yoluyla taşınacaktır. Ocak içinde taşıma yollarının uzunluğunun mutlak minimuma İndirgenmesi olarak gösterilen hedefin tanımlanması da böylelikle basitleştirilmiş olur. Aynı mantığa göre, ocak içinde yokuş yukarı çıkmadan önce,, yokuş aşağı inen yollar ancak acil gereksinimler ve kısa vade için kabul edilebilir.

Taşıma yollarının konumunu çoğunlukla başka etmenleri de kontrol eder; örneğin, yeraltı su tablasının ve jeolojik formasyonların durumu gibî. Ana yollar en az bakım isteyen zeminler üzerine yapılmalıdır. Yumuşak ya da su taşıyıcı formasyonların bulunduğu yerlerde, taşıma yollarının yukardaki ölçütte istenen konumda geçirilebilmesi olanaksızdır.

Yol yüzeylerinin inşaatı, elde bulunan malzemeye bağımlı olarak, ocaktan ocağa önemli ölçüde değişebilir. Eğer formasyon yol yapımına uygunsuzsa, kimi durumlarda hiç yüzey inşaatı gerekmez. Yazarların deneyimine göre moloz ebadına kadar (± 12 inç) kırılmış olan ve büyük ölçüde İnce (tez) de içeren malzeme açık ocaktaki yollarda 120 ton kapasiteye kadar olan kamyonları taşıyabilecek İdeal bir taban oluşturur. Nchanga'da yeraltı madeninin hazırlık işlerinden alınan malzeme, bu iş için elverişli olmuştur. Diğer ocaklarda da bir iri İaterit paşası yeterli olmuştur.



Şekil 26. Taşıma yoluna gösteren kesit.

Kaplama malzemesinin teknik gerekleri 8 ile 18 arasında bir plastsite endeksi ve yaklaşık % 35'lik bir iri kum (ya da daha iri) fraksiyonu içerir.

Yol genişliği aslında, kullanılan makina - donatımın boyutlarına göre belirlenmektedir. Bir plan üzerinde bir yolun genişliği düzenlenirken, yolun etkin genişliğinin, yolun serbest kenarından bir güvenlik genişliği ve basamak tarafındaki su kanalları ya da yuvarlanmış bulunan malzemeler ile azaltıldığını akılda tutmak gerekir. Aynı zamanda basamak sevi için de bir pay bırakılarak, yol genişliği basamak topuğundan itibaren hesaplanıp, planlanır. Yazarların deneyimine göre, en geniş araç genişliğinin dört katı olarak planlanan bir yol, karanlığın bastığı saatlerde bile, iki aracın rahat rahat geçmesi için uygun olacaktır. Ocak içindeki yollarda, yağışlı zamanlarda yolların çok kaygan duruma gelebilmesi nedeniyle, yolun serbest kenarından basamak tarafına doğru tek bir dışbükey eğim verilmesi, güvenlik açısından yeğlenir. Ocak dışındaki yollarda ise drenaj için normal çift dışbükey eğim uygulanır.

Taşıma yollarına verilecek olan en uygun eğimler tartışmalı bir konudur. - Planlama açısından hiçbir sorun yoktur; ancak, eğim dikleştikçe planlama da daha basit yapılabilir ve yollardaki gerekli virajların ve keskin virajların sayısı daha da azalır. Bununla birlikte asıl ele alınması gereken, makinelerin yetenekleridir ve imalâtçı firmaların kendi makinatan için Önerceklerinden daha fazla bir maksimum eğim uygun olmaz. Maksimum yol eğiminin kararlaştırılmasında iklim ve hava koşulları da önemli bir rol oynar. Örneğin Nchanga'daki açık işletmelerde % 10'luk eğimin bir fırtına sonrasında çok tehlikeli olduğu görülmüş ve % 8'lik bir maksimum eğim uygulanmıştır. Bakım yapılmasının kolaylığı açısından kanatlar yol boyunca kenarlara açılır. Nchanga'da basamaklar düz olmayıp % 0,5'lik bir eğim verilerek işletilmiştir; çünkü yağışın yoğun olduğu yaz mevsiminde bu yöntem drenajı kolaylaştırmıştır.

11. SONUÇ

Açık maden ocaklarının ekonomik planlaması öncelikle, İşletilebilir maksimum cevher rezervlerinin hesaplanmasını ve ikinci olarak da, bu cevherin çıkartımı için en ekonomik işletme programının belirlenmesini gerektirir. Bir ocağın optimum geometrik şekli, daha önceden saptanmış bulunan ekonomik örtü kazı endeksi (U) için maksimum İşletilebilir cevher rezervini verir. Cevher yatağının biçimi, yataktaki tenor dağılımı, topografya ve kabul edilebilen maksimum şev açıları, optimum ocak geometrisini belirlemedeki en önemli parametrelerdir. İşletme oranı (R_m), cevher çıkartım hızının (üretim kapasitesi) sabit tutulduğu bir işletmede, işletme programının ekonomisini kontrol eden tek önemli etmendir.

Açık ocakların planlamasının ilk evrelerinde nihai şev açısının bilinmesi, işletilebilir cevher rezervinin belirlenmesinde yardımcı olur. Kaymanın beklendiği açığa kadar nihai ocağı kazmak, akıl dışı bir işlem sayılmalıdır; çünkü, ocak nihai şeyinde göreceli olarak, yalnız küçük bir zaman parçası için duracaktır. Cevher yatağı çok karmaşık ve değişken biçimdeyse en uygun nihai ocak grafiksel yöntemle kolaylıkla belirlenebilir; göreceli olarak daha düzgün şekilli büyük yataklarda bilgisayar yöntemleri daha yararlı olur. Ocağın geometrik şeklinin optimizasyonu, kimi durumlarda, şev açılarının 10 derece artırılmasından daha fazla tasarruf sağlar.

Bazı pratik güçlükler benimsenirse İşletme oranı R_m , enstantane örtü kazı oranı

R_y 'ye yaklaştığında her zaman için optimum işletme programına erişilir. Özellikle birden fazla sayıda ocağın işletilmesi için en uygun bir sıralamanın kararlaştırılmasının istendiği durumlarda çeşitli işletme seçenekleri arasında bir kârlılık kıyaslanması yapılacağı zaman, net bugünkü değer yöntemi, indirgenmiş nakit akımına yeğlenir. Ekskavatör ve kamyonlarla yapılan işletmelerde, optimum koşullar için, atık yerinin her zaman ocağa olabildiğince yakın

olması gerekir; ve taşıma yolten da, ocak içinde en az uzunluğu verecek şekilde tasarımındanmalıdır. Genel olarak atıklama yöntemleri, uygulamadaki yararlarına göre belirlenir.

KAYNAKLAR

1. BRINK, D. C. «The stability of slopes In open cast mines and the economic implication thereof 3 MSc. Thesis—University of the wltwatersrand, 1962.
2. CARLSON, T. R. ERICKSON, J. D., O'BRIAN, D.T., PANA, M. T. «Computer techniques in mine planning.» Mining Engineering, 18. 5.1966.
3. GILL, DONALT K. «Open pit mines planning.» Mining Congress Journal, July 1966.
4. i JENNINGS, J E. B. «Fourth Progress Report on the stability of side slopes of the Nchanga Open Pit: A study of the most advantageous geometric from of the pit.» June 1964. Unpublished.
5. JENNINGS, J. E. «A mathematical theory for the calculation of the stability of slopes in open cast mines.» This Symposium.
6. JENNINGS, J. E. and BLACK, R. A. L. «Factors affecting the angle of slope in open cast mines». Trans. S.M.E., March 1963; Aİ.M.E. Trans., Vol. 226,1963.
7. JENNINGS, J. E. and STEFFEN, O. K. H. «The analysis of the stability of slopes in deep open cast mines.» Trans. S. Afr. Inst. Civil Eng. 9.3. March 1967.
8. KAAS, M. et al. «Computer techniques for scheduling and blending of taconlte.» Proc. 26th Annual Mining Symposium, University of Minnesota, January 1965.
9. LOFTUS, W. K. B., STUCKE, H. J. and RANKIN, D. «Mining and treatment plant practice at the Finsch mine, De Beers Consolidated Mines, Limited.» J. SAfr. Inst. Min. Metal. 69.1968 - 1969.
10. Mining Magazine, June 1966.
11. PANA, M. T. «The simulation approach to open pit design.» Trans. of the short course and Symposium on computers and computer applications In mining and exploration, University of Arizona (March 1965.)
12. PLEWMAN, R. P. «The basic economics of open pit mining.» This symposium, September 1970.
13. PRONK VAN HOOGEVEEN, L. «The mining of open pit ore bodies to yield a maximum present value.» Thesis for the degree of Mljingenieur of the Technische Hogeschool, Delft. December, 1967.
14. SODERBERG, A. «Elements of long range open pit planning.» Mining Congress Journal, April 1959.
15. SODERBERG, A. and RAUSCH, D. O. «Pit planning and layout.» Surface Mining. Seeley W. Mudd Series. Ed. Pfelder, E. p. .
16. WIEDERHOLT, J. F. A. «Reduction of computational effort in least squares fitting of polynomai surfaces.» Trans. SAfr. Inst. Civil Eng. 9.11. November 1967.
laya) Sin Fdh.