

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MADENCİLİK YATIRIMLARINDA RİSK ANALİZİ VE  
BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Müh. Dilek ÜLGEN**

**Anabilim Dalı : MADEN MÜHENDİSLİĞİ**

**Programı : MADEN MÜHENDİSLİĞİ**

**HAZİRAN 2007**

**MADENCİLİK YATIRIMLARINDA RİSK ANALİZİ VE  
BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Müh. Dilek ÜLGEN  
(505041004)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007  
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2007**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Selamet G. ERÇELEBİ  
Diğer Jüri Üyeleri Doç. Dr. İsmail UĞUR  
Dr. Ümran SERPEN**

**HAZİRAN 2007**

## **ÖNSÖZ**

Öncelikle “Madencilik yatırımlarında risk analizi ve bir uygulama” başlığı adı altında hazırladığım bu yüksek lisans tezini hazırlamama olanak sağlayan Bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Gündüz ÖKTEN’e ve bu tez çalışmasının başlangıcından itibaren tüm aşamalarında değerli ilgi ve yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Selamet G. ERÇELEBİ’ye, yazım aşamasında bana yardımcı olan Mustafa Salih Eysi’ye ve eğitim ve öğretim hayatımda beni her konuda destekleyen ve bugünlere getiren aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
<b>ÖNSÖZ</b>	ii
<b>KISALTMALAR</b>	v
<b>TABLolar LİSTESİ</b>	vi
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b>	vii
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	ix
<b>ÖZET</b>	x
<b>SUMMARY</b>	xii
<b>1 GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2 MADENCİLİK YATIRIMLARINDA RİSK ANALİZİ</b>	<b>2</b>
2.1 Madencilikte Yatırım Kararları	2
2.1.1 Madencilik Yatırımlarının Özellikleri	2
2.1.2 Madencilikte Yatırım Evreleri ve Taşıdıkları Risk	4
2.1.2.1 Maden Arama	4
2.1.2.2 Araştırma ve Değerlendirme	5
2.1.2.3 Hazırlık ve Tesis Kurma	5
2.1.2.4 Üretim Evresi	7
2.1.3 Madencilik Yatırım Kararlarını Etkileyen Karar Değişkenleri ve Parametreler	7
2.1.3.1 Kontrol Edilebilen Karar Değişkenleri	8
2.1.3.2 Kontrol Edilemeyen Karar Değişkenleri	14
2.2 Maden Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi	18
2.2.1 Belirlilik Ortamında Yatırım Projelerini Değerlendirme Yöntemleri	19
2.2.1.1 Ortalama Karlılık Oranı	21
2.2.1.2 Geri Ödeme Süresi	21
2.2.1.3 Net Bugünkü Değer	22
2.2.1.4 Fayda-Maliyet Oranı	23
2.2.1.5 İç Karlılık Oranı	24
2.2.2 Risk ve Belirsizlik Ortamında Yatırım Projelerini Değerlendirme Yöntemi	25
2.2.2.1 Hoskold Yöntemi	25
2.2.2.2 Riske Ayarlanmış İndirgeme Oranı	26
2.2.2.3 Belirlilik Eşdeğeri Yöntemi	27
2.2.2.4 Benzetim Yöntemi	29
2.3 Madencilik Yatırım Kararlarında Riskin Etkileri ve Ölçülmesi	38
2.3.1 Madencilik Yatırımlarının Riskliliğinde Etkili Olan Belirsizlik Kaynakları	39
2.3.1.1 Doğal Belirsizlikler	39
2.3.1.2 Teknolojik Belirsizlikler	40
2.3.1.3 Ekonomik Belirsizlikler	41
2.3.1.4 Politik Belirsizlikler	43
2.3.2 Madencilik Yatırımlarının Riskliliğinde Karar Değişkenlerinin Etkileri	44
2.3.3 Riskin Ölçülmesi	47
2.3.3.1 Beklenen Değer, Standart Sapma ve Değişkenlik Katsayısı	48
2.3.3.2 Çarpıklık ve Basıklık Katsayısı	50
2.3.3.3 Çeyrek Varyasyon Katsayısı	51
2.3.3.4 Genişlik	52
2.3.3.5 Risk Profili	53

<b>3. UYGULAMA (SEYDİŞEHİR - DOĞANKUZU BOKSİT MADENİ)</b>	<b>56</b>
3.1 Boksit Madenciliği ve Boksitten Alüminyum Üretimi	56
3.1.1 Boksitin Tanımı ve Boksit Madenciliği	56
3.1.1.1 Boksitin Dünya ve Türkiyedeki Durumu, Üretim-Tüketim Değerleri	58
3.1.1.2 Boksitten Alümina ve Alüminyum Üretimi	62
3.1.1.3 Boksit, Alümina ve Alüminyum'un Üretim-Tüketim Değerleri	62
3.1.1.4 Fiyatlar	68
3.2 Projenin Tanıtımı	69
3.2.1 Seydişehir - Doğankuzu Boksit Madeni	69
3.2.2 Sahanın Coğrafi Konumu ve Jeolojisi	69
3.3 Açık İşletme Tasarımı	72
3.3.1 Sahanın Boksit Rezervi, Tenörü ve Dekapaj Oranı	72
3.4 Maliyet Hesapları	72
3.4.1 Satın Alma Maliyetleri	73
3.4.1.1 Direk Maliyetler	77
3.4.1.2 İndirek Maliyetler	79
3.4.2 İşletme Maliyetleri	81
3.4.2.1 İşletme Sermayesi	82
<b>4 EKONOMİK DEĞERLENDİRME VE RİSK ANALİZİ</b>	<b>83</b>
4.1 Risk Analizi	92
4.1.1 @ Risk Programı ile Risk Analizinin Yapılması	93
4.1.2 Risk Analizi Sonuçları	95
<b>5 SONUÇLAR</b>	<b>107</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>109</b>
<b>EKLER</b>	<b>116</b>
EK A	116
EK B	120
EK C	124
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>128</b>

## **KISALTMALAR**

<b>NBD</b>	: Net Bugünkü Değer
<b>GÖS</b>	: Gri Ödeme Süresi
<b>İKO</b>	: İç Karlılık Oranı
<b>OK</b>	: Ortalama Karlılık Oranı
<b>FMO</b>	: Fayda Maliyet Oranı

## TABLO LİSTESİ

Sayfa No

<b>Tablo 2.1:</b>	Var olan ve yeni bir üretim sistemi için yapılan yatırım projelerinde kullanılan karar verme ölçütlerinin yüzdesel dağılımı.....	20
<b>Tablo 2.2:</b>	Rassal olarak hesaplanan standart normal değerlerin dağılımı.....	36
<b>Tablo 3.1:</b>	Boksitin Kullanım Alanlarına Göre Tipik Analizleri (%).....	58
<b>Tablo 3.2:</b>	Ülkelere Göre Boksit Rezervleri (x1000 ton).....	58
<b>Tablo 3.3:</b>	En büyük boksit üreticisi 10 ülke.....	59
<b>Tablo 3.4:</b>	Türkiye Boksit Rezervlerinin bölgelere göre dağılımı.....	60
<b>Tablo 3.5:</b>	Seydişehir bölgesi 2002 yılı boksit rezerv dağılımı.....	61
<b>Tablo 3.6:</b>	Dünya boksit üretimi (x1000 ton).....	63
<b>Tablo 3.7:</b>	Dünya Alüminyum üretimi ve Boksit tüketim miktarları (x1000 ton).....	64
<b>Tablo 3.8:</b>	En büyük 20 alümina üreticisi ülke.....	65
<b>Tablo 3.9:</b>	Bazı ülkelerdeki boksit maliyetleri.....	68
<b>Tablo 3.10:</b>	“Mine Cost Index” değerleri.....	73
<b>Tablo 3.11:</b>	Satın alma maliyetleri, yıllık amortisman ve hurda değerleri.....	81
<b>Tablo 4.1:</b>	%100 özsermaye kullanımı ile oluşturulan yıllık nakit akış tablosu (x1000 \$).....	84
<b>Tablo 4.2:</b>	%50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanımı ile oluşturulan yıllık nakit akış tablosu (x1000 \$).....	89
<b>Tablo 4.3:</b>	Nakit akış tablolarının hazırlanmasında kullanılan kabuller.....	92
<b>Tablo 4.4:</b>	Kabul edilen değişkenler, dağılım fonksiyonları ve incelenen proje değerlendirme karar verme ölçütleri.....	94
<b>Tablo 4.5:</b>	%100 Özsermaye kullanılması durumunda yapılan risk analizi sonucunda elde edilen istatistiksel sonuçlar.....	96
<b>Tablo 4.6:</b>	%50 Özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda yapılan risk analizi sonucunda elde edilen istatistiksel sonuçlar.....	96
<b>Tablo 4.7:</b>	Proje değerlendirme ölçütlerinin regresyon analizleri.....	97
<b>Tablo 4.8:</b>	Proje değerlendirme ölçütlerinin korelasyon analizleri.....	97
<b>Tablo 4.9:</b>	Risk analizi yapılmadan önceki ve yapıldıktan sonraki ortalama değerler.....	104
<b>Tablo 4.10:</b>	NBD'in olasılık dağılımları.....	104
<b>Tablo 4.11:</b>	İKO'nun olasılık dağılımları.....	105
<b>Tablo 4.12:</b>	GÖS'nin olasılık dağılımları.....	105

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
<b>Şekil 2.1:</b>	Yer altı ve Açık işletme projeleri yatırım giderlerinin üretim kapasitesi ile olan ilişkisi..... 6
<b>Şekil 2.2:</b>	Açık işletme projelerinde dekapaj oranına bağlı olarak toplam yatırımın üretim kapasitesi ile olan ilişkisi..... 6
<b>Şekil 2.3:</b>	Madencilik yatırımlarında üretim kapasitesi ve karlılığın bugünkü değer oranı arasındaki ilişki..... 8
<b>Şekil 2.4:</b>	Madencilik yatırımlarında birim üretim giderlerinin günlük kapasite ile olan ilişkisi..... 9
<b>Şekil 2.5:</b>	Madencilik yatırımlarında sınır tenör - toplam karlılık ilişkisi.... 10
<b>Şekil 2.6:</b>	Sınır tenör artışının cevher rezerv oranına olan etkisi..... 11
<b>Şekil 2.7:</b>	Optimum sınır tenör değişimiyle cevher satış fiyatında görülen değişimler..... 11
<b>Şekil 2.8:</b>	Sınır tenör ve dekapaj oranı arasındaki ilişki..... 13
<b>Şekil 2.9:</b>	Değişken giderler ile üretim kapasitesi arasında gözlenen fonksiyonel değişimler..... 14
<b>Şekil 2.10:</b>	Üçgen dağılım parametreleri..... 33
<b>Şekil 2.11:</b>	Merkezi limit teoremine dayanan yöntemden matematiksel türetme yoluyla elde edilen Ahrens-Dieter, Marsaglia-Bray ve Box-Müller yöntemlerinde işlem süresi ile örnekleme boyutu arasındaki ilişki..... 36
<b>Şekil 2.12:</b>	Üretim kapasitesi-maden ömrü ilişkisi..... 44
<b>Şekil 2.13:</b>	Birim ve toplam üretim giderlerinin üretim kapasitesi ile olan ilişkisi..... 45
<b>Şekil 2.14:</b>	Toplam yatırım ve birim üretim giderlerinin dekapaj oranı ile olan ilişkisi..... 46
<b>Şekil 2.15:</b>	İKO'nun olasılık değişimi..... 53
<b>Şekil 2.16:</b>	A ve B yatırım seçenekleri için İKO'nun olasılık değişimi..... 54
<b>Şekil 2.17:</b>	A ve B yatırım seçenekleri için İKO'nun kümülatif olasılık değişimi..... 54
<b>Şekil 2.18:</b>	NBD-toplam olasılık ilişkisi..... 55
<b>Şekil 3.1:</b>	Boksit rezervi belirlenmiş olan ülkeler, 2005..... 59
<b>Şekil 3.2:</b>	Alüminyum üretiminde ilk 10 ülke ve üretim miktarları..... 66
<b>Şekil 3.3:</b>	Alüminyum tüketiminde ilk 10 ülke ve tüketim miktarları..... 66
<b>Şekil 3.4:</b>	Alüminyum ihracatçısı ilk 10 ülke ve ihracat miktarları..... 66
<b>Şekil 3.5:</b>	Alüminyum ithalatçısı ilk 10 ülke ve ithalat miktarları..... 67
<b>Şekil 3.6:</b>	2005 yılı Alüminyumun kullanım alanlarının yüzdesel dağılımı 67
<b>Şekil 3.7:</b>	Küresel birincil alüminyum tüketim senaryoları..... 68
<b>Şekil 3.8:</b>	Alüminyum fiyatının yıllara bağlı olarak değişimi, (LME fiyatları)..... 69
<b>Şekil 3.9:</b>	Doğankuzu ve Mortaş boksit yataklarının jeolojik haritası..... 70
<b>Şekil 3.10:</b>	Doğankuzu boksit yatağının jeoloji haritası ve jeolojik kesiti..... 71
<b>Şekil 3.11:</b>	Doğankuzu boksit yatağında gözlenen kalker konglomera ara düzeyler..... 72
<b>Şekil 4.1:</b>	%100 özsermaye kullanılması durumunda projenin Net Bugünkü Değerlerinin (NBD) dağılımına ait histogram..... 98
<b>Şekil 4.2:</b>	%100 özsermaye kullanılması durumunda Projenin Net Bugünkü Değerlerinin (NBD) dağılımına ait kümülatif histogramı..... 98



<b>Şekil 4.3:</b>	%50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda projenin Net Bugünkü Değerlerinin (NBD) dağılımına ait histogram.....	99
<b>Şekil 4.4:</b>	%50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda projenin Net Bugünkü Değerlerinin (NBD) dağılımına ait kümülatif histogramı.....	99
<b>Şekil 4.5:</b>	%100 özsermaye kullanılması durumunda projenin İç Karlılık Oranı (İKO) değerlerinin dağılımına ait histogram.....	100
<b>Şekil 4.6:</b>	%100 özsermaye kullanılması durumunda Projenin İç Karlılık Oranı (İKO) değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram....	100
<b>Şekil 4.7:</b>	%50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda projenin İç Karlılık Oranı (İKO) değerlerinin dağılımına ait histogram.....	101
<b>Şekil 4.8:</b>	%50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda projenin İç Karlılık Oranı (İKO) değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram.....	101
<b>Şekil 4.9:</b>	%100 özsermaye kullanılması durumunda projenin Geri Ödeme Süresi (GÖS) değerlerinin dağılımına ait histogram...	102
<b>Şekil 4.10:</b>	%100 özsermaye kullanılması durumunda Projenin Geri Ödeme Süresi (GÖS) değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram.....	102
<b>Şekil 4.11:</b>	%50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda projenin Geri Ödeme Süresi (GÖS) değerlerinin dağılımına ait histogram.....	103
<b>Şekil 4.12:</b>	%50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda projenin Geri Ödeme Süresi (GÖS) değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram.....	103

## SEMBOL LİSTESİ

<b>TY</b>	: Toplam Yatırım
<b>NK</b>	: Net Kar
<b>NA</b>	: Nakit Akımı
<b>R<sub>f</sub></b>	: Fisher Karlılık Oranı
<b>V<sub>p</sub></b>	: Maden Yatağının Bugünkü Değeri
<b>A</b>	: Yıllık Net Kar
<b>r</b>	: Sermayenin Maliyete Olan Emniyetli Faiz Oranı
<b>r<sup>t</sup></b>	: Risk Oranı
<b>n</b>	: Madenin Ömrü – Sınıf Sayısı
<b>P<sub>m</sub></b>	: m'inci Yılın Net Karı
<b>θ</b>	: Risk Payı
<b>α<sub>i</sub></b>	: i'inci Yılın Belirlilik Eşdeğer Katsayısı
<b>μ</b>	: Aritmetik Ortalama
<b>σ</b>	: Standart Sapma
<b>E<sup>(x)</sup></b>	: Karlılık Ölçütünün Beklenen Değeri
<b>f<sub>i</sub></b>	: i'inci Sınıfın Frekans Sayısı
<b>Q<sub>v</sub></b>	: Çeyrek Varyasyon Katsayısı
<b>Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub></b>	: Dağılımın Birinci, İkinci ve Üçüncü Kartilleri
<b>T</b>	: Günlük Üretilecek Cevher Miktarı
<b>T<sub>p</sub></b>	: Günlük Dekapaj ve Cevher Miktarlarının Toplamı
<b>N<sub>op</sub></b>	: Açık İşletme Personel Sayısı
<b>N<sub>mt</sub></b>	: Cevher Hazırlama Personel Sayısı
<b>N<sub>sv</sub></b>	: Bakım Onarım Personel Sayısı
<b>N<sub>at</sub></b>	: Yönetici ve Teknik Personel Sayısı
<b>d</b>	: Delik Çapı
<b>S</b>	: Optimum Ekskavatör Büyüklüğü
<b>N<sub>s</sub></b>	: Ekskavatör Sayısı
<b>t</b>	: Kamyon Büyüklüğü
<b>N<sub>t</sub></b>	: Kamyon Sayısı
<b>T<sub>w</sub></b>	: Ön Dekapaj Miktarı
<b>N<sub>d</sub></b>	: Delici Ekipman Sayısı
<b>N<sub>s</sub></b>	: Yükleme Ekipmanı Sayısı

## MADENCİLİK YATIRIMLARINDA RİSK ANALİZİ VE BİR UYGULAMA

### ÖZET

Madencilik yatırımları, genellikle yüksek riskli yatırımlardır. Bu riskliliğin nedenleri maden yatağının rezervi, tenörü, jeolojik ve mineralojik yapısının yanı sıra cevherlerin teknolojik kazanımı gibi özelliklerin tahmininden kaynaklanan belirsizlikler ile teknolojik, ekonomik ve politik belirsizliklerdir. Bu nedenle, madencilik sektöründe yatırım kararları alınmadan önce projelerin ekonomik değerlerinin, yukarıda belirtilen riskli durumlar da göz önünde bulundurularak önceden saptanması gerekir. Bu da, madencilik işlemlerine başlamadan önce yapılacak olan tüm yatırımların detaylandırılmasına, yıllık nakit akımlarını içeren bir modelin oluşturulmasına ve bu modelin yukarıda belirtilen riskli durumlar da göz önünde bulundurularak değerlendirilmesine bağlıdır. Değerlendirmeler esnasında projenin ekonomik değerinin ölçülmesi ise nakit akım modelinden elde edilecek olan paranın net bugünkü değeri (NBD), sermayenin ortalama yıllık getirisi ya da iç karlılık oranı (İKO) ve paranın geri ödeme süresi (GÖS) gibi parametrelerin belirlenmesi ile mümkündür.

Bu tez çalışmasında, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte özellikle ulaştırma, inşaat ve ambalaj sektörlerinde kullanımı her geçen gün artan ve 21. yüzyılın vazgeçilmez metali haline gelen Alüminyum metalinin elde edildiği boksit madenciliği yatırımlarının risk analizi yapılmıştır. Uygulama sahası olarak ta, ülkemiz en büyük boksit rezervlerinin bulunduğu Seydişehir bölgesi seçilmiş olup, halen bölgede devam eden yatırımlardan biri olan Doğanlı boksit madeni sahası ele alınmıştır.

Yapılan değerlendirmeler ve hesaplamalar sonucunda; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörü %57,98 olan 3.755.000 ton rezerve sahip Doğanlı boksit madeninin açık işletme yöntemiyle işletileceği ve işletme süresinin 19 yıl olacağı anlaşılmıştır. Böyle bir boksit madeni projesinin ise günümüz koşullarındaki satın alma maliyetlerinin 40.048.529 \$ (direk maliyetler: 39.298.961 \$ ve indirek maliyetler: 749.568 \$), açık işletme maliyetinin de 46,61 \$/ton olacağı bulunmuştur.

Tüm maliyetler göz önüne alınarak iki ayrı durum için iki farklı nakit akış tablosu düzenlenmiştir. Birinci durumda, toplam yatırım tutarının %100 özsermaye ile karşılanacağı, İkinci durumda ise toplam yatırım tutarının %50 özsermaye + %50 banka kredisi ile karşılanacağı öngörülmüştür. Birinci durumda, yatırımın net bugünkü değerinin (NBD) %15 indirgeme oranı ile 31.102.530 \$, iç karlılık oranının (İKO) %24,90 ve geri ödeme süresinin (GÖS) ise 7,17 yıl olacağı hesaplanmıştır. Banka kredisinin kullanılması durumunda ise yatırımın net bugünkü değerinin yine aynı indirgeme oranı ile 18.907.839 \$, iç karlılık oranının %21,15 ve geri ödeme süresinin ise 9,50 yıl olacağı anlaşılmıştır.

Yapılan risk analizlerinde ise, simülasyonlar sonucunda; NBD'lerin pozitif olma (0'dan büyük) ve 30 milyon \$'dan büyük olma olasılıklarının birinci durumda sırasıyla 0,716 ve 0,422, ikinci durumda ise yine sırasıyla 0,630 ve 0,376 olduğu ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde İKO'ların %15'den büyük olma olasılığı birinci durum için 0,81 ve ikinci durum için 0,69, GÖS'lerin ise 10 yıldan küçük olma olasılıkları birinci ve ikinci durum için sırasıyla 0,890 ve 0,838 olarak bulunmuştur.

Diğer yandan, yapılan regresyon ve korelasyon analizleri sonucunda her iki durum için de karar verme ölçütlerinin birinci derecede Al metalinin satış fiyatına bağlı olduğu ortaya çıkmış ve Al metal fiyatlarının yükselmesiyle projenin karlılığının da artacağı görülmüştür.

Sonuç olarak Seydişehir-Doğankuzu Boksit Madeni projesinin her iki durum için de günümüz piyasa koşullarına göre yatırıma değer, karlı bir proje olduğu ortaya çıkmıştır.

## RISK ANALYSE IN MINING INVESTMENTS AND A SAMPLE APPLICATION

### SUMMARY

Mining investments are usually very risky. The reasons for risk are ambiguities from the prediction of reserves of the mineral deposit, grades, geologic and mineralogical compounds and processing of minerals and also from the ambiguities resulting from economical and political instability. Because of this before investing in mining industry, these risk factors should be taken under consideration to make a better decision. This leads investor to plan all the details for yearly cash flow models by using all the factors below. During economic evaluations, the cash flow should be used to determine the decision criterias such as net present value NPV, internal rate of return (IRR) and payback period (PP).

In this thesis, the risk analysis of a bauxite deposit is carried out which Aluminum metal is produced and used heavily in transportation and construction industry in the 21st century. As an example study Dogankuzu bauxite deposit, located in Seydisehir area evaluated, which is the one of biggest bauxite reserve in Turkey is economically.

After the evaluation, it is found that Dogankuzu bauxite reserve contains 3.755.000 tonnes of %57,98  $Al_2O_3$  and the ore body can be mined in 19 years. Such a project costs \$ 40.048.529 capital cost (direct cost of \$ 39.298.961 and indirect costs of \$ 749.568) and 46.61 \$/ton operation cost.

For 2 different cases, 2 different cash flow schemes prepared. In the first one, 100% of total investment is financed from company's own resources and in the second, %50 will be from the internally generated funds and the rest will be depth financed. In the first case, NPV is \$ 31.102.530 (at %15 discount rate), internal rate of return is %24.90 and a payback period is 7.17 years. As the investment is supported by the bank credit, the NPV calculated as \$ 18.907.839, internal rate of return as %21.15 and a payback period as 9.50 years.

In the risk analysis, by using Monte Carlo simulations, the probability of NVP to be positive is 0,716 and exceeding 30 million \$ is found as 0,422 for the first case, and 0,630 and 0,376 respectively for the second case. Similarly, the probability of internal rate of return are to be higher than %15 are 0.81 and 0.69 for the first and second cases. Another evaluation showed that the probabilities for the payback period to be less than 10 years are 0.890 and 0.838.

On the other hand, regression and correlation analysis showed that economics of the deposit depends on the price of the Al metal primarily and the profits will increase as the price of the Al metal increases.

In conclusion, the thesis showed that it is feasible to invest in Seydisehir-Dogankuzu Bauxite deposit both under internally financed or dept financed.

## 1 GİRİŞ

Teklif edilen bir madencilik projesi 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 (NBD), sermayenin ortalama yıllık getirisi ya da iç karlılık oranı (İKO) ve paranın geri ödeme süresi (GÖS) gibi parametrelerin belirlenmesi ile mümkündür.

Bütün bu verilerin değerlendirilip bilgisayar yardımı ile bir nakit akımı modelinin oluşturulması gerekir. Model oluşturulup NBD, İKO ve GÖS elde edildikten sonra bu parametreleri ölçü olarak kullanıp modelde oluşabilecek değişikliklerin incelenmesi ve oluşabilecek riskin ölçülebilmesi için olasılık kuramlarına dayalı Duyarlılık Analizi, Monte Carlo Benzetim Yöntemi, Karar Ağacı Yöntemi gibi risk analiz yöntemleri kullanılır. Monte Carlo benzetim yöntemi, belirsizliklerin bulunduğu durumlarda kullanılan olasılık ve tahmin kavramlarını esas alan bir yöntemdir.

Bu çalışmada Şeydişehir Doğanlı boksit ocağına yapılacak yatırımın risk analizi Monte Carlo benzetim yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

## **2 MADENCİLİK YATIRIMLARINDA RİSK ANALİZİ**

Madencilik yatırımları, genellikle yüksek riskli yatırımlardır. Bu riskliliğin nedenleri maden yatağının rezervi, tenörü, jeolojik ve mineralojik yapısı ile cevherlerin teknolojik kazanımı gibi özelliklerin tahmininden kaynaklanan belirsizlikler ile teknolojik, ekonomik ve politik belirsizliklerdir.

Son yıllarda enerji ve sanayi hammaddelerine olan gereksinimlerin artması, buna karşılık yüksek kaliteli ve tenörlü maden yataklarının azalması nedeniyle, düşük kaliteli ve tenörlü, büyük rezervi olan maden yataklarının işletilmesi için, üretimlerin daha büyük kapasitelerle yapılması söz konusudur. Bu nedenle, yapılacak yatırımların miktarı da artmıştır. Ayrıca, alt yapıya ve çevre korumaya gittikçe artan ölçülerde önem verilmesi de bu yatırımların miktarını arttırmıştır. Bununla birlikte büyük sermayeler gerektiren madencilik yatırımlarının, üretim öncesi yapılan arama çalışmalarıyla birlikte büyük bir belirsizlik ortamında başlaması da madencilik yatırımlarının riskliliğinin en büyük etkenlerinden birisidir.

Madenlerin aranması ile araştırma ve değerlendirme evrelerinde, yapılan yatırımların miktarı az olmakla birlikte, maden yataklarının özellikleri hakkında yeterli veriler elde edilemediğinden, yatırımların taşıdığı riskler oldukça yüksektir. Hazırlık ve tesis ile işletme evrelerinde ise, yapılan yatırımların miktarı artmakla birlikte, maden yatağı özelliklerinin tahminiyle ilgili verilerin artması, riskin azalmasını sağlar.

Madencilik yatırım evrelerinin tümünde teknolojik, ekonomik ve politik belirsizlik kaynakların etkileri değişik oranlarla da olsa sürekli söz konusudur. Bununla birlikte, özellikle hazırlık ve tesis işletme evrelerinde büyük miktarlarda yatırımlar yapıldığından, herhangi bir aksaklık karşısında maden işletmelerinin kayıpları da büyük miktarlarda olur.

### **2.1 Madencilikte Yatırım Kararları**

#### **2.1.1 Madencilik Yatırımlarının Özellikleri**

Madencilik yatırımları, diğer endüstriyel yatırımlardan farklı birçok özelliklere bağlıdır sahiptir. Bu özellikler nedeniyle de madencilik yatırımlarının değerlendirilmesine yıllarca özel önem verilmiş ve birçok değerlendirme yöntemleri uygulanmıştır. Madencilik yatırımlarının bazı önemli özellikleri aşağıda sıralanmaktadır.

a) Madenler tükenebilir ve yenilenemez kaynaklar olduğundan, madencilik yatırımlarının ömrü de maden yatağındaki cevher rezerv miktarı ile sınırlıdır. Belirli bir cevheri üretmek için alınacak araç gereçler ile kurulacak tesislerin ömrü, üretim kapasitesi ve cevherlerin ortalama tenörleriyle birlikte esas olarak cevher rezerv miktarına bağlıdır. Cevher rezervi tükendiğinde, maden işletme faaliyetleride sona ereceğinden, yapılan yatırımların, tükenme ömrü süresi içinde geri kazanılmış olması gerekir [1].

b) Madencilikte, üretim öncesi yapılan arama, araştırma ve rezerv saptama çalışmaları içinde yatırımlar gereklidir. Arama ve araştırma çalışmaları sırasında, bulunacak maden yatağının büyüklüğü ve nitelikleri kesin olarak bilinemediğinden, yapılacak yatırımlar risklidir [2]. Diğer endüstriyel işletmeler ise, hammaddeyi bulmak için üretim öncesi herhangi bir yatırım yapamayabilirler [3].

c) Maden arama aşamasında var olan, madenin büyüklüğü ve niteliği ile ilgili belirsizliklerin bazıları, üretim aşamasında da varlığını korur. Üretim amacıyla yapılan yatırımlar, madenin niteliğiyle ilgili belirsizliklerinden başka, pazarlama belirsizlikleriyle de karşı karşıyadır. Cevher ve metal satış fiyatları mevsimlik dalgalanmalar gösterirler ve fiyatların düşüş ve yükselişlerinin nedenleri yeterince anlaşılmış değildir [4].

d) Ülke sınırları içerisinde var olan madenler, düzensiz olarak dağılmışlardır. Bunların işletilmesinde doğal engellerle karşılaşılabilir. Madenler, genellikle yerleşim bölgelerine uzak ve ulaşım yollarından yoksun yerlerde bulduklarından, önemli alt yapı yatırımlarını da gerektirirler [5]. Diğer endüstri yatırımlar ise, genellikle ait yapı hizmetleri tamamlanmış, ulaşım imkânları iyi olan bölgelerde yapılır.

e) Madencilik yatırımları genellikle uzun ömürlü ve büyük sermaye gerektiren yatırımlardır [6]. Bu nedenle de yapılacak yatırımların geri ödeme süreleri uzundur. Ayrıca, madenin uzun ömrü boyunca gelecekte teknolojik, politik ve ekonomik değişiklikler, tüm uzun ömürlü yatırımların riskliliğinin ana nedenleridir.

f) Madencilik yatırımları, riski yüksek ve uzun vadeli yatırımlar olduğundan, madencilik şirketleri çoğunlukla finansman güçlükleriyle karşılaşır. Özellikle arama aşamasında risk çok yüksek olduğundan, finansman sadece kamu fonlarından karşılanabilmektedir [5]. Cevher rezervinin saptanmasından sonra, uluslararası finans kuruluşlarından ve kalkınma bankalarından sermaye sağlanabilmektedir. Ticari bankalar ise ancak üretim aşamasında, işletmenin durumuna göre sermaye katkısında bulunmaktadırlar [5].



g) Açık işletme yöntemiyle çalışan işletmelerde ve bazı yeraltı işletme yöntemlerinde doğa güzellikleri bozulmakta çevreye büyük zararlar verilmektedir. Çevre korumanın öneminin gittikçe arttığı günümüz dünyasında, maden işletmelerinin neden olduğu zarar ve hasarları önlemek için gerek üretim aşamasında ve gerekse madenin ömrü sonunda çevreyi korumak amacıyla da, önemli oranlarda harcama ve yatırımların yapılması gerekmektedir.

### **2.1.2 Madencilikte Yatırım Evreleri ve Taşıdıkları Risk**

Madencilik faaliyetleri, maden yatağının aranması çalışmalarıyla başlar. Umutlu bölgelerde yapılan arama çalışmaları olumlu sonuçlar verdikten sonra, bulunan yatakla ilgili değerlendirme çalışmaları başlar. Değerlendirme sonuçları ışığında, cevher üretimini gerçekleştirebilmek için üretim yöntemi ve teknoloji seçimi gibi teknik tasarımlardan sonra ekonomik değerlendirmeler yapılır. Ekonomik değerlendirmenin optimum sonuçlarına göre gerekli araç gereçler alınıp tesisler kurulduktan sonra üretime geçilerek, elde edilen ürünler pazarlanır. Bu faaliyetlerin her biri için belirli miktarlarda yatırımlar yapılır ve bu yatırımların taşıdığı riskler ve finansman olanakları farklıdır. Madencilik faaliyetlerini belirli evrelere ayırmak ve bu evrelerde yapılan yatırımların özelliklerini incelemek mümkündür. Madencilik faaliyetleri ve yatırım evreleri birkaç farklı biçimde sınıflandırılabilir [3, 5].

#### **2.1.2.1 Maden Arama**

Madenlerin aramasında amaç, içinde bulunulan zaman düzeyinde ekonomik olarak işletilebilecek bir maden yatağının bulunmasıdır [7]. Maden arama, bir maden ihbarı veya bulgusu sonucunda bölgesel olarak başlar ve bölgesel arama alanı çok geniş tutulur [5]. Bölgesel arama sırasında jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal çalışmalarla birlikte geniş aralıklı sondajlar yapılır. Yapılan değerlendirmelerde sonuç olumsuz ise çalışmalar durdurulur. Maden yatağının varlığı belirlenmiş ise, daha detaylı aramalara geçilir ve sondaj aralıkları küçültülerek galerili ve yarmalı aramalar yapılır. Arama faaliyetleri işletme evresinde de devam edebilir. Detaylı arama çalışmaları sonunda ise, ya aramalara son verilip yatak terk edilir, ya da üretime geçmek için araştırma ve değerlendirme çalışmalarına geçilir [8].

Maden arama evresi başlangıcında çok fazla bir yatırım gerekmez, fakat sonucun olumsuz olma olasılığı ve yapılacak yatırımın riski yüksektir [9]. Arama çalışmaları ilerledikçe detaylı aramalar için gerekli yatırım harcamaları artar, fakat risk azalmaya başlar.

Maden arama evresinde yatırım finansmanı ülke içi kaynaklardan karşılanmakta ve kaynakların büyük çoğunluğu da kamu fonları oluşturmaktadır [5]. Özel kuruluşlar ise arama çalışmalarına küçük miktarlarda sermaye ayırmaktadır.

### **2.1.2.2 Araştırma ve Değerlendirme**

Arama faaliyetleri sırasında varlığı belirlenen ve elde edilen bulgulara göre işletilebileceği tahmin edilen maden yatağının cevher rezervini ve tenörünü belirlemek, teknolojik ve ekonomik olarak işletilebilirliğini saptamak için araştırma ve değerlendirme çalışmalarına başlanır. Araştırma ve değerlendirme çalışmaları sırasında, cevher ve rezerv miktarını ve tenör dağılımını saptamak için gerekli veriler yetersiz kalırsa, ek yeni sondajlar veya galerili ve yarmalı aramalar yapılır. Maden yatağının sınırları belirlenip, mineralojik ve kimyasal testler yapılarak teknolojik olarak işletilebilirliği araştırılır. Maden yatağında uygulanabilecek üretim yöntemi saptanır.

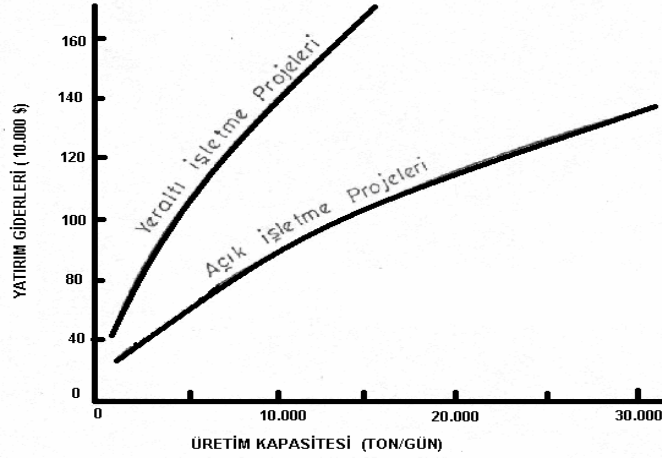
Araştırma ve değerlendirme çalışmaları sonunda bir fizibilite projesi hazırlanır. Fizibilite projesinde, çeşitli tenör, kapasite ve üretim yöntemi seçeneklerinin teknik ve ekonomik analizleri yapılır.

Araştırma ve değerlendirme evresinde, gerekli yatırım harcamaları artarken risk azalmaya başlar [5]. Yatırım finansmanı, madencilik kuruluşlarının kendi öz sermayelerinden karşılanmakla birlikte, diğer sermaye kuruluşlarının da katkıları mümkündür [5].

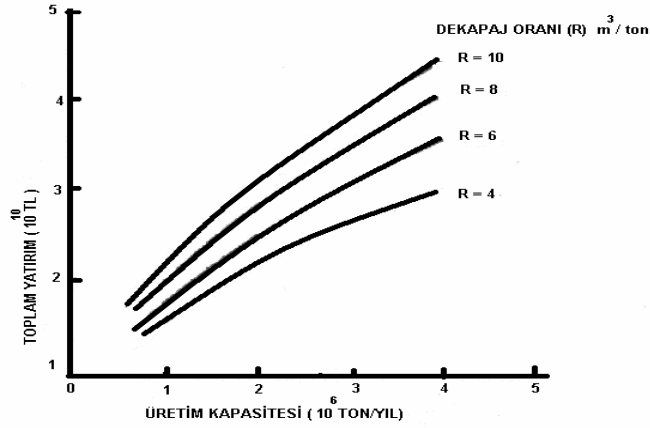
### **2.1.2.3 Hazırlık ve Tesis Kurma**

Ekonomik bir değer taşıdığı yapılan olurluluk çalışmalarıyla saptanan maden yatağının işletilmesi için, seçilen üretim yöntemine göre değişen birçok hazırlık (veya geliştirme) işlerinin (yeraltı işletme yönteminde kuyu ve galerilerin açılması, açık işletme yönteminde dekapaj) yapılması, yerüstü tesislerinin, cevher hazırlama ve zenginleştirme tesislerinin kurulması, üretim makinelerinin ve teçhizatın satın alınması gereklidir. Hazırlık ve tesisi kurma evresinde gerçekleştirilecek olan tüm bu işler, büyük yatırımlar gerektirir.

Bu evrede yapılacak yatırımların miktarı üretim yöntemine, üretim kapasitesine ve cevherin bulunduğu derinliğe bağlı olarak değişir. Genellikle yeraltı işletme yöntemleriyle üretim için, açık işletmecilikten daha fazla yatırım gerekir (Şekil 2.1). Üretim kapasitesi arttıkça da yatırım giderleri azalarak artar. Açık işletmecilikte ise üretim derinliğine bağlı olarak dekapaj oranlarındaki artışlarla, gerekli yatırım miktarları da artar (Şekil 2.2) [11].



**Şekil 2.1: Yer altı ve Açık işletme projeleri yatırım giderlerinin üretim kapasitesi ile olan ilişkisi [10].**



**Şekil 2.2: Açık işletme projelerinde dekapaj oranına bağlı olarak toplam yatırımın üretim kapasitesi ile olan ilişkisi [11].**

Yatırım projelerine ait tüm bilgiler daha önceden kontrol edilip madencilğe özgü riskler azaltıldığından, hazırlık ve tesis evresinde normal bir riskin var olduğu kabul edilir. Bu evrede, yatırımın geri kazanılmaması riski her ne kadar düşükse de yapılan harcamaların miktarı artmıştır. Yatırımcı aslında en büyük riskle, parasını tesis ve donanımlara yatırdığı zaman karşı karşıya kalır [12]; çünkü rezerv, tenör, jeolojik ve tektonik yapı, cevher satış fiyatlarıyla ilgili belirsizlikler halen az bir olasılıkla da olsa vardır. Bu evrede riskin normal seviyede olmasına karşın, meydana gelebilecek zararın çok büyük olacağı açık olarak görülmektedir.

Hazırlık ve tesis kurma için gerekli yatırım sermayesi birçok finansman kaynağından sağlanabilir. Bu evrede, uluslararası finans kuruluşlarının, ulusal kalkınma ve ticari bankaların katkıları artmaktadır [5].

#### **2.1.2.4 Üretim Evresi**

Üretim evresinde cevher, bulunduğu yerden kazılıp ulaşım araçlarına yüklendikten sonra cevher hazırlama ve zenginleştirme tesislerine gönderilir. Orada yapılan bir dizi işlem sonucunda cevher ya konsantre olarak satılır, yada rafineri tesislerine gönderilir, orada da yapılan bazı işlemlerden sonra metal olarak satılır. Kömür işletmelerinde ise maden ocağından kazılan kömür doğrudan satılabileceği gibi, kömür hazırlama tesislerinde bazı işlemlerden geçirildikten sonra da satılabilir.

Üretim evresinde de, kapasiteyi arttırmak, eskiyen araç, gereç ve tesisleri yenilemek, üretim verimliliğini arttırmak amacıyla gelişen teknolojiye uygun modernizasyonlar yapmak ve pazarlama faaliyetlerini organize etmek için bazı yatırımlar yapılır. Bu evrede yapılan yatırımların taşıdığı risk en düşük seviyededir, fakat yapılan sabit yatırımların tutarı büyük olduğundan, beklenmeyen fakat olası bir teknik aksaklık, madencilğe özgü doğasal afetler (su baskını, göçük, heyelan gibi) ve cevher satış fiyatlarının düşmesi gibi durumlarda üretimin durmasıyla kuruluş kendini zarardan koruyamaz [5].

Üretim evresinde yapılan yatırımların finansmanına ticari bankaların katkıları artmaktadır. Uluslararası finans kuruluşları ile kalkınma bankalarının katkısı ise, sona ermektedir.

#### **2.1.3 Madencilik Yatırım Kararlarını Etkileyen Karar Değişkenleri ve Parametreler**

Herhangi bir maden yatağının işletilip işletilemeyeceği, yapılacak fizibilite çalışmaları sonrası belirlenir. Verilecek bir yatırım kararı, yatırılan sermayenin gelecekteki karlılık gücünü, madencilik şirketinin karlılığını ve pazar şartlarına uyum sağlama kabiliyetini etkileyecektir [13]. Madencilik yatırım kararları, birçok faktör tarafından etkilenir [14]. Yatırım kararını etkileyen ve alabileceği değerler karar verici tarafından saptanan faktörlere karar değişkeni veya kontrol edilebilen değişken denir [4]. Karar değişkenleri ayrıca, bağımsız kontrol edilebilen ve bağımlı kontrol edilebilen değişkenler olarak iki alt gruba ayrılabilir [15]. Bağımsız kontrol edilebilen değişkenler tamamıyla karar verici tarafından saptanırlar. Bağımlı kontrol edilebilen değişkenler ise karar vericinin saptandığı değişkenlerin aldığı değerlerden etkilenirler.

Madencilik yatırım kararlarını etkileyen ve alabileceği değerlerde karar vericinin hiçbir etkisi olmayan faktörlere parametre veya kontrol edilemeyen değişken denir [15].

Madencilik yatırım kararlarının alınmasında etkili olan ana karar değişkenleri ve parametreler aşağıda iki ayrı bölüm halinde açıklanmaktadır.

### 2.1.3.1 Kontrol edilebilen karar değişkenleri

Kontrol edilebilen karar değişkenleri, bağımsız ve bağımlı kontrol edilebilen değişkenler olarak iki ayrı grupta incelenmektedir.

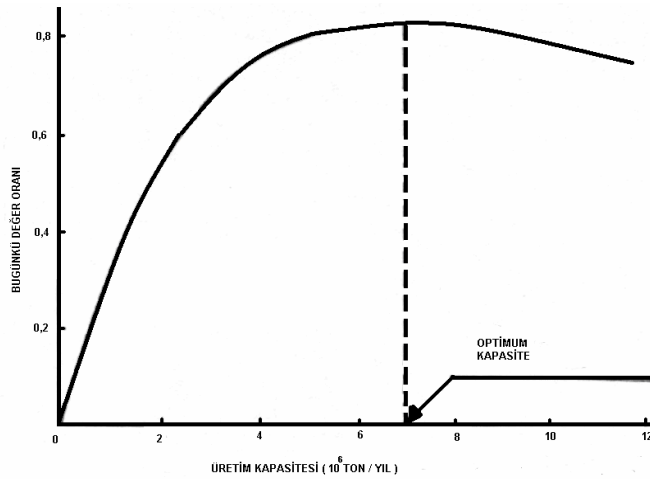
#### A. Bağımsız kontrol edilebilen değişkenler

Madencilik yatırım kararlarında etkili olan bağımsız kontrol edilebilen değişkenlerden en önemlileri aşağıda açıklanmaktadır.

##### a) Üretim kapasitesi

Üretim kapasitesi, verilen bir zaman birimi içerisinde cevher miktarı olarak tanımlanabilir ve birçok değişkenin alacağı değeri etkiler.

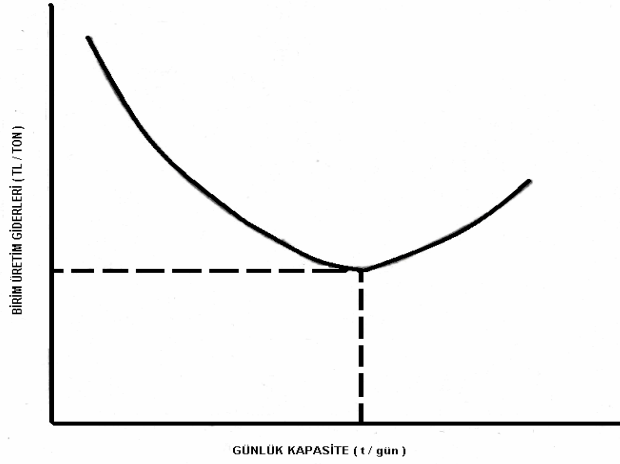
Sınırlı ömre sahip maden yataklarının işletileceği üretim kapasitesi, öncelikle maden yatağının tükenme ömrünü etkilediğinden, seçilecek kapasitelere göre elde edilecek karların bugünkü değerleri farklı olmaktadır. Üretim kapasitesi artarken, başlangıçta karların bugünkü değer oranı (fayda-maliyet oranı) artmakta, fakat belirli bir noktadan sonra düşmeye başlamaktadır (Şekil 2.3). Birim üretim giderleri ise, kapasitenin başlangıçtaki artışlarında azalırken, belirli bir noktadan sonra yükselmeye başlamaktadır (Şekil 2.4).



**Şekil 2.3: Madencilik yatırımlarında üretim kapasitesi ve karlılığın bugünkü değer oranı arasındaki ilişki [16].**

Optimum üretim kapasitesi, statik veya dinamik yöntemlerle saptanabilir. Optimum sabit üretim kapasitesi, çeşitli üretim kapasite seçenekleri için yatırım ve gelir-gider

tahminleri sonrası yatırım karlılık analizleri yapılarak saptanabilir. Optimum değişken üretim kapasitesi ise dinamik programlama teknikleri kullanılarak saptanabilir.



**Şekil 2.4: Madencilik yatırımlarında birim üretim giderlerinin günlük kapasite ile olan ilişkisi [10].**

Üretim kapasitesi seçimi yapılırken göz önünde bulundurulanan çeşitli değişken ve parametrelerin başlıcaları şunlardır:

- Cevher rezerv miktarı
- Cevher tenör dağılımı
- Üretilecek cevhere piyasanın talebi
- Cevher satış fiyatları
- Cevher üretim maliyetleri
- Kuruluşun, gerekli sermayeyi bulabilme yeteneği
- Yatırılacak sermayenin maliyeti
- Politik kararlardaki istikrar durumu [18, 5].

Son yıllarda maden üretim kapasiteleri giderek büyümektedir. Bunun nedeni, yüksek tenörlü ve küçük rezervli kaliteli cevherlerin yıllar geçtikçe tükenmesidir. Üretim kapasitelerinin artmasına neden olan ikinci önemli etken de büyük ölçekli üretimlerde birim maliyetlerin azalması ve gerekli yatırım miktarlarının oransal olarak düşük olmasıdır. Bununla birlikte, arz-talep ve fiyatlardaki değişmelerin çok yüksek olduğu madencilik sektöründe büyük kapasitelerle çalışmak riskli olmaktadır. Herhangi bir kriz anında (büyük kapasiteli maden işletmelerinde sabit giderler yüksek olduğundan) küçük ve orta büyüklükteki maden işletmeleri daha dayanıklı olmaktadır [5].

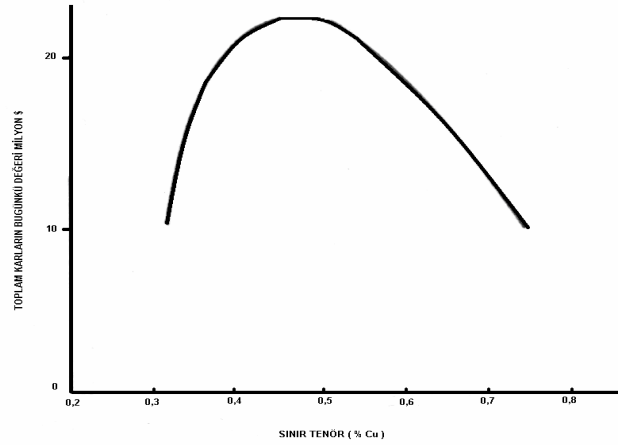
### b) Sınır tenör

Sınır tenör, işletilebilecek maden yatağında artık ile cevher arasını ayırt etmede kullanılan bir kavramdır [19]. Sınır tenörden daha yüksek değerlerdeki cevher kütleleri işletilir, daha düşük değerlerdeki ise ya yerinde bırakılır yada artık olarak atılır.

Madencilik kuruluşlarının amaç kriterlerine göre, sınır tenörler çeşitli isimler altında farklı yöntemlerle hesaplanabilmektedir. Her türlü sınır tenör hesaplanmasında, amaç kriterlerine göre cevher rezervleri, işletilebilir veya işletilemez olarak ayırt edilmektedir. Günün ekonomik ve teknik koşullarına göre saptanan sınır tenörün altındaki işletilemez durumdaki cevherler, gelecekte saptanacak sınır tenöre göre işletilebilir olabilir [20].

Maden işletmeleri madenin ömrü boyunca sabit bir sınır tenörle çalışılabileceği gibi, yıllara göre değişen sınır tenörlerle de çalışabilirler [14]. Sabit sınır tenörün optimum değerinin saptanmasında, üretim kapasitesi seçiminde olduğu gibi çeşitli yatırım karlılık analizleri kullanılmaktadır. Yıllara göre değişen sınır tenörlerin optimum dizilimi de dinamik programlama teknikleriyle saptanabilmektedir.

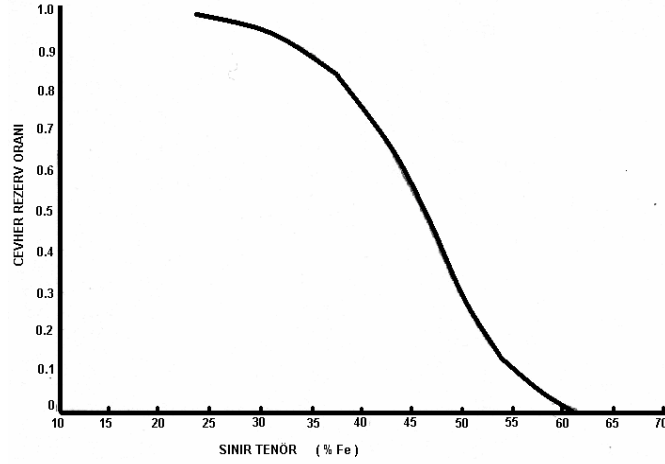
Madencilik yatırımlarından elde edilecek karlar, seçilen sınır tenörden büyük ölçüde etkilenmektedir [19, 21]. Sınır tenörün belirli değerlerine kadar yapılacak artışlarda karlılık artarken, daha sonra azalmaktadır (Şekil 2.5).



**Şekil 2.5: Madencilik yatırımlarında sınır tenör - toplam karlılık ilişkisi [22].**

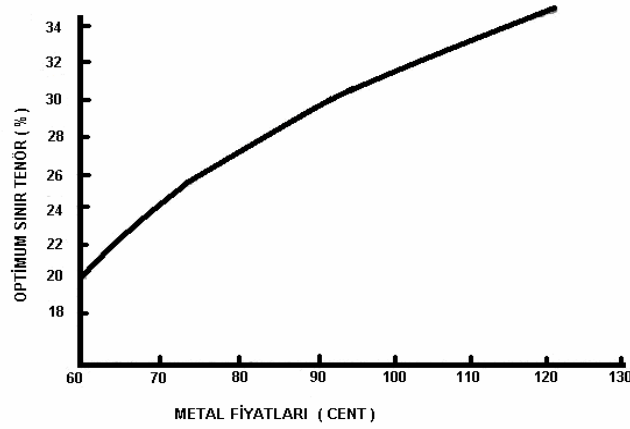
Sınır tenörün seçimini, maden yatağının cevher tenör dağılımı, madencilik üretim kapasiteleri (işletme, konsantratör ve rafine kapasiteleri), cevher rezerv miktarı ve maden ömrü, cevher satış fiyatları ve üretim maliyetleri büyük ölçüde etkiler. Üretim kapasiteleri yatırım ve üretim maliyetlerini etkilediğinden, seçilecek sınır tenör de bunlara uygun olmalıdır. Sınır tenör arttıkça cevher rezervi azaldığından (Şekil 2.6),

Üretim kapasitesinin sabit olması halinde madenin ömrü de azalacağından, farklı zaman düzeylerinde elde edilecek karların değeri de farklı olacaktır.



**Şekil 2.6: Sınır tenör artışıının cevher rezerv oranına olan etkisi [23].**

Cevher satış fiyatları ve üretim maliyetleri de optimum sınır tenörün artmasına veya azalmasına neden olabilir (Şekil 2.7).



**Şekil 2.7: Optimum sınır tenör değişimiyle cevher satış fiyatında görülen değişmeler [24].**

### c) Maden yatağı işletme yöntemi

Maden yataklarının işletilmesinde, yeryüzünden itibaren bulunduğu derinliğe ve jeolojik yapılanmaya bağlı olarak, açık veya yeraltı işletme yöntemlerinden birisi uygulanır. Açık ve yeraltı maden işletme yöntemleri arasındaki tercih, maden yatağının doğal yapısıyla birlikte günün ekonomik ve teknik koşullarına göre de değişir.



Belirli zaman düzeyinde ekonomik olan yöntem, gelecekte ekonomik olmayabilir. Bu durumda, uygulanan yöntem terk edilerek diğerine geçilir.

Maden işletme yönteminin seçiminde kullanılan en önemli ölçüt dekapaj oranıdır. İşletilecek madenin dekapaj oranı, üretime başlama zamanındaki ilgili cevhere ait ekonomik dekapaj oranından küçükse açık işletme yöntemi, büyükse yeraltı işletme yöntemi uygulanır.

Açık ve yeraltı maden işletmeciliğinde de, cevherin niteliği ve oluşum koşulları göz önüne alınarak birçok farklı yöntemden birisi seçilir.

Maden işletme yönteminin seçiminde karar vericinin kararı, yatırım ve üretim maliyetlerini, kurulacak cevher hazırlama tesisi çalışma maliyetini etkiler.

### *B. Bağımlı kontrol edilebilen değişkenler*

Madencilik yatırım kararlarında etkili olan bağımlı kontrol edilebilen değişkenlerin başlıcaları aşağıda açıklanmaktadır.

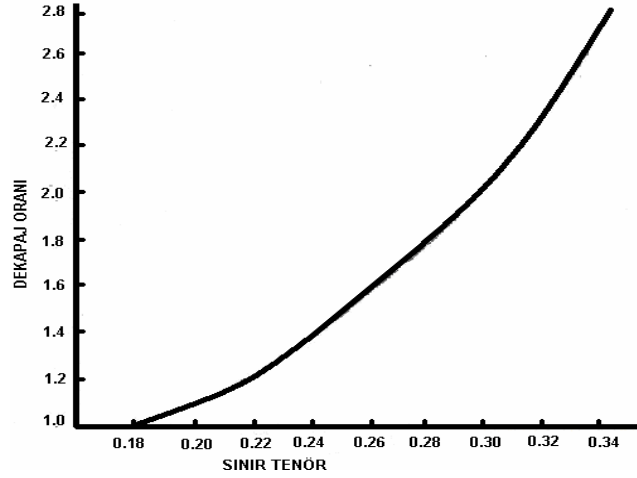
#### *a) Maden işletmesinin ömrü*

Maden işletmesinin ömrü cevher rezerv miktarına, üretim kapasitesine, sınır tenöre ve işletme yöntemine bağlı olarak değişir. Üretim kapasitesi ve sınır tenör arttıkça maden ömrü azalır, tersi halinde ise artar.

Maden işletmesine kurulacak tesislerin ve satın alınacak araç gereçlerin ömürleri ile madenin tükenme ömrünün uyumlu olması, yani maden tükendiğinde yapılan yatırımın da geri kazanılmış olması arzu edilir [25]. Bunu sağlamak için de üretim kapasitesinin, sınır tenörün ve işletme yönteminin dikkatli seçilmesi gerekir. Sınır tenördeki herhangi bir değişme, işletilebilir cevher rezerv miktarını belirlediğinden, üretim kapasitesinin sabit kalması halinde sınır tenörde yapılabilecek değişiklikler karşısında ömrü artar veya azalır.

#### *b) İşletilebilir cevher rezervi ve dekapaj oranı*

İşletilebilir cevher rezervini (tonajını) sınırlayan en önemli etken sınır tenördür. Sınır tenör arttıkça, işletilebilir cevher rezervi azalır [23, 24 ve 26]. Dekapaj oranı ise, sınır tenör arttıkça artar (Şekil 2.8). İşletilebilir cevher rezervindeki artış ve azalışın fonksiyonel şekli, cevher kütlelerinin tenör dağılım tipiyle ilgilidir.



**Şekil 2.8: Sınır tenör ve dekapaj oranı arasındaki ilişki [24].**

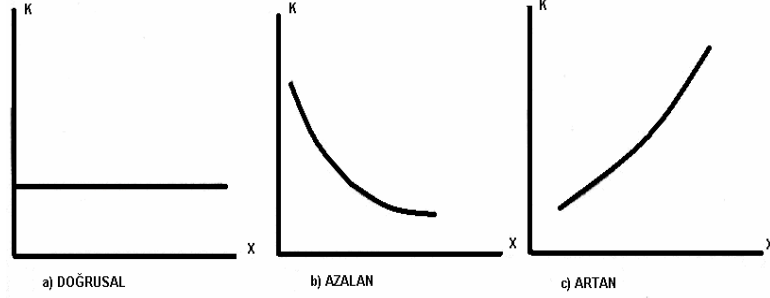
### c) Üretim giderleri

Üretim giderleri de üretim kapasitesi, sınır tenör ve uygulayan işletme yönteminden etkilenir. Üretim kapasitesi artarken, üretim giderleri başlangıçta hızla düşebilir, fakat belirli bir üretim düzeyinden sonra yükselmeye başlar [17]. Sınır tenörün artması durumunda ise üretim giderleri de artar [24]. Bunun sebebi, sınır tenör arttıkça işletilebilecek cevherlerin ortalama tenörlerin artması ve rafineri tesisine birim tüvenan cevher başına daha fazla konsantre cevher gönderildiğinden, birim tüvenan cevher için rafineri maliyetleri yükselir.

Yatırım kararlarını etkileyen en önemli karar değişkenlerinden birisi olan üretim giderlerini, üç grupta incelemek mümkündür.

#### 1. Değişken giderler

Üretim kapasitesi, sınır tenör ve işletme yöntemine bağlı olarak değişen işçilik, enerji, malzeme ve vergi gibi kalemlerden oluşan giderlerdir. Değişken giderler ile üretim kapasitesi arasında doğrusal, azalan veya artan bir fonksiyonel ilişki olabilir (Şekil 2.9). Doğrusal değişken giderlere malzeme, işçilik ve satış primleri, azalan değişken giderler ise enerji ve nakliye giderleri, artan değişken giderlere de genellikle pahalı madde ve gereç alınması, yetersiz işçi çalıştırma ve fazla mesai ücretleri örnek gösterebilir.



**Şekil 2.9: Değişken giderler ile üretim kapasitesi arasında gözlenen fonksiyonel değişimler [13].**

### 2. Yarı değişken giderler

Üretim kapasitesi, sınır tenör ve işletme yöntemine bağlı olarak değişen fazla mesai ücretleri, gözetim ve denetim giderleri, idari personel giderleri gibi kalemlerden oluşur.

### 3. Sabit giderler

Üretim kapasitesi ve diğer etkenlere bağlı olmaksızın her bir çalışma dönemi için sabit olarak belirlenen faiz, amortisman, kira, aydınlatma ve ısıtma gibi giderlerden oluşur [27].

### d) İşletme verimliliği

İşletme verimliliğini, maden işletmeciliğinde üretim aşamalarına göre maden ocağı verimi, konsantratör verimi ve rafineri (izabe) verimi olarak ele alınır. Her aşamada da verim farklıdır.

Kapasite arttıkça maden ocağında çalışan makinelerin ve işçilerin verimi artar. Maden ocağında sınır tenör arttıkça cevherin ve yan kayaçların yapısına bağlı olarak verim düşebilir. Normal üretim yönteminden seçimli madencilik yöntemine geçildiğinde de verim azalır.

Konsantratör ve rafineri tesislerinde ise verimliliği etkileyen ana değişken sınır tenördür. Sınır tenördeki artışların bir fonksiyonu olarak konsantre cevher veya metal kurtarma verimleri azalır [31].

### 2.1.3.2 Kontrol edilemeyen karar değişkenleri

Karar verici tarafından kontrol edilemeyen önemli karar değişkenleri, yani parametreler aşağıda sıra ile açıklanacaktır.

### *A. Cevher rezervi*

Madencilik yatırımlarının planlanmasında karar vericinin göz önünde bulundurduğu en önemli parametre cevher rezerv miktarıdır. Madencilikte rezerv olarak, belirli bir alanda arama çalışmalarıyla varlığı belirlenmiş mineral kaynağının, ekonomik ve teknik bakımdan işletilebilir kısmına denilir [32]. Arama ve değerlendirme çalışmaları sonrasında elde edilen bilgilerin yeterliliği ve belirliliğine göre cevher rezervlerinin sınıflandırılması değişebilir.

Ülkemizde cevher rezervleri genellikle belirlilik derecelerine göre üç sınıfa ayrılmaktadır [33]. Bunlar aşağıda açıklanmaktadır.

#### *a) Görünür rezerv*

En az üç boyutlu olarak varlığı belirlenmiş, devamlılığı konusunda en az risk içeren ve sınırları belirlenmiş cevher kütlesi olup, yatırım planlama çalışmalarında temel olarak alınan cevher rezavidir. Hesaplama ve değerlendirmelerdeki hata payının  $\pm\%20$  olabileceği kabul edilmektedir.

#### *b) Muhtemel rezerv*

En az iki boyutlu olarak varlığı belirlenmiş, sınırları ve devamlılığı kesin olmayan cevher kütlesidir. Yapılacak ek arama çalışmalarıyla muhtemel olan cevher rezervi, görünür hale getirilebilir. Hesaplama ve değerlendirmelerdeki hata payının  $\pm\%40$  olabileceği kabul edilmektedir.

#### *c) Mümkün rezerv*

Boyutları hiçbir şekilde belirlenmemiş olan, fakat yapılan ön etüt sonuçlarına göre varlığı kabul edilen cevher kütlesi olup, yatırım ve işletme planlama çalışmalarında hesaplara katılmayan bir rezavidir. Saptanan varlığındaki hata payı  $\pm\%50$ 'nin de üzerinde olabileceği kabul edilmektedir.

Yukarıda açıklanan cevher rezerv sınıfları, hata payları, güvenilirlikleri ve ekonomik olarak işletilebilme olasılıkları açısından da alt bölümlere ayrılabilir [32].

Cevher rezervleri, maden yataklarından rassal olarak alınan örneklerin geometrik ve istatistik yöntemlerle değerlendirilmesi sonucu hesaplanabilmektedir. Yukarıdaki sınıflandırmada da açıklandığı gibi, tüm hesaplamalar belirli oranlarda hata içerir ve cevher rezervini kesin olarak saptamak mümkün değildir. Bir maden yatağından alınabilecek kesin cevher miktarı, ancak o yatağın işletilip tüketilmesinden sonra ortaya çıkabilir [33]

Cevher rezervinin ekonomik olarak işletilebilir tonajının belirlenmesinde kullanılan en önemli karar değişkeni sınır tenördür. Cevher kütlesinin tenör dağılım tipine ve saptanan sınır tenöre göre işletilebilecek cevher rezerv miktarı artar veya azalır.

### *B. Cevher veya metal satış fiyatları*

Maden işletmeleri ürünlerini tüvenan cevher, konsantre cevher veya metal olarak satabilirler. Ürünlerin satış fiyatları genel olarak üretim maliyetlerine ve piyasanın arz-talep durumuna bağlıdır [35]. Büyük madencilik kuruluşları küçüklere oranla piyasadaki dalgalanmalara kolaylıkla uyum sağlayabilmekte ve hatta piyasayı etkileyebilmektedir [4].

Cevher veya metal satış fiyatlarının oluşumunu arz ve taleple birlikte piyasanın yapısını da etkiler. Tüketicilerin hakim olduğu serbest rekabete açık piyasalarda talebin azalması halinde fiyatların yükselmesi beklenir [5]. Bu tür piyasalarda (bakır, krom, altın, gümüş gibi) üretici firmalar satış fiyatlarını piyasa fiyatlarına göre belirlerler [36]. Üreticilerin hakim olduğu monopol piyasalarında (alüminyum, nikel gibi) ise fiyat oluşumunda üretici firmanın etkisi büyüktür ve satış fiyatlarını genellikle üretim maliyetlerine belirli bir kar payı ekleyerek saptarlar [36].

Hemen hemen bütün cevher ve metal satış fiyatları mevsimlik dalgalanmalar gösterir. Fiyat dalgalanmalarının (dönüş ve yükselişlerin) nedenleri yeterince anlaşılmamış olmakla birlikte, trendin etkisinin dışında politik istikrarsızlıklar, işçilik uyuşmazlıkları, teknolojik gelişmeler ve genel ekonomik ortamdaki değişimler fiyat dalgalanmalarının nedenleri olarak sayılabilir. Cevher ve metal satış fiyatları kısa süreli talep değişmelerinden etkilenmemekle birlikte uzun dönemler için etkilenirler, fakat genel ekonomik yapıdaki değişimler gerek kısa, gerekse uzun sürede fiyatları etkilerler [4].

Tüvenan cevher ve konsantre cevher fiyatları, metal piyasası fiyatları esas alınarak belirlenirler [1].

Bazı cevherlerin alım satımında belirli bir sınır tenör temel alınarak fiyatlar belirlenir. Bu gibi durumlarda satış fiyatı tenörün doğrusal veya eğrisel fonksiyonu olarak görülmektedir. Belirlenen sınır tenörün altındaki satışlarda ceza, üzerindekilerde ise prim ödenmektedir [37].

### *C. Vergi oranı*

Yatırım projelerinin net karını etkileyen en önemli parametrelerden birisi de vergi oranıdır. Vergi, madencilik kuruluşunun başarı ve başarısızlığında etkili olan kritik bir faktördür [38]. Vergi oranının karlılığa olan önemli etkisi nedeniyle, birçok ülkede

madencilik sektöründeki gelişmelere yön verebilmek amacıyla vergi düzenlemeleri ve teşvikleri yapılmaktadır [5].

Vergi miktarı, projenin beklenen gelirlerinden üretim giderlerinin çıkarılmasıyla elde edilen brüt karın, vergi oranı ile çarpılması suretiyle hesaplanmaktadır. Proje gelirlerinden üretim giderleri ve vergi miktarının çıkarılmasıyla geriye kalan değer ise vergi sonrası net kar olmaktadır. Projelerin karlılık analizleri genellikle vergi sonrası net karlar nakit akımları üzerinden yapılmaktadır.

Maden işletmelerinin net karlar üzerinden ödemek zorunda vergi miktarı arttığında, serbest piyasa koşullarında kurumun vergi sonrası net karı azaltacaktır. Bu karı dengeleyebilmek için ya üretim kapasitesi mümkün olduğunda arttırılacak, yada üretilen malın satış fiyatı arttırılacaktır. Vergi sonrası net karın eski değerini koruyabilmesi için yapılacak üretim veya fiyat artış oranları, vergi oranının artışından daha yüksek olacaktır [39]. Serbest piyasa koşullarında fiyatlarda büyük artışların yapılamayacağı düşünülürse, vergi tesirini azaltmak için üretim maliyetleri azaltıcı önlemler alınmasının en akıllı yol olduğu ortadadır.

Vergi oranlarındaki artışlar, gelecekte yapılacak yatırımların azalmasına da neden olabilmektedir [39].

Yatırım projelerinin hazırlanması sırasında vergi oranı olarak yürürlükteki vergi kanunlarına uyum bir oran kullanılır, fakat bu vergi oranının yatırımın ömrü süresince sabit kalacağını kimse garanti edemez. Bu nedenle, her endüstri kolunda olduğu gibi madencilik yatırımlarında da vergi oranı riski içeren bir parametre olarak kabul edilmektedir.

#### *D. İndirgeme oranı (sermaye oranı)*

İndirgeme oranı, yatırım önerilerinin değerlendirilmesinde kullanılan en önemli parametrelerden birisi olup, projenin sermaye maliyetini gösterir [40]. İndirgeme oranı, yani sermaye maliyeti, yatırım önerilerinden hangisinin kabul edilebileceğini açıklayan bir ölçüttür [41].

İndirgeme oranı seçilen yatırım değerlendirme yöntemine bağlı olarak kullanılır. Eğer seçilen yöntem net bugünkü değer ise, incelenen projenin nakit akımlarını bugünkü değere indirgemedede kullanılır ve net bugünkü değere sahip proje seçeneği kabul edilir. Seçilen yöntem iç karlılık oranı ise, indirgeme oranından büyük karlılık oranına sahip projeler kabul edilir [41].

İndirgeme oranının hesaplanması sırasında yapılacak hatalar nedeniyle işletme ve ülke ekonomisi zarar görebilir [40]. Hatalı bir indirgeme oranının kullanılması

sonucu, gerçekte ekonomik olan bir proje kabul edilmeyeceği gibi, ekonomik olmayan bir proje de kabul edilebilir. Birinci durumda, karlı bir proje kabul edilmediği için ülke ekonomisi, ikinci durumda, ise ekonomik olmayan proje kabul edildiği için işletme zarar eder.

İndirgeme oranının hesaplanmasında, kullanılan sermayenin yapısı meydana getiren öz sermaye, uzun süreli borçlar ve (varsa) hisse senetleri ve tahviller toplamı esas alınır.

Kullanılan sermayenin maliyeti olan indirgeme oranının hesaplanmasında genellikle üç temel model kullanılmaktadır: ağırlıklı sermaye maliyeti modeli, Modigliani ve Miller modeli ve ayarlanmış şimdiki değer modeli. Sınırlı ömürlü ve riskli yatırım projelerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntem ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti modelidir [40]. Ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti, öz sermaye, uzun süreli borçlar ve toplam hisse senetleri maliyetlerinin işletmenin toplam sermayesi içerisindeki oranlarına göre ağırlıklandırılması yoluyla hesaplanmaktadır [40]. Ağırlıklı ortalama sermaye maliyetinin sınırlı ömürlü projelerinde kullanılmasının, borç ödeme düzenlerinin farklılığından dolayı bazı hatalara neden olduğu söylenmekle birlikte, uygulamada günün koşullarına uygun ve daha gerçekçi bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir [40]

## **2.2 Maden Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi**

Bir yatırımcı veya yatırımcı kuruluş ne kadar büyük bir finansman kaynaklarına sahip olursa olsun, elindeki bütün proje önerilerini veya proje seçeneklerini gerçekleştirme olanağına sahip değildir [42]. Gerek maden yatağının işletme amaçları gerçekleştirecek şekilde işletilmesi, gerekse finansal kaynakların en iyi şekilde kullanılabilmesi için, birbirinin seçeneği olabilen yatırım projeleri arasında bir seçim yapmak gereklidir. Bu seçimi yapabilmek için de, işletmenin yapısına ve amacına uygun bir ölçüt gereklidir. Çoğu kuruluşlar, projelerin çeşitli yönlerini incelemek için birden fazla ölçüt kullanmaktadır [2].

Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde belirlilik, risk ve belirsizlik ortamlarından birinde karar verme söz konusudur. Bu üç karar ortamında da farklı değerlendirme yöntemleri ve ölçütler kullanılmaktadır.

Yatırım proje değişkenlerinin değerleri kesin olarak biliniyorsa veya saptanabiliyorsa, belirlilik ortamında karar söz konusudur. Böyle bir durumda, karar değişkenlerinin alacağı değerlere göre yatırım projelerinin gelecekte getireceği gelirler kesinlikle bilinir. Belirlilik durumu genellikle kısa ömürlü yatırım projelerinde, yenileme ve

genişletme yatırım projelerinde görülebilir. Yeni bir ürünün piyasa sürülmesi söz konusu olmayan projelerin riski çok düşüktür [43]. Birçok karar verici ise proje değerlendirme başlangıcında belirlilik varsayımı yaparak, nesnel veya öznel yöntemlerle tahmin edilen parametre değerleriyle yatırımın karlılığını ölçmektedir. Belirlilik şartları altında yatırımlar (ticari) karlılık açısından değerlendirildiğinde, genellikle kullanılan karar verme ölçütlerine göre en büyük değeri veren yatırım önerisi seçilir [44].

Madencilik yatırımları genellikle uzun ömürlü yatırımlardır ve yatırımların gelecekte getireceği gelirleri kesin olarak belirlemek mümkün değildir. Eğer, yatırım proje değişkenlerinin gelecekte alabileceği değerleri olasılıklı olarak tahmin etmek mümkünse, risk ortamında karar söz konusudur [45]. Bu durumda, proje değişkenlerinin alabileceği değerler nesnel veya öznel yöntemlerle tahmin edilebilir ve bunlara bağlı olarak proje gelirlerinin beklenen mümkün değerlerin gerçekleşebilme olasılıkları belirlenebilir. Projeden beklenen gelirlerin veya karlılık ölçütü değerlerinin olasılık dağılım parametreleri yardımıyla da yatırım riskliliği ölçülebilir ve karar vericinin risk-kar fayda fonksiyonuna göre yatırım önerileri arasından uygun bir seçimle yapılır.

Proje parametrelerinin gelecekte alabileceği değerler hakkında öznel olarak da olsa bir tahmin yapmak mümkün değilse, projelerin belirsizlik ortamında değerlendirilmesi söz konusudur. Belirsizlik ortamında verilecek kararlar öznel niteliktedir [46]. Belirsizlik durumu genellikle yeni bir mal üretiminin planlandığı projelerde görülebilir. Birçok durumda ise, proje geliştirme çalışmaları başlangıcında belirsizlikler söz konusu iken, yapılan bazı öznel veya nesnel tahminlerle belirsizlik ortamından risk ortamına geçiş yapılarak projeler değerlendirilir.

Bu bölümde öncelikle, belirlilik ortamında proje değerlendirme yaygın olarak kullanılan karar verme ölçütlerinden bazıları tanıtılacak ve daha sonra risk ve belirsizlik ortamında kullanılan yöntemler ve değerlendirme ölçütleri üzerinde durulacaktır.

### **2.2.1 Belirlilik Ortamında Yatırım Projelerini Değerlendirme Yöntemleri**

Belirlilik ortamında yatırım projelerinin değerlendirilmesinde genellikle dört önemli varsayım yapılır [47]. Bu varsayımlar yapılır:

a) Yatırım sonuçları hakkında tam belirlilik vardır. Yıllık nakit akımlarını oluşturan maliyet ve gelirler ile ilgili değişken ve parametrelerin değerlerinin tam olarak belirlendiği veya tahmin edilen değerlerinin doğru olduğu kabul edilir.



b) Tam eksiksiz bir sermaye piyasası vardır ve sermaye kaynakları sınırlanmamıştır. İşletme, istediği kadar sermayeyi piyasada geçerli faiz oranıyla elde edebilir ve bütün karlı yatırım fırsatlarından faydalanabilir [48]. Bu nedenle de işletme, piyasa faiz oranını yatırım karlılığını ölçmede sınır oran olarak alabilir.

c) Yatırım projeleri bölünemez. Her bir yatırım projesi bir bütün olarak ele alınarak karlılığı ölçülebilir. Ancak, belirli kısımlardan oluşan çok büyük projelerde her kısmın karlılığı ayrı ayrı değerlendirilebilir.

d) Yatırım projeleri birbirinden bağımsızdır. Bir projenin karlılığı diğer projelerin karlılığından etkilenmez. Bir maden yatağını işletebilmek için geliştirilen yatırım proje önerilerinin her biri mutlaka maden yatağının rezervine veya cevher satış fiyatlarına bağımlı olduğundan, bu varsayım madencilik yatırım projeleri için geçerli değildir.

Belirlilik ortamında yatırım projelerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan karar verme ölçütleri şunlardır:

- Ortalama karlılık oranı (OK)
- Geri ödeme süresi (GÖS)
- Net bugünkü değer (NBD)
- Fayda-maliyet oranı (FMO)
- İç karlılık oranı (İKO)

Petty ve Scott'un 1975 yılında ABD'de 109 büyük şirket arasında yapmış oldukları istatistiki çalışmaya göre, yeni ve var olan üretim sistemi ile ilgili yatırım projelerinde kullandıkları karar verme ölçütlerinin yüzde dağılımı Tablo 2.1'deki gibidir [49].

**Tablo 2.1:** Var olan ve yeni bir üretim sistemi için yapılan yatırım projelerinde kullanılan karar verme ölçütlerinin yüzdesel dağılımı.

	Var olan üretim sistemi ile ilgili yatırım projeleri (%)	Yeni bir üretim sistemi için yapılan yatırım projeleri (%)
Ortalama karlılık oranı	23	25
Geri ödeme süresi	27	26
Net bugünkü değer	14	15
Fayda-maliyet oranı	5	5
İç karlılık oranı	23	25
Diğerleri	8	4
Toplam	100	100

Görüldüğü gibi gerek var olan üretim sistemi, gerekse yeni bir üretim için yapılan yatırım projelerinde en çok kullanılan karar verme ölçütleri sırasıyla geri ödeme

süresi, ortalama karlılık oranı, iç karlılık oranı, net bugünkü değer ve fayda maliyet oranıdır.

Tüm bu ölçütler, projenin yaratacağı nakit akımlarının arzu edilen karlılık düzeyini sağlayıp sağlayamadığını ölçmeye yarar. Arzu edilen karlılık, işletmenin amaçlarına uygun olarak belirlenir ve bu ölçütlerden bir veya birkaçı kullanılarak proje değerlendirilir.

### 2.2.1.1 Ortalama karlılık oranı

Ortalama karlılık oranı, toplam net karın toplam yatırıma (sabit sermaye yatırımı + işletme sermayesi) oranına denilmektedir [50]. Bu oran, nakit akımlarına değil, muhasebe karına dayanmaktadır [51]. Ortalama karlılık oranının hesaplanması aşağıdaki eşitlikte gösterilmektedir.

$$OK = NK / TY \quad (2.1)$$

Burada, OK = ortalama karlılık oranını, NK = normal bir yıldaki net karı, TY = toplam yatırımı göstermektedir. Ortalama karlılık oranının hesaplanabilmesi için seçilecek olan yıl, tam kapasite ile üretim yapınla yıllardan herhangi biri olabilir; fakat faiz, amortisman ve vergilerin değişken olması durumlarında seçilecek olan yıl önem kazanmaktadır [50].

Bu ölçütün basit, hızlı ve kolay hesaplanabilir olması büyük bir üstünlüktür; fakat paranın zaman değerini ve yatırımın ekonomik ömrünü dikkate almaması, proje değerlendirmede sakıncalı durumlar ortaya çıkarabilir.

### 2.2.1.2 Geri ödeme süresi

Geri ödeme süresi (GÖS), başlangıçta yapılan ilk yatırım harcamalarının projeden elde edilecek vergi sonrası nakit akımlarıyla karşılama süresidir. Bu ölçüt ile projeye yatırılacak olan sermayenin ne kadar sürede geri alınabileceği saptanır. Vergi sonrası nakit akımlarını, net kar ile finansman ve amortisman giderleri oluşturur. Yatırım proje seçeneklerinin değerlendirilmesi halinde en kısa geri ödeme süreli proje seçilir. Tek bir projenin değerlendirilmesinde ise, yatırımcı tarafından başlangıçta saptanan sınır geri ödeme süresine göre proje kabul edilir.

Geri ödeme süresinin hesaplama yöntemi aşağıdaki eşitlikle açıklanmaktadır.

$$\sum_{i=0}^m Y_i = \sum_{i=m+1}^p NA_i \quad (2.2)$$

Burada,  $m$  = ilk yatırım süresini,  $Y_i$  =  $i$  yılında yapılan yatırım miktarını,  $p$  = geri ödeme süresini,  $NA_i$  =  $i$  yılındaki nakit akımı göstermektedir.

GÖS, yatırım olanakları kısıtlı olan firmalarda ve ülkelerde yaygın olarak kullanılan bir ölçüttür [52]. Bu ölçüt, projenin karlılığını değil likiditesini göz önünde tutar [53]. Ayrıca politik istikrarsızlıkların görüldüğü ülkelerde, üretim girdi fiyatları ile cevher satış fiyatlarının çok fazla değişken olduğu durumlarda ve projede uygulanacak teknolojinin değişmesi ihtimalinin olması gibi belirsizlik hallerinde, yatırım riskini ölçmede çok kullanışlı bir ölçüttür [54]. GÖS'nin kısa olması, projenin daha az riskli olduğunu gösterir [47].

GÖS ölçütünün en önemli eksiklikleri ise, paranın zaman değerini dikkate almaması ve geri ödeme süresinden sonraki mali kazançlarla ilgilenmemesidir. Ekonomik ömürleri farklı projelerin değerlendirilmesi sırasında yanlışlıklara neden olabilir [54]. GÖS'nin hesaplanmasında nakit akımlarının bugünkü değerleri kullanılarak paranın zaman değeri dikkate alınabilir [53].

### 2.2.1.3 Net bugünkü değer

Yatırımın ömrü süresince meydana gelen nakit akımlarını önceden belirlenen bir iskonto oranı ile her yıl için ayrı ayrı projenin başlangıç yılına indirgenip toplanmasıyla net bugünkü değer (NBD) hesaplanır. Sadece bir tek projenin değerlendirilmesi durumunda, hesaplanan NBD sıfıra eşit ya da sıfırdan büyükse proje kabul edilir [47, 50]. Birden fazla yatırım proje önerilerin arasında bir değerlendirme durumunda ise, NBD'i en büyük olan proje seçilir [47, 54].

Yatırım proje seçeneklerinin ekonomik ömürlerinin farklı olması durumunda ise, NBD ölçütüne göre bir seçim yapmak hatalı sonuçlar verebilir [55]. Bu gibi durumlarda ise, ömür farklılıklarını ortadan kaldıran düzeltmelerin yapılması gerekir [47].

Nakit akımlarının bugünkü değerlerinin hesaplanma yöntemi aşağıdaki eşitlikle açıklanabilmektedir.

$$NBD = \sum_{i=0}^n \frac{NA_i}{(1+r)^i} \quad (2.3)$$

Burada, NBD = toplam net bugünkü değeri,  $NA_i$ =  $i$  yılındaki nakit akımını,  $r$ = iskonto oranını,  $n$  = yatırımın ekonomik ömrünü göstermektedir.

Yatırımın yaratabileceği toplam net bugünkü değer, indirgeme oranının değerine bağlı olarak değişir. İndirgeme oranının büyük seçilmesi halinde ise azalır. Bu nedenle indirgeme oranının seçimi çok önemlidir.

İndirgeme oranı genellikle sermaye piyasasındaki gerçek faiz oranına, kullanılan sermayenin maliyetine veya sermayenin yaratabileceği çeşitli yatırım olanaklarının fırsat maliyetine bağlı olarak saptanır [56]. Genellikle indirgeme oranı, kullanılan sermayenin maliyetine eşit alınır; fakat madencilikte yatırım riskliliği nedeniyle sermaye maliyetinden %5 oranında daha yüksek alınmaktadır [38].

NBD ölçütü projenin ekonomik ömrünü, paranın zaman değerini ve sermaye maliyetini göz önünde bulunduran önemli bir ölçüt olarak proje değerlendirmede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, indirgeme oranının seçimindeki zorluklar ve projelerin karlılık oranlarını tam olarak göstermemesi nedeniyle, farklı ömürlü projelerin değerlendirilmesinde karşılaşılan güçlükler, NBD ölçütünün eksiklikleridir.

#### **2.2.1.4 Fayda-maliyet oranı**

Net bugünkü değer ölçütünün bir eksikliği olan yatırım karlılık oranını göstermek amacıyla geliştirilmiş bir ölçüttür. Fayda-maliyet oranı (FMO), nakit akımlarının net bugünkü değerini, toplam yatırımın bugünkü değerine bölmek suretiyle hesaplanır. FMO'nun sıfır ya da sıfırdan büyük olması halinde değerlendirilen proje kabul edilir. Proje seçeneklerinin değerlendirilmesi durumunda ise FMO en büyük olan seçilir [50].

Fayda-maliyet oranına karlılık göstergesi veya net bugünkü değer oranı da denilmektedir. Fayda-maliyet oranının hesaplama yöntemi aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilmektedir.

$$FMO = \frac{NBD}{\sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1+r)^i}} \quad (2.4)$$

Burada, FMO = fayda-maliyet oranını, NBD = toplam net bugünkü değeri,  $Y_i$  = i yılındaki yatırım miktarını göstermektedir.

FMO, projenin tüm ömrünü dikkate alması, yatırımın karlılığını ve kullanılan sermayenin maliyetini göz önünde tutması nedeniyle, proje değerlendirmede güvenilir bir ölçüttür. Özellikle farklı yatırım harcamalarını gerektiren yatırım seçeneklerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir [47]. Net bugünkü değer ölçütünde olduğu gibi indirgeme oranının seçimi önemli bir sorundur. Yatırım harcamaları

arasında önemli farkların olması durumunda, NBD yerine kullanımında belirli bir üstünlük yoktur [47]. Sadece, yapılacak yatırıma karşılık elde edilebilecek karlılık oranı hakkında bir fikir verebilir.

### 2.2.1.5 İç karlılık oranı

Yatırımın ömrü süresince yaratılan nakit akımlarının NBD' ini sıfır yapan faiz oranına iç karlılık oranı (İKO) denilmektedir. Bulunan bu oran aslında, üretim süresince yaratılan net nakit akımlarının bugünkü değerine eşitleyen bir orandır. Tek bir projenin değerlendirilmesi durumunda, İKO'nın sermaye maliyetinden veya yatırımcı tarafından arzu edilen sınır orandan büyük olması halinde proje kabul edilir. Proje seçeneklerinin değerlendirilmesinde ise İKO'nı en büyük olan proje seçilir [57].

İKO'nın hesaplama yöntemi aşağıdaki eşitlikteki gibidir:

$$\sum_{i=0}^n \frac{NA_i}{(1+r)^i} = 0 \quad (2.5)$$

Burada, R = iç karlılık oranını, n = projenin ömrünü, NA<sub>i</sub> = i yılının net nakit akımını göstermektedir.

İKO, deneme-yanılma veya kök bulma yöntemleriyle hesaplanabilir [47]. Deneme-yanılma yönteminde çeşitli R değerleri için hesaplamalar yapılarak nakit akımlarının bugünkü değerini sıfır yapan faiz oranı bulunabilir. Kök bulma yönteminde ise, yukarıdaki eşitlik (1+R)<sup>n</sup> ile çarpılarak aşağıdaki şekilde n'inci dereceden bir polinom elde edilir.

$$NA_0 \cdot (1+R)^n + NA_1 \cdot (1+R)^{n-1} + \dots + NA_{n-1} \cdot (1+R) + NA_n = 0 \quad (2.6)$$

Bu polinomun çözülmesi halinde, (-1) ile sonsuz (~) aralığında var olan gerçek kök İKO'nı verir [47]. İlk yatırım döneminden sonraki yıllarda negatif nakit akımları gerçekleşmiyorsa, mutlaka bir adet gerçek kök vardır; aksi halde birden fazla gerçek kök bulunabilir. Benzer sorun, deneme yanılma yöntemi için de geçerlidir.

İKO ölçütü, hiçbir varsayıma dayanmaksızın yatırılan sermayenin karlılığını ve projenin borç ödeyebilme gücünü ölçer. İKO, yatırım proje seçeneklerinin oransal karlılıklarını ölçmek için kullanılan önemli bir yöntemdir [58]. Bununla birlikte, yatırımların üretim yıllarında da devam etmesi halinde, birden fazla İKO'yla karşılaşılabılır [59]. Böyle bir durumda ise, hangi İKO'nın seçileceğine kara vermek güçtür.

İKO, projenin NBD'ini en büyükmeyi garanti etmez [47]. Özellikle ilk yatırım harcamaları ve ömürleri arasında çok büyük farkların olması halinde, NBD ve

İKO'na göre değerlendirmeler birbirinin tersi sonuçlar verebilir. Bu nedenle İKO, yatırım harcamaları ve ömürleri çok farklı projelerin karşılaştırılmasında kullanılmamalıdır.

Yatırım harcamaları ve ömürleri farklı projeler arasında seçim yapma durumunda ise, Fisher karlılık oranıyla kontrol yapıldıktan sonra İKO kullanılabilir [47]. Fisher karlılık oranı aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$\sum_{i=0}^n \frac{NA_i - NA'_i}{(1 + R_f)^i} = 0 \quad (2.7)$$

Burada,  $NA_i$  ve  $NA'_i$  = iki yatırım proje seçeneğinin i'inci yılının nakit akımını,  $n$  = en uzun ömürlü projenin ömrünü,  $R_f$  = Fisher karlılık oranını göstermektedir. Fisher karlılık oranı, projenin sermaye maliyetine eşit veya ondan büyük olduğunda ( $R_f > r$ ) NBD'i daha büyük olan proje, Fisher karlılık oranı sermaye maliyetinden küçük olduğunda ( $R_f < r$ ) ise İKO büyük olan proje seçilmektedir [60]. Birden fazla Fisher karlılık oranının hesaplanması durumunda ise NBD ve İKO'na göre yatırım tercihi yapmak çok zordur [47]. Böyle durumlarda, sadece NBD ölçütünün kullanımı önerilmektedir [61].

## 2.2.2 Risk ve Belirsizlik Ortamında Yatırım Projelerini Değerlendirme Yöntemi

Madencilik yatırımlarında varlığı kabul edilen büyük oranlarındaki riski, yatırım değerlendirilmelerinde göz önünde bulundurma çalışmaları, 1877 yılında H.D. Hoskold tarafından teklif edilen yöntem ile başlamıştır [62]. 1950'li yıllara kadar, Hoskold yöntemini temel alan birçok çalışmalar yapılmıştır; fakat daha sonraları geliştirmeye başlanan analitik, istatistik ve olasılık teknikler karşısında Hoskold yönteminin yatırım riskini değerlendirmede yetersiz ve eksik olduğu anlaşılmıştır. Endüstriyel yatırımların riskini değerlendirmede bilgisayarların da kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, istatistik ve olasılık tekniklerinin önemi artmıştır.

Aşağıdaki bölümlerde, risk ve belirsizlik ortamlarında madencilik yatırım projelerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemler tanıtılmaktadır. Risk değerlendirmede yaygın olarak kullanılan geri ödeme süresi yöntemi ise Bölüm 2.1'de anlatılmış olduğundan bu bölümde tekrar ele alınmamıştır.

### 2.2.2.1 Hoskold yöntemi

Hoskold, yatırım projesi yıllık gelirlerinin tekdüze olarak veya olmayarak değiştiği, iki farklı durumu ayrı ayrı ele alan yatırım değerlendirme yöntemleri önermiştir. Her iki yöntemde de, bir maden işletmesine yapılacak yatırımın başka bir alana yapılması

halinde elde edilecek faiz geliri toplamının, maden ömrü sonuna kadar geri kazanılması esas alınmakta ve yıllık net karlar emniyetli bir faiz oranı ve riski karşılayabilecek bir oranla birlikte bugünkü değere indirgenmektedir [63]. Bu indirgenmiş değere, madenin değeri denilmekte ve bu değerden yatırım giderleri çıkarıldığında kalan değer artı ise yatırım önerisi kabul edilmekte, negatif ise kabul edilmemektedir [64].

Yıllık net karların tekdüze olması durumunda maden yatağının bugünkü değeri;

$$V_p = \frac{A}{\frac{r}{(1+r)^n - 1} + r'} \quad (2.8)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır [64]. Burada,  $V_p$  = maden yatağının bugünkü değerini,  $A$  = yıllık net karı,  $r$  = sermayenin maliyeti olan emniyetli faiz oranını  $r'$  = risk oranını ve  $n$  = maden yatağının ömrünü ifade etmektedir.

Yıllık net karların tekdüze olmaması durumunda ise maden yatağının bugünkü değeri;

$$V_p = \frac{\sum_{m=1}^n P_m \cdot (1+r)^{n-m}}{1 + r' \cdot \left( \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right)} \quad (2.9)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır [64]. Burada,  $P_m$  = m'inci yılın net karını ifade etmektedir.

Yukarıda verilen eşitliklerden de görüleceği gibi, Hoskold'un önerdiği bu yöntemde yatırılan sermaye madenin ömrü sonunda tekrar kazanılmaktadır. Günümüzde uygulanan yatırım değerlendirme yöntemlerinde ise, yatırılan sermaye amortisman yoluyla geri kazanılmakta ve bir üretim gideri olarak amortismanlar vergilenebilir kardan çıkarılmaktadır. Hoskold yönteminin kullanıldığı yıllarda vergilemede büyük uyumsuzluklar görülmüştür [62].

### 2.2.2.2 Riske ayarlanmış indirgeme oranı

Bir yatırım projesinin tahmin edilen yıllık nakit akımları, belirli bir indirgeme oranı ile bugünkü değere indirgenerek toplandığında projenin net bugünkü değeri hesaplanabilmektedir. Bu indirgeme oranı, yatırılan sermayenin maliyetine ve işletmenin arzu ettiği en küçük karlılık oranına göre saptanmaktadır. Riskli yatırım projelerinin net bugünkü değerlerinin hesaplanmasında ise, projelerin risklilik

dercesine göre sermaye maliyetlerine belirli bir risk payı (veya risk primi) eklenerek indirgeme işleme yapılmaktadır.

Belirli bir riskli projeden beklenen karlılık oranı ile risksiz bir projeden beklenen karlılık oranı arasındaki farka risk payı denilmektedir [65].

Riske ayarlama işleminde sermaye maliyetine (  $r$  ), risk payı (  $\theta$  )'nın eklenmesiyle;

$$R = r + \theta \quad (2.10)$$

gibi daha büyük bir riske ayarlanmış indirgeme oranı (  $R$  ) elde edilir.

Risk payı (  $\theta$  ) arttıkça  $R$ 'de artar. Bu nedenle de, projeden beklenen net bugünkü değer de azalır ve projenin kabul edilmeme olasılığı artar [66]. Sermaye maliyetine göre kabul edilebilir bir durumda olan yatırım önerisi, riske ayarlanmış indirgeme oranına göre kabul edilmeyebilmektedir [67].

Yatırım karlılıklarının ölçülmesinde NBD yerine İKO kullanılırsa, İKO riske ayarlanmış indirgeme oranından büyük olduğu zaman yatırım önerisinin kabul edilir, küçük olduğu zaman reddedilir [68].

Riske ayarlanmış indirgeme oranı yönteminde, risk payının nasıl seçileceği sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu risk payının seçimi, tamamıyla karar vericinin tutum ve davranışlarına bağlı olduğundan, hatalı değerlendirmeler yapılabilir. Örneğin, yüksek bir risk payı uygulanarak aslında kabul edilebilir olan bir öneri reddedilmektedir. Ayrıca, indirgeme oranı riske göre ayarlanmak için değiştirildiğinde, bu değişikliğin proje ömrü sonuna doğru etkisi ilk yıllardakinden daha fazla olmaktadır [59]. Bu nedenle de, yatırımın riski zamanla orantılı olarak geometrik bir şekilde büyümektedir [67]. Gerçekte, madencilik yatırımlarında maden yatağının jeolojisi, rezervi, tenörü ve üretim teknolojisi ile ilgili belirsizliklerin neden olduğu riskler, yatırımın ilk yıllarında çok yüksek olmakla birlikte, zaman geçtikçe azalmaktadır. Bu nedenle, riske ayarlanmış indirgeme oranının madencilik yatırımlarının değerlendirilmesinde kullanılması sağlıklı sonuçlar vermeyebilir.

Yukarıda belirtilen eleştirilere ek olarak, bu yöntemin beklenen nakit akımlarının olasılık dağılımlarını ve bunlarla ilgili parametreleri dikkate almadığı da ileri sürülmektedir [69].

### 2.2.2.3 Belirlilik eşdeğeri yöntemi

Gelecekte herhangi bir yılda elde edilmesi kesin olarak belirli olan nakit akımının, aynı tarihte elde edilmesi tahmin edilen riskli nakit akımına eşdeğer olmasını sağlayan katsayıya, belirlilik eşdeğer katsayısı denilmektedir. Karar verici bu iki nakit



akımı arasında kayıtsızdır ve belirlilik eşdeğeri katsayısı risksiz nakit akımının riskli nakit akımına oranı olan bir değere eşittir [68]. Belirlilik eşdeğeri katsayısı sıfır ile bir arasında değerler almakta olup, risksiz durumlarda bire eşittir ve risk arttıkça sıfıra yaklaşır [67].

Belirlilik eşdeğeri yöntemini savunanlara göre, NBD'in hesaplanmasında kullanılan indirgeme oranı risk faktörünü içermemelidir [66, 67]. Bu yöntemde göre, yıllık nakit akımlarının gerçekleşeceği yıllar için tahmin edilen belirsizliklere bağlı olarak, yıllık nakit akımları belirlilik eşdeğeri katsayıları ile çarpılmakta ve sermaye maliyetine eşdeğer bir indirgeme oranı ile bugünkü değere indirgenmektedir.

Belirlilik eşdeğeri yöntemine göre bir yatırım projesinin NBD'i;

$$NBD = \sum_{i=0}^n \frac{\alpha_i \cdot NA_i}{(1+r)^i} \quad (2.11)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada  $\alpha_i$  = i'inci yılın belirlilik eşdeğeri katsayısıdır.

Yatırım değerlendirmesinde İKO'nun kullanılması durumunda, belirlilik eşdeğeri katsayıları ile çarpılan nakit akımlarının indirgenmiş değerleri toplamını sıfıra eşitleyen İKO hesaplanmaktadır. Bulunan İKO, risksiz indirgeme oranı ile karşılaştırılarak yatırım önerisi kabul edilmekte veya edilmemektedir.

Belirlilik eşdeğeri katsayısı, yatırım projesinin türüne ve karar vericinin risk karşısındaki tutum ve davranışlarına (fayda fonksiyonuna) bağlı olarak, proje ömrü boyunca her yıl için farklı değerler alabilir. Madencilikte jeolojik ve teknolojik belirsizliklerin zamanla azaldığı, cevher satış fiyatları ve pazarlama olanakları konusundaki belirsizliklerin ise olasılıklı olarak zamanla arttığı göz önünde bulundurulursa, riskin değişkenliği karşısında belirlilik eşdeğer yönteminin riske ayarlanmış indirgeme oranı yönteminden daha kullanışlı olduğu anlaşılabilir. Riske ayarlanmış indirgeme oranı yönteminde, indirgeme oranına eklenen risk payı ile risk zamanla orantılı olarak artarken, belirlilik eşdeğeri yönteminde  $\alpha_i$  katsayısı her bir proje yılında tahmin edilen belirsizliklere bağlı olarak ayarlanabilmektedir.

Yukarıda belirtilen üstünlükleriyle birlikte, bu yöntemin uygulanabilmesi için, yatırımın ömrü boyunca her bir yılda beklenen nakit akımlarının risklilik durumunun önceden tahmin edilmesi veya saptanması gerekmektedir. Bu işlemin ise ne kadar güç olacağı ortadadır. Ayrıca, bu yöntemin de nakit akımlarının beklenen değerlerinin olasılıklarıyla ilgilenmemesi, yatırımın risklilik ölçüsü hakkında kesin bir sonuç vermemesine neden olmaktadır.

#### 2.2.2.4 Benzetim yöntemi

##### *A. Benzetim tanımı ve özellikleri*

Benzetim, gerçek sistemin benzeri bir model oluşturularak, onun üzerinde belirli zaman periyotları için çeşitli testler yapıp, sistemin davranışlarını ve verimliliğini araştırmada kullanılan bir yöntemdir [70]. Özellikle, analitik yöntemlerle çözümü çok zor olan veya mümkün olmayan sistemleri ile karar problemleri, bir model oluşturularak benzetim yöntemleriyle çözülebilmektedir [44, 61].

Benzetim ile çalışmanın ilk adımı olan geçeğe benzer model oluşturma aşamasından sonra, model değişkenlerinin dağılımlarına uygun rassal örneklemeler yapılmaktadır [71]. Örneklenen değerlerle model belirli sayıda işletilmekte ve alınan sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildikten sonra, karar vericiye sistemin veya karar probleminin beklenen sonuçları sunulmaktadır.

Benzetim yöntemi, karar vericiye problemin en iyi (optimum) çözümü yerine, karar seçeneklerinin beklenen sonuçları hakkında bilgiler sunar ve değerlendirmeyi ona bırakır[61]. Benzetim çalışmalarından kesin sonuçlar elde etmek çok zordur [70].

Benzetim, bir sistem veya karar verme problemi için gerçek örnekleme yapmanın mümkün olmadığı ya da çok pahalı olduğu durumlarda kullanılabilen bir yöntemdir. Bu nedenle, benzetim modelinin gerçeği yansıtmayı yansıtmadığını ortaya çıkarmak için testler yapmak olanaksız veya çok pahalı bir işlemdir[67, 72]. Böyle bir gerçeklik testi için deney veya gözlem yapmak, gerçek sistem veya problem için örnekleme yapmak demektir.

Benzetim modellerinin çözümünde gerekli olan çok sayıdaki hesaplamalarda süratlilik, kolaylık ve maliyet azalması için bilgisayarlardan yararlanılmaktadır. Benzetim çalışmalarında bilgisayarların kullanımı, benzetim yöntemlerinin birçok alanda uygulanabilirliğini arttırmıştır.

##### *B. Monte Carlo benzetimi ile risk analizi*

Yatırım projelerinin gelecekte yaratacağı yıllık nakit akımlarını etkileyen değişkenler, birçok doğal, ekonomik, teknolojik veya politik etkenlere bağlı olarak rassal değerler olabilir. Yıllık nakit akımlarını etkileyen değişkenlerin gelecekte alabileceği değerlerin gerçekleşme olasılıklarının, nesnel veya öznel olarak tahmin edilmesi ile bu değişkenlerin olasılık dağılımlarından örneklemeler yapmak mümkün olabilir. Yıllık nakit akımlarını etkileyen değişkenlerin birbirinden bağımsız olması durumunda, bunları olasılık dağılımlarından yapılan rassal örneklemeler bağımsız değerler alır. Birbirinden bağımsız değerlerden oluşan yıllık nakit akımlarının olasılık dağılımı

yaklaşık olarak normaldir [73, 74]. Bu durumda, birbirinden bağımsız değerlerden oluşan yıllık nakit akımlarıyla hesaplanacak karar verme ölçütlerinin dağılımı da yaklaşık olarak normal olmaktadır.

Yıllık nakit akımlarını etkileyen değişkenlerin hepsinin veya bazılarının birbirleriyle bağımlı olması durumunda ise, rassal örneklemeler sonucunda hesaplanacak yıllık nakit akımları arasında korelasyon var olabilir [73]. Tam veya kısmi olarak birbirine bağımlı yıllık nakit akımları arasındaki korelasyonun yok edilmesi ile hesaplanacak karar verme ölçütlerinin dağılımı da yaklaşık olarak normaldir. Karar verme ölçütlerinin dağılımının normal olabilmesi için, her bir yılın nakit akımının rassal değerlerden oluşması ve normal dağılması gereklidir [61].

Yıllık nakit akımlarını etkileyen değişkenlerin olasılık dağılımlarının belirli olduğu risk ortamında, değişkenlerin olasılık dağılımlarına bağlı olarak yapılacak rassal örneklemelerle, yıllık nakit akımlarının ve karar verme ölçütlerinin hesaplanmasında ve olasılık dağılımlarının belirlenmesinde, Monte Carlo benzetim yöntemi etkin bir şekilde kullanılabilir [44, 61, 75]. David B. Hertz, 1964 yılında yapmış olduğu çalışmada, bir rassal örneklemeye yöntemi olan Monte Carlo benzetiminin, yatırım projelerinin risk analizlerinde kullanılabilirliğini göstermiştir [76]. Ümit Şenesen'de, riskli yatırım önerilerinin değerlendirilmesinde Monte Carlo benzetim yönteminin kullanılabileceğini belirtmektedir [67].

Monte Carlo benzetim yöntemi ile rassal örneklemeler sonucunda hesaplanan yıllık nakit akımları ve karar verme ölçütlerinin olasılık dağılımları, istatistiksel yöntemlerle belirlenebilmektedir. Bu nedenle, Monte Carlo yöntemi sayesinde, projenin geleceği konusunda karar verecek olanların olasılıklı düşünceleri sağlanabilmektedir.

### *C. Monte Carlo benzetiminin yapısı*

Genel olarak, bir sistem veya karar modelinin çözülebilmesi için, modeli etkileyen değişkenlerin belirlenen olasılık dağılımlarından rassal örneklemeler yapılması gerektiğinde Monte Carlo benzetim yöntemine başvurulmaktadır [77]. Monte Carlo benzetimi, karmaşıklık derecesi ne olursa olsun stokastik süreçlerin incelenmesi yöntemidir [67]. Sobol'a göre, Monte Carlo benzetimi bir istatistiksel deneme yöntemidir [78]. Renwick, Monte Carlo benzetim yöntemini, analitik olarak kolaylıkla çözülemeyen belirli modellerin çözümü ve çok değişkenli dağılımların matematiksel analizi için standart bir teknik olarak tanımlanmaktadır [44].

Monte Carlo benzetim yönteminin uygulanabilmesi için;

1. Gerçek sistemin veya karar probleminin benzeri bir modelin kurulması,

2. Benzetim modeli üzerinde rassal denemeler yapabilmek için rassal sayılar üreten bir mekanizmanın var olması,

3. Modelin değişkenlerinin olasılık dağılımlarına uygun rassal örneklemelerin yapılabilmesi için rassal sayıların rassal örneklemelere dönüştürülmesi gereklidir [44].

#### *i. Modelin kurulması*

Gerçek sistemin veya karar probleminin benzeri olan model, sistem veya karar probleminin değişkenlerini arasındaki ilişkileri matematiksel ve mantıksal simgelerle sağlar. Modeldeki değişkenler ve bunlar arasındaki ilişki ayrıntılı bir biçimde incelenirse, modelin çözümü güçleşirse de, çıkacak sonuç daha güvenilir olur [79]. Güvenilir bir model kurmak için, etkisi olabilecek bütün değişkenleri çözüme katmak gerekir [79].

Benzetim modelinin değişkenlerini dışsal, içsel ve durum değişkenleri olarak üç gruba ayırmak mümkündür [67].

Dışsal değişkenler, modelin girdisi olan değişkenlerdir. Monte Carlo benzetim modeline girecek dışsal değişkenlerin tümü veya bazılarının, gelecekte alabilecekleri değerler için olasılık tahminlerinin yapılması ve modelde olasılık dağılım parametreleriyle ifade edilmeleri gerekir. Dışsal değişkenlerin olasılık dağılımları ya geçmiş gözlemlerin veya kayıtların istatistiki tahmini olarak nesnel bir şekilde, ya da geçmiş deneyimlerin kişisel yorumu olarak öznel bir şekilde saptanabilir.

İçsel değişkenler, modelin çıktısı olan değişkenlerdir. Bu değişkenler, modelin dışsal ve durum değişkenlerinin karşılıklı etkileri sonucu ortaya çıkarlar.

Durum değişkenleri ise, modelin belirli bir bölümü veya zaman birimindeki durumunu gösterir. Bir durum değişkeninin belirli bir zaman birimindeki değeri, dışsal değişkenlere bağlı olabileceği gibi bir önceki zaman birimindeki içsel değişkenlerin değerine de bağlı olabilir.

Modelin dışsal değişkenlerinin birbirinden bağımsız olması durumunda olasılık dağılımları da birbirinden bağımsız olur. Dışsal değişkenlerin bazılarının birbirine bağımlı olması durumunda ise, bağımlı değişkenlerden birisinin olasılık dağılım parametreleri ve diğerleriyle olan fonksiyonel ilişkisi belirlenerek modele dahil edilir.

#### *ii. Rassal sayıların elde edilmesi*

Monte Carlo benzetim yöntemi ile modelin dışsal değişkenlerinden rassal örneklemeler yapabilmek için 0 ile 1 arası tekdüze dağılmış rassal sayılar gereklidir.

Rassal sayılar, bir önceki sayıya bakılmaksızın her seferinde gerçekleşme olasılığı aynı olan sayılar dizisidir [80]. Bir rassal sayının gerçekleşme olasılığı, rassal sayılar dizisindeki herhangi bir sayının gerçekleşme olasılığıyla aynıdır [81].

Tekdüze dağılmış rassal sayılar, el işlemleriyle fiziksel (tombala, rulet, zar gibi) aygıtlar veya elektronik aygıtlar kullanılarak elde edilebilmektedir. Bu şekilde daha önceden hazırlanmış rassal sayılar çizelgesinde kullanılabilir. Rassal sayıların, bilgisayarların belleğinde depolanarak kullanımı da mümkündür. Bununla birlikte, tüm bu yöntem ve tekniklerle rassal sayı üretmek pratik bir kullanım sağlamamaktadır. Monte Carlo benzetiminde, işlem yükünün çok fazla zaman alıcı olması nedeniyle genellikle bilgisayarlarla çalışıldığından, el işlemleriyle elde edilebilecek sayıların kullanımı pratik olmamaktadır. Rassal sayıların bilgisayar belleğine depolanmasında pratik bir çözüm değildir.

Fonksiyonel matematik ilişkiler kullanılarak yapay rassal sayıların üretimi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlileri orta kare (midsquare) ve eşlik (congruential) yöntemlerdir [71, 81, 82]. Bu tekniklerle elde edilen sayılar istatistiki testlerden geçirildikten sonra kullanılmaktadır. Üretilen yapay sayılar dizisi ne kadar uzun olursa, benzetim modelinde örnekleme sırasında aynı dizinin tekrarlanma olasılığı o kadar az olmaktadır. Bilgisayarların arşivinde genellikle, matematik tekniklerle hazırlanmış yapay rassal sayılar üreten programlar vardır. Bilgisayarlarla çalışılması durumunda, benzetim için gerekli rassal sayılar bilgisayarın arşiv fonksiyonu deyimini ile elde edilebilmektedir.

### *iii. Rassal sayıların dönüştürülmesi*

Monte Carlo benzetim modelinin işleyişi sırasında, modelin dışsal değişkenlerinin olasılık dağılımlarına uygun örnekleme yapılabilmesi için, tekdüze dağılımdan elde edilen rassal sayıların dönüştürülmesi gerekir. İstatistiksel anlamda dönüşüm, herhangi bir dağılımdan örnekleme yapmak demektir [83]. Dönüşüm işlemi için, dışsal değişkenlerin olasılık dağılım parametrelerinin tanımlanmış olması gerekir. Bazı dağılımlar için özel olarak hazırlanmış rassal sayılar çizelgelerinin kullanımı halinde dönüştürme işlemine gerek kalmaz, fakat genellikle bilgisayarların arşivindeki rassal sayılar tekdüze dağılım gösterdiklerinden, dönüştürme işleminin mutlaka yapılması gerekir.

Tekdüze dağılımlı sayıların, dışsal değişkenlerin olasılık dağılımlarından örnekleme için dönüştürme işleminde birçok teknik kullanılmaktadır. Bunların en önemlileri ve yaygın olarak kullanılanları şunlardır:

1. Ters dönüşüm (invers transformation)
2. Reddetme (rejection)
3. Kompozisyon (composition)
4. Matematiksel türetme
5. Yaklaşık tahmin

Çalışmanın kapsamını genişletmemek için bu tekniklere yer verilmeyecektir [81, 82, 84]. Madencilik yatırım projelerinin risk analizlerinde genellikle üçgen ve normal dağılımlı dışsal değişkenlerle çalışılmaktadır. Bu nedenle, bu bölümde üçgen ve normal dağılımlı değişkenlerden örnekleme için tekdüze dağılımlı rassal sayıların dönüştürülmesi yöntemleri tanıtılacaktır[81, 82, 83].

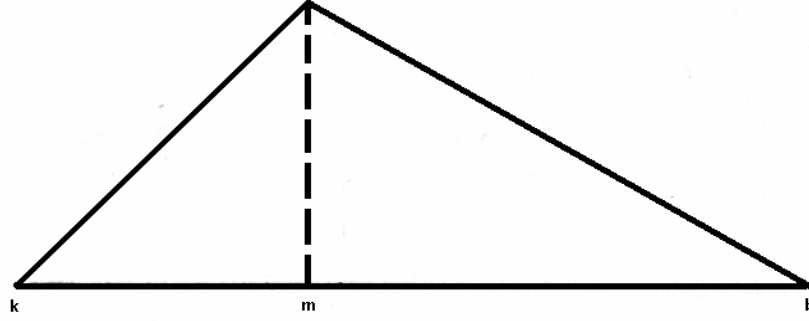
#### —Üçgen dağılım

Dışsal değişkenlerin değerlerinin belirsiz olduğu durumlarda, bunların gelecekte alabilecekleri değerlerle ilgili olarak nokta tahminler yerine aralık tahminleri yapıldığında, projenin geleceğini etkileyebilecek tüm koşullar hakkında bilgi sahibi olunabilir. Değişkenlerin alabileceği en küçük, olası en büyük değerlerinin nesnel veya öznel olarak tahmin edilmesi mümkündür. Elde edilen bu tahminlerle, değişkenlerin olasılık dağılımının üçgen olduğu kabul edilir.

Üçgen dağılıma uyan rassal değişkenlerin ( $X$ ) en küçük ( $k$ ), olası ( $m$ ) ve en büyük ( $b$ ) değer aralıkları için olasılık fonksiyonu:

$$f(X) = \begin{cases} \frac{(X - k)^2}{(m - k)(b - k)}, k \leq x \leq m \\ 1 - \frac{(b - X)^2}{(b - k)(b - m)}, m \leq x \leq b \end{cases} \quad (2.12)$$

şeklinde ifade edilmektedir [85]. Burada  $f(x)$ , üçgen dağılımlı değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunu göstermektedir. Şekil 2.10'da üçgen dağılımın parametreleri görülmektedir.



**Şekil 2.10: Üçgen dağılım parametreleri**

En küçük değeri  $k$ , olası değeri  $m$  ve en büyük değeri  $b$  olan üçgen dağılımın aritmetik ortalaması ( $\mu$ ) ve standart sapması ( $\sigma$ ) ;

$$\mu = \frac{k + m + b}{3} \quad (2.13)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{k(k - m) + m(m - b) + b(b - k)}{18}} \quad (2.14)$$

eşitlikleri yardımıyla hesaplanabilir [85].

$X$  rassal değişkeninin  $k$  ve  $b$  aralığında alabileceği değerlerin olasılığı;

$$\int_k^b f(x) = 1 \quad (2.15)$$

Tekdüze dağılımdan elde edilen  $U$  rassal sayısı ile üçgen dağılımlı dışsal değişken için rassal örneklemede;

$$X = \begin{cases} k + \sqrt{(m - k) \cdot (b - k) \cdot u}, & 0 \leq u \leq (m - k)/(b - k) \\ b - \sqrt{(b - k) \cdot (b - m) \cdot (1 - u)}, & (m - k)/(b - k) < u \leq 1 \end{cases} \quad (2.16)$$

dönüştürmeleri yapılarak  $X$  rassal değişkeninin değeri hesaplanabilir [85].

—Normal dağılım

Dışsal değişkenlerin gelecekte alabileceği değerlerin aritmetik ortalama ve standart sapmasının tahmin edilebilmesi durumunda, normal dağılımın özelliklerinden faydalanan yöntemlerle rassal örnekleme yapmak mümkündür.

Parametreleri aritmetik ortalama ( $\mu$ ) ve standart sapma ( $\sigma$ ) olan normal dağılmış  $X$  rassal değişkenin olasılık fonksiyonu;

$$f(x) = \left[1/(\sigma \cdot \sqrt{2\pi})\right] \exp\left[-(x - \mu)^2 / (2\sigma^2)\right] \quad (2.17)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada  $f(x)$ , normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonudur.

Rassal değişken olan  $X$ ,  $-\infty$  ve  $+\infty$  aralığında değerler alabilir ve birikimli toplam olasılığı 1'e eşittir.

Normal dağılımlı değişkenlerden, tekdüze dağılımlı rassal sayılarla örnekleme için geliştirilmiş en önemli yöntemler şunlardır:

\* Merkezi limit teoremine dayanan yöntem

\* Ahrens-Dieter yöntemi

\* Marsaglia-Bray yöntemi

\* Box-Müller yöntemi

Merkezi limit teoremine dayanan yöntem matematiksel türetme sonucunda, Ahrens-Dieter yöntemi kompozisyon tekniğiyle, Marsaglia-Bray yöntemi ters dönüşüm tekniği temelinde ve Box-Müller yöntemi de matematiksel türetme tekniğiyle geliştirilmiştir [67, 72, 82, 83]. Bu yöntemlerde, tekdüze dağılımlı rassal sayılar dizisinden elde edilen rassal sayılar, Z standart normal değerine dönüştürülmektedir. Bu standart normal değer ve dağılım parametreleri ile de;

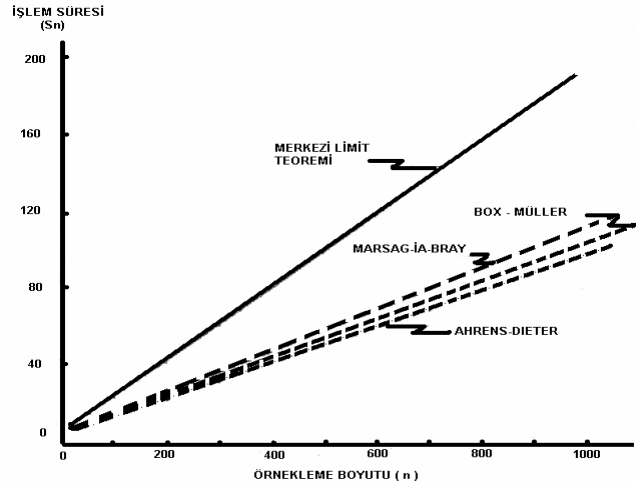
$$X = \alpha + Z.\sigma \quad (2.18)$$

eşitliğinden, X rassal değişkeninin değeri hesaplanmaktadır [82].

Merkezi limit teoremine dayanan yöntem ile Ahrens-Dieter, Marsaglia-Bray ve Box-Müller yöntemleri için Basic diliyle yazılan programlar, Monroe EC8800 tipi bir bilgisayarda çalıştırıldığında, Şekil 2.11'de verilen işlem zamanları elde edilmiştir. Şekil 2.11'den de görüleceği gibi benzetim boyutu arttıkça, diğerlerine göre Ahrens-Dieter yöntemi için daha az bilgisayar işlem zamanı gerekmektedir. Benzetim boyutunun  $n = 1000$  olması durumu için rassal olarak hesaplanan standart normal değerlerin dağılımı Tablo 2.1'de verilmiştir. Bu tablodan da görüleceği gibi, tüm yöntemlerle elde edilen standart normal değerlerin olasılık dağılımları birbirine yakın değerlerden oluşmakta olup, hemen hemen hepsi  $Z = -3$  ile  $Z = +3$  arasında dağılmaktadır.

Benzetim örnekleme boyutunun büyük olmadığı ve bilgisayarların kullanılmadığı durumlarda, merkezi limitine dayanan yöntem pratik olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, örnekleme boyutunun büyük olduğu durumlarda Ahrens-Dieter yöntemi daha az bilgi işlem zamanı gerektirdiğinden, etkin bir şekilde kullanılabilir.





**Şekil 2.11:** Merkezi limit teoremine dayanan yöntemden matematiksel türetme yoluyla elde edilen Ahrens-Dieter, Marsaglia-Bray ve Box-Müller yöntemlerinde işlem süresi ile örnekleme boyutu arasındaki ilişki.

**Tablo 2.2:** Rassal olarak hesaplanan standart normal değerlerin dağılımı.

Rassal Standart Normal Değerlerin Dağılım Aralığı	Standart Normal Değer Örnekleme Yöntemleri			
	Merkezi Limit	Marsaglia-Bray	Ahrens-Dieter	Box-Muller
Z < -4	0.0	0.0	0.0	0.0
-4 < Z < -3	0.0	0.1	0.1	0.0
-3 < Z < -2	2.7	1.8	2.0	1.8
-2 < Z < -1	15.5	12.7	12.7	14.4
-1 < Z < 0	32.3	32.5	33.8	33.2
0 < Z < 1	32.6	37.6	35.6	35.6
1 < Z < 2	15.0	13.6	13.8	12.6
2 < Z < 3	1.8	1.7	1.9	2.4
3 < Z < 4	0.1	0.0	0.1	0.0
4 < Z	0.0	0.0	0.0	0.0

#### *D. Benzetim örnekleme boyutu*

Risk analizlerinde uygulanan Monte Carlo benzetiminde rassal örnekleme tekrar sayısı, yani benzetim örnekleme boyutu arttıkça, her tekrarda elde edilecek karar verme ölçütlerinin frekans dağılımı, belirli bir kurumsal dağılıma yaklaşır. Bu nedenle, benzetim örnekleme boyutu arttıkça benzetimin güvenilirliği artmaktadır. Bununla birlikte, güvenilirlik derecesini iki kat daha arttırmak için örnekleme boyutu kendi karesine yükseltmek gerekmektedir [67]. Örneğin, boyutu 100 kabul edilen bir çalışmada, güvenilirlik derecesini iki kat arttırmak için benzetim boyutunun  $100^2 = 10000$  sayısına yükseltilmesi gerekmektedir. Benzetim örnekleme boyutunun oldukça büyük seçilmesi halinde ise, gerekli işlem yükü artacağından, bilgisayarlarda da gerekli işlem zamanı artmaktadır.

Örnekleme boyutu genellikle, çıktıların belirli bir güvenilirlik seviyesinde alacağı değerlere göre saptanır [70]. Bunun için başlangıçta bazı varsayımlar yapılır. Örneğin, risk analizlerinde rassal örneklemelemlerle hesaplanan karar verme ölçütlerinin olasılık dağılımlarının normal olduğu kabul edilir. Önceden saptanacak bir güvenilirlik sınırına göre, hesaplanacak karlılık ölçütü ortalaması ile gerçek ortalama arasında arzu edilen en büyük farkın ne olacağı da kabul edildikten sonra, örnekleme boyutu hesaplanabilmektedir [70,81].

Monte Carlo benzetimi ile risk analizlerinde örnekleme boyutu genellikle, rassal örneklenen karar verme ölçütleri ile sağlıklı bir olasılık dağılımı elde edilebilecek ve fazla bilgisayar işlem zamanı gerektirmeyecek sayıda gerçekleşmektedir.

#### *E. Benzetim örnekleme sonuçlarının değerlendirilmesi*

Yatırım projelerinin risk analizini gerçekleştirmek amacıyla kurulan Monte Carlo benzetim modelinde, dışsal değişkenlerin olasılık dağılımlarına bağlı olarak belirli sayıda rassal örnekleme yapılarak, yıllık nakit akımları ve karar verme ölçütleri hesaplanır. Rassal örneklemenin sona ermesinden sonra ise, yatırım riskliliği hakkında karar vermede kullanılmak amacıyla rassal değerlerden oluşan karar verme ölçütlerinin olasılık dağılım fonksiyonları ve parametreleri araştırılır.

Rassal değerlerden oluşan yıllık nakit akımları birbirinden, bağımsızsa, bunlara bağlı olarak hesaplanan karar verme ölçütlerinin olasılık dağılımının yaklaşık olarak normal olduğu kabul edilmektedir [74]. Normal dağılım parametreleri olan aritmetik ortalama ve varyans yardımıyla da yatırımın riskliliği hakkında karar vermek mümkündür. Bununla birlikte, dağılımın diğer özelliklerinden de yararlanarak yatırım risklilikleri hakkında karar vermek mümkün olmaktadır.

Karar verme ölçütlerinin olasılık dağılım parametrelerinin ve diğer dağılım ölçütlerinin hesaplanmasında aşağıda verilen sıraya uygun işlemler yapılmaktadır.

- Rassal değerlerden oluşan karar verme ölçütleri küçükten büyüğe sıralanır.
- En küçük ve en büyük değere bağlı olarak Sturges kuralı ile sınıf aralıkları saptanır [86].
- Belirlenen sınıf aralıklarına uygun olarak karar verme ölçütleri sınıflandırılır.
- Hesaplamalarda kolaylık sağlamak açısından sınıf ortalamaları kullanılarak küçültülmüş değerler hesaplanır.
- Küçültülmüş değerlerden oluşan sınıflandırılmış seri için sıfır etrafındaki ve aritmetik ortalama etrafındaki momentler hesaplandıktan sonra Sheppard düzeltilmesi yapılır [87].
- Düzeltilmiş momentler yardımıyla aritmetik ortalama, standart sapma, çarpıklık ve basıklık ölçütleri hesaplanır.

Hesaplamalarla bulunan aritmetik ortalama ve standart sapma, karar verme ölçütlerinin kurumsal dağılım parametreleridir. Rassal örnekleme değerlerinin sınıflandırılması ile elde edilen gerçek dağılım ile kurumsal dağılımın uygunluğunu test etmede iki tane Ki-kare veya Kolmogorov-Simirnov testi kullanılmaktadır [47]. Benzetim örnekleme boyutunun büyük olduğu ( $n > 1000$ ) durumlarında Ki-kare testi, küçük olduğu durumlarda ( $99 \geq n \geq 10$ ) ise Kolmogorov-Simirnov testi tercih edilmektedir [72].

### **2.3 Madencilik Yatırım Kararlarında Riskin Etkileri Ve Ölçülmesi**

Madencilik yatırımlarının riskliliğinde etkili olan birçok belirsizlik kaynakları vardır. Bunlar genel olarak doğal, teknolojik, ekonomik, ve politik belirsizlik kaynakları olarak sınıflamak mümkündür. Bununla birlikte, karar vericinin kontrolünde olan karar değişkenlerinin aldıkları değerlerde, madencilik yatırımlarının riskliliğini önemli derecelerde etkileyebilmektedir.

En önemli kontrol edilebilir karar değişkenleri olan üretim kapasitesi ve sınır tenör kararları için birçok karar seçeneği söz konusu olabilir. Karar verici başlangıçta, bu karar seçeneklerinin ve diğer proje değişkenleri değerlerinin belirli olduğu varsayımı ile, amacını optimize eden yatırım kararı verilebilir. Bundan sonra ise, bu karar seçeneklerinin belirli olduğu, fakat diğer proje değişken ve parametreleri değerlerinin olasılıklı olarak saptanabildiği varsayımları ile, karar değişkeni seçeneklerinin ve optimum kararların riskliliği ölçülebilir.

Yatırım kararları riskliliğinin ölçülmesinde birçok risk ölçütü kullanılmaktadır. Bu ölçütler, çeşitli risk analiz yöntemleriyle saptanabilmektedir.

Risk ölçütlerinin hesaplanmasında, genellikle rassal örneklenen karar verme ölçütleri olasılık dağılımlarından yararlanılmaktadır.

Aşağıdaki bölümlerde, madencilik yatırımlarının riskliliğine neden olan belirsizlik kaynaklarının ve kara değişkenlerinin etkileri açıklandıktan sonra, bu etkilerin ölçülmesinde kullanılan risk ölçütleri ve risk profilleri tanıtılmaktadır.

### **2.3.1 Madencilik Yatırımlarının Riskliliğinde Etkili Olan Belirsizlik Kaynakları**

Madencilik yatırım kararları genellikle belirsizlik koşulları altında alınır. Bu nedenle de, madencilik yatırımları genellikle risk dereceleri yüksek yatırımlar olarak değerlendirilmektedir. Madencilik yatırımlarının riskliliğiyle orantılı olarak beklenen kar da yüksektir [88], fakat bu kar genellikle uzun dönemde elde edilir. Bir başka deyişle, madencilik yatırımlarının geri dönüş süreleri uzundur ve uzun dönemde yatırımın oluşturabileceği nakit akımları, birçok ekonomik, teknik ve politik faktörlerden etkilenir. Başlangıçta karlı olan bir yatırım, gelecekte zarar edebilir.

Madencilik yatırımlarının yüksek riskli olmasının en önemli nedenlerinden birisi, maden yatağının özellikleriyle ilgili bilgilerin yetersiz olmasıdır. Bu nedenle de gelecekte karşılaşılabilecek teknik ve ekonomik sorunların neler olabileceği tahmin edilememektedir.

Maden yatağının özellikleriyle ilgili belirsizlikler zamanla çözümlenir ve başlangıçta çok yüksek olan yatırım riski, maden yatağı hakkında bilgiler toplandıkça azalmaya başlar. Bununla beraber, riskin ne zaman azalmaya başlayacağı ve ne kadar azalacağını tahmin etmek çok zordur.

Madencilik yatırımlarının riskliliğinde etkili olan belirsizlik kaynakları aşağıdaki bölümlerde daha ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

#### **2.3.1.1 Doğal belirsizlikler**

Madencilik projelerinin hazırlanması aşamasından önce, maden yatağının özelliklerinin ve niteliklerinin araştırılması gerekir. Bu aşamada genellikle toplanan bilgiler yetersiz ve olasılıklar dahilinde belirsiz, kişisel değerlendirmeler nedeniyle de hatalı olabilir. Yatırım ömrünün saptanmasında, üretim kapasitesinin ve teknolojinin de seçiminde birçok hatalar yapılabilir. Yatırım giderleri az veya çok tahmin edilmiş olabilir.

Rezerv ve tenör hesaplamalarında, önceden yapılan rassal örnekleme verilerinin eksik veya yetersiz olmaları nedeniyle hatalar yapılabilir [75]; fakat hata oranları istatistik ve olasılık analiz teknikleri yardımıyla saptanabilmektedir. Rezerv ve tenör ile ilgili belirsizlikler, madenlerin aranması aşamasından başlayarak değerlendirme ve işletme aşamalarında elde edilen her ek bilgi ile azalmaya başlar.

Rezerv ve tenör değerlerindeki belirsizlikler, özellikle maden arama aşamasında verilen kararlara doğrudan bağlıdır. Maden yatağından (sondajlar, galeriler, yarmalar veya kuyularla) yapılan örneklemelemlerle hesaplanan kuramsal rezerv ve tenör değerlerinin istatistiki olarak ana kütleyi temsil etmesi gerekir. Bunu sağlamak için de örnek sayısının mümkün olduğunca artırılması gerekir. Bir maden yatağından alınan örnek sayısı arttıkça, kuramsal değerlerle gerçek değerler arasındaki hata oranı azalır, fakat bu durumda da arama giderleri artar. Kuramsal ve gerçek değerler arasındaki hata miktarları, yatırım analizlerinde risk belirsizliğinin önemli bir kaynağını meydana getirir [75]. Madencilik kuruluşu, amacına ve maden yatağının özelliklerine göre saptadığı belirli bir hata sınırından sonra arama çalışmalarına son verilebilir ve rezerv-tenör değerleri ile yatak hakkındaki bilgileri belirli hata oranlarıyla kabullenebilir.

Maden işletmesinin üretim aşamasında karşılaşılabilecek göçük, su baskını, heyelan ve deprem gibi doğal afetler, üretiminin belirli bir süre durmasına ve hatta madenin tamamen kapatılmasına neden olabilir. Bu doğal afetlerin, maden işletmesini ne gibi zararlara uğratılabileceği belirsizdir ve herhangi bir tahmin yapmak çok güçtür.

### **2.3.1.2 Teknolojik belirsizlikler**

Madencilik yatırımlarının riskliliğinde etkili olan teknolojik belirsizlikleri iki ayrı sınıfta incelemek mümkündür. Bunlar, teknolojik sorunlar ve teknolojik gelişmelerdir.

Maden yatağının işletilmesi, cevherlerin zenginleştirilmesi ve rafine edilmesi aşamalarında uygulanabilecek yeni teknolojik yöntemlerin gelecekte meydana getirebileceği sorunların, projelerin hazırlanması ve tesis aşamasında bilinmemesi, teknolojik belirsizliğin bir kaynağıdır. Ayrıntılı etütlere rağmen, karşılaşılabilecek güçlükleri tamamıyla ortaya çıkaracak bir proje hazırlamak, genellikle mümkün olmamaktadır [4]. Bunun sonucunda da işletmeye alma ve üretim aşamalarında gecikmeler, verim düşüklükleri, yeni makine ve donanım gereksinimleri gibi giderleri arttırıcı, karlılığı azaltıcı birçok durumlarla karşılaşabilmektedir.

Proje hazırlama çalışmaları sırasında, yanlış veya yetersiz teknoloji seçiminde, karar vericilerin etkilerin de önemlidir [20].

Üretim aşamasında meydana gelebilecek teknolojik gelişmeler ve değişimler, seçilen üretim yönteminin, satın alınan makine ve donanımların yetersiz kalmasına neden olabilir [89]. Bu gibi durumlarda rakip firmalarla rekabet etmek güçleşir, pazar kaybı meydana gelir. Yeni geliştirilen teknolojilerle üretim giderleri düşebileceğinden, cevher satış fiyatları da düşebilir. Verimsiz ve yüksek maliyetli teknolojileri uygulayan madencilik kuruluşları için, varolan teknoloji ile maden yatağını işletmek mümkün olamaz. Bunu önlemek için de, kuruluş yeni yatırımlara girişmek zorunda kalır. Böyle bir durumda, proje aşamasında hesaplanan karlılık azalır ve tüm bu belirsizlikleri proje hazırlama ve değerlendirme aşamasında tahmin etmek çok güçtür.

### **2.3.1.3 Ekonomik belirsizlikler**

Ekonomik belirsizlikler tüm endüstri yatırım projeleri için önemli bir unsurdur; fakat madencilik projelerinde genellikle büyük yatırımlar söz konusu olduğundan daha da önem kazanmaktadır.

Ekonomik belirsizlikleri gelir ve gider tahminlerindeki hatalar, pazarlama olanakları, enflasyonun etkileri olmak üzere üç sınıfta incelemek mümkündür.

#### *A. Gelir ve gider tahminlerindeki hatalar*

Yatırım projelerinin karlılığında çok önemli bir etkiye sahip olan cevher satış fiyatlarının, proje hazırlama ve değerlendirme aşamasında tahmini çok zordur ve birçok hatalar yapılabilir [90]. Cevher satış fiyatlarını geçmiş trendlere bağlı olarak tahmin etmek mümkündür, fakat uzun dönemli tahminlerde hata oranları büyür.

Cevher satış fiyatlarının oluşumunda arz ve talep durumu etkilidir. Bununla birlikte, kısa zaman periyotları için maden talebi fiyat değişmelerine karşı hassas değildir. Birçok cevherin talebi gerek kısa sürede, gerekse uzun sürede gelir değişmelerine ve ekonomik gelişmelere karşı oldukça duyarlıdır [2].

Bütün cevher satış fiyatları uzun vadede trendsel bir artış göstermekle birlikte, kısa vadede periyodik dalgalanmalar göstermektedir. Bu dalgalanmaların nedenleri tam olarak tahmin etmek mümkün değildir. Bunun nedenleri teknolojik gelişmeler, politik durumlar, işçilik uyuşmazlıkları, dünya ekonomisindeki gelişmeler ve yeni maden yataklarının bulunması gibi etkenler olabilir.

Üretim maliyetlerinin önceden tahmininde, belirsizliklerin iki kaynağı vardır [90]. Birincisi, seçilen teknolojiye olan güvensizliğin neden olduğu belirsizliktir. Bu belirsizlik üretimin ilk yıllarında en büyük değerdedir ve zamanla azalır. Belirsizliğin ikinci kaynağı, gelecekte meydana gelebilecek enflasyonların üretim giderlerini ne

derecede etkileyebileceğinin tahmin edilmemesidir. Ayrıca, bunlara işçilik giderlerinin belirsizliği de eklenebilir.

### *B. Pazarlama olanakları*

Pazarlama olanakları firmanın durumuna ve piyasa koşullarına bağlıdır. Üretilen bir malın piyasada tutulup tutulmayacağını piyasa ve firma ile ilgili birçok faktör etkiler. Bunlar;

1. Pazar büyüklüğü,
2. Satış fiyatı,
3. Pazar büyüme oranı,
4. Pazar payı,
5. Toplam yatırım hacmi,
6. Yatırımın net değeri,
7. İşletme maliyeti,
8. Sabit maliyet,
9. Sabit varlıkların hizmet ömrüdür [13].

Üretilen malın piyasaya sürülmesinden önce iyi bir piyasa araştırmasının yapılması gerekir. Piyasanın yanlış veya eksik değerlendirilmesi, piyasa etüdünün yüzeysel bir şekilde yapılması daha ilk üretim yıllarında işletmeyi riske sokar. Pazar büyüklüğünün, Pazar büyüme oranının ve Pazar payının hatalı değerlendirilmesi sonucu üretim kapasitesi yüksek tutulduğunda işletme zarara uğrayabilir.

Cevher satış fiyatları genellikle arz ve talebe bağlı olarak değişir; fakat piyasaya girme konusunda üretici kuruluşun yapısı da önemli rol oynar. Belirli bir alanda isim yapmış ve uluslararası ilişkileri olan büyük işletmeler, küçük ve yeni üretime geçmiş işletmelerden daha başarılıdır. Küçük işletmeler talebin arttığı dönemlerde rahatlıkla pazarlama olanakları bulabilirler, fakat talebin düştüğü dönemlerde büyük işletmelerle rekabet edemezler.

### *C. Enflasyon*

Maden işletmeleri genellikle uzun dönemli planlar üzerinde kurulurlar ve işletilirler. Madencilik projelerinin hazırlanması aşamasında ise tüm üretim ömrü için nakit giriş ve çıkışlarının tahmini yapılır. Gerçekte normal koşullar altında dahi bu tahminleri

yapmak oldukça zordur ve devreye bir de enflasyon girince tahminler daha da zor olmaktadır.

Enflasyonla birlikte kredi faiz oranları da yükseldiğinden, işletmeler yatırımları için gerekli sermayenin elde edilmesinde zorlanırlar. Enflasyonla birlikte fiyatlar genel seviyesinde sürekli yükselmeler ve paranın satın alma gücünde azalmalar olduğundan, dış kaynaklı kredi kullanan işletmeler anapara ve faiz ödemelerinde güçlüklerle karşılaşılırlar. Kredi borcu anapara ve faiz ödeme planlarını enflasyonu dikkate almadan yapan işletmelerin, ilerideki yıllarda kar hacimleri daralır veya piyasadan silinirler.

İşletmelerde, enflasyonla birlikte amortisman değerlerinde azalmalar, vergi miktarında artmalar, işletme sermayesinin yetersiz kalması, yedek parça ve malzeme giderlerinin artması gibi birçok problemler de ortaya çıkabilir.

Ekonomik belirsizliğin önemli nedenlerinden birisi olan enflasyonu, projelendirme aşamasında geçmiş yıllardaki trend değerlerine bakarak doğru bir şekilde tahmin etmek çok zordur [62].

#### **2.3.1.4 Politik belirsizlikler**

Politik belirsizliklerin neden olduğu riskler;

- Vergilerin arttırılması,
- Yabancı şirketlerin ulusallaştırılması,
- Özel şirketlerin kamulaştırılması,
- Siyasi iktidardaki değişiklikler

gibi uygulamalardan kaynaklanır.

Bir ülkede uygulanan vergi politikaları ve teşvik tedbirleri, madencilik yatırımlarının yapılmasında önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle uluslararası finans kuruluşları, yatırım yapacakları ülkede politik istikrarın olmasını, hükümetlerin yatırımın geri dönüşünü garanti etmesini isterler.

Politik risk genellikle gelişmekte olan ülkelerde daha fazladır. Madenlerin aranması ve değerlendirilmesi aşamalarında karlılık belirsizlik veya az olduğu için hükümetler genellikle yatırımları teşvik edici uygulamalarda bulunurlar, fakat üretim aşamasında yüksek karların elde edilmeye başlanmasıyla birlikte politik risk artar.

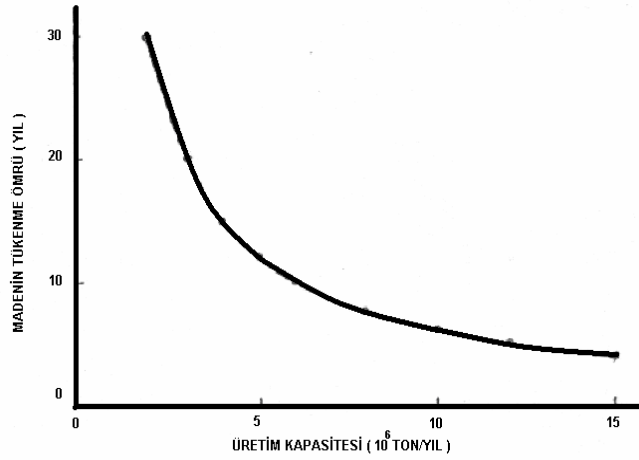


### 2.3.2 Madencilik Yatırımlarının Riskliliğinde Karar Değişkenlerinin Etkileri

Madencilik yatırımlarının riskliliğinde, doğal, teknolojik, ekonomik ve politik, belirsizliklerle birlikte karar vericinin kontrolünde olan değişkenlerinin de önemli etkileri vardır. Madencilik yatırımlarında karar vericinin kontrolünde olan en önemli karar değişkenleri ise üretim kapasitesi ve sınır tenördür. Karar verici, üretim başlangıcında bu değişkenlerin alabileceği değerler içinden amacına uygun olanını seçerek yatırım kararı verir.

Karar verici tarafından belirlenen üretim kapasitesi ve sınır tenör ise, maden yatağının tükenme ömrünü, ilk yatırım giderlerini ve satış gelirlerini etkiler. Bu nedenle de bu değişkenlerin saptanan değerlerine bağlı olarak da yatırım karlılığı ve riskliliği değişir.

Belirli bir cevher rezervine sahip maden yatağında uygulanabilecek üretim kapasitesinin değişimi, madenin tükenme ömrünün de değişimine neden olur. Üretim kapasitesi ile madenin tükenme ömrü arasında ters bir ilişki söz konusudur. Üretim kapasitesi arttıkça ise maden ömrü hızla artar (Şekil 2.12).



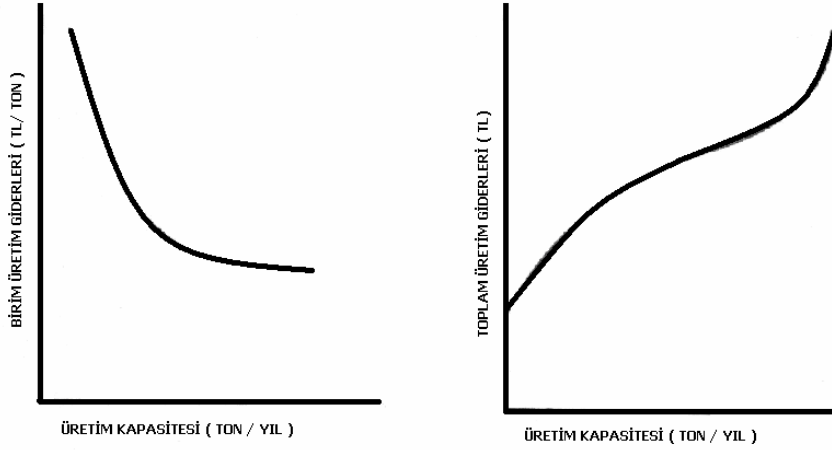
**Şekil 2.12: Üretim kapasitesi-maden ömrü ilişkisi.**

Maden yatağının tükenme ömrünün artması halinde gelecekte elde edilecek yıllık nakit akımlarının bugünkü değerleri azalır. Bununla birlikte, yıllık nakit akımlarını etkileyen diğer değişken ve parametrelerin değerlerinin tahmini ile ilgili belirsizlikler de artar [90].

Üretim kapasitesinin artması halinde madenin tükenme ömrü azalmakla birlikte, yatırım giderlerinde de belirli bir fonksiyonel artış olur. Yatırım giderlerinin tahmininde varolan belirsizlikler ise bu artışla birlikte artar, fakat madenin tükenme ömrü azaldığından dolayı yatırımların geri dönüşü daha kısa sürede gerçekleşir.

Bununla birlikte, büyük kapasiteli maden işletmelerinde sabit giderler de büyük olduğundan, herhangi bir kriz anında işletmenin kayıpları büyük olur.

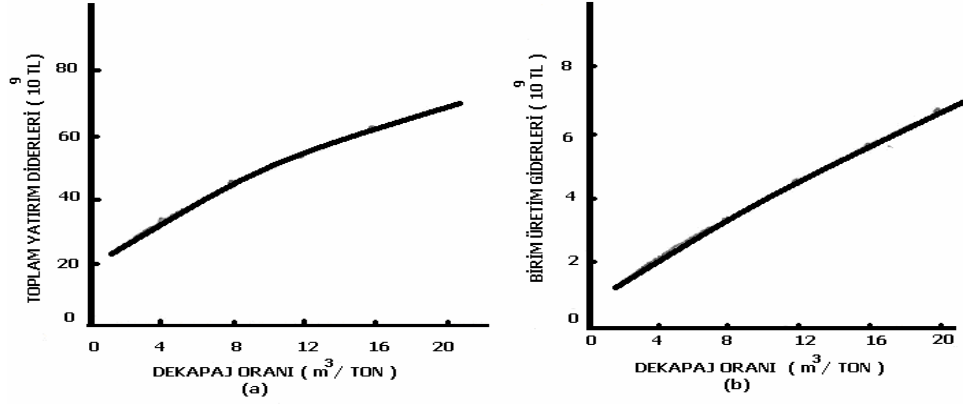
Üretim kapasitesindeki artış veya azalışlar, üretim giderlerini de önemli ölçüde etkiler. Üretim kapasitesi artarken, birim üretim giderleri belirli bir noktaya kadar azalır ve daha sonra artar, fakat toplam üretim giderleri azalarak da olsa artar (Şekil 2.13). Bu durumda üretim giderlerinin tahminiyle ilgili belirsizliklerin etkileri de artmaya başlar.



**Şekil 2.13: Birim ve toplam üretim giderlerinin üretim kapasitesi ile olan ilişkisi.**

Üretim kapasitesinin artırılması veya azaltılması, ilgili malın arz edileceği piyasanın koşullarından da etkilenir. Piyasa koşullarının gelecekteki durumunu tahmin etmek ise çok zordur ve birçok belirsizlikler içerir. Gelecekte arz ve talebin ne olacağı, satış fiyatlarının hangi seviyelerde seyredeceği belirsizdir. Bu belirsizlikler nedeniyle de üretim kapasitesi azaldıkça madenin tükenme ömrü arttığından, risklilik de artar.

Ortalama terör artışıyla birlikte yıllık metal üretim artar; fakat metal kurtarma verimliliği azalabilir. Sabit cevher üretim kapasitesi için dekapaj miktarının veya oranının artmasıyla birlikte de, gerekli ilk yatırım ve birim üretim giderlerinde de artışlar olur (Şekil 2.14).



**Şekil 2.14: Toplam yatırım ve birim üretim giderlerinin dekapaj oranı ile olan ilişkisi.**

Sınır tenör değişmelerine bağlı olarak maden ömründeki, üretim giderlerindeki, satış giderlerindeki ve üretim verimliliğindeki değişimler sonucunda beklenen yıllık nakit akımlarının riskliliği de artar veya azalır.

Bir maden yatağının işletilebilmesi için uygulanabilecek birçok üretim kapasitesi ve sınır tenör yatırım karar seçeneği söz konusu olabilmektedir. Karar verici, bu seçenekler içinden amacına en uygun olanını seçme durumundadır. Bu seçim işleminde, aldığı değerlerle her biri ayrı yatırım seçeneği olan karar değişkenlerinin ve kontrol edilemeyen diğer proje değişkenlerinin değerlerinin belirli olduğu varsayılarak birçok optimizasyon teknikleri kullanılmaktadır. Optimizasyon tekniklerinde, karar vericinin amacına uygun karar verme ölçütleri kullanılmakta ve bu ölçütlerin optimizasyonu yapılmaktadır.

Belirlilik koşulları için optimum olan yatırım kararının veya kararlar dizisinin risklilik derecesi ise, çeşitli risk analiz yöntemleriyle elde edilebilen risk ölçütleriyle belirlenmektedir. Riskli bir yatırım kararının kabul edilebilirliğinin ise, risklilik derecesi ile birlikte karar vericinin risk aşamasındaki tutum ve davranışları da etkiler.

Yatırım kararının veya kararlar diziliminin risklilik derecesinin ölçülmesinde, optimizasyonu yapılan yatırım karar değişkenlerinin, bunlara bağlı değişken ve parametrelerin değerleri maden ömrüncü sabit tutulmaktadır [90]. Bu yapılmadığı takdirde, yani optimizasyon yöntemleriyle saptanan karar veya kararlar dizilimi değerlerinin de optimizasyon sonuçlarının gerçekliliği ortadan kalkar.

Optimizasyon koşulları değiştirilmeden, optimum karar veya kararlar diziliminin risklilik derecesinin ölçülmesinde ve karar değişkenlerinin yatırım riskliliğine duyarlılığının belirlenmesinde, yıllık nakit akımlarını etkileyen diğer değişken ve parametreler hakkında örneklemeler yapılır. Bu örneklemelerden sonra, yıllık nakit

akımları ve karar verme ölçütleri hesaplanarak her bir karar seçeneğinin veya optimum kararın riskliliği belirlenebilir.

### **2.3.3 Riskin ölçülmesi**

Tüm yatırım kararları, çeşitli derecelerde değişen risk ve belirsizlik koşulları altında alınır [91]. Bu nedenle de, bugünkü koşullarda gelecekteki nakit akımlarının tahmini ve yatırım kararının geleceğe uyumunun saptanması gerekir.

Risk ve belirsizlik ortamında yatırım kararı vermede, yatırım seçeneklerinin risklilik açısından sıralanmasından sonra, işletmenin amacına uygun bir seçim yapılır. İşletmenin amacını, karar vericinin tutum ve davranışları önemli ölçüde etkiler. Riskli yatırım proje seçenekleri arasından, karar vericinin beklenen faydasını en büyükleyen yatırım projesi seçildiğinde de karar verici açısından en iyi yatırım kararı verilir. Beklenen fayda ise, beklen gelir (veya karlılık) ile risk ölçütü tarafından belirlenir [93]. Risk ve belirsizlik ortamında karar vermede birçok risk ölçütü olmaktadır.

Risk ölçütlerinin hesaplanmasında rassal değerlerden oluşan olasılık dağılımlarından yararlanılmaktadır. Bu amaçla da, proje değişken ve parametreleri rassal örneklemede ve bunlara bağlı olarak da yıllık nakit akımları ve karar verme ölçütleri hesaplanmaktadır. Rassal örneklenen proje değişken ve parametreleriyle hesaplanan yıllık nakit akımları da rassal değerler aldığından, bunlara bağlı olarak hesaplanan karar verme ölçütleri de rassal değerlerden oluşmaktadır.

Hiller (1974), yıllık nakit akımlarının birbirinden tamamen bağımsız, tam bağımlı veya ikisinin karışımı olduğu durumlarda hesaplanan NBD karlılık ölçütü olasılık dağılımının yaklaşık olarak normal olabileceği ileri sürülmektedir [73,74]. Bununla birlikte, gerçek hayatta yıllık nakit akımlarının ve karar verme ölçütlerinin olasılık dağılımlarının, tamamıyla standart normal dağılımın tüm özelliklerini göstermesi beklenemez. Hertz ise, Monte Carlo benzetim yöntemi temelinde geliştirdiği risk analiz modelinde, saptadığı proje değişken ve parametrelerinin olasılık dağılımını elde etmekte ve bu dağılımın özelliklerinden yararlanarak risk ölçütlerini hesaplanmaktadır [76].

Risk ölçütlerinin hesaplanmasında birden fazla karlılık ölçütü dağılımının kullanılması durumunda, birbirinden farklı yatırım kararlarının alınması söz konusu olabilir. Bu nedenle, risk analiz modelinin kurulması sırasında karar verme ölçütlerinden bir tanesinin tercih edilmesi gerekir.

Yatırım proje seçeneklerinin riskliliğinin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan risk ölçütleri şunlardır:

- Beklenen değer,
- Standart sapma (veya varyans),
- Varyasyon katsayısı
- Çarpıklık katsayısı,
- Basıklık katsayısı,
- Çeyrek varyasyon katsayısı,
- Genişlik,

Yatırım proje seçeneklerinin riskliliğinin ölçülmesinde ve kararlaştırılmasında, rassal örneklenen karlılık ölçütü değerlerinin birikimli olasılık dağılım fonksiyonuna göre çizilen risk profilleri de kullanılabilir.

Aşağıdaki bölümlerde, karar vericilerin genellikle riskten kaçan ve parasal kazançlarını en büyükmeye çalışan davranış içinde oldukları varsayılarak, risk ve belirsizlik ortamında kara vermede kullanılan risk ölçütleri ve risk profilleri açıklanmaktadır.

### 2.3.3.1 Beklenen değer, standart sapma ve değişkenlik katsayısı

Yatırım proje seçeneklerinin ve karar seçeneklerinin riskliliğinin ölçülmesinde, karar verme ölçütlerinin olasılık dağılımlarına bağlı olarak hesaplanan beklenen değer, standart sapma ve değişkenlik (varyans) katsayısı ve yaygın kullanılan risk ölçütleridir.

Rassal örneklemelerle hesaplanan karar verme ölçütlerinin beklenen değeri, rassal karlılık ölçütü değerlerinin sınıflandırılmasından sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir.

$$E(X) = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (2.19)$$

Burada,  $E(X)$  = karlılık ölçütünün beklene değerini,  $f_i$  = i'inci sınıfın frekans sayısını,  $X_i$  = i'inci sınıfın karlılık ölçütü ortalamasını,  $n$  = sınıf sayısını göstermektedir.

Yatırım projelerinin risklilik açısından değerlendirilmesinde beklenen değer ölçütü kullanıldığında, beklenen değeri en büyük olan projenin veya yatırım seçeneğinin

karlılık açısından en az risk içerdiği söylenebilmektedir [93]. Karar vericinin riskten kaçınan yapıda olması halinde, beklenen değeri en büyük olan yani en az risk içeren proje seçilecektir. Özellikle karar verici risk-beklenen fayda fonksiyonunun bilinmediği durumlarda risk altında karar verebilmek için kullanılabilir [65].

Beklenen değerlerin eşit olduğu veya beklenen değerlerdeki dağınıklığın çok farklı olduğu durumlarda ise, yatırım projelerinin riskliliği hakkında beklenen değer ölçütü sağlıklı bilgiler sağlamamaktadır [75].

Yatırım projelerinin risklilik derecelerinin ölçülmesinde, beklenen gelirlerin (veya karar verme ölçütlerinin) dağınıklık derecesini gösteren standart sapma, karar vericiye çok önemli bilgiler sağlamaktadır [66].

Karar verme ölçütlerinin standart sapmaları, yıllık nakit akımlarının birbirinden bağımsız, tam bağımlı veya kısmen bağımlı olmadığı durumlar için ayrı ayrı yöntemlerle hesaplanabilmektedir [61, 66, 75]. Karar verme ölçütlerinin hesaplanmasında temel alınan yıllık nakit akımları birbirinden bağımsız, tam bağımlı veya kısmen bağımlı olabilmektedir. Madencilik yatırımlarında, birbirine tam bağımlı yıllık nakit akımlarına rastlamak hemen hemen olanaksızdır [94]. Yıllık nakit akımlarını tam bağımlı veya bağımsız olup olmadığı, yıllık nakit akımlarını etkileyen değişken ve parametrelerin alabileceği değerlerden belirlenebilmektedir. Bununla birlikte, yıllık nakit akımlarını çok sayıda değişken ve parametrenin etkilemesi durumunda ve uzun ömürlü projelerde yıllık nakit akımlarının bağımlılığı, bağımsızlığı veya kısmen bağımlılığını belirlemek çok zordur. Ancak, basit projeler üzerinde bu işlemleri gerçekleştirmek mümkündür [61].

Yıllık nakit akımları arasında bağımsızlık veya zayıf bir bağımlılık olduğu varsayımı ile karar verme ölçütlerinin sınıflandırılmış değerlerinden, aşağıdaki eşitlik kullanılarak standart sapma hesaplanabilir.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [X_i - E(X)]^2}{n}} \quad (2.20)$$

Burada,  $\sigma_x = X$  karlılık ölçütünün standart sapmasını  $n =$  sınıf sayısını,  $X_i =$  i'inci sınıfın karlılık ölçütü ortalamasını göstermektedir.

Standart sapma, karar verme ölçütlerinin rassal değerlerinin beklenen değere göre dağınıklığını ve beklenen değer hesaplanmasında yapılan hataların büyüklüğünü gösterdiğinden, yatırım projelerinin risklilik açısından değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir ölçüttür. Beklenen değerleri

birbirine eşit veya yakın olan proje önerilerinden, standart sapması büyük olanın nakit giriş ve çıkışlarındaki farklılıklar da büyük olur ve ilgili proje önerisinin risklilik derecesi artar [48,75]. Karar vericilerin riskten kaçınan bir fayda fonksiyonuna sahip olması durumunda, standart sapması en küçük olan proje seçilir.

Yatırım proje önerilerinin saptanan karlılık ölçütü beklenen değer ve standart sapmalarının, birbirinin aksine çok farklı değerler alması halinde, risklilik açısından karşılaştırmada güçlük çekilebilir. Örneğin, beklenen değerler farklı, fakat standart sapmaları eşit iki önerinin değerlendirilmesinde, standart sapmayı risk ölçüsü olarak ele almak çok zordur. Standart sapma sadece gelirlerin beklenen değer etrafındaki dağınıklığı ile ilgilenmekte, fakat beklenen değerlerin büyüklüğünü dikkate almamaktadır [93]. Bu gibi durumlarda, iki veya daha çok projenin riskliliklerini karşılaştırmada en iyi sonucu değişkenlik katsayısı vermektedir [65, 66, 75] ve oransal bir risk ölçüsü olarak kullanılmaktadır [95].

Değişkenlik katsayısı (V), karlılık ölçütü standart sapmasını ( $\sigma_x$ ) beklenen değere (E(X)) oranı olarak hesaplanmaktadır.

Değişkenlik katsayısı rassal değişkenlerin yayılımlarını doğrudan doğruya karşılaştırma olanağı verir. Değişkenlik katsayısı büyüdükçe yatırımın taşıdığı risk artar [96]. Değişkenlik katsayısının sifıra doğru yaklaşması halinde ise belirliliğin arttığı, riskliliğin ise azaldığı söylenebilir.

$$V = \frac{\sigma_x}{E(X)} \quad (2.21)$$

Değişkenlik katsayılarının eşit olması durumunda beklenen değeri en büyük olan, beklenen değerlerin eşit olması durumunda ise en küçük değişkenlik katsayısı olan yatırım önerisi tercih edilir [93].

### 2.3.3.2 Çarpıklık ve basıklık katsayısı

Standart sapma ve değişkenlik katsayısı iyi birer risk ölçüleri birlikte, karar verme ölçütlerinin olasılık dağılımlarının şekli hakkında yeterli bir bilgi vermez. Yatırım önerilerinin risklilik açısından karşılaştırılmaları sırasında karar verme ölçütlerinin dağılımlarının şekline bakarak (yani büyük değerlerin mi yoksa küçük değerlerin mi gerçekleşme olasılıklarının daha yüksek olduğuna bakarak) karar verilebilir. Karar vericiye, karar verme ölçütlerinin olasılık dağılım şekilleri hakkında çarpıklık katsayısı iyi bir bilgi sağlayabilir.

Çarpıklık katsayısı ( $\alpha_3$ ), olasılık dağılımının üçüncü momentinin ( $\mu_3$ ) standart sapmanın ( $\sigma_x$ ) üçüncü dereceden kuvvetine oranı ile hesaplanabilmektedir.

$$\alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma_3} \quad (2.22)$$

Standart normal dağılımında çarpıklık katsayısı sifıra eşittir. Eğer olasılık dağılımının şekli sağa doğru çarpık ise çarpıklık katsayısı artı, sola doğru çarpık ise eksi değerler alır. Çarpıklık katsayısı artı değerler alarak sifirdan uzaklaştıkça yatırım önerisinin riski azalır, eksi değerler alarak sifirdan uzaklaştıkça risk artar [67].

Basıklık katsayısı da dağılım basıklık ya da sivri olduğu hakkında bilgi vererek yatırım riskinin ölçülmesinde kullanılan bir parametredir.

Basıklık katsayısı ( $\alpha_4$ ), dağılımın dördüncü momentinin ( $\mu_4$ ) standart sapmanın ( $\sigma_x$ ) dördüncü dereceden kuvvetine oranıdır.

$$\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma_4} \quad (2.23)$$

Standart normal dağılım için basıklık katsayısı 3'e eşittir. Basıklık katsayısının 3'den büyük olması halinde dağılım sivri, 3'den küçük olması halinde ise basıktır.

Diğer parametrelerin tamamen eşit olduğu durumlarda veya olasılık dağılımının tek tepeli olmadığı durumlarda kullanılabilen basıklık katsayısının büyük olması yatırımın az riskli, küçük olması durumunda ise çok riskli olduğunu göstermektedir [67].

### 2.3.3.3 Çeyrek varyasyon katsayısı

Karar verme ölçütleri olasılık dağılımında aşırı değerlerin bulunması halinde, dağılımın beklenen değeri, standart sapması ve diğer dağılım ölçütleri bu aşırı değerlerden etkilenirler. Bu gibi durumlarda dağılımın aşırı değerlerini hesaplama dışı bırakan çeyrek varyasyon katsayısının (coefficient of quartile variation) kullanım, daha sağlıklı sonuçlar verir.

Çeyrek varyasyon katsayısı da, varyasyon katsayısı gibi olasılık dağılım değerlerinin yayılımı hakkında önemli bilgiler verir [98]. Bu katsayının hesaplanmasında;

$$Q_V = \left| \frac{Q_3 - Q_1}{Q_2} \right| \quad (2.24)$$

eşitliği kullanılmaktadır [99]. Burada  $Q_V$  = çeyrek varyasyon katsayısını,  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  = dağılımın birinci, ikinci ve üçüncü kartillerini göstermektedir. Ayrıca burada ( $Q_3 - Q_1$ ) = dağılımın tam ortasındaki %50 'lik kartil aralığını,  $Q_2$  = dağılımın medyanı olan ikinci kartili göstermektedir. Bu nedenle çeyrek varyasyon katsayısı, karar verme



ölçütleri olasılık dağılımı frekanslarının her iki ucundaki %25'erlik kısmını hesaba katmayan, frekans serisinin tam ortaya rastlayan kartil aralığının medyana mutlak değerce oranıdır.

Bu katsayı ile dağılımın her iki ucundaki aşırı değerler işlem dışı bırakılarak, hesaplanan varyasyon katsayısını etkilemeleri önlenmiş olmaktadır.

Karşılaştırılmalarda kullanılması halinde, hangi frekans serisinin kartil aralığı büyükse, o serideki dağılımın daha fazla olduğu söylenebilmektedir [99]. Bu nedenle, çeyrek varyasyon katsayısı da büyüdükçe yatırım önerisinin riskliliği artar, küçüldükçe azalır. Bu durumda, riskten kaçınan bir karar verici çeyrek varyasyon katsayısı en küçük olan yatırım önerisini tercih edecektir.

#### 2.3.3.4 Genişlik

Karar verme ölçütleri olasılık dağılım frekanslarının yayılımını gösteren en basit ölçü genişlik (range)'dir. Genişlik, bir frekans serisindeki en büyük ve en küçük değerler arasındaki farka denilmektedir [100]. Genişliğin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılabilir.

$$G = X_{enb} - X_{enk} \quad (2.25)$$

Burada, G = karar verme ölçütleri dağılımının genişliğini,  $X_{enb}$  = en büyük karlılık ölçütü değerini,  $X_{enk}$  = en küçük karlılık ölçütü değerini göstermektedir. Sınıflandırılmış frekans serilerinde, en küçük değer ilk sınıfın alt sınır, en büyük değer ise son sınıfın üst sınırındadır [100].

Yatırım seçeneklerinin riskliliğinin karşılaştırılmasında risk ölçütü olarak kullanılan genişlik, frekans dağılımının genişliği göstermektedir. Bu nedenle, riskten kaçınan karar vericiler genişliği en küçük olan yatırım seçeneğini tercih etme eğiliminde olurlar.

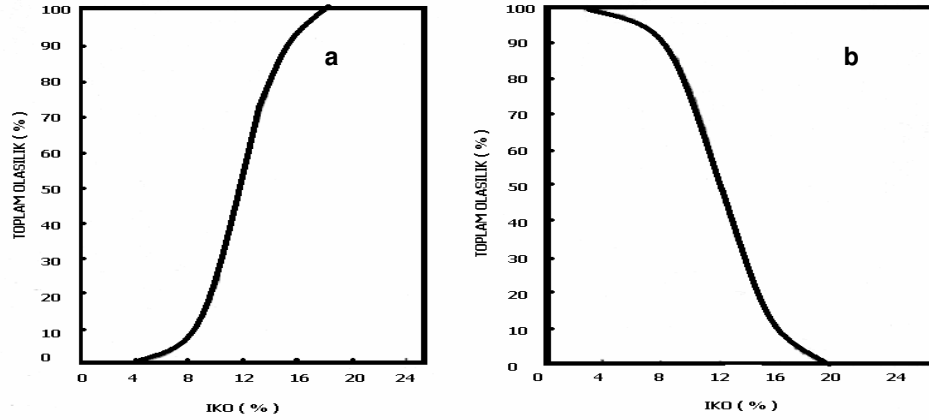
Risk ölçütü olarak kullanılan genişlik, hesaplanması basit olmakla birlikte kaba bir ölçüttür. Karlılık ölçütü dağılımının yayılım genişliğini göstermekle birlikte, yayılımın yönü hakkında, yani yayılımın pozitif değerlere doğru mu, negatif değerlere doğru mu arttığı hakkında bir fikir vermez. Bu nedenle, genişliği en küçük olan seçeneği tercih etme eğiliminde olan karar verici, bu ölçütle hatalı tercihler de yapabilir. Frekans dağılımında, aşırı en küçük veya en büyük değerlerin olması halinde de genişlik ölçütü hatalı sonuçlar verebilir [100]. Ayrıca, genişlik ölçütü örnekleme boyutundan da aşırı derecede etkilenir [100]. Bu nedenle, örnekleme boyutunun küçük olduğu durumlarda kullanılmamalıdır.

### 2.3.3.5 Risk profili

Rassal örneklenen karlılık ölçütü değerlerinin birikimli (kümülatif) olasılık dağılım fonksiyonuna risk profili denilmektedir. Hertz tarafından ileri sürülen bu yöntemle de yatırım seçeneklerinin risklilikleri karşılaştırılabilmektedir [76]. Yatırım seçeneklerinin değerlendirilmesinde kullanılan karlılık ölçütünün toplam olasılık fonksiyonları aynı grafik üzerine çizilmekte ve yatırım seçenekleri arasında, amaca uygun bir seçim yapılabilmektedir.

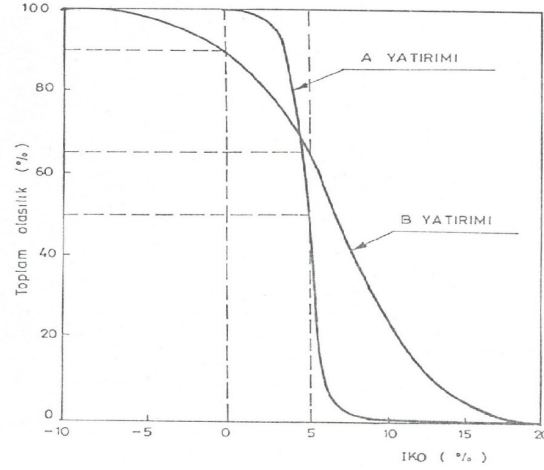
Risk profili yardımıyla, yatırım seçeneklerinin beklenen en büyük ve en küçük karlılık ölçütü değerlerinin gerçekleşme olasılıkları karşılaştırılabilmektedir. Eğer karlılık ölçütümüm en büyük veya en küçük değeri, karar vericinin kabul ettiği sınır değerden küçükse projenin riskli, büyükse risksiz olduğu kabul edilmektedir.

Risk profilleri iki farklı amaca göre çizilebilmektedir. Şekil 2.15a'da İKO'nın belirli değerden küçük olma (kaybetme), Şekil 2.15b'de ise büyük olma (kazanma) olasılıkları görülmektedir. Karar verici genellikle, belirlenen bir değerden daha büyük değerleri, yani kazanma olasılığını gösteren grafiklere (profillere) sahip olmak ister [101].



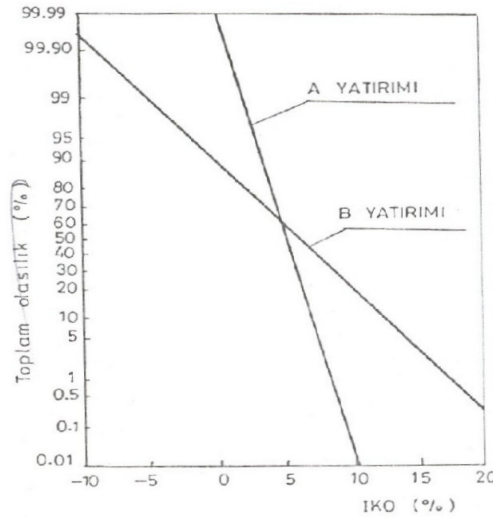
Şekil 2.15: İKO'nın olasılık değişimi.

Şekil 2.16'de ise A ve B yatırım seçeneklerinin, İKO'larının belirli değerlerden büyük olma olasılıkları aynı grafik kağıdına çizilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, A yatırımının İKO'nun sıfırdan büyük olma olasılığı %100 iken, B yatırımındaki yaklaşık %90 olduğundan B yatırımı daha risklidir ve yatırım seçeneklerinin İKO'nun sıfırdan büyük olma olasılıklarıyla ilgileniliyorsa B yatırımı tercih edilecektir. Eğer karar verici İKO'nunun en az %45 olması olasılığıyla ilgileniliyorsa, bu durumda A yatırımının İKO'nunun %45'den büyük olma olasılığı %50, B yatırımının İKO'nununkini ise %65 olduğundan B yatırımı tercih edecektir.



**Şekil 2.16: A ve B yatırım seçenekleri için İKO'nun olasılık dağılımı [76].**

Karar verme ölçütlerinin birikimli olasılık fonksiyonlarını (risk profillerini) normal olasılık kağıdına çizerek bir olasılık doğrusu şeklinde de ifade etmek mümkündür [102]. Şekil 2.17'de de görüldüğü gibi, normal olasılık kâğıdına çizilen risk profilleri yardımıyla da yatırım seçenekleri hakkında karar vermek mümkündür.



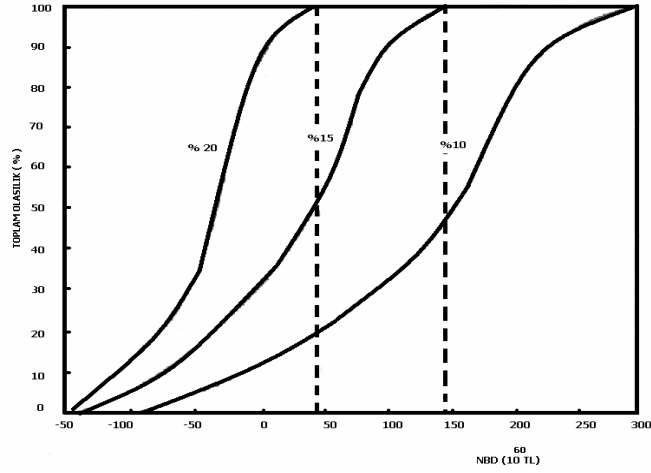
**Şekil 2.17: A ve B yatırım seçenekleri için İKO'nun kümülatif olasılık dağılımı.**

Normal dağılıma uyan karar verme ölçütleri dağılımının beklenen değer ( $E(X)$ ) ve standart sapmaları ( $\sigma_x$ ) biliniyorsa, risk profiline elde edilmesinde standart normal değerler kullanılabilir. Belirlenen her bir karlılık ölçütü değerinin ( $X$ ) standart normal değeri ( $Z$ ) aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$Z = \frac{X - E(X)}{\sigma_x} \quad (2.26)$$

Standart normal alan çizgileri yardımıyla da karar verme ölçütlerinin Z değerinden büyük olma olasılıkları hesaplanabilir. Her bir karlılık ölçütü değeri için ayrı ayrı Z değerleri hesaplanarak, büyük olma olasılıkları bulunduktan sonra risk profilleri çizilebilir.

NBD karlılık ölçütünün risk profil şeklini, seçilen indirgeme oranı büyük ölçüde etkiler. Büyük indirgeme oranları, belirsizliklerin büyük olduğunu ifade eder; fakat büyük indirgeme oranlarının seçildiği projelerde NBD'lerdeki dağınıklık (yani belirsizliğin ölçüsü olarak standart sapma) daha az olur [103]. Şekil 2.18'da görüldüğü gibi indirgeme oranının %20 olması durumunda NBD'lerin dağılımı -150x10<sup>6</sup> TL ile +50x10<sup>6</sup> TL arasında değişirken %10 olması durumunda -100x10<sup>6</sup> TL ile +300x10<sup>6</sup> arasında değişmektedir.



Şekil 2.18: NBD-toplam olasılık ilişkisi

### **3 UYGULAMA (SEYDİŞEHİR - DOĞANKUZU BOKSİT MADENİ)**

Bu tez çalışmasında, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte özellikle ulaştırma, inşaat ve ambalaj sektörlerinde kullanımı her geçen gün artan ve 21. yüzyılın vazgeçilmez metali haline gelen Alüminyum'un elde edildiği Boksit madenciliği yatırımının risk analizi yapılmıştır. Uygulama sahası olarak ta, ülkemiz en büyük boksit rezervlerinin bulunduğu Seydişehir bölgesi seçilmiş olup, halen bölgede devam eden yatırımlardan biri olan Doğankuzu boksit madeni sahası ele alınmıştır.

#### **3.1 Boksit Madenciliği ve Boksitten Alüminyum Üretimi**

##### **3.1.1 Boksitin Tanımı ve Boksit Madenciliği**

Boksit; sertliği 1-3, yoğunluğu 2,5-3,5 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişen, alüminyum oksit ve hidroksitlerin bir karışımıdır (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.nH<sub>2</sub>O). Alüminyum metali üretiminde kullanılan başlıca cevher olması bakımından dünya ticaretinde önemli bir yer almaktadır. Mineralojik bileşimlerine göre alüminyum üretiminde hammadde olarak kullanılacak olan boksitler Gibsitik boksitler (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.3H<sub>2</sub>O)[Al(OH)<sub>3</sub>], böhmitik boksitler (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O)[AlO(OH)] ve diasporitik boksitler (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O)[AlO(OH)] olmak üzere 3 ana grupta toplanırlar. İçerdikleri demir minerallerinin cins ve oranlarına bağlı olarak; kahve, kırmızı, pembe, açık sarı, kirli sarı, bej, gri ve alacalı gibi çok değişik renklerde olabilmektedirler. Fiziksel ve petrografik görünüşleri oldukça değişiktir. Toprağımsı ve kirli görünüme sahip olanların yanında masif, oldukça sert ve parlak olanları da mevcuttur.

Boksit cevheri üretimi genel olarak açık ve yeraltı madencilik yöntemleri kullanılarak yapılmakta olup, üretimin % 90'ı açık işletmelerde gerçekleştirilmektedir. Yeraltı boksit üretimi teknolojileri genellikle Yunanistan, Fransa, Macaristan, BDT ve Avrupa'nın diğer bazı bölgelerinde uygulanmaktadır. Açık işletmelerde dragline, scraper, eskavatör ve kamyon bileşimi olan kazı ve nakliye araçları kullanılmaktadır. Yıllık üretim kapasiteleri birkaç bin tonla, birkaç milyon ton arasındadır. Bazı maden işletmelerinde üretim 10 milyon tona kadar çıkmaktadır. Bu üretimlerin %88'i alüminyum üretmek amacıyla alümina üretimine, diğer kısım refrakter sanayisine ve diğer tüketim birimlerine aktarılmaktadır.

Refrakter sanayisinde boksitin kullanım alanları aşağıdaki gibidir:

- Sentetik mullit,
- Yüksek alüminalı ateş tuğlası,
- Döküm maddeleri,
- Monolit; çimento, demir-çelik ve tuğla sanayiinde (çimento sanayiinde fırın tuğlası boşluklarını doldurması için)

Kimya sanayinde boksitin kullanımı:

- Su temizlemede kullanılan alüminyum sülfat,
- Sodyum alüminat,
- Ham petrol tasfiyesinde kullanılan Al-Klorür, Alüminyum hidrat.

Boksitten yapılan aşındırıcılar:

- Zımpara kâğıdı ve tozları,
- Bileme (keskinleştirme) için zımpara taşı,
- Zımpara taşı silindirleri.

Diğer tüketim alanları:

- Ham şekerin renginin giderilmesinde,
- Ham şekerin temizlemede yağların filtrasyonunda,
- Çimento yapımında,
- Ferrokrom tesislerinde,
- Yüksek fırınlarda

Çimento üretiminde  $\text{SiO}_2$  tenörünün % 10-12'nin üzerinde olması, refrakter üretiminde ise  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ve  $\text{SiO}_2$  tenörünün düşük olması istenmektedir. Çeşitli ürün standartları bulunan boksitin çeşitli kullanım amaçları için genelleştirilmiş standart sayılabilecek tipik analizleri ise Tablo 3.1'de verilmiştir [104].

Ticari olarak isletilebilen boksit cevherinin  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tenörü %30-65 arasında değişmektedir. Birincil alüminyum üretiminin ikinci kademesi olan alümina üretiminin yapıldığı tesislerin büyük çoğunluğunda istenilen boksitlerin en az %40  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , en fazla %15  $\text{SiO}_2$  içermesi, diğer bir deyimle silis modülünün ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ) en az 7 olması gerekmektedir. Birincil alüminyum üretiminde kullanılan boksitlerin kimyasal

ve mineralojik bileşenlerine bağlı olmak koşulu ile 4-5 ton boksitten 2 ton alümina, 2 ton alüminadan da yaklaşık 1 ton alüminyum elde edilmektedir [104].

**Tablo 3.1:** Boksitin Kullanım Alanlarına Göre Tipik Analizleri (%)<sup>\*</sup>

Bileşenler	Metal Vasıflı (Kurutulmuş Jamaica Tipi)	Refrakter Vasıflı (Kalsine edilmiş)	Aşındırıcı Vasıflı (Kalsine edilmiş)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	47.0	86.5 <sup>(1)</sup>	83.0 <sup>(1)</sup>
SiO <sub>2</sub>	3.0	7.0	6.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.0	2.5	8.0
TiO <sub>2</sub>	3.0	2.75	2.0-4.5 <sup>(2)</sup>
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	-	0.2	0.7
MgO + CaO	-	0.3	-
CaO	-	-	0.2
MgO	-	-	0.4
MnO <sub>2</sub> + Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.0	1.0	1.0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.5	-	0.5
Ateşte Kayıp	-	0.5	1.0

### 3.1.1.1 Boksitin Dünya'da ve Türkiye'deki Durumu, Üretim-Tüketim Değerleri

#### a) Dünyadaki Durumu

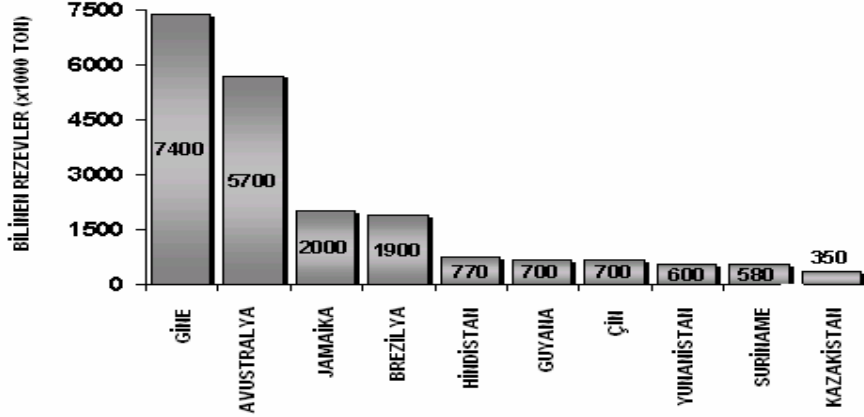
Dünya Boksit maden varlığı, 55-75 milyar ton olarak tahmin edilmekte olup, bunun yaklaşık 25 milyar tonunun işletilebilir rezerv niteliğinde olduğu bilinmektedir (Tablo 3.2) [112].

**Tablo 3.2:** Ülkelere Göre Boksit Rezervleri (x1000 ton)

Ülke	Rezerv	Baz rezerv
ABD	20.000	40.000
Avustralya	5.800.000	7.900.000
Brezilya	1.900.000	2.500.000
Çin	700.000	2.300.000
Gine	7.400.000	8.600.000
Guyana	700.000	900.000
Hindistan	770.000	1.400.000
Jamaika	2.000.000	2.500.000
Kazakistan	350.000	360.000
Rusya	200.000	250.000
Surinam	580.000	600.000
Venezuela	320.000	350.000
Yunanistan	600.000	650.000
Türkiye	57.300	364.550
Diğerleri	3.400.000	4.000.000
TOPLAM	24.797.300	31.815.450

<sup>\*</sup> Aksi belirtilmedikçe tüm veriler maksimum olup analizler % ağırlıktır. -Veri yok, Minimum<sup>(1)</sup>, Dağılım<sup>(2)</sup>

Bu varlığın, %33'ü Güney Amerika, %27'si Afrika, %17'si Asya, %13'ü Okyanusya ve %10'u diğer ülkelerde yer bulunmaktadır. İşletilebilir rezerv açısından en önemli boksit sahaları Gine, Brezilya, Avustralya, Jamaika, Hindistan, Çin, Guyana, Surinam, Yunanistan gibi ülkelerde yer almaktadır. İşletilebilir dünya boksit rezervlerinin, Gine, Avustralya, Jamaika ve Brezilya'da bulunmaktadır (Şekil 3.1) [113]. En büyük 10 boksit üreticisi ülkeler ise Tablo 3.3'de gösterilmiştir [112].



Şekil 3.1: Boksit rezervi belirlenmiş olan ülkeler, 2005

Tablo 3.3: En büyük boksit üreticisi 10 ülke

Ülkeler	Üretim (bin ton)		
	2001	2002	2003
Avusturalya	53799	54134	56602
Brezilya	13388	13148	18457
Çin	8650	9990	10989
Yunanistan	2047	2492	2418
Guyana	2011	1639	1716
Hindistan	8689	9867	10957
Jameika	12370	13119	13445
Kazakistan	3685	4377	4737
Rusya	4805	4498	5442
Surinam	4395	4002	4215
Venezuela	4585	5191	5446
Diğer Ülkeler	4385	4062	4532
Dünya Toplamı	140000	144000	155000



*b) Türkiye'deki Durumu*

Ülkemiz %95'i Toros kuşağı içinde yer alan 422 milyon tonluk rezerv potansiyeline (dünya boksit potansiyelinin %0,75'i) sahip olmakla birlikte bunun 57.3 milyon tonu görünür rezerv durumundadır. Dünya boksit üretimindeki ülke payımız ise %0,5 düzeyindedir. Boksit yataklarımızın %88 i diasporitik, demirli diasporitik ve lateritik tip boksitlerden oluşmakta ve bunların tümü Toros kuşağı içinde yer almaktadır. Türkiye'nin en zengin metalurjik boksit yatakları Seydişehir bölgesi rezervleri olup, işletilebilir rezerv yaklaşık 36 milyon tondur (Tablo 3.4) [106].

**Tablo 3.4:** Türkiye Boksit Rezervlerinin bölgelere göre dağılımı

Bölgeler	Rezerv(x1000 ton)				Tipi
	Gör.	Muh.+Müm.	Toplam	İşlet. Rezerv	
Seydişehir	35,251	1,253	36,504	31,000	Böhmitik
Zonguldak-Kokaksu	5,900	3,400	9,300	5,000	Böhmitik
Yalvaç-Şarkikarağaç	-	115,600	115,600	-	Demirli-Diasporitik
Payas-İsrahiye	-	215,500	215,500	-	Demirli-Diasporitik
Tufanbeyli-Saimbeyli	5,500	6,000	11,500	9,800	Diasporitik
Muğla-Milas-Yatağan	9,400	11,200	20,600	17,500	Diasporitik
Bolkardağı	-	3,900	3,900	-	Diasporitik
Alanya	1,300	7,700	9,00	-	Diasporitik
TOPLAM	57,351	364,553	421,904	63,300	

Rezerv ve alümina üretimi için kritik bir parametre olan silis modülü açısından en önemlileri, Mortaş, Doğanlıkuzu ve Değirmenlik (Kızıltaş) boksit yataklarıdır. Dekapaj ve üretim faaliyeti halen sadece, Mortaş ve Doğanlıkuzu açık ocaklarında sürdürülmektedir. Uzun vadede, Akseki bölgesindeki Değirmenlik ve diğer yüksek modüllü boksitler ile, Seydişehir Bölgesindeki düşük modüllü boksitlerin, paçal yapılarak kullanılması suretiyle, mevcut rezervin değerlendirilmesi planlanmıştır (Tablo 3.5) [106].

**Tablo 3.5:** Seydişehir bölgesi 2002 yılı boksit rezerv dağılımı

Yatak adı	Rezervler (x1000 Ton)			İşletilebilir rezerv	Tenörler(%)			
	Gör.	Muh.+Müm.	Toplam		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Diğer
Mortaş	4.222	-	4.222	3.300	56,98	8,89	17,5	3,4
Doğankuzu (Güney)	6.835	-	6.835	6.000	57,81	7,13	17,7	3,0
Doğankuzu (Kuzey)	4.088	-	4.088	3.700	58,26	6,30	17,8	3,0
Doğankuzu (Güneydoğu)	143	-	143	100	57,07	5,04	17,5	3,0
Ağaçyolu	300	-	300	200	57,20	5,40	17,8	3,1
Değirmenlik	11.700	1.233	12.933	10.900	57,31	6,64	18,0	3,0
Çatmakaya	833	-	833	700	58,55	5,21	18,1	3,2
Morçukur	6.336	-	6.336	5.500	52,91	11,2	16,7	3,3
Erikligediği	280	-	280	200	55,15	5,15	19,0	2,9
Yarpuz	218	-	218	200	57,14	5,50	18,5	3,0
Gömene	296	20	316	200	52,34	10,8	18,5	3,0
TOPLAM	35.251	1.253	36.504	31.000				

Donanım karakteristikleri Seydişehir-Akseki yöresi böhmitik tip boksitlere göre kurulmuş Seydişehir Alüminyum Tesislerinde; diasporitik boksitlerin kırma ve öğütme güçlükleri, daha yüksek basınç, sıcaklık ve kostik çözelti konsantrasyonunda çözünülürleşmesi ve yüksek taşıma maliyeti gibi problemler nedeniyle mevcut teknolojiye göre ekonomik kullanımı söz konusu değildir.

Ancak Yalvaç-Şarkıkaraağaç Bölgesinde yer alan lateritik tip demirli diasporitik boksitler gelecekte Seydişehir Alüminyum Tesisleri için bir potansiyel olarak kabul edilebilir. Düşük tenörlü 115,6 milyon ton gibi yüksek potansiyele sahip bu boksit yataklarının gelecekte ayrıntılı aramaları yapılarak cevher zenginleştirme yöntemleri (bakteriyel licing gibi) araştırılmalı ve ülke ekonomisine kazandırılmalıdır.

Toros Kuşağı dışında bilinen en önemli boksit yatakları Zonguldak civarındaki Kokaksu yöresindeki karst tipi böhmitik boksitlerdir. Ülkemizde ayrıca; Milas/Muğla, Devrek-Kokaksu/Zonguldak, Payas- İslahiye/Hatay, Bolkardağ/Mersin civarında boksit yatakları bulunmaktadır (Tablo 3.4). Zonguldak- Kokaksu Bölgesinde yer alan böhmitik boksitlerin ise tesislere çok uzak olması, boksit taşıma maliyetini aşırı arttırmakta, bu aşamada bu boksit rezervlerinin Seydişehir Alüminyum Tesislerinde ekonomik olarak alümina üretiminde kullanılması imkansız hale gelmektedir.

### 3.1.1.2 Boksitten Alümina ve Alüminyum Üretimi

Boksitten alümina ve alüminyum üretiminde uygulanan yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

#### Asidik yöntemler

- Hidroklorik asit prosesi
- Nitrik asit prosesi
- Sülfürik asit prosesi
- Hidroflorik asit prosesi
- Amonyum sülfat prosesi

#### Elektrotermik yöntemler

- Serpek prosesi
- Hanlung prosesi
- Hall prosesi
- İndirgeme metodu
- Pedersen prosesi
- Baryum prosesi
- Kavurma metodu

#### Bazik ( alkali ) yöntemler

- Bayer prosesi
- Deville-Pechiney prosesi
- Kombine metodlar
- Sinter (kireç) metodu

### 3.1.1.3 Boksit, Alümina ve Alüminyum'un Üretim-Tüketim Değerleri

Dünya boksit üretiminin ülkelere göre dağılımı ayrıntılı olarak Tablo 3.6'da görülmektedir [106]. Boksit tüketim miktarları ise genel olarak, alüminyum veya alümina tüketim değerlerinden hareketle belirlenebilmektedir. Halen dünyada, yaklaşık 4-5 ton boksitten 2 ton alümina ve 2 ton alüminadan da 1 ton alüminyum üretilmektedir. Bu orana bağlı olarak ve tüketilen boksitin yaklaşık % 88'inin

alüminyum üretiminde kullanıldığı varsayımından gidilerek Tablo 3.7 oluşturulmuştur [107].

**Tablo 3.6: Dünya boksit üretimi (x1000 ton)\***

ÜLKE	1993	1994	1995	1996	1997 (h)	2005	2006
Arnavutluk (h)	2	2	1	1	1	-	-
Avustralya	41320	41733	12655	43063 (r)	44065 (3)	60000	61400
Bosna Hersek (h)	100	75	75	75	75	-	-
Brezilya	10001 (r)	8673	10214 (r)	12307 (r)	12300	19800	21000
Çin (h)	3500	3700	5000	6200	8000	18000	20000
Hırvatistan	2	1 (h)	2 (r)	- (h)	-	-	-
Gana	365 (r)	452 (r)	697 (r)	631 (r)	519	-	-
Gine (h)(4)	15300 (r)	13300 (r)	15800 (r)	16500 (r)	16500	15000	15200
Guyana (4)	2125 (r)	1732 (r)	2028 (r)	2485 (r)	2502 (3)	1500	1500
Macaristan	1561	836 (r)	1015 (r)	1044	743 (3)	-	-
Hindistan	5277	4809	5240 (r)	5757 (r)	5800	12000	13000
Endonezya	1320	1342	899	1000 (h)	1100	-	-
İran	100 (h)	68 (r)	148 (r)	150 (r) (h)	150	-	-
İtalya (h)	90	23	11	-	-	-	-
Jamaika (4)(5)	11307 (r)	11564	10857	11863 (r)	11875 (3)	14100	14900
Kazakistan	3000 (h)	2425	3071	3140 (h)	3100	4800	4900
Malezya	69 (r)	162	184	219	279 (3)	-	-
Mozambik	6	10 (3)	11	12 (r)	8	-	-
Pakistan	5	5	3	4	5	-	-
Romanya	186	184	174	175 (r)	127 (3)	-	-
Rusya (h)	4260 (3)	3000	3100	3300	3350 (3)	6400	7200
Sirbistan	102	-	60	323 (r)	470 (3)	-	-
Sierra Leone	1165	735	-	-	-	-	-
Surinam	3421 (r)	3772	3530	4000	4000	4580	4800
Türkiye	538	445	232	545 (r)	500	-	-
Venezuela	2530 (r)	4419	5022 (r)	4807 (r)	5084 (3)	5900	6000
Yunanistan	2205	2196	2200 (r)	2452 (r)	2211 (3)	2450	2000
TOPLAM	110000 (r)	106000 (r)	112000 (r)	120000 (r)	123000		

Tüm dünyada üretilen boksitin yaklaşık üçte biri ile alüminanın yaklaşık yarısı dünya ticaretine katılmaktadır. Boksit ve alüminanın böyle yüksek oranlarda uluslararası ticarete katılmasının sebeplerinden biri Kuzey Amerika ve Batı Avrupa da bulunan büyük alüminyum üreticisi ülkelerin kendi boksit kaynaklarının yeterli olmaması ve yeterli alümina üretecek kapasitede tesislerinin bulunmayışıdır.

\* (h) mümkün rezerv, (r) muhtemel rezerv. (3) görünür rezerv. (4) kuru boksit eşdeğeri (5) ihraç edilmek üzere kurutulmuş veya işlenerek alüminaya dönüştürülen boksit

**Tablo 3.7:** Dünya Alüminyum üretimi ve Boksit tüketim miktarları (x1000 ton)

	1995 Al. Üretimi	1996 Al. Üretimi	1995 Boksit Tüketimi	1996 Boksit Tüketimi
<b>AFRİKA</b>				
Kamerun	79	82	404	419
Mısır	180	179	920	915
Gana	135	137	690	701
Güney Afrika	233	617	1191	3155
<b>ASYA</b>				
Azerbaycan	6	-	31	-
Bahreyn	454	464	2322	2373
Çin	1676	1771	8570	9056
Hindistan	536	531	2741	2715
Endonezya	228	223	1166	1140
İran	119	80	609	409
Japonya	18	17	92	87
Tacikistan	230	198	1176	1013
Türkiye	61	62	312	317
S.Arabistan	247	258	1263	1319
<b>AVUSTRALYA</b>				
Avustralya	1297	1372	6632	7016
Yeni Zelanda	273	285	1396	1457
<b>AVRUPA</b>				
Hırvatistan	31	30	159	153
Fransa	364	380	1861	1943
Almanya	575	576	2940	2945
Yunanistan	131	131	670	670
Macaristan	35	33	179	169
İzlanda	100	103	511	527
İtalya	178	184	910	941
Hollanda	216	227	1105	1161
Norveç	847	862	4331	4408
Polonya	52	52	266	266
Romanya	144	145	736	741
Rusya	2724	1874	13930	9583
Sırbistan	17	36	87	184
Slovakya	59	110	302	563
Slovenya	70	66	358	338
İspanya	362	361	1851	1846
İsveç	94	98	481	501
İsviçre	21	27	107	138
Ukrayna	95	91	486	465
İngiltere	238	240	1217	1227
<b>KUZEY AMERİKA</b>				
Kanada	2172	2283	11107	11674
Amerika	3375	3577	17259	18291
<b>ORTA VE GÜNEY AMERİKA</b>				
Arjantin	185	184	942	941
Brezilya	1188	1197	6075	6121
Meksika	10	62	51	317
Surinam	28	26	143	133
Venezuela	627	635	3206	3247
<b>DÜNYA TOPLAMI</b>	<b>19710</b>	<b>20866</b>	<b>100790</b>	<b>106701</b>

Boksit ve alüminada uluslararası ticaret, Alcoa ve Alcan gibi büyük entegre alüminyum üreticileri ve BHP Billiton, Glencore gibi uluslararası ticaret firmaları

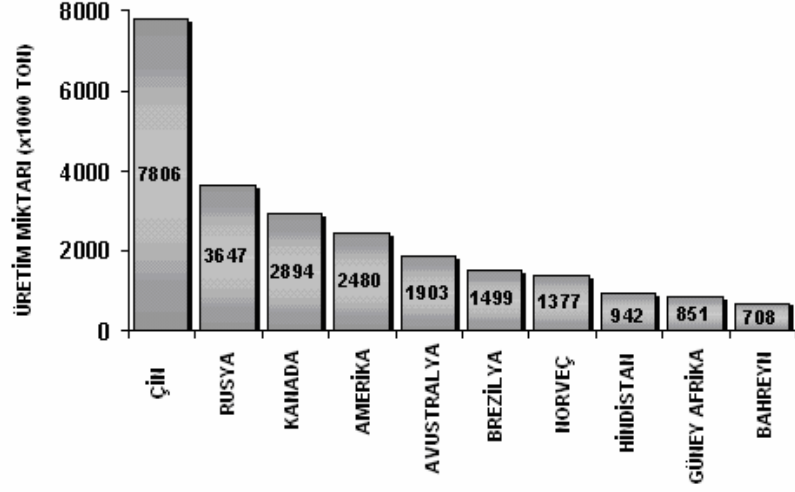
tarafından kontrol edilmektedir. Bu şirketler dünyada yaygın ve oldukça önemli kapasitelerde alümina tesislerine ve boksit maden işletmelerine sahiptirler. Uygun boksit kaynaklarına sahip ülkelerde, alümina ve boksit işletmeleri entegre olarak çalışmaktadır. Alüminyum üretim tesisleri ise büyük oranda gelişmiş ülkelerde bulunmakla birlikte son zamanlarda enerjinin ucuz ve bol bulunduğu bölgelere kaymaktadır. Ülke bazında en büyük 20 ülkenin alümina üretimleri ise Tablo 3.8'da verilmektedir [108]. 2003 yılında en büyük üreticiler Avustralya, Çin, ABD, Brezilya, Jamaika, Rusya, Hindistan, Venezuela, Ukrayna, Kazakistan, İrlanda ve İspanya şeklinde sıralanabilir. Avustralya dünya üretiminin %32'sini, ABD %10'unu, Çin %9'unu Jamaika %7'sini, Rusya ise %6'sını karşılamaktadır.

Alümina ve boksit üretimlerinin dünya genelinde bölge ve ülkelere göre dağılımları incelendiğinde; her ne kadar Avustralya'da dünya boksit üretiminin %36'sı gerçekleşiyor olsa da, dünya alümina üretiminin %35'lik paylarla Amerika ve Avustralya kıtaları paylaştığı dikkati çekmektedir. Avustralya, Brezilya, Guyana, Surinam ve Venezuela alümina üretiminin yapıldığı belli başlı ülkelerdir.

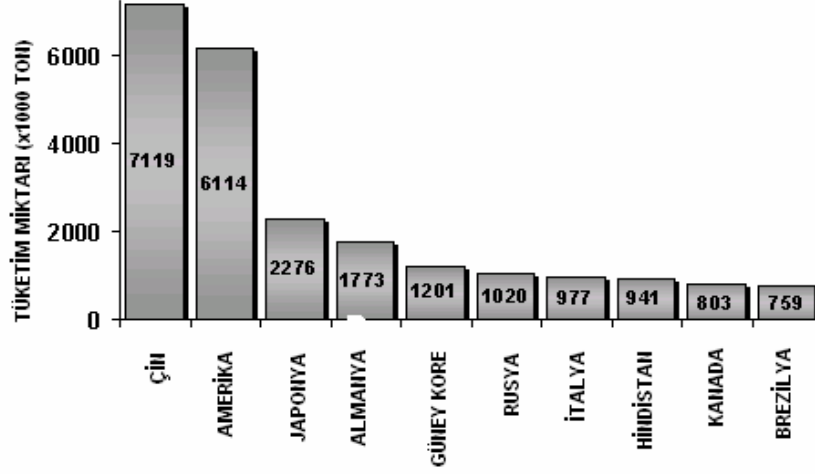
**Tablo 3.8:** En büyük 20 alümina üreticisi ülke

Ülke	Üretim (x1000 Ton)							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Avustralya	13.348	13.385	13.385	14.532	15.681	16.271	16.429	16.529
Çin	2.550	2.940	3.330	3.840	4.330	4.700	5.450	6.114
ABD	4.700	5.090	5.650	5.140	4.790	4.340	4.338	4.834
Brezilya	2.752	3.088	3.322	3.515	3.500	3.750	3.855	4.714
Jamaika	3.200	3.394	3.440	3.570	3.600	3.542	3.631	3.844
Rusya	2.105	2.400	2.465	2.657	2.850	3.050	3.131	3.230
Hindistan	1.780	1.860	1.890	2.080	2.280	2.400	2.556	2.856
Venezuela	1.701	1.730	1.553	1.469	1.755	1.700	1.901	1.882
Ukrayna	1.000	1.080	1.291	1.230	1.360	1.370	1.351	1.434
Kazakistan	1.083	1.095	1.085	1.158	1.217	1.220	1.386	1.419
İrlanda	1.234	1.273	1.200	1.200	1.200	1.100	1.400	1.500
İspanya	1.095	1.110	1.100	1.200	1.200	1.100	1.350	1.380
Kanada	1.060	1.165	1.229	1.233	1.200	1.036	-	-
Yunanistan	602	602	625	626	667	660	720	-
Gine	630	650	500	568	541	550	-	-
İtalya	911	913	930	973	950	993	1.010	-
Fransa	452	454	450	400	200	159	-	-
Türkiye	159	164	157	159	155	146	153	-
Almanya	730	738	600	583	700	715	717	-
Surinam	1.600	1.600	1.600	-	-	-	1.903	2.005

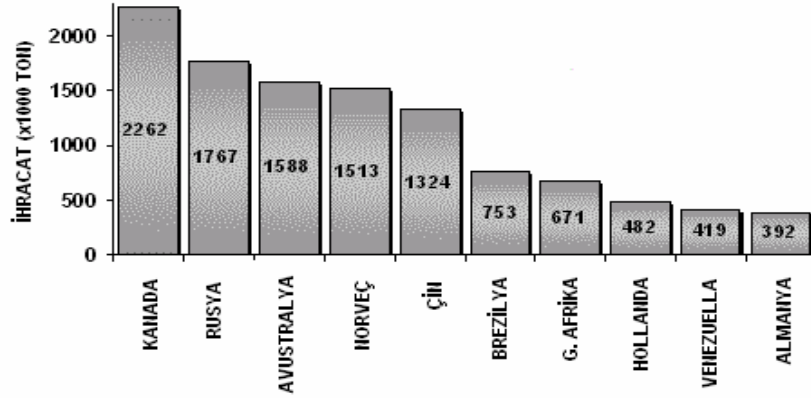
2005 yılı rakamlarına göre alüminyum üreticisi, tüketicisi, ihracatçısı ve ithalatçısı ülkelerin durumu ile alüminyumun kullanım alanları Şekil 3.2 – 3.6'da verilmektedir.



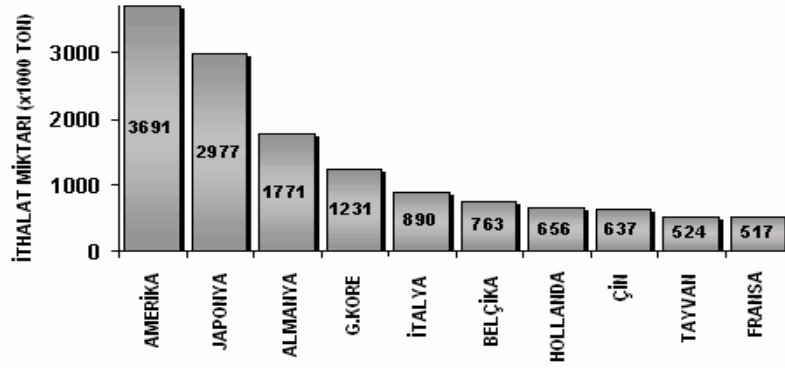
Şekil 3.2: Alüminyum üretiminde ilk 10 ülke ve üretim miktarları [114]



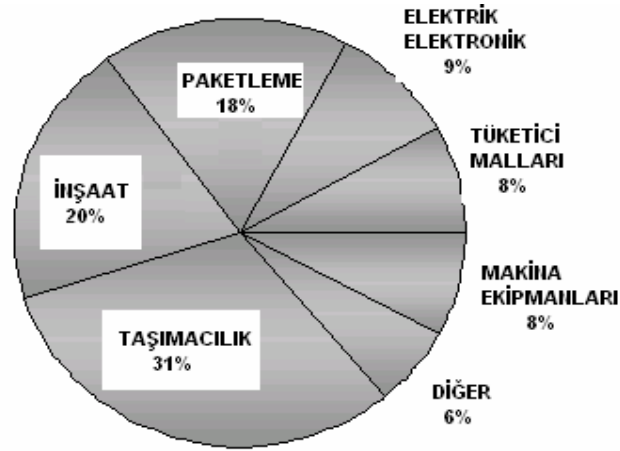
Şekil 3.3: Alüminyum tüketiminde ilk 10 ülke ve tüketim miktarları [114]



Şekil 3.4: Alüminyum ihracatçısı ilk 10 ülke ve ihracat miktarları [114]



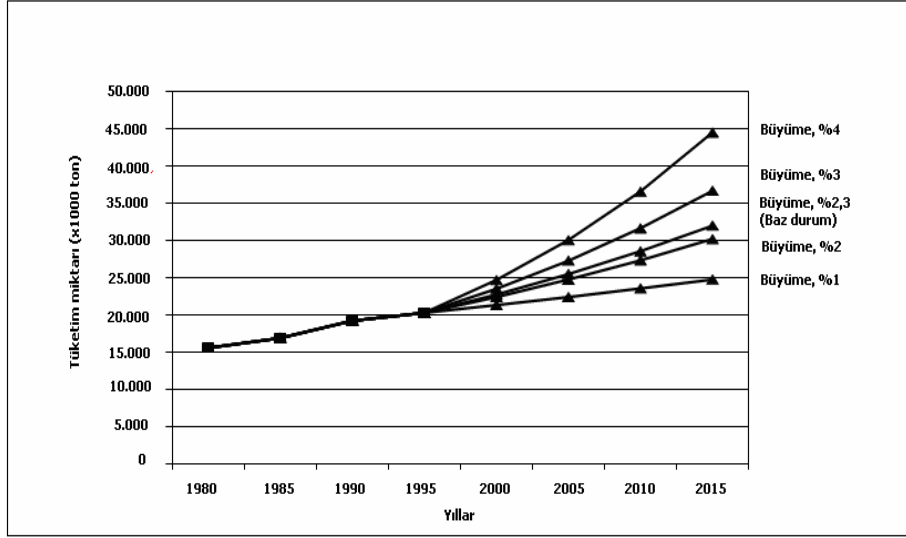
**Şekil 3.5:** Alüminyum ithalatçısı ilk 10 ülke ve ithalat miktarları [114]



**Şekil 3.6:** 2005 yılı Alüminyumun kullanım alanlarının yüzdesel dağılımı [114]

Sektör uzmanları tarafından uzun vadede dünya birincil alüminyum talebinin yılda %2-4 arası büyüme gösterebileceği yönünde tahminler yapılmakta, tüketim eğilimleri ile ilgili senaryolar hazırlamaktadırlar. Hazırlanan senaryolardan bir örnek Şekil 3.7'de verilmiştir [113]. Görüleceği gibi, %4 oranındaki bir büyüme ile 1995 yılında yılda 20 milyon ton (5,0 kg/kişi) seviyelerinde olan dünya ortalama alüminyum tüketiminin 2015 yılında 45 milyon ton (6,3 kg/kişi) seviyelerine yükseleceği tahmin edilmektedir.





**Şekil 3.7:** Küresel birincil alüminyum tüketim senaryoları

#### 3.1.1.4. Fiyatlar

Dünya üretiminin yaklaşık % 90'ını oluşturan ve metalurjik tenörlü alümina üretiminde kullanılan boksitin fiyatı hakkında detaylı bilgi mevcut değildir ancak önemli bazı üreticilerin ortalama maliyet fiyatları Tablo 3.9'da görüldüğü gibidir. Cevher ancak uzun vadeli anlaşmalarla ve o anda geçerli olan alüminyum ingot piyasa fiyatı gibi değişkenlerin kullanıldığı bir takım formüllerle belirlenen fiyatlarla satılır. Boksit fiyatları tenöre bağlı olarak değişmekle beraber genellikle 17-30 \$/ton FOB fiyatı aralığında yer alırken, alümina fiyatı (170-300 \$/ton) metal fiyatının %10 ila 15'i kadar (1700-3000 \$/ton) olmaktadır (Şekil 3.8). Genel olarak alüminyum fiyatının %10-15'i alümina fiyatı, alümina fiyatının %10-15'i boksit fiyatıdır. Bu fiyatlar FOB fiyatlardır. Refrakter sanayisine yönelik boksitlerin fiyatları, 60 dolar ile 200 dolar arasında değişmektedir.

**Tablo 3.9:** Bazı ülkelerdeki boksit maliyetleri

Ülke	Dünya Rezervindeki Payı(%)	Maliyet (USD/Ton)
Avustralya	20	11
Gine	34	27,5
Brezilya	8	30
Hindistan	4	8,5
Jamaika	9	25
Türkiye	1	6



**Şekil 3.8:** Alüminyum fiyatının yıllara bağlı olarak değişimi, (LME fiyatları)

### 3.2 Projenin Tanıtımı

#### 3.2.1 Seydişehir - Doğankuzu Boksit Madeni

Uygulama sahası olarak, ülkemiz en büyük boksit rezervlerinin bulunduğu Seydişehir bölgesi seçilmiş olup, halen bölgede devam eden yatırımlardan biri olan Doğankuzu boksit madeni sahası ele alınmıştır. Tez kapsamında yapılan fizibilite çalışmaları ile Seydişehir – Doğankuzu boksit madeni projesinin satın alma ve işletme maliyetleri hesaplanmış ve projenin risk analizi yapılmıştır.

Gerekli olan hesaplamalar mevcut sondaj verileri kullanılarak yapılmış ve sahanın boksit rezervi, tenörü ve dekapaj oranı tespit edilmiştir. Bulunan bu sonuçlar doğrultusunda is sahanın ekonomik olarak işletilebilirliği ile ilgili maliyet hesapları yapılmıştır. Tüm hesaplamalar, aşağıda verilen Açık İşletme Tasarımı bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

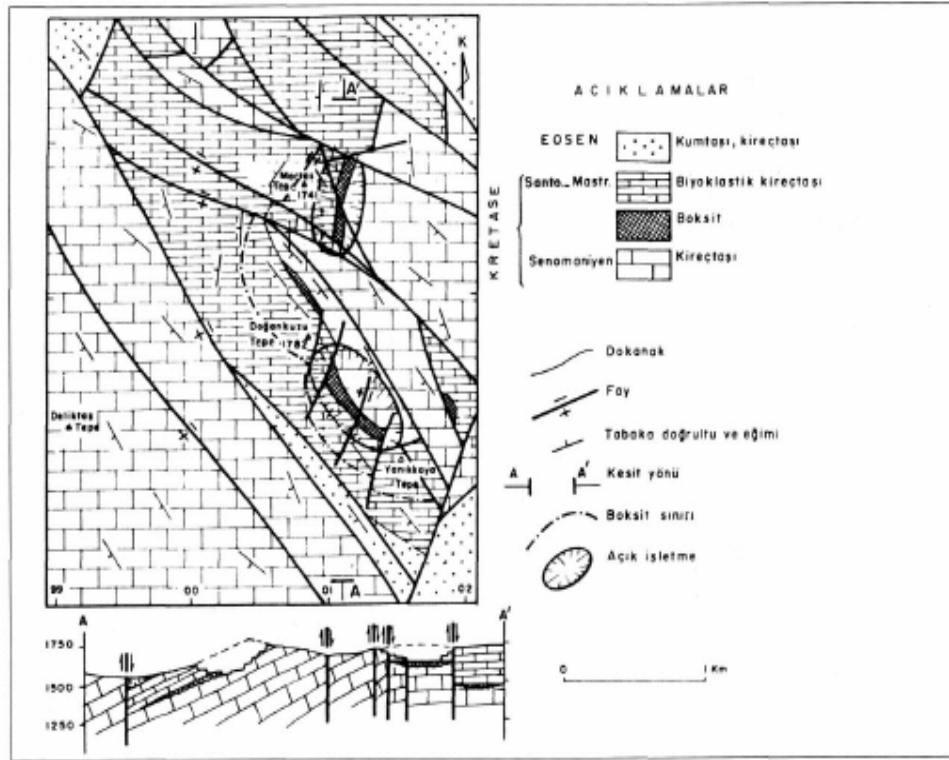
Sahanın coğrafi konumu ve jeolojisi gibi saha hakkında elde edilen genel bilgiler ise şöyledir.

#### 3.2.2 Sahanın Coğrafi Konumu ve Jeolojisi

Doğankuzu boksit yatağı rezerv ve konumu açısından Seydişehir-Akseki boksit provensinin en önemli yataklarından biridir. Bu yataktan açık işletme yöntemiyle uzun yıllardır cevher üretimi yapılmaktadır. Boksiti oluşturan mineraller çokluk

sırasına göre böhmit, kaolinit, hematit, anatas, diyaspor, götit, pirit, markasitten oluşmaktadır. Seydişehir alüminyum fabrikası verilerine göre boksit cevherinin kimyasal bileşimi ortalama % 59  $Al_2O_3$ , % 16  $Fe_2O_3$ , % 8  $SiO_2$ , % 2.5  $TiO_2$  ve % 12  $H_2O$  şeklindedir. Doğankuzu boksit yatakları, KB-GD doğrultulu ve GB'ya eğimli olarak Mortaş tepeden Doğankuzu tepesine kadar devamlılık göstermektedir (Şekil 3.9). Doğankuzu boksit yatağı Mortaş yatağının yaklaşık 1,5 km güneyinde bulunmaktadır. Yatak, % 58  $Al_2O_3$  tenörlü 14,9 milyon ton görünür cevher rezervine sahiptir. Cevherleşmede taban ve tavan ilişkilerinin en iyi gözlemlendiği yer, Doğankuzu tepenin güney yamaçlarıdır. Burada dik bir yarda, eğim yönünde bütün birimler geçilmekte ve cevherin taban ve tavan kireçtaşları arasındaki konumu ayrıntılarıyla izlenebilmektedir [105].

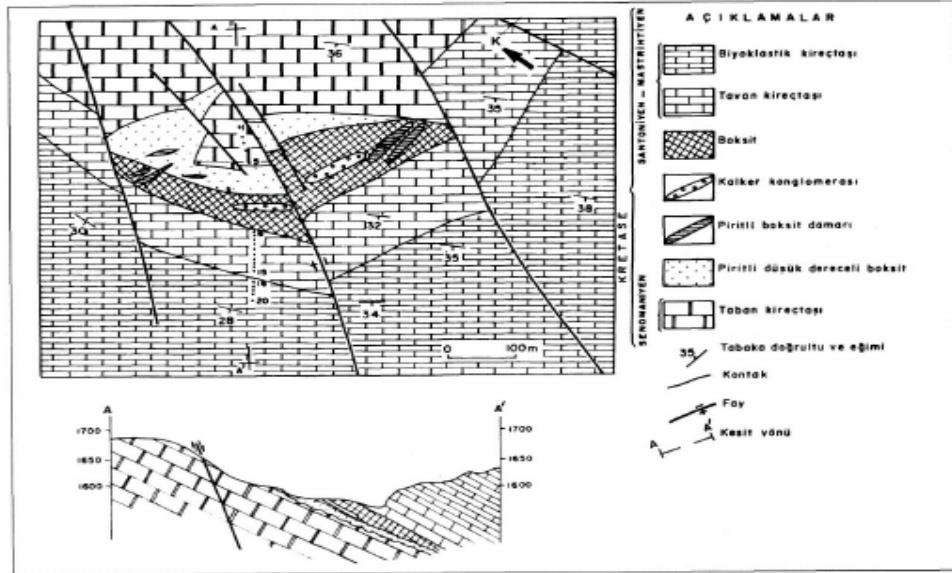
Boksit yatağı elipsoidal geometri gösterir. Boksit cevherinin altında 20-60 cm kalınlığında belirgin tabakalı, krem-sarımsı beyaz renkte, silisleşme gösteren kristalize kireçtaşları bulunmaktadır. Bu kireçtaşlarına pek çok araştırmacı Senomaniyen yaşını vermiştir. Kireçtaşlarının üzerinde bulunan boksitlerin taban yapısı oldukça düzensizdir. Boksit zonunun kalınlığı 40 metreden 1-2 metreye değişmekte, girintili çıkıntılı taban yapısı göstermektedir.



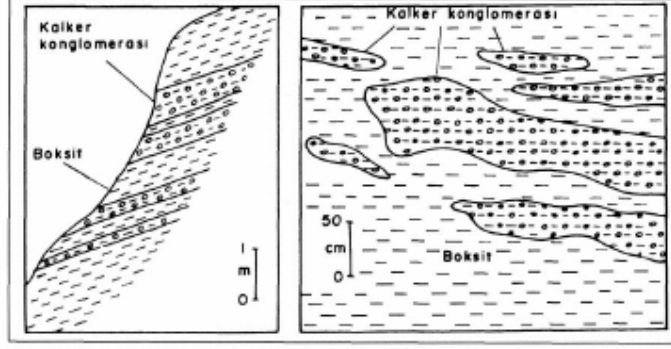
**Şekil 3.9:** Doğankuzu ve Mortaş boksit yataklarının jeolojik haritası

Boksit zonu tabanda sarımsı-yeşilimsi kırmızı renk bantları göstermekte, sülfürlü-sülfürlü mineraller ve killeri içermektedir (Şekil 3.10). Bu düzeylerde breşleşmiş kireçtaşı parçalarının arası boksitik madde ile doldurulmuş ve bu düzeyler Özlü (1978) tarafından boksit breşi olarak adlandırılmıştır. Breşik düzey yanında boksit ile kalsitik konglomera ardalanmaları Doğankuzu yatağında bütün açıklığıyla ortadadır (Şekil 3.11) [105].

Doğankuzu boksit yatağının tabanda izlenen sülfürlü düzeylerdeki pizolitler pirit ve böhmillerin oluşturduğu mineralojik-kimyasal bileşim bantlanması göstermektedir. Bu düşük dereceli taban cevherinin üstüne hematitçe zengin, pizolitik yapıları cevher gelmektedir. Bu pizolitik düzeylerde, pizolitler yassı-sferik şekiller göstermekte, demirce zengin böhmit pizolitleri, saf böhmit pizolitleri ve bunlara ait kırıntılar bir arada izlenmektedir. Hematitçe zengin pizolitlerdeki aldatıcı oolit yapısı ve dehidratasyon çatlakları ise tipiktir. Konglomeratik ara seviyeler içeren ve yer yer pizolitik yapıları gösteren cevher üzerine masif yapıları kırmızımsı kahve-vişne çürüğü renkli boksitler gelmektedir. Bu düzeylerde mikro kristalin böhmit hamuru içinde hematit ve götit saçılımları izlenmektedir. Masif cevherde 5-15 cm aralıklarında, devamlı, iki yönde gelişmiş eklemeler tipiktir. Doğankuzu boksit yatağı içinde izlenen en önemli yapısal unsur, cevheri dikine kateden normal faydır. Bu fayın düzlemi ocakta 60 derece olarak ölçülmüştür [105].



**Şekil 3.10:** Doğankuzu boksit yatağının jeoloji haritası ve jeolojik kesiti



**Şekil 3.11:** Doğankuzu boksit yatağında gözlenen kalker konglomera ara düzeyler

### 3.3 Açık İşletme Tasarımı

#### 3.3.1 Sahanın Boksit Rezervi, Tenörü ve Dekapaj Oranı

Sahanın boksit rezervi, bölgede daha önceden yapılmış olan sondaj çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar bilgisayar destekli olarak yapılmış ve sahanın üç boyutlu hali Vulcan programı kullanılarak çizilmiştir (Ek: Şekil A1-A8). İlgili sondaj verileri ile dekapaj ve cevher hacimleri hesaplanmıştır. Sahadaki dekapaj hacmi  $34.758.270 \text{ m}^3$  olup cevher hacmi ise  $1.251.761 \text{ m}^3$  olarak bulunmuştur. Bu veriler doğrultusunda hesaplanan boksit rezervi ise  $3.755.000$  ton olup ortalama  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tenörünün %57,98 olduğu ortaya çıkmıştır. İlgili sondaj verileri ile bulunan dekapaj ve cevher hacmi, tonajı ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tenörünün hesaplanması detaylı olarak Ek 9 ve Ek 10'da verilmiştir.

Yapılan bu hesaplamalar doğrultusunda dekapaj oranının (k);

$$k = \frac{\text{Dekapaj hacmi} (\text{m}^3)}{\text{Rezerv} (\text{ton})} = \frac{34758270}{3755000} = 9,256 \text{ m}^3 / \text{ton} \quad (3.1)$$

olduğu görülmektedir.

#### 3.4. Maliyet Hesapları

Bu bölümde T. Alan O'hara ve Stanley C. Suboleski [110] tarafından yapılmış olan maliyet hesap yöntemleri kullanılmıştır. Bu analistler tarafından yapılan hesaplamalar sırasında kullanılan maliyet indeksleri 1988 yılına ait olduğu için bu tez kapsamında yapılan hesaplamalarda bulunan değerleri 2007 yılına uyarlamak için "Mine Cost Index" inden yararlanılmıştır (Tablo 3.10) [111]. Hesaplamalar aşağıda ilgili başlıklar altında detaylı olarak gösterilmiştir.

**Tablo 3.10:** “Mine Cost Index” değerleri

Yıl	Sermaye Maliyeti İndeksi	İşletme Maliyeti İndeksi
1988	68.7	70.7
1989	72.0	74.2
1990	74.9	77.8
1991	76.9	79.7
1992	78.0	80.0
1993	79.2	80.0
1994	80.7	81.9
1995	82.7	83.9
1996	84.6	85.8
1997	86.1	86.5
1998	87.2	85.9
1999	88.5	86.3
2000	90.2	88.0
2001	90.6	88.6
2002	93.4	90.0
2003	96.0	94.2
2004	100.0	100.0
2005	105.2	106.8
2006	109.6	112.0
2007	109.6	112.0

### 3.4.1. Satın Alma Maliyetleri

- Madenin ömrü

Maden yatırımlarında madenin ömrü işletme ve yatırım maliyetlerini doğrudan etkileyen en büyük faktörlerden biridir. Madenin ömrü, madenin rezervi ve üretim (kazanım) oranı göz önüne alınarak hesaplanmaktadır. Açık işletmelerde genellikle kabul edilen kazanım oranı %95'tir. Ayrıca, maden ömrü hesaplamalarında işletmenin kaç vardiya çalışacağı da göz önünde bulundurulmaktadır. Bu tez çalışmasında, madende cevher üretiminin tek vardiya yapılacağı varsayılmıştır. Bu varsayımın temelinde Seydişehir Alüminyum tesislerinde yılda 200.000 ton boksit cevheri işleneceği temel alınmıştır. Bu bilgiler dahilinde gereken hesaplamalar yapıldığında;

$$\text{Madenin ömrü} = \frac{\text{Rezerv (ton)}}{\text{Yıllık üretim miktarı (ton / yıl)}} = \frac{3755000 \text{ (ton)}}{200000 \text{ (ton / yıl)}} \approx 19 \text{ yıl} \quad (3.2)$$

olarak hesaplanır.

- Günlük üretilecek olan cevher miktarı

Yılda üretilecek olan boksit cevheri miktarı 200.000 ton'dur. Dolayısıyla,

$$\text{Günlük üretilecek olan cevher miktarı, } T = \frac{\text{Yıllık üretim miktarı (ton / yıl)}}{D_{yr} \text{ (gün / yıl)}} \quad (3.3)$$

$$T = \frac{200000 \text{ ton / yıl}}{300 \text{ gün / yıl}} \cong 667 \text{ ton / gün}$$

- Yılda ve bir günde kazısı yapılacak olan dekapaj miktarı

Yılda yapılacak olan dekapaj miktarı, yıllık üretim miktarı (200000 ton/yıl) ile dekapaj oranının (9.26 m<sup>3</sup>/ton) çarpımı kadardır. Dekapajı yapılacak olan kayaç kireçtaşı olarak kabul edildiğinde,

$$\text{Yıllık dekapaj miktarı} = \text{Yıllık üretim mik} \times \text{dekapaj oranı} \times \text{kireçtaşı yoğunluğu} \quad (3.4)$$

$$\text{Yıllık dekapaj miktarı} = 200000 \text{ ton / yıl} \times 9,26 \text{ m}^3 / \text{ton} \times 2 \text{ ton / m}^3 \cong 3704000 \text{ ton / yıl}$$

olduğu anlaşılır. Buradan da, günlük dekapaj miktarını hesaplarsak,

$$\text{Günlük dekapaj miktarı} = \frac{3704000 \text{ ton / yıl}}{300 \text{ gün / yıl}} \cong 12348 \text{ ton / gün} \quad (3.5)$$

olduğu görülür.

- Bir günde kazısı yapılacak olan dekapaj miktarı ile cevher miktarı

Yukarıda hesaplanmış olan günlük dekapaj ve cevher miktarlarının toplamı ( $T_p$ ), işletmede ihtiyaç duyulan personel sayısının bulunması, hazırlık alanı hesabı, seçilecek olan ekskavatör adedi ve büyüklüğünün hesaplanması gibi önemli parametrelerin bulunması için kullanılacaktır.

$$T_p = \text{Günlük dekapaj miktarı} + \text{Günlük cevher miktarı} \quad (3.6)$$

$$T_p = 12348 \text{ ton / gün} + 667 \text{ ton / gün} = 13015 \text{ ton / gün} \cong 14347 \text{ ston / gün}$$

- İhtiyaç duyulan personel sayıları

Açık işletme personel sayısı ( $N_{op}$ ); Madende yapılacak olan çalışmanın türüne göre belirlenir.  $N_{op}$  aşağıdaki formülle hesaplanır ve bu formül atık ya da cevherin ekskavatör ve kamyonlara yüklenerek nakliye edilmesi gereken açık işletme ocakları için kullanılır.

$$N_{op} = 0,034 \times (T_p)^{0,8} \quad (3.7)$$

$N_{op}$  açık işletmelerde ihtiyaç duyulan personel sayısı,  $T_p$  ise bir günde kazısı yapılacak olan dekapaj ve cevher miktarı toplamıdır (ston olarak).

$$N_{op} = 0,034 x (14347 \text{ ston})^{0,8}$$

$$N_{op} = 71,93 \approx 72 \text{ kişi} \text{ olarak bulunur.}$$

Cevher hazırlama personel sayısı ( $N_{ml}$ ); Cevher hazırlama için kullanılacak metoda göre seçilir. (Seydişehir-Doğankuzu boksit ocağından çıkarılacak olan cevher, doğrudan alüminyum üretiminde kullanılacağı için yaklaşık 33 km mesafe uzaklıkta olan Eti Alüminyum işletmelerine taşınacaktır. Dolayısıyla, cevher hazırlama için personele ihtiyaç duyulmamaktadır.)

Bakım onarım personel sayısı ( $N_{sv}$ ); Açık işletme ve cevher hazırlama için ihtiyaç duyulacak personel sayısı toplamlarının %25,4 olarak kabul edilir.

$$N_{sv} = 0,254 x (N_{op} + N_{ml}) \quad (3.8)$$

$$N_{sv} = 0,254 x (72 + 0) \cong 18 \text{ kişi}$$

Yönetici ve teknik personel sayısı ( $N_{at}$ ); Servis, maden ve cevher hazırlama için ihtiyaç duyulan toplam personelin %11'i olarak kabul edilir.

$$N_{at} = 0,11 x (N_{op} + N_{sv}) \quad (3.9)$$

$$N_{at} = 0,11 x (72 + 18) \cong 10 \text{ kişi}$$

- *Açık işletme hazırlık alanı büyüklüğü*

Açık işletme ocaklarının hazırlık alanının büyüklüğü (A), alanın hazırlık maliyeti, bakım onarım için alınacak olan ekipmanların maliyeti, yönetim binası vs. gibi yapıların maliyet hesaplarının yapılmasında etken bir parametredir. Hazırlık alanı, günlük dekapaj ve cevher miktarlarının ston cinsinden toplamına ( $T_p$ ) bağlıdır. (1 acre = 4047 m<sup>2</sup>)

$$A = 0,0173 x (T_p)^{0,9} \quad (3.10)$$

$$A = 0,0173 x (14347 \text{ ston})^{0,9} \cong 95 \text{ acre} \approx 384448 \text{ m}^2$$

- *Delik çapının hesaplanması*

Delik sayısı ve çapı, rezerv ve dekapaj miktarına göre saptanır. Kazılan delik boyutlarının standart çapları tipik olarak, 4, 6.5, 7.875, 9.875, 10.625, 12.25, 13.25 ve 15 inch veya 102, 165, 200, 250, 270, 310, 336 ve 380 mm'dir ve kazı seçimleri



bu boyutlarla sınırlıdır. Zor kazılabilirlikteki kayalar için delik çapı (d) şu şekilde hesaplanır;

$$d = \sqrt{\frac{T_p}{170}} \quad (3.11)$$

$$d = \sqrt{\frac{14347 \text{ ston}}{170}} \cong 9,2 \text{ inch} \approx 250 \text{ mm}$$

- *İhtiyaç duyulan Ekskavatör sayısı ve kepçe büyüklüğü*

Ocakta kullanılacak olan her bir ekskavatörün kepçe büyüklüğü ve ekskavatör sayısı sırasıyla aşağıdaki formüllere göre hesaplanır.

$$S = 0,145 x (T_p)^{0,4} \quad (3.12)$$

$$N_s = \frac{0,011 x (T_p)^{0,8}}{S} \quad (3.13)$$

Burada, S optimum ekskavatör büyüklüğü olup, birimi  $\text{yard}^3$ 'tür.  $N_s$  ise ekskavatör sayısını gösterir. İlgili hesaplamalar yapılacak olursa,

$$S = 0,145 x (14347 \text{ ston})^{0,4} \cong 6 \text{ yard}^3 \text{ ve,}$$

$$N_s = \frac{0,011 x (14347 \text{ ston})^{0,8}}{6 \text{ yard}^3} \cong 4 \text{ a det ekskavatör'e ihtiyaç olduğu görülür (yedek}$$

dahil).

- *İhtiyaç duyulan Kamyon büyüklüğü ve sayısı*

İhtiyaç duyulan kamyon büyüklüğü ( $t$ ) ve sayısı ( $N_t$ ) ise aşağıdaki formüllerle hesaplanır.

$$t = 9 x S^{1,1} \quad (3.14)$$

$$N_t = \frac{0,25 x (T_p)^{0,8}}{t} \quad (3.15)$$

Burada,  $t$  ekskavatöre uygun büyüklükte seçilen kamyon büyüklüğünü (ton), S ekskavatör kepçesinin büyüklüğünü gösterir ( $\text{yard}^3$ ).

$$t = 9 x (6 \text{ yard}^3)^{1,1} \cong 65 \text{ ton ve,}$$

$$N_t = \frac{0,25 \times (14347 \text{ ston})^{0,8}}{65 \text{ ton}} \cong 9 \text{ a det kamyon'a ihtiyaç olduğu görülür (yedek dahil).}$$

### 3.4.1.1 Direk Maliyetler

Genel olarak maden projelerinde; açık işletme alanının hazırlaması maliyeti, dekapaj maliyeti, delici ekipmanların maliyeti, ekskavatör ve yükleme ekipmanları maliyeti, kamyon ve yol bakım ekipmanı (ataçmanları dahil) maliyeti, açık işletme bakım onarım tesisi maliyeti ve açık işletme elektrik tesisleri maliyetleri direk maliyetler olarak kabul edilmektedir. Aşağıda, Seydişehir-Doğankuzu boksit madeni için bu maliyet kalemleri hesaplanmıştır.

#### - Açık işletme alanı hazırlama maliyeti

Açık işletme alanını hazırlamak için gereken yatırım maliyeti, alanın büyüklüğüne bağlıdır.

$$\text{Alan hazırlama maliyeti} = 300\$ \times (A)^{0,9} \quad (3.16)$$

Burada A hazırlık alanı büyüklüğü olup birimi acre'dir. İlgili hesap yapılacak olursa,

$$\text{Alan hazırlama maliyeti} = 300\$ \times (95 \text{ acre})^{0,9} = 18075 \$ \text{ olarak bulunur.}$$

#### - Ön dekapaj maliyeti

Açık işletmelerde, ön dekapaj maliyetinin kabaca hesaplanmasında genel kabul gören formül şöyledir:

$$\text{Ön dekapaj maliyeti} = 340\$ \times T_w^{0,6} \quad (3.17)$$

Burada  $T_w$  ön dekapaj miktarını belirtir. Genel olarak ön dekapaj miktarı, minimum 3 aylık cevher üretiminin yapılabilmesi için kazılması gereken dekapaj tonajı olarak kabul edilmektedir. Kazısı yapılacak olan alanın kesik koni şeklinde olduğu, genel eğim açısının  $45^\circ$ , dekapaj alanı tavan yarıçapının 110 m ve taban yarıçapının da 50 m olduğu, ayrıca boksit cevherinin 60 metre derinde olduğu varsayımıyla hareket edildiğinde cevhere ulaşmak için kazısı yapılacak olan minimum dekapaj hacmi,

$$T_w = \frac{A_1 + A_2}{2} \times h \times \text{yogunluk} \text{ formülünden,} \quad (3.18)$$

$$T_w = \frac{50^2 \pi + 110^2 \pi}{2} \times 60 \times 2 = 2750640 \text{ ton} \text{ olarak belirlenir.}$$

Dolayısıyla  $\text{ön dekapaj maliyeti} = 340 \$ x (2750640 \text{ ton})^{0.6} = 2483929 \$$  olarak hesaplanır.

- *Delici ekipmanların maliyeti*

$N_d$  delici ekipman sayısı (2 adet olarak kabul edilmiştir) ve  $d$  delik çapı (inch) olmak üzere,

$$\text{Delici ekipmanları maliyeti} = N_d \times 20000 \$ \times d^{1.8} \quad (3.19)$$

şeklinde hesaplanır. Buradan,

$$\text{Delici ekipmanları maliyeti} = 2 \times 20,000 \$ \times (9,2 \text{ inch})^{1.8} \cong 2165156 \$ \text{ olarak bulunur.}$$

- *Ekskavatör ve yükleme ekipmanları maliyeti*

$N_s$  yükleme ekipmanı sayısı ve  $S$  ekskavatör kepçesinin hacmi olmak üzere,.

$$\text{Kazı ekipmanları maliyeti} = N_s \times 510000 \$ \times S^{0.8} \quad (3.20)$$

şeklinde hesaplanır. Buradan,

$$\text{Kazı ekipmanları maliyeti} = 4 \times 510000 \$ \times (6 \text{ yard}^3)^{0.8} = 8553644 \$$$

olarak bulunur.

- *Kamyon ve yol bakım ekipmanı (ataçmanları dahil) maliyeti*

$N_t$  kamyon sayısı ve  $t$  kamyon büyüklüğü olmak üzere (ton olarak),

$$\text{Nakliye ekipmanları maliyeti} = N_t \times 20400 \$ \times t^{0.9} \quad (3.21)$$

şeklinde hesaplanır. Buradan,

$$\text{Nakliye ekipmanları maliyeti} = 9 \times 20400 \$ \times (65 \text{ ton})^{0.9} = 7861306 \$ \text{ olarak bulunur.}$$

- *Açık işletme bakım onarım tesisi maliyeti*

$A$  hazırlık alanı büyüklüğü,  $t$  kamyon büyüklüğü olmak üzere,

$$\text{Bakım onarım tesis maliyetleri} = 6000 \$ \times A^{0.6} \times t^{0.1} \quad (3.22)$$

şeklinde hesaplanır. Buradan,

$$\text{Bakım onarım maliyetleri} = 6000 \$ \times (95 \text{ acre})^{0.6} \times (65 \text{ ton})^{0.1} = 139983 \$ \text{ olarak}$$

bulunur.

- *Açık işletme elektrik tesisleri maliyetleri*

Elektrik dağıtımı, transmisyon hatları, taşınabilir ve montajlanabilir transformatörler, kablolar olmak üzere maden sahası içinde her tarafa iletişim ve enerji için gerekli olan materyalleri kapsar ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\text{İletişim- elektrik maliyetleri} = 250 \$ x T_p^{0,7} \quad (3.23)$$

$$\text{İletişim- elektrik maliyetleri} = 250 \$ x (14347 \text{ ston})^{0,7} = 202991 \$ \text{ olarak bulunur.}$$

Böylece,

*Direk maliyetler toplami* = 24638847 \$ olarak bulunur. Bu değer 1988 yılı maliyet değeridir. 2007 yılına uyarlamak için Tablo 3.10 dan yararlanılarak şu şekilde hesaplanmıştır.

$$\$_{2007} = \$_{1986} x \frac{\text{Sermaye Maliyeti İndeksi}_{2007}}{\text{Sermaye Maliyeti İndeksi}_{1988}} \quad (3.24)$$

$$\$_{2007} = 24638847 x \frac{109,6}{68,7} = 39298961 \$$$

Maden projelerinde, hesaplanan bu direk maliyetlerin yanı sıra; mühendislik, proje denetleme, yönetim, genel bakım maliyetleri gibi çeşitli (indirek) maliyetler de söz konusudur. Ayrıca, madenin işletmeye alınabilmesi için de ekstra olarak bir işletme sermayesine ihtiyaç duyulur.

### 3.4.1.2 İndirek Maliyetler

- *Mühendislik maliyetleri*

Fizibilite çalışmaları, çevresel etki çalışmaları, tasarım mühendisliği, ekipman özellikleri geliştirme ve geliştirilmiş danışmanlık servisi maliyetlerinin tümü mühendislik maliyetleri içerisinde değerlendirilir.

$$\text{Mühendislik maliyetleri} = 2,30\$ x D^{0,8} \quad (3.25)$$

şeklinde hesaplanmakta olup, burada D direk maliyetlerin %5'i olarak kabul edilmektedir.

$$\text{Mühendislik maliyetleri} = 2,30\$ x 1964948^{0,8} = 249120\$$$

- *Genel Bakım Maliyetleri*

Özel inşa ekipmanlarını ve genel inşa alanı maliyetlerini içerir.

$$\text{Genel bakım maliyetleri} = 0,310 \$ \times D^{0,9} \quad (3.26)$$

$$\text{Genel bakım maliyetleri} = 0,310 \$ \times 1964948^{0,9} = 143014 \$$$

- *Proje Denetleme maliyetleri*

Proje denetlemesi, planlama bütçeleme ve inşaa yönetimi içerir.

$$\text{Proje denetleme maliyetleri} = 1,80 \$ \times D^{0,8} \quad (3.27)$$

$$\text{Proje denetleme maliyetleri} = 1,80 \$ \times 1964948^{0,8} = 194964 \$$$

- *Yönetim maliyeti*

Firma sahibi temsilcilerinin, muhasebe ve genel iş alanın ödemelerini yasal maliyetleri ana işletme elemanlarının tekrar üretime kazandırma için işe alınması ile ilgili yerel ofis yönetim işlerini içerir.

$$\text{Yönetim maliyeti} = 1,50 \$ \times D^{0,8} \quad (3.28)$$

$$\text{Yönetim maliyeti} = 1,50 \$ \times 1964948^{0,8} = 162470 \$$$

Bu noktaya kadar hesaplanan tüm satın alma maliyetleri ve bu maliyetlerin yıllık amortisman miktarı ile hurda değerleri Tablo 3.11de özetlenmiştir. Yıllık amortisman miktarlarının madenin ömrü boyunca sabit kalacağı (doğrusal) varsayılmaktadır.

**Tablo 3.11:** Satın alma maliyetleri, yıllık amortisman ve hurda değerleri

	Toplam maliyet 1988(\$)	Toplam maliyet 2007(\$)	Amortisman süresi (yıl)	Yıllık amortisman (\$)	Hurda değeri (\$)
<b>A- DİREK MALİYETLER</b>					
Açık işletme alanı hazırlama	18.075	28.829	19	1.517	-
Hazırlık dekapajı maliyeti	2.483.929	3.961.867	19	208.519	-
Delme ekipmanları maliyeti	2.165.156	3.453.424	19	181.759	-
Ekskavatör ve yükleme ekipmanları maliyeti	8.553.644	13.643.062	19	718.056	-
Kamyon ve yol bakım maliyeti	7.861.306	12.538.783	6	2.089.797	1.253.878
Bakım onarım tesisi maliyeti	139.983	223.273	19	11.751	-
Elektrik tesislerin maliyeti	202.991	323.771	19	17.041	-
<b>TOPLAM</b>	<b>24.638.847</b>	<b>39.298.961</b>		<b>3.228.440</b>	<b>1.253.878</b>
<b>B-İNDİREK MALİYETLER</b>					
Mühendis		249.120			
Genel bakım		143.014			
Proje denetleme		194.964			
Yönetim		162.470			
<b>TOPLAM</b>		<b>749.568</b>	<b>19</b>	<b>39.451</b>	
<b>TOPLAM YATIRIM TUTARI</b>		<b>40.048.529</b>		<b>3.067.891</b>	

### 3.4.2 İşletme Maliyetleri

Genel olarak, bir ton cevheri üretme maliyeti bir ton dekapaj maliyeti ile aynı olduğu kabul edilmekte ve ilgili hesaplamalar aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

$$\text{Günlük kazı maliyeti} = 1,90 \$ x T_p^{0,7} \quad (3.29)$$

$$\text{Günlük patlatma maliyeti} = 3,17 \$ x T_p^{0,7} \quad (3.30)$$

$$\text{Günlük yükleme maliyeti} = 2,67 \$ x T_p^{0,7} \quad (3.31)$$

$$\text{Günlük nakliye maliyeti} = 18,07 \$ x T_p^{0,6} \quad (3.32)$$

$$\text{Günlük genel servis maliyeti} = 6,65 \$ x T_p^{0,7} \quad (3.33)$$

$$\text{Günlük yüzey servis maliyeti} = 60,75 \$ x N_{sv} \quad (3.34)$$

$$\text{Günlük top. yönetim ve tek. ekip maaş ve ihtiyaç maliyeti} = 121,50 \$ x N_{at} \quad \dots \quad (3.35)$$

Bu hesaplar yapıldığında,

$$\text{Günlük kazı maliyeti} = 1,90 \$ x (14347 \text{ ston})^{0,7} = 1543 \$ ,$$

$$\text{Günlük patlatma maliyeti} = 3,17 \$ \times (14347 \text{ ston})^{0,7} = 2574 \$,$$

$$\text{Günlük yükleme maliyeti} = 2,67 \$ \times (14347 \text{ ston})^{0,7} = 2168 \$$$

$$\text{Günlük nakliye maliyeti} = 18,07 \$ \times (14347 \text{ ston})^{0,6} = 5634 \$$$

$$\text{Günlük genel servis maliyeti} = 6,65 \$ \times (14347 \text{ ston})^{0,7} = 5400 \$$$

$$\text{Günlük yüzey servismaliyeti} = 60,75 \$ \times 18 \text{ kişi} = 1094 \$$$

$$\text{Günlük top. yön. ve tek. ekip maaş ve ihtiyaç mal.} = 121,50 \$ \times 10 \text{ kişi} = 1215 \$$$

$$\text{Günlük maliyetler top.} = 19628 \$ \text{ olarak bulunur.}$$

İşletme maliyetlerini de 2007 yılına uyarlamak için Tablo 3.10'dan yararlanılmıştır.

$$\$_{2007} = \$_{1986} \times \frac{\text{İşletme Maliyeti İndeksi}_{2007}}{\text{İşletme Maliyeti İndeksi}_{1986}} \quad \dots\dots\dots(3.36)$$

$$\$_{2007} = 19628 \$ \times \frac{112}{70,7} = 31090 \$$$

Bu hesaplardan hareketle,

$$\text{Acik işletme işletme maliyeti} = \frac{\text{Günlük işletme maliyeti} (\$/ \text{gün})}{\text{Üretilen günlük boksit miktarı} (\text{ton} / \text{gün})} \quad (3.37)$$

$$\text{Acik işletme işletme maliyeti} = \frac{31090 \$ / \text{gün}}{667 \text{ ton} / \text{gün}} = 46,61 \$ / \text{ton}$$

### 3.4.2.1 İşletme Sermayesi

İşletme sermayesi hesabında, üretilen boksitin pazara ulaşması ve satılacak olan cevher parasının üretici şirketin eline 3 ayda geçeceği varsayımı yapılmıştır.

$$\text{İşletme sermayesi.} = \frac{3}{12} \times 200000 (\text{ton}) \times 46,61 (\$/ \text{ton}) \approx 2331000 \$ \quad (3.38)$$

#### 4. EKONOMİK DEĞERLENDİRME ve RİSK ANALİZİ

Seydişehir Doğankuzu Boksit Madeni projesinin ekonomik değerlendirmesi iki ayrı durum için yapılmıştır. Birinci durumda, işletmenin ihtiyaç duyacağı toplam yatırımın %100 özsermayeyle, ikinci durumda ise %50 özsermaye + %50 banka kredisi (10 yıllık, %9 faiz oranı) kullanımıyla karşılanacağı öngörölmüştür. Bu iki durum göz önüne alınarak oluşturulan nakit akış tabloları Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Her iki tablonun da oluşturulması esnasında yapılan hesaplamalar ve bazı kabuller şöyledir. (Parantez içerisinde verilen rakamlar genel olarak Tablo 4.1'e aittir.)

- İlk yıl cevher üretimi yapılamayacak olup, sadece dekapaj yapılacaktır. İkinci yıl dekapaj faaliyetlerine devam edilecek olup %60 kapasiteyle üretime başlanacaktır. Tam kapasite üretime 3.yıl'da geçilecektir.
- Yıllık boksit üretimi 200.000 tondur. 4 ton boksitten 2 ton alümina 2 ton alüminadan da 1 ton alüminyum üretilecektir. Dolayısıyla, yılda 50.000 ton alüminyum üretimi gerçekleştirilecektir.
- Günlük işletme maliyeti (31.090 \$); günlük kazı maliyeti, günlük patlatma maliyeti, günlük yükleme maliyeti, boksitin Seydişehir'e nakliye maliyeti, günlük genel servis maliyetleri, günlük yüzey servis maliyeti ve günlük teknik ve yönetim elemanlarının maaş ve ihtiyaçlarının toplam maliyetleri toplamının 2007 yılına uyarlanmış halidir.
- İşletme maliyeti (46,61 \$/ton); günlük işletme maliyetinin (31.090\$), günlük üretilecek olan boksit miktarına (667 ton/gün) oranıdır.
- Alüminyum üretim maliyeti, Eti Alüminyum fabrikasının 2007 yılı ilk 4 aylık ortalama üretim maliyetidir (2542 YTL/ton = 1882,96 \$/ton). (1\$ = 1,35YTL olarak kabul edilmiştir).
- Alüminyum satış fiyatı (2500 \$/ton), Londra Metal Borsası'nda (LME) oluşan fiyatlar göz önüne alınarak belirlenmiştir.
- Yıllık brüt gelir (125.000.000 \$), yılda üretilen alüminyum miktarı (50.000 ton/yıl) ile Alüminyum satış fiyatının (2500 \$/ton) arpımıdır.



**Tablo 4.1: %100 özsermaye kullanımı ile oluşturulan yıllık nakit akış tablosu (x1000 \$)**

Yıllar	0	(Üretim yok) -2	(%60 üretim) -1	(Tam kapasite) 1	2	3	4	5	6
Brüt Gelir		0,00	75.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00
Madencilik Hakkı		0,00	96,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
Net Gelir		0,00	74.904,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00
İşletme Maliyeti (Açık işletme)		0,00	5.593,20	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00
Açık İşletme Nakliye Maliyeti		0,00	1.320,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00
Al metali Proses Maliyeti		0,00	56.488,89	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15
Toplam Maliyet		0,00	63.402,09	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15
Brüt Kar		0,00	11.501,91	19.169,85	19.169,85	19.169,85	19.169,85	19.169,85	19.169,85
Amortisman		3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89
Ara Toplam I		-3.267,89	8.234,02	15.901,96	15.901,96	15.901,96	15.901,96	15.901,96	15.901,96
Maden Tüketme Payı		0,00	480,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Vergi Öncesi Kar		-3.267,89	7.754,02	15.101,96	15.101,96	15.101,96	15.101,96	15.101,96	15.101,96
Vergi (%20)		0,00	1.550,804	3.020,39	3.020,39	3.020,39	3.020,39	3.020,39	3.020,39
Net Kar		-3.267,89	6.203,22	12.081,57	12.081,57	12.081,57	12.081,57	12.081,57	12.081,57
Amortisman + Maden tükenme payı		3.267,89	3.747,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89
Ara Toplam II		0,00	9.951,11	16.149,46	16.149,46	16.149,46	16.149,46	16.149,46	16.149,46
Toplam Yatırım	42.379,53	0,00	0	0	0	0	0	12.538,78	0
Diğer nakit hareketleri (Hurda)		0,00	0	0	0	0	0	1.253,88	0
İşletme Sermayesi		- 2.331,00	0	0	0	0	0	0	0
Net nakit akışı	-42.379,53	- 2.331,00	9.951,10	16.149,45	16.149,45	16.149,45	16.149,45	4.864,55	16.149,45
Bugünkü değer	227.648,39								
Net Bugünkü değer (%15 indirgeme oranında)	31.102,53	- 2.742,35	7.524,47	10.618,53	9.233,51	8.029,14	6.981,86	1.828,77	5.279,29
Kümülatif Net bugünkü değer		- 45.121,88	- 37.597,41	- 26.978,88	- 17.745,38	- 9.716,24	- 2.734,38	- 905,62	4.373,67
İç verim oranı	24,90								
Geri ödeme süresi	7,17 yıl								

**Tablo 4.1: %100 özsermaye kullanımı ile oluşturulan yıllık nakit akış tablosu (x1000 \$) (Devam)**

Yıllar	7	8	9	10	11	12	13	14
Brüt Gelir	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00
Madencilik Hakkı	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
Net Gelir	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00
İşletme Maliyeti (Açık işletme)	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00
Açık İşletme Nakliye Maliyeti	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00
Al metali Proses Maliyeti	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15
Toplam Maliyet	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15
Brüt Kar	19.169,85	19.169,85	19.169,85	19.169,85	19.169,85	19.169,85	19.169,85	19.169,85
Amortisman	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89
Ara Toplam I	15.901,96	15.901,96	15.901,96	15.901,96	15.901,96	15.901,96	15.901,96	15.901,96
Maden Tüketme Payı	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Vergi Öncesi Kar	15.101,96	15.101,96	15.101,96	15.101,96	15.101,96	15.101,96	15.101,96	15.101,96
Vergi (%20)	3.020,39	3.020,39	3.020,39	3.020,39	3.020,39	3.020,39	3.020,39	3.020,39
Net Kar	12.081,57	12.081,57	12.081,57	12.081,57	12.081,57	12.081,57	12.081,57	12.081,57
Amortisman + Maden tükenme payı	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89
Ara Toplam II	16.149,46	16.149,46	16.149,46	16.149,46	16.149,46	16.149,46	16.149,46	16.149,46
Toplam Yatırım	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12.538,782	0,00	0,00
Diğer nakit hareketleri (Hurda)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.253,878	0,00	0,00
İşletme Sermayesi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Net nakit akışı	16.149,45	16.149,45	16.149,45	16.149,45	16.149,45	16.149,45	16.149,45	16.149,45
Net Bugünkü değer (%15 indirgeme oranında)	4.590,68	3.991,89	3.471,22	3.018,45	2.624,74	687,50	1.984,68	1.725,81
Kümülatif Net Bugünkü değer	8.964,35	12.956,25	16.427,47	19.445,92	22.070,65	22.758,16	24.742,84	26.468,65

**Tablo 4.1:** %100 özsermaye kullanımı ile oluşturulan yıllık nakit akış tablosu (x1000 \$) (Devam)

Yıllar	15	16	17	(%40 üretim) 18
Brüt Gelir	125.000,00	125.000,00	125.000,00	50.000,00
Madencilik Hakkı	160,00	160,00	160,00	64,00
Net Gelir	124.840,00	124.840,00	124.840,00	49.936,00
İşletme Maliyeti (Açık işletme)	9.322,00	9.322,00	9.322,00	3.728,80
Açık İşletme Nakliye Maliyeti	2.200,00	2.200,00	2.200,00	880,00
Al metalı Proses Maliyeti	94.148,15	94.148,15	94.148,15	37.659,26
Toplam Maliyet	105.670,15	105.670,15	105.670,15	42.268,06
Brüt Kar	19.169,85	19.169,85	19.169,85	7.667,94
Amortisman	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89
Ara Toplam I	15.901,96	15.901,96	15.901,96	4.400,05
Maden Tüketme Payı	800,00	800,00	800,00	320,00
Vergi Öncesi Kar	15.101,96	15.101,96	15.101,96	4.080,05
Vergi (%20)	3.020,39	3.020,39	3.020,39	816,01
Net Kar	12.081,57	12.081,57	12.081,57	3.264,04
Amortisman + Maden tükenme payı	4.067,89	4.067,89	4.067,89	3.587,89
Ara Toplam II	16.149,46	16.149,46	16.149,46	6.851,93
Toplam Yatırım	0,00	0,00	0,00	0,00
Diğer nakit hareketleri (Hurda)	0,00	0,00	0,00	1.253,88
İşletme Sermayesi	0,00	0,00	0,00	2.331,00
Net nakit akışı	16.149,45	16.149,45	16.149,45	10.436,80
Net Bugünkü değer (%15 indirgeme oranında)	1.500,70	1.304,96	1.134,75	693,47
Kümülatif Net Bugünkü değer	27.969,35	29.274,31	30.409,06	31.102,53

- Madencilik hakkı (160.000 \$); üretilen yıllık boksitin (200.000 ton/yıl), ortalama boksit satış fiyatı üzerinden (40 \$/ton) hesaplanmıştır. Devlet hakkı olarak %2 kabul edilmiştir. (3213 sayılı Maden Kanununa göre)
- Net gelir (124.840.000 \$); yıllık brüt gelir (125.000.000 \$) ile devlete iletilecek olan madencilik hakkı (160.000 \$) arasındaki farktır.
- Banka kredisi kullanılması durumunda kredi ödemeleri sonrası oluşan Net gelirler ayrıca hesaplanmıştır (Tablo 4.2). Kredi geri ödemeleri, tam kapasite üretime geçildikten sonra başlayacak olup 10 yılda tamamlanacaktır. (Ödemelerin, yıllık %9 faiz tutarı üzerinden gerçekleştirileceği kabul edilmiştir.)
- Yıllık açık işletme işletme maliyeti (9.322.000 \$); yıllık üretilen boksit miktarı (200.000 ton/yıl) ile birim boksit üretim maliyetinin (46,61 \$) çarpımıdır.

- Açık İşletme nakliye maliyeti (2.200.000 \$); yıllık üretilen boksit miktarı (200.000 ton/yıl) ile üretilen bu miktarın Eti Alüminyum fabrikasına nakliye maliyeti ile (11 \$/ton) çarpımıdır.
- Alüminyum proses maliyeti (94.148.148,15\$); yıllık üretilen alüminyum miktarı (50.000 ton/yıl) ile alüminyum üretim maliyetinin (1.882,96 \$) çarpımıdır. Bu maliyet boksit cevherinden Al metali üretimine kadar bütün prosesleri kapsamaktadır.
- Toplam maliyet (105.670.148,15 \$); Açık İşletme işletme maliyeti (9.322.000 \$), fabrikaya nakliye maliyeti (2.200.000 \$) ve alüminyum proses maliyetlerinin (94.148.148,15 \$) toplamıdır.
- Brüt kar (19.169.851,85 \$); net gelir (124.840.000 \$) ile toplam maliyet (105.670.148,15 \$) arasındaki farktır.
- Yıllık amortisman miktarı (3.267.891,89 \$) direk maliyetler (açık işletme alanı hazırlama maliyeti (28.829 \$), hazırlık dekapajı maliyeti (3.961.867 \$), delme ekipmanları maliyeti (3.453.424 \$), ekskavatör ve yükleme ekipmanları maliyeti (13.643.062 \$), kamyon ve yol bakım maliyeti olan (12.538.783 \$), bakım için alınacak ekipman maliyeti (223.273 \$) ve elektrik tesislerinin maliyeti (323.771 \$) indirek maliyetlerin (mühendislik maliyeti (249.120 \$), genel bakım maliyeti (143.014 \$), proje denetleme maliyeti (194.964 \$) ve yönetim maliyeti (162.470 \$)) maden ömrüne (19 yıl) bölümüyle elde edilmiştir. Ancak direk maliyetler içerisinde olan kamyon satın alma maliyetleri, kamyonların 6 yıllık ömre sahip olması nedeniyle 19 yıla değil, 6 yıla bölünerek hesaplamaya dahil edilmiştir.
- Ara toplam I (15.901.959,96 \$); yıllık brüt gelir (19.169.851,85 \$) yıllık amortisman değerlerinin (3.267.891,89 \$) çıkarılmasıyla elde edilmiştir.
- Maden tükenme payı veya maden amortismanı (800.000 \$); yıllık boksit üretim miktarı (200.000 ton), ortalama boksit satış fiyatı (40 \$/ton) ve maden tükenme payının (%10) çarpımıyla hesaplanmıştır. (3213 sayılı Maden Kanununa göre)
- Vergi öncesi kazanç (15.101.959,96 \$); Ara toplam I (15.901.959,96 \$) ile maden tükenme payı (800.000 \$) arasındaki fark olarak kabul edilmiştir.
- Ödenen vergi tutarı (4.530.587,99 \$); vergi öncesi gelir (15.101.959,96 \$) ile vergi oranının (%20) çarpımı kadardır.

- Net kar (12.081.567,97 \$); vergi öncesi kar (15.101.959,96 \$) ile ödenen vergi tutarı (3.020.391,99 \$) arasındaki farktır.
- Ara toplam II (16.149.459,86 \$); net kar (12.081.567,97 \$), amortisman tutarı (3.267.891,89 \$) ve maden tükenme payının (800.000 \$) toplamıdır.
- Toplam yatırım tutarı (42.379.528,09 \$); direk (39.398.961 \$), indirek (749.568 \$) ve işletme sermayesi (2.331.000 \$) toplamlarıdır. Ayrıca, her 6 yılda bir kamyon yenileme maliyetleri de yine bu miktara eklenmektedir.
- Diğer nakit hareketleri, her 6 yılda bir hurdaya çıkan kamyonların hurda değeridir. Hurda değerleri, yeni kamyon yatırım tutarının %10'u (1.253.878,30 \$) olarak kabul edilmiştir.
- İşletme sermayesinin (2.331.000 \$), madenin ömrü bittikten sonra geri döneceği kabul edilmiştir.
- Yıllık net nakit akışı (16.149.459,86 \$); ara toplam II (16.149.459,86 \$), hurda değeri (7.ci ve 14.cü yıllarda 1.253.878,30 \$, diğer yıllarda ise 0 \$) ve işletme sermayesinin toplamından, yıllık toplam yatırım tutarının (7.ci ve 14.cü yıllarda 12.538.783 \$, diğer yıllarda ise 0 \$) düşürülmesiyle elde edilmiştir.

Nakit akış tablolarının hazırlanması sırasında kullanılan kabuller ayrıca bir tablo halinde (Tablo 4.3) özetlenmiştir.

Projenin değerlendirilmesinde esas alınan karar verme ölçütleri ise:

- Net bugünkü değer (NBD)
- İç karlılık oranı (İKO) ve,
- Geri ödeme süresi (GÖS) olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.2: %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanımı ile oluşturulan yıllık nakit akış tablosu (x1000 \$)**

Yıllar	0	(Üretim yok) -2	(%60 üretim) -1	(Tam kapasite) 1	2	3	4	5	6
Brüt Gelir		0,00	75.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00
Madencilik Hakkı		0,00	96,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
Net Gelir		0,00	74.904,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00
Kredi Ödemesi	21.189,76	0,00	0,00	4.783,36	4.556,78	4.330,19	4.103,62	3.877,04	3.650,46
Kredi Ödeme Sonrası Net Gelir		0,00	74.904,00	120.056,64	120.283,22	120.509,80	120.736,38	120.962,96	121.189,54
İşletme Maliyeti (Açık işletme)		0,00	5.593,20	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00
Açık İşletme Nakliye Maliyeti		0,00	1.320,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00
Al metali Proses Maliyeti		0,00	56.488,89	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15
Toplam Maliyet		0,00	63.402,09	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15
Brüt Kar		0,00	11.501,91	14.386,50	14.613,08	14.839,66	15.066,24	15.292,82	15.519,40
Amortisman		3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89
Ara Toplam I		- 3.267,89	8.234,02	11.118,60	11.345,18	11.571,76	11.798,34	12.024,92	12.251,50
Maden Tüketme Payı		0,00	480,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Vergi Öncesi Kar		- 3.267,89	7.754,02	10.318,60	10.545,18	10.771,76	10.998,34	11.224,92	11.451,50
Vergi (%20)		0,00	1.550,80	2.063,72	2.109,03	2.154,35	2.199,67	2.244,98	2.290,30
Net Kar		- 3.267,89	6.203,21	8.254,88	8.436,15	8.617,41	8.798,67	8.979,93	9.161,20
Amortisman + Maden tükenme payı		3.267,89	3.747,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89
Ara Toplam II		0,00	9.951,10	12.322,77	12.504,04	12.685,30	12.866,56	13.047,83	13.229,09
Toplam Yatırım	42.379,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12.538,782,97	0,00
Diğer nakit hareketleri (Hurda)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.253,87	0,00
İşletme Sermayesi		- 2.331,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Net nakit akışı	- 42.379,52	- 2.331,00	9.951,11	12.322,77	12.504,04	12.685,30	12.866,56	1.762,93	13.229,09
Bugünkü değer	197.538,43								
Net Bugünkü değer (%15 indirgeme oranında)	18.907,84	- 2.742,35	7.524,46	8.102,42	7.149,22	6.306,83	5.562,57	662,75	4,324,61
Kümülatif Net bugünkü değer		- 45.121,88	- 37.597,41	- 29.494,98	- 22.345,76	- 16.038,93	- 10.476,35	- 9.813,61	- 5.488,99
İç verim oranı	%21,15								
Geri ödeme süresi	9,50 yıl								

**Tablo 4.2: %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanımı ile oluşturulan yıllık nakit akış tablosu (x1000 \$) (Devam)**

Yıllar	7	8	9	10	11	12	13	14
Brüt Gelir	75.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	125.000,00	75.000,00
Madencilik Hakkı	96,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	96,00
Net Gelir	74.904,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00	74.904,00
Kredi Ödemesi	3.23,87	3.97,29	2.70,71	2.44,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Kredi Ödeme Sonrası Gelir	121.16,12	121.42,70	121.69,28	122.95,86	124.840,00	124.840,00	124.840,00	124.840,00
İşletme Maliyeti (Açık işletme)	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00	9.322,00
Açık İşletme Nakliye Maliyeti	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00
Al metali Proses Maliyeti	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15	94.148,15
Toplam Maliyet	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15	105.670,15
Brüt Kar	15.745,97	15.972,55	16.199,13	16.425,71	19.169,85	19.169,85	19.169,85	19.169,85
Amortisman	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89
Ara Toplam I	12.478,08	12.704,66	12.931,24	13.157,82	15.901,95	15.901,95	15.901,95	15.901,95
Maden Tüketme Payı	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Vergi Öncesi Kar	11.678,08	11.904,66	12.131,24	12.357,82	15.101,95	15.101,95	15.101,95	15.101,95
Vergi (%20)	2.335,61	2.380,93	2.426,24	2.471,56	3.020,39	3.020,39	3.020,39	3.020,39
Net Kar	9.342,46	9.523,73	9.704,99	9.886,25	12.081,56	12.081,56	12.081,56	12.081,56
Amortisman + Maden tükenme payı	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89	4.067,89
Ara Toplam II	13.410,35	13.591,62	13.772,88	13.954,15	16.149,45	16.149,45	16.149,45	16.149,45
Toplam Yatırım	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12.538,78	0,00	0,00
Diğer nakit hareketleri (Hurda)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.253,87	0,00	0,00
İşletme Sermayesi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Net nakit akışı	13.410,35	13.591,62	13.772,88	13.954,15	16.149,45	4.864,55	16.149,45	16.149,45
Net Bugünkü değer (%15 indirgeme oranında)	3.812,06	3.359,64	2.960,38	2.608,13	2.624,73	687,50	1.984,67	1.725,80
Kümülatif Net Bugünkü değer	- 1.676,93	1.682,71	4.643,09	7.251,23	9.875,96	10.563,47	12.548,14	14.273,95

**Tablo 4.2:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanımı ile oluşturulan yıllık nakit akış tablosu (x1000 \$) (Devam)

Yıllar	15	16	17	(%40 üretim) 18
Brüt Gelir	125.000,00	125.000,00	125.000,00	50.000,00
Madencilik Hakkı	160,00	160,00	160,00	64,00
Net Gelir	124.840,00	124.840,00	124.840,00	49.936,00
Kredi Ödemesi	0,00	0,00	0,00	0,00
Kredi Ödeme Sonrası Gelir	124.840,00	124.840,00	124.840,00	49.936,00
İşletme Maliyeti (Açık işletme)	9.322,00	9.322,00	9.322,00	3.728,80
Açık İşletme Nakliye Maliyeti	2.200,00	2.200,00	2.200,00	880,00
Al metali Proses Maliyeti	94.148,15	94.148,15	94.148,15	37.659,26
Toplam Maliyet	105.670,15	105.670,15	105.670,15	42.268,06
Brüt Kar	19.169,85	19.169,85	19.169,85	7.667,94
Amortisman	3.267,89	3.267,89	3.267,89	3.267,89
Ara Toplam I	15.901,95	15.901,96	15.901,96	4.400,05
Maden Tüketme Payı	800,00	800,00	800,00	320,00
Vergi Öncesi Kar	15.101,95	15.101,96	15.101,96	4.080,05
Vergi (%20)	3.020,39	3.020,39	3.020,39	816,01
Net Kar	12.081,56	12.081,57	12.081,57	3.264,04
Amortisman + Maden tükenme payı	4.067,89	4.067,89	4.067,89	3.587,89
Ara Toplam II	16.149,45	16.149,46	16.149,46	6.851,93
Toplam Yatırım	0,00	0,00	0,00	0,00
Diğer nakit hareketleri (Hurda)	0,00	0,00	0,00	1.253,88
İşletme Sermayesi	0,00	0,00	0,00	2.331,00
Net nakit akışı	16.149,45	16.149,45	16.149,45	10.436,80
Net Bugünkü değer (%15 indirgeme oranında)	1.500,70	1.304,96	1.134,75	693,47
Kümülatif Net Bugünkü değer	15.774,66	17.079,61	18.214,36	18.907,84

Yapılan ekonomik değerlendirmeler sonucu, %100 özsermaye kullanımıyla gerçekleştirilecek olan yatırım projesinin (birinci durum) NBD'si 31.102.530,26 \$, İKO'sü %24,90 ve GÖS'si 7,17 yıl; %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılarak gerçekleştirilecek olan yatırım projesinin (ikinci durum) ise NBD'si 18.907.839,99 \$, İKO'sü %21,15 ve GÖS'si 9,5 yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar açıkça göstermektedir ki, her iki durumda da proje yatırıma değer bir projedir. Ancak banka kredisinin kullanıldığı ikinci durum için projenin NBD'si birinci duruma göre yarı yarıya düşmektedir. Ayrıca NBD'yi sıfır yapan İKO %24,90 dan %21,15'e düşerken, GÖS'de 2,33 yıl artmaktadır.



**Tablo 4.3:** Nakit akış tablolarının hazırlanmasında kullanılan kabuller

Hesaplamalarda kullanılan kabuller	
Al satış fiyatı	2.500 \$
Devlet hakkı yüzdesi	%2
İskonto	%15
Maden tükenme payı yüzdesi	%10
Vergi oranı	%20
Boksit satış fiyatı	40 \$
Toplam yatırım tutarının karşılanması için kullanılacak olan banka kredisi oranı	%50
Kredi faizi (yıllık)	%9
Kredi geri ödeme süresi (yıl)	10

#### 4.1 Risk Analizi

Risk analizi, bir ya da birden fazla değişkenin bulunduğu sayısal veya niteliksel bir modelin güvenilirliğini araştıran tekniktir. Bu teknik karar verme merciinin bir karara varmadan önce hangi hareketlerin onu hangi olası sonuçlara götüreceğini gösterir.

Bu tez çalışmasında; bir madencilik yatırımı ele alındığından ve madencilik faaliyetleri de genel olarak risk ve belirsizlik ortamında gerçekleştiğinden dolayı, böyle yatırımların riskliliğinin araştırılmasında en uygun bir yöntem olan Monte Carlo benzetim yöntