

*Madencilik Projelerinde  
Mikro-Bilgisayar Destekli  
Risk Analizi*

Risk Analysis in Mining Project Using Microcomputer

**Erkin NASUF (\*)**  
**Evren Selçuk ORUN (\*\*)**

ÖZET

Madencilik projeleri, eskiden beri riskli yatırımlar olarak bilinirler. Madencilik projelerinin risk analizi, sistemin karmaşıklığından ve eldeki verilerin belirsizliğinden dolayı oldukça zordur. Bu projeler için karar vermede bilgisayar benzetim yöntemlerinden yararlanılır. Bilgisayar benzetim yöntemi, bir projede işletme koşullarındaki değişikliklerin projeye etkisini saptamada ya da projede ilgilenilen parametrelerin elde edilecek olası sonuçlarının frekans dağılımının elde edilmesinde kullanılır.

Bu yazıda, madencilik projelerinde risk analizi ile Monte Karlo Benzetim Yöntemi bir örnekle tanıtılarak elde edilen ve elde edilebilecek sonuçlar tartışılmıştır.

ABSTRACT

Mining projects have long been recognized as risky investments. Risk analysis of mining projects is difficult because of their complexity and because of the high degree of uncertainty that is often associated with the available information. Decision making for this type of projects can be facilitated by application of computer simulation. Computer simulation is used to determine the effects of changes in various operating conditions or to generate frequency distributions of possible outcomes of variables of interests in the project.

In this article a brief introduction to risk analysis in mining project and Monte Carlo simulation method together with a small example are given and the results obtained and expected are discussed.

(\*) Prof.Dr. İTÜ Maden Fakültesi Maden Müh. Bölümü Maden İşletme Ana Bilim Dalı Ayazağa-İSTANBUL  
(\*\*) Maden Müh, İSTANBUL

## 1. MADENCİLİK PROJELERİNDE KARŞILAŞILAN RİSKLER

Madencilik projelerine yapılacak yatırımlardan önce bu projelerin finansmanı için para gereklidir. Parayı verecek kuruluşların ise meydana gelecek risklerin ölçüsünü bilmek istemeleri doğaldır. Madencilik projelerinde oluşabilecek riskler şu şekilde sıralanabilir (Topuz, 1983).

**Rezerv Riski:** Yatağın şekli, rezervi, tenörü konularında yapılabilecek hatalar nedeniyle risk şaşırtacak oranlarda fazla olmaktadır.

**İşletme Riski:** Bu tür riskler (Whitney, 1982) işletme öncesi riskler; yani hazırlık ve tesis aşamasındaki riskler olup yeni çalışılacak ya da alt yapının olmadığı yerler için geçerlidir (Atkinson). İşletme esnasındaki riskler; üretimin herhangi bir nedenden durmasından doğabilecek riskler ya da madencilik riskleridir, örneğin; su basması, yangın

**Pazarlama Riski:** Üretilen cevherin satılması ve bunun fiyatı ile ilgili risklerdir.

**Politik Riskler:** Devlet idaresinin herhangi bir şekilde işletmeleri ele geçirmesi şeklinde yorumlanabilir. Arama aşamasında bu risk çok azdır. Ancak işletme aşamasında maden kârı ise bu risk artar.

Bütün bu risklere ek olarak, kötü mühendislik ve yanlış yöntem seçiminden doğan riskler, yetersiz planlamadan dolayı projenin zamanında tamamlanamaması riski, yatırımın geri ödenmesine etki edebilecek; hazırlık aşama-

sında kötü proje yönetiminden işletme aşamasında kötü idareye ve cevher zenginleştirmeye kadar değişebilen projelerin yetersiz kalabilme riski, madencilik projelerinde karşılaşılabileceğimiz riskler arasında sayılabilir.

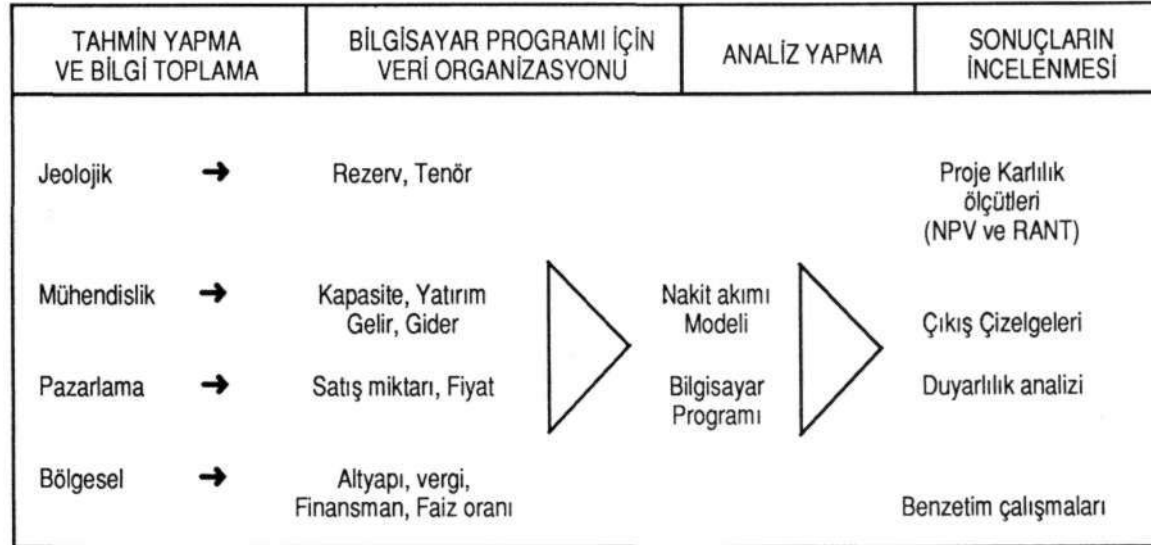
## 2. MADENCİLİK PROJELERİNDE KULLANILAN RİSK ANALİZ YÖNTEMLERİ

Teklif edilen bir madencilik projesinin riskinin ölçülebilmesi için daha önce ekonomik modelinin oluşturulması gereklidir. Bir projenin ekonomik değerinin saptanması, işlemlere başlamadan önce yapılacak yatırımlara ve işlemler sonucunda oluşacak nakit akımlarının değerlendirilmesine bağlıdır. Bu değerlendirmenin amacı ise bu nakit akımı sayesinde belirli orandaki risk çerçevesinde yapılacak yatırımların kâr getirip getirmeyeceğinin araştırılmasıdır. Bir madencilik yatırım projesinin ekonomik değerinin ölçülmesi ise nakit akım modelinden elde edilecek paranın net bugünkü değeri (NPV), sermayenin ortalama yıllık getirişi ya da iç karlılık oranı (RANT ya da IRR) ve paranın geri ödeme dönemi (PB) gibi parametrelerin belirlenmesi ile mümkündür.

Bir nakit akımı modelini oluşturmak için dört sınıf veri gereklidir. Bunlar;

1. Jeolojik Veriler: Genellikle rezerv ve tenor bilgilerini içerir.

2. Mühendislik Verileri: Madencilik yöntemi, gerekli aletler, işletme ve yatırım maliyetleri



Şekil 1. Nakit akımı modelinin oluşturulması (Topuz, 1983)

kapasite, çevre faktörleri gibi bilgileri içerir.

3. Pazarlama Verileri : Satış miktarı ve fiyatı ile uzun dönemli arz/talep analiz verilerini içerir.

4. Bulunduğu Yer İle ilgili Veriler: İşçilik, su ve güç temini, vergi ve finansman ile ilgili verileri içerir.

Bütün bu verilerin değerlendirilip bilgisayar yardımı ile bir nakit akımı modelinin oluşturulması Şekil.1'de şematik olarak gösterilmiştir.

Model oluşturulup NPV ve RANT elde edildikten sonra bu parametreleri ölçü olarak kullanıp modelde oluşabilecek değişikliklerin incelenmesi ve oluşabilecek riskin ölçülebilmesi için olasılık kuramlarına dayalı risk analiz yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler;

1. Duyarlılık Analizi,
2. Monte Karlo Benzetim Yöntemi,
3. Karar Ağacı Yöntemi,

dir.

Bu yazıda madencilik projelerini değerlendirmede daha yaygın kullanılan Monte Karlo Benzetim Yöntemi üzerinde durulacaktır. Ancak diğer yöntemlerden de karşılaştırmalı olarak bahsedilecektir.

#### 2.1. Monte Karlo Benzetim Yöntemi

Gelişimi ve sonuçları öğrenmek istenen bir olayın laboratuvar ya da bilgisayar ortamında temsili olarak gerçekleştirilmesine benzetim adı verilir. Benzetim, olayın ya da deneyin gerçekleştirilmesinin pahalı, tehlikeli ya da zor olması; olayın doğal dengelere bağlı bulunması nedeniyle insan eliyle kontrol edilememesi; analitik yöntemlerle hesaplanamaması; olayın değişik hızlarda gözlenmek istenmesi, bazı değer ve koşulların belirsizliği vb. durumlarda uygulanır.

Monte Karlo benzetim yöntemi, belirsizliklerin bulunduğu durumlarda kullanılan olasılık ve tahmin kavramlarını esas alan bir yöntemdir.

Bir maden yatağının işletilmesi düşünülüyor ve bu işletmenin gelecekteki ekonomik durumu tahmin edilmek isteniyorsa, hesaplarda kullanılacak değişikliklerin büyük çoğunluğu değişik ölçülerde belirsizlikler içerir (örneğin

yatağın rezervi %100 bilinmez). Ancak bunlar tamamen belirsiz de değildir. Hangi değerler arasında değişebileceği ya da hangi değerler etrafında oynayabileceği tahmin edilebilir. İşte bu tahminler olasılık dağılımları ile ifade edildiklerinde Monte Karlo yönteminin verilerini oluştururlar.

Duyarlılık analiz yöntemi ile karşılaştırıldığına; duyarlılık analiz yönteminde model giriş verileri üç değer ile; (kötümser, normal ve iyimser) verilirken, Monte Karlo Yönteminde, bu değerler olasılık dağılımları ile ifade edilir. Bu nedenle Monte Karlo yöntemine, duyarlılık analizi yönteminin daha gelişmiş hali denilebilir.

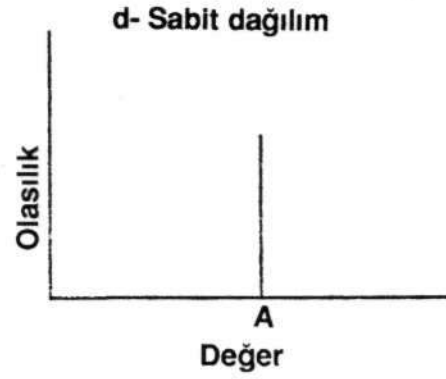
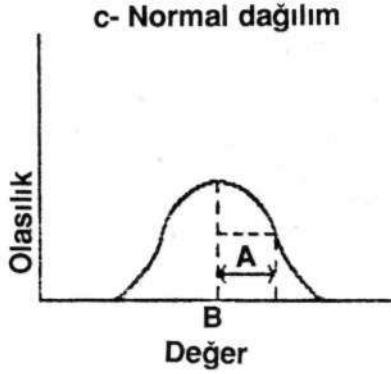
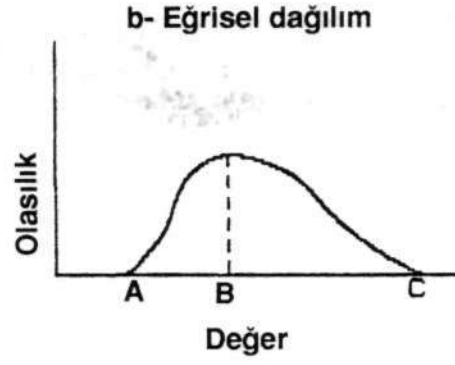
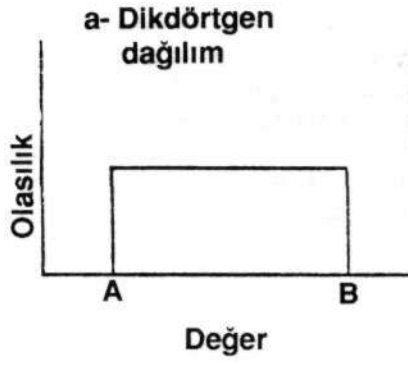
#### 2.2. Olasılık Dağılımları ve Örnekleme

İnsanlar bazen tahmin yürütürlerken bu tahminlerini gerçekleşme olasılığı ile birlikte ifade etme gereksinimi duyarlar. Örneğin: "bugün %90 olasılıkla yağmur yağacak" derler. Bunun gibi, bir değişkenin alabileceği farklı değerleri olasılıklarıyla birlikte göstermek için olasılık dağılımı adı verilen bir diyagram çizilir. Aslında her tahmin yürütmenin bilimsel şeklidir. Yürütülen bu tahmin genellikle şu dört değişik olasılık dağılımından biriyle ifade edilebilir; (Aşağıda sözü edilecek A,B,C harfleri Şekil 2'de yer alan harflerle karşılaştırılmalıdır.)

a. Dikdörtgen Dağılım (Şekil 2a): Değişkenin alabileceği bütün değerler eşit olasılığa sahip ve belli iki değer arasında kalıyorsa dikdörtgen dağılım söz konusudur. Örneğin içinde Adan B'ye kadar numaralandırılmış toplar bulunan bir torbadan çekiliş yapıldığında A ile B arasında kalan tüm sayıların çekilme şansı eşittir. Bu aralığın dışında kalan sayıların ise hiç şansı yoktur.

b. Eğrisel Dağılım (Şekil 2b): Maksimum olasılığa sahip bir değer çevresinde, uzaklaştıkça azalan olasılıklara sahip değerlerin bulunması şeklindedir. Bu şekil simetrik olamaz. Örneğin bir maden yatağından en az A, en çok C kadar cevher üretileceği tahmin ediliyor; ancak bunların arasında kalan B değerinin en mümkün değer olduğu düşünülüyorsa bu bir eğrisel dağılımdır (B-A\*C-B).

c. Normal Dağılım (Şekil 2c): Eğrisel dağılıma benzer ancak maksimum olasılığa sahip (en mümkün; ortalama) değer ve bir standart

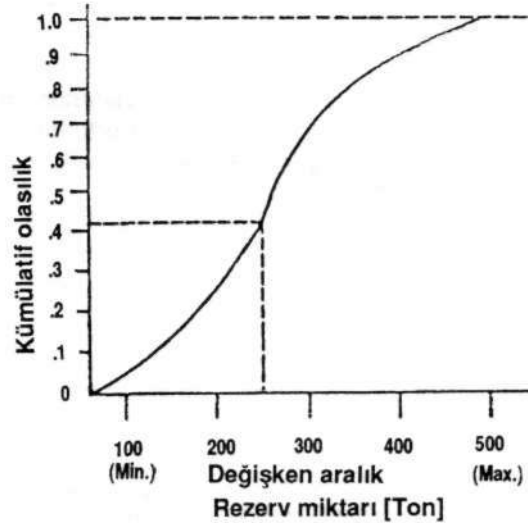


Şekil 2. Olasılık dağılım tipleri (Whitney, 1982)

şapma ile tanımlanır. Doğal olarak simetriktir. Örneğin bir maden yatağından yaklaşık B kadar cevher üretileceği tahmin ediliyordur. Elbette üretim, bunun biraz altında ya da üzerinde de (A standart sapmasıyla ifade edilecek bir alanda) olabilir. Standart sapma orta değer ile maksimum (ya da minimum) değer arasındaki farkın 1/3'ü civarında bir değerdir.

d. Sabit Dağılım (Şekil 2d): Değişkenin alabileceği yalnızca bir tek değer (%100 olasılığa sahip) vardır. Örneğin bir maden yatağından üretilen cevherin A fiyatıyla satılacağından kuşku duyulmuyordun

Sözü edilen A,B,C değerleriyle tanımlanan bu dağılımlar örnekleme işlemi yönlendirirler. Örneklemede bir değişkene ait olasılık dağılımından yararlanarak o değişkene çok sayıda rastlantısal değer seçilir. Bu seçim yapılırken seçilen değerlerin tanımlanmış olasılık dağılımının şekline olabildiğince uygun olarak dağılmış olmasına dikkat edilir. Örneğin bir normal dağılım söz konusu ise seçilen değer-



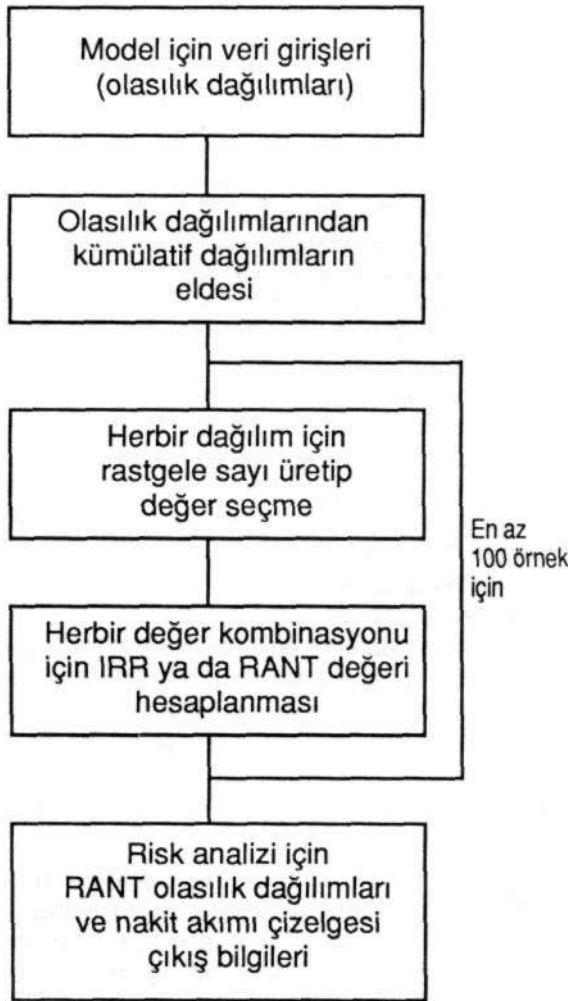
Şekil 3. Monte-Karlo benzetim yönteminde olasılık dağılımlarından örnekleme yapma (Whitney, 1982)

ler ortalama değer etrafında yoğunlaşmış olmalı maksimum ve minimuma yakın değerler çok seyrek olmalıdır. Bu şekilde ne kadar çok

sayıda örnekleme yapılırsa olasılık dağılımı da 0 kadar sağlıklı temsil edilmiş olur.

Olasılık dağılımlarından örnekleme yapmanın bir yolu bu dağılımların kümülatif dağılımlarını çizmektir. Zira rastgele sayılar genellikle 0-1 arasında üretilebilmektedir. Örnekleme işlemine örnek olarak, Şekil 3'de bir maden yatağının rezervinin normal olasılık dağılımından çizilmiş kümülatif frekans dağılımı gösterilmektedir. Rastgele üretilen sayımız 0,418 ise kullanılacak rezerv değeri 250 ton olacaktır.

Bir maden yatağının modelini oluşturan verilerin olasılık dağılımlarından seçilmesinde bilgisayarlardan yararlanmak gereklidir. Böylece model 100 kez çalıştırıldığında her defasında belirtilen dağılımlar çerçevesinde bilgi



Şekil 4. Monte Karlo benzetim yönteminin bilgisayar algoritması

giriş değerleri elde edilebilir. Sonuçta ise model, NPV ve RANT değerlerindeki belirsizlikleri olasılık dağılımları şeklinde ifade ederek bize oluşacak risk konusunda bilgi verebilir. Diğer bir deyişle Monte Karlo benzetim yönteminin hedefi, NPV ve RANT'ın olasılık dağılımlarını saptamaktır. Şekil 4'de Monte Karlo benzetim yönteminin bilgisayar algoritması gösterilmektedir.

### 3. RİSK ANALİZİ BİLGİSAYAR PROGRAMININ TANITIMI

Burada sözü edilecek EKOLİZ ("Ekonomik Analiz") adlı bilgisayar programı kullanıcı (bilgisayar kullanan şahıs) tarafından verilen tahmin türü verilere ve olasılık hesaplarına dayanarak iki farklı değerli mineral içeren bir maden yatağının 25 yıllık bir ekonomik analizini yapabilmekte ve yatırımcı ve/veya işletmeciye gelecekteki ekonomik durum hakkında fikir verebilmektedir.

Her şeyden önce orijinali A.B.D. yasaları birimleri ve parasal değerlerine uygun olan ve İngilizce ekran mesajları kullanan program önce Türkçeleştirilmiş, ardından kapsamlı değişikliklerle metrik sisteme uyarlanmış, bu arada Vergi Usul Kanunu hükümlerine uygun düzenlemeler de yapılmıştır. Kullanım kolaylığı sağlayan program parçacıkları ilavesiyle geliştirilen program, her aşamada denenerek kontrol edilmiş, hatasız çalışması sağlanmıştır. Program son olarak farklı örnek değerlerle denenerek, değişik örnekleme sayılarının ve değişik amortisman yöntemlerinin sonuçlar üzerindeki etkileri incelenmiş, programın normal ve mantıklı çalıştığı görülmüştür. EKOLİZ bilgisayar programı IBM ve uyumlu tüm mikro bilgisayarlarda kolaylıkla kullanılabilir. Aşağıda EKOLİZ bilgisayar programının kullanılışı bir örnek üzerinde anlatılmaya çalışılmıştır.

#### 3.1. Program Verileri

Gerekli tüm veriler program tarafından bilgisayar ekranında birer birer ve açıklamalı olarak kullanıcıya sorulmakta ve ardından düzeltme olanağı da tanınmaktadır.

##### 3.1.1. Maden Yatağına İlişkin Veriler

Bu verilerin her biri için olasılık dağılımı tipi

seçilir ve seçilen dağılım tipine göre gerekli A,B,C değerleri verilerek dağılımın şekli ve sınırları tanımlanır. Diğer bir deyişle her bir veri için yürütülen tahminler bilgisayara anlatılır. Bu veriler:

- Yataktaki cevher miktarı (ton),
- Cevherde A mineralinin oranı (kesir),  
(Üretilen cevher içinde birden fazla değerli mineral olabilir. Bunlardan A olarak adlandırılacak mineralin tüvenan cevher içindeki oranı verilir.)
- Cevherde B mineralinin oranı (kesir),  
Varsa B mineralinin tüvenan cevher içindeki oranı verilir.
- Cevher hazırlamada kaybolan A minerali oranı (kesir),
- Cevher hazırlamada kaybolan B minerali oranı (kesir),
- A mineralinin fiyatı (TLVton),
- B mineralinin fiyatı (TLVton),
- Üretim giderleri (TL/ton),
- Cevher hazırlama gideri (TL/ton),
- Üretim payı (devlet hakkı, mal sahibi payı vb.) (TLVton)
- Üretim yatırım tutarı (TL)  
(Yatak ömrünce kullanılmak üzere üretim faaliyetleri için yapılan sermaye masrafları verilir.)
- Cevher hazırlama yatırım tutarı (TL)  
(Yatak ömrünce kullanılmak üzere cevher hazırlama faaliyetleri için yapılan sermaye masrafları verilir.)
- Arama-araştırma yatırımları (TL)
- Günlük üretim (ton/gün),
- Üretim oranı (kesir)
- Yatakta bulunan cevherin üretilecek kısmının oranı verilir
- Yıllık çalışmadönemi (gün/yıl).

### 3.1.2. Benzetim Verileri

Bu veriler olasılık dağılımı ile değil, kesin olarak ve bir defaverilir. Bunlar;

- Örnekleme sayısı
- Maden yatağına ilişkin verilerin hepsine uy-

gulanacak bir örnekleme sayısı verilir. Bu sayı ne kadar büyük olursa programın raporları da o derecede sağlıklı olur. Ancak bu sayı ile doğru orantılı olarak programın çalışma süresi (kullanıcı açısından bekleme süresi) de uzar (4.77 Mhz. lik bilgisayarda 100 örn. « 11 dak.)

- Amortisman yöntemi seçimi
- Normal; çift hadli azalan bakiyeler (double declining balance), ; yıl sayıları toplamı (sum of the years digits) yöntemlerinden biri seçilir.
- Gelirlere uygulanacak vergi oranı (kesir)

### 3.2. Programın Çalışma Şekli

Kullanıcı, programın çalışması sırasında ekrana yansıyan soruları yanıtlarak önce benzetim verilerini verir sonra da maden yatağına ilişkin verilerin her biri için birerolasılık dağılımı tipi seçer ve tanımlayıcı değerleri de (A,B,C) vererek dağılım sınırlarını ve şeklini belirtir.

Sıra hesaplamaya geldiğinde program bu bilgiler ışığında her veri için olasılık dağılımını formüle ederek ürettiği rastlantısal bir sayıyı bu formüle koyup mantıklı ve dağılıma uygun bir rastlantısal veri elde eder. Diğer bir deyişle bir örnekleme yapar. Bu işlem maden yatağına ilişkin bütün veriler için ayrı ayrı yapılır, elde edilen veriler kullanılarak; yatırım, yıllık olarak ürün değerleri, maliyetler, işletme geliri, her yıl için ayrı amortisman, vergi, net gelir, nakit akımı ve hepsinin sonucu olarak bir RANT (sermayenin ortalama yıllık geliri; % olarak) değeri hesaplanarak örnekleme tamamlanır. Bütün bu işlemler kullanıcının vermiş olduğu örnekleme sayısı kadar tekrarlanır. Her örnekleme sırasında elde edilecek rastlantısal veriler (kullanıcı tarafından verilmiş olasılık dağılımlarına uymak koşuluyla) farklı değerler alacağından örnekleme sayısına eşit sayıda farklı RANT değeri elde edilir. Örnekleme sayısına eşit sayıda maden işletmesi olasılığı göz önüne alınmıştır.

Bu RANT değerleri benzetimi yapılan maden işletilmesinin kârlılık açısından risk analizi raporlarının hazırlanmasında kullanılır ve doğal olarak örnekleme sayısı arttıkça elde edilecek raporların duyarlılığı ve doğruluğu da artar.

Her örneklemenin sonunda tekrarlanan he-

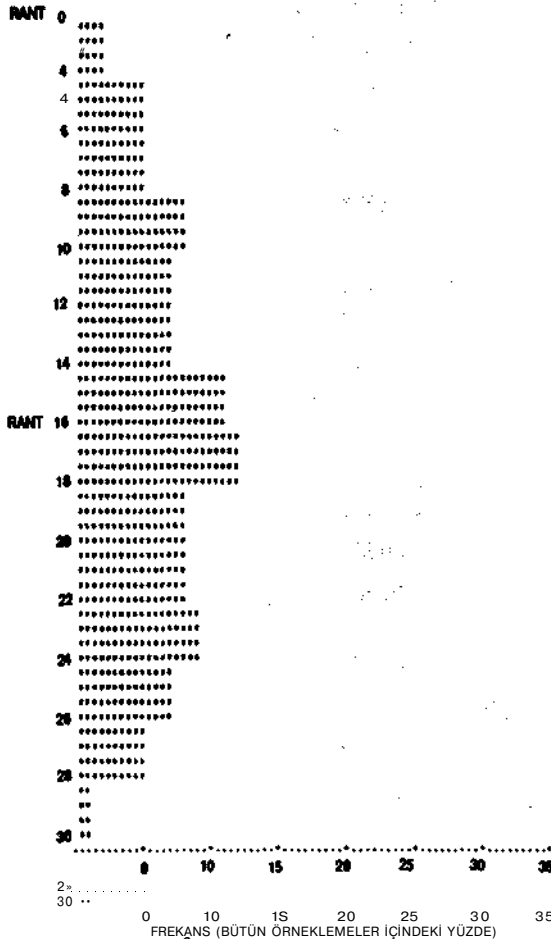
saplar bir kez de tüm örneklemeelerde elde edilen rastantısal verilerin ortalamaları esas alınarak yapılır ve bir ortalama nakit akımı raporu hazırlanarak ortalama RANT değeri de buna ilave edilir. Program, enflasyonu hesaba katmamaktadır (Sıfır enflasyon). Sermaye, işletme ömrü ya da en çok 25 yılda amorti edilmektedir.

### 3.3. Programdan Alınanlar (Sonuçlar)

isteğe göre kağıda ya da bilgisayarın diskine alınabilen sonuçlar; verilerin dökümü, risk analizi ve nakit akımı raporları olmak üzere üç grupta incelenebilir.

#### 3.3.1. Verilerin Dökümü

Maden yatağına ilişkin 16 adet verinin olasılık dağılım tipleri ve tanımlayıcı değerleri



Şekil 5. EKOLİZ programı RANT frekans dağılımı çıkış bilgileri

(A,B,C) yanında benzetim verileri ve programın yaptığı kabuller düzenli bir şekilde alınır (Çizelge 1. ve Çizelge 2.).

#### 3.3.2. Risk Analizi Raporları

Bu bölüm, üç ayrı rapordan oluşmaktadır. İlki RANT'ın olasılık dağılımının tablo halinde ifadesidir. Çizelge 3'deki örneğe bakıldığında RANT'ın %50 olasılıkla 16,6 ya da %55 olasılıkla 15,1 ya da daha büyük olacağı anlaşılmaktadır.

Şekil 5'de görülen grafik ise RANT'ın frekansdır. Burada frekans belli bir RANT değerinin bütün örneklemeler içindeki gerçekleşme oranıdır. Şekildeki örneğe bakılırsa %22 ile %24 arasındaki RANT değerleri bütün örneklemelerin %9'unda %16 ile %18 arasındaki RANT değerleri ise %12'sinde elde edilmiştir.

Örneklemeelerde hesaplanan RANT değerlerinin olasılık dağılımı da Şekil 6'da görülmektedir. Bu grafik Çizelge 3 ile aynı şeyleri ifade etmektedir. Ancak kolonların yerini eksenler almıştır. Yatay ekseninde minimum RANT (%) düşeyde ise olasılık yer almaktadır. Yine şekildedeki örnek incelenirse %80 olasılıkla RANT'ın %9'un üzerinde olacağı anlaşılmaktadır.

#### 3.3.3. Nakit Akımı Raporu

Bütün örneklemelerde seçilmiş olan değerlerin aritmetik ortalamalarına dayanarak 25 yıllık bir ortalama nakit akımı raporu alınabilmektedir (işletme ömrü daha kısa ise işletme ömrü kadar). Çizelge 4,25 yıllık bir raporun ilk 9 yıllık bir parçasını göstermektedir. Çizelgede:

İŞLETME GELİRİ = ÜRÜNDEĞERLERİTOPLAMUGİDERLERİTOPLAMI  
VERGİ ÖNCESİ GELİR = İŞLETME GELİRİ - AMORTİSMAN  
VERGİ = VergioranixVERGİÖNCESİGEÜR  
NET GELİR = VERGİ ÖNCESİ GELİR-VERGİ  
NAKİT AKIM = NETGELİR+AMORTİSMAN

Olasılık dağılımlarına göre seçilen değerlerin yıllara göre nasıl dağılacakını tahmin etmek elbette mümkün değildir. Bu nedenle çizelgenin İŞLETME GELİRİ satırına kadar olan kısmı yıllara göre değişmemektedir. Daha alt satırlardaki değişim ise amortismandaki değişimden kaynaklanmaktadır. Amortisman vergi matrahını ve dolayısıyla net gelir ile nakit akı-

Çizelge 1. EKOLİZ Bilgisayar Programı Çıkış Bilgileri (Verilerin Dökümü)

| DEĞİKENLER                            | DAĞILIM | ORTALAMA         | STD SAP          |
|---------------------------------------|---------|------------------|------------------|
| YATAKTAKİ CEVHER MİK. (TON)           | NORMAL  | 100431300,00000  | 1000000,00000    |
| CEVHERDE A'NIN ORANI (KESİR)          | NORMAL  | 0,04973          | 0,00600          |
| CEVHERDE B'NIN ORANI (KESİR)          | NORMAL  | 0,03005          | 0,00200          |
| KAYBOLAN A ORANI (KESİR)              | EĞRİ    | 0,11527          |                  |
| KAYBOLAN B ORANI (KESİR)              | EĞRİ    | 0,08826          |                  |
| A'NIN FİYATI (TL/TON)                 | NORMAL  | 102452,40000     | 1200,00000       |
| B'NIN FİYATI (TL/TON)                 | NORMAL  | 386397,50000     | 35000,00000      |
| ÜRETİM GİDERLERİ (TL/TON)             | NORMAL  | 2985,34100       | 300,00000        |
| CEVHER HAZ. GİDERLERİ (TL/TON)        | NORMAL  | 5078,72800       | 400,00000        |
| ÜRETİM PAYI (TUTON)                   | DİKDÖRT | 1598,31500       |                  |
| ÜRETİM YATIRIM TUTARI (TL)            | NORMAL  | 3105874000,00000 | 500000000,00000  |
| CEVHER HAZ. YATIRIM TUTARI (TL)       | NORMAL  | 9904442000,00000 | 2000000000,00000 |
| ARAŞTIRMA-GELİŞT. YATIRIMI (TL)       | SABİT   | 1000000000,00000 |                  |
| GÜNLÜK ÜRETİM (TON/GÜN)               | SABİT   | 5000,00000       |                  |
| ÜRETİM ORANI (KESİR)                  | NORMAL  | 0,80431          | 0,05000          |
| YILDA ÇALIŞILAN GÜN ADEDİ             | DİKDÖRT | 360,98150        |                  |
| DEĞİŞKENLER                           | EN AZ   | EN YAKIN         | EN ÇOK           |
| YATAKTAKİ CEVHER MİKT. (TON).....     |         | 100000000,00     |                  |
| CEVHERDE A'NIN ORANI (KESİR).....     |         | 0,05000          |                  |
| CEVHERDE B'NIN ORANI (KESİR).....     |         | 0,03000          |                  |
| KAYBOLAN A ORANI (KESİR) 0,10000      | 0,10000 | 0,12000          | 0,13000          |
| KAYBOLAN B ORANI (KESİR) 0,08000      | 0,08000 | 0,08800          | 0,10000          |
| A'NIN FİYATI (TL/TON).....            |         | 100000,00        |                  |
| B'NIN FİYATI (TUTON).....             |         | 380000,00        |                  |
| ÜRETİM GİDERLERİ (TL/TON).....        |         | 3000,00          |                  |
| CEVHER HAZ. GİDERLERİ (TL/TON).....   |         | 5000,00          |                  |
| ÜRETİM PAYI (TL/TON) 1200,00          | 1200,00 |                  | 2000,00          |
| ÜRETİM YATIRIM TUTARI (TL).....       |         | 3000000000,00    |                  |
| CEVHER HAZ. YATIRIM TUTARI (TL).....  |         | 1000000000000,00 |                  |
| ARAŞTIRMA - GELİŞT. YATIRIM (TL)..... |         | 1000000000,00    |                  |
| GÜNLÜK ÜRETİM (TON/GÜN).....          |         | 5000,00          |                  |
| ÜRETİM ORANI (KESİR).....             |         | 0,80000          |                  |
| YILDA ÇALIŞILAN GÜN ADEDİ 357,00      | 357,00  |                  | 365,00           |



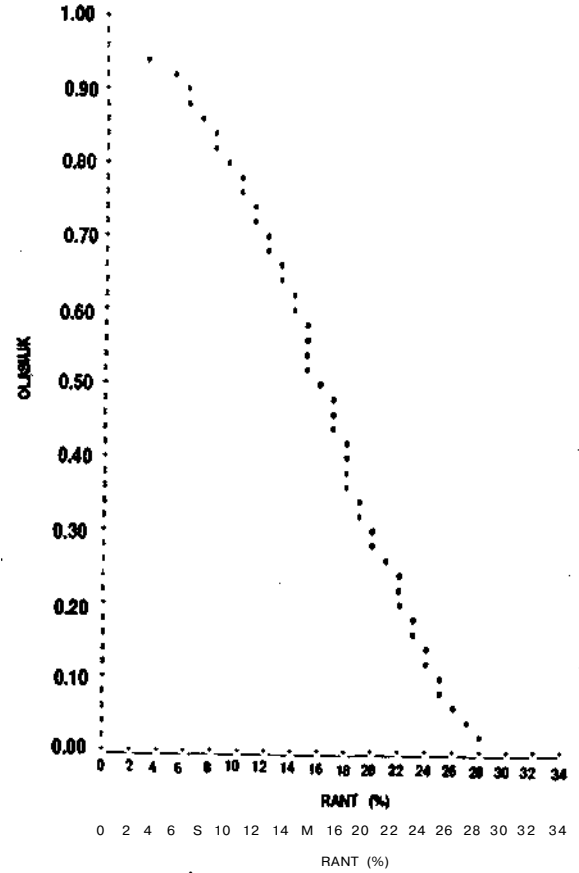
## Çizelge 2. EKOLİZ Bilgisayar Programı Çıkış Bilgileri (Yapılan Kabuller)

NOTLAR :

KULUNILAN AMORTİSMAN YÖNTEMİ -- ÇİFT HADLİ AZALAN BAKİYELER MET  
İŞLETME SERMAYESİ -- GAYRİSAFİ ÜRÜN DEĞERİNİNİN %15'i  
ÇEŞİTLİ MASRAFLAR -- GAYRİSAFİ ÜRÜN DEĞERİNİNİN %20'Sİ  
VERGİ ORANI -- %40 (VERGİ ÖNCESİ GELİRDEN)  
ÖRNEKLEME SAYISI--100

Çizelge 3. EKOLİZ Bilgisayar Programı  
Çıkış Bilgileri  
(RANT Olasılık Dağılım Tablosu)

| MONTE KARLO YÖNTEMİNE GÖRE VERGİ<br>SONRASI RANT |           |
|--|-----------|
| OLASILIK   | MİN. RANT |
| 1,00   | 0,0       |
| 0,95   | 3,5       |
| 0,90   | 6,0       |
| 0,85   | 7,7       |
| 0,80   | 9,6       |
| 0,75   | 10,8      |
| 0,70   | 12,0      |
| 0,65   | 13,2      |
| 0,60   | 14,2      |
| 0,55   | 15,1      |
| 0,50   | 16,6      |
| 0,45   | 17,3      |
| 0,40   | 18,0      |
| 0,35   | 18,7      |
| 0,30   | 20,4      |
| 0,25   | 21,5      |
| 0,20   | 22,5      |
| 0,15   | 23,9      |
| 0,10   | 24,9      |
| 0,05   | 26,9      |



Şekil 6. EKOLİZ programı RANT olasılık dağılımı  
çıkış bilgileri

mini etkiler. Bu raporun altında bu ortalama değerlerden hesaplanmış bir ortalama RANT değeri verilmektedir.

#### 4. RİSK ANALİZİ SONUÇLARININ YORUMLANMASI

Şekil 7'de Monte Karlo benzetim yöntemi ile

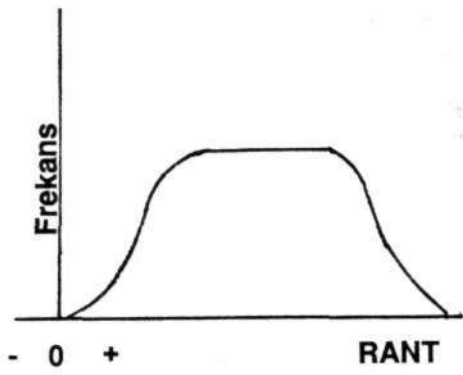
Çizelge 4. EKOLİZ Bilgisayar Programı Çıkış Bilgileri (Nakit Akımı Çizelgesi)

HESAPLANAN NAKİT AKIMI (MİLYON TÜRK LİRASI)

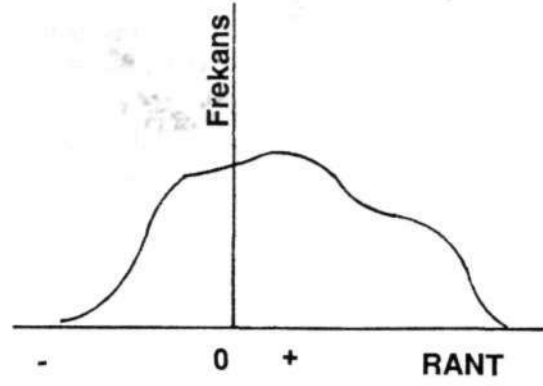
SABİT YATIRIM

|              |       |
|--------------|-------|
| AR-GE        | -1000 |
| ÜRETİM       | -3106 |
| CEV. HAZ.    | -9904 |
| İŞLETME SER. | -4086 |

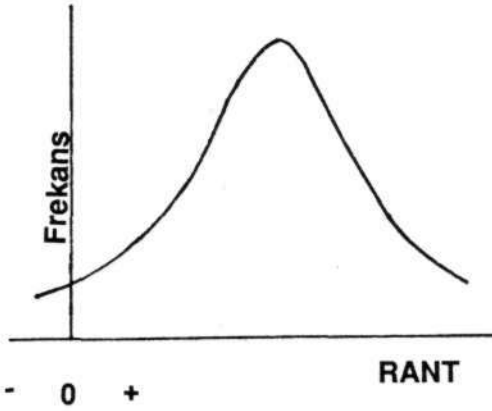
| YIL                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ÜRÜN DEĞERİ        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| A                  | 8136  | 8136  | 8136  | 8136  | 8136  | 8136  | 8136  | 8136  | 8136  |
| B                  | 19106 | 19106 | 19106 | 19106 | 19106 | 19106 | 19106 | 19106 | 19106 |
| TOPLAM             | 27242 | 27242 | 27242 | 27242 | 27242 | 27242 | 27242 | 27242 | 27242 |
| GİDERLER           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| ÜRETİM             | 5388  | 5388  | 5388  | 5388  | 5388  | 5388  | 5388  | 5388  | 5388  |
| CEV.HAZ.           | 9167  | 9167  | 9167  | 9167  | 9167  | 9167  | 9167  | 9167  | 9167  |
| ÇEŞİTLİ            | 5448  | 5448  | 5448  | 5448  | 5448  | 5448  | 5448  | 5448  | 5448  |
| URTM PAYI          | 2885  | 2882  | 2885  | 2885  | 2885  | 2885  | 2885  | 2885  | 2885  |
| TOPLAM             | 22888 | 22888 | 22888 | 22888 | 22888 | 22888 | >2888 | 22888 | 22888 |
| İŞLETME GELİRİ     | 4354  | 4354  | 4354  | 4354  | 4354  | 4354  | 1354  | 4354  | 4354  |
| AMORTİSMAN         | 1121  | 1031  | 949   | 873   | 803   | 739   | 680   | 625   | 575   |
| VERGİ ÖNCESİ GELİR | 3233  | 3323  | 3405  | 3481  | 3551  | 3615  | 3674  | 3729  | 3779  |
| VERGİ              | 1293  | 1329  | 1362  | 1393  | 1420  | 1446  | 1470  | 1492  | 1512  |
| NET GELİR          | 1940  | 1994  | 2043  | 2089  | 2131  | 2169  | 2205  | 2237  | 2267  |
| NAKİT AKIMI        | 3061  | 3025  | 2992  | 2962  | 2934  | 2908  | 2884  | 2863  | 2843  |



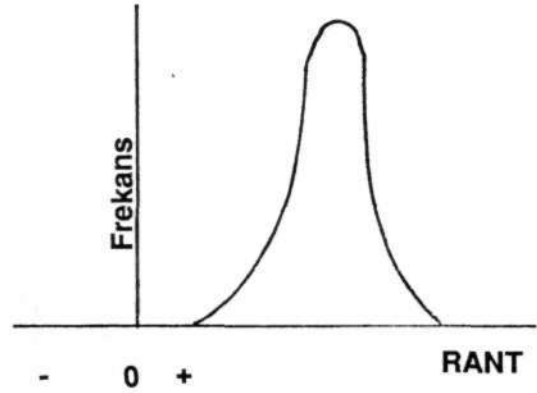
a) Belirsiz gelir, kayıp riski



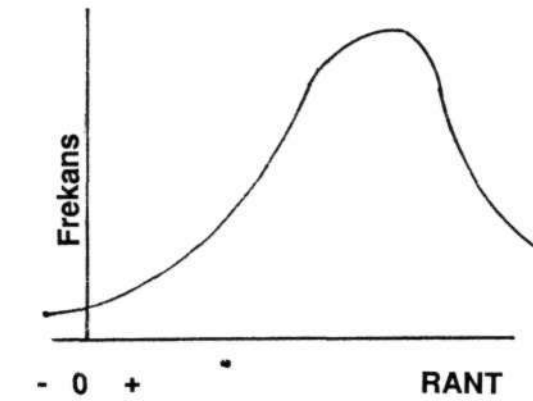
b) Belirsiz gelir ve risk



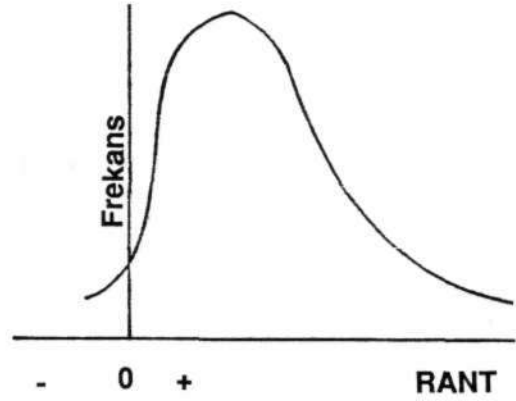
c) Nispeten belirli gelir ve az kaybetme riski



d) Belirli gelir ve kayıp riski yok



e) Nispeten belirli gelir yüksek RANT değeri



f) Nispeten belirli gelir ve düşük RANT değeri

Şekil 7. RANT olasılık frekans dağılımı örnekleri (Atkinson)

elde edilebilecek RANT olasılık frekans dağılımlarından bazı örnekler verilmiştir. Bu dağılımları yorumlarsak;

a- Geniş Dağılım (Şekil 7a): Bunun anlamı elde edilecek gelirden bir belirsizlik olduğudur. Ancak dağılımın sıfır eksenini kesmediği için para kaybetme riski yoktur. Böyle bir durumda proje sahipleri en azından yatırım maliyetini karşılayacak bir RANT değeri elde ederler.

b- Geniş Dağılım, Sıfır Çizgisi Kesilmiş (Şekil 7b): Bu gelirden bir belirsizlik ve kaybetme riski olduğu anlamındadır.

c- Nispeten Dar Dağılım, Sıfır çizgisi Kesilmiş (Şekil 7c): Bu nispeten belli bir gelir ve az kaybetme riski olduğu anlamındadır.

d- Dar ve Yüksek Dağılım, Sıfır Çizgisi Kesilmemiş (Şekil 7d): Bu belli bir gelir ve hiç kaybetme riski olmadığı anlamındadır. Bu durumda risk analizi yapma bile belki gereksizdir.

e- Yüksek Değerlere Bakışlı Dağılım (Şekil 7e): Bu nispeten belli bir gelir ve yüksek RANT değeri ile az kaybetme riski olduğu anlamındadır.

f- Düşük Değerlere Bakışlı Dağılım (Şekil 7f): Bu belli bir gelir ve düşük RANT değeri ile kaybetme riskinin olduğu anlamındadır.

## 5. SONUÇLAR

Finansman kaynaklarının güçlükle bulunabilirdiği ve ekonomik yatırımcılığın günümüzde dahada önem kazandığı ülkemiz madencilik sektöründe, ekonomik modellerin oluşturulması, yapılacak yatırımların risklerinin analizi ve öne sürülecek değişik proje seçenekleri arasından en kârlı ve akılcı seçimlerin yapılabilmesi için bilgisayardan yararlanmak gereklidir.

Bu amaçla geliştirilmiş bulunan ve Monte Karlo benzetim yöntemi ile çalışan EKOLİZ bilgisayar programı yardımı ile herhangi bir madencilik yatırım projesinin gerekli verileri olasılık dağılımları halinde vererek, risk analizinin yapılması mümkündür. Bilgisayar programlarının temelini verilen bilgilerin doğruluğu olduğundan bu aşamada deneyimlerden de yararlanılması yapılacak uygulamaların doğruluğunu artıracaktır.

## KAYNAKLAR

- WHITNEY. J.W, WHITNEY R.E., 1982; "Investment and Risk analysis in the Mining Industry" Whitney & Whitney Inc., Short Course Notes
- ATKINSON. T.; "Risk Analysis Techniques For Mine Project Appraisal", Lecture Notes
- BROWN. G.A.; 1970; "The Evaluating of Risk in Mining Ventures" CIM Bulletin.
- DONALD W.G.; 1979; "Mine Valuation" Computer Methods for the 1980's, AIME publications
- TOPUZ. E., 1983; "Maden Yatırım Projelerinde Riskin Tanımı ve Ölçülmesi", İTÜ Maden Fakültesi Seminer Notları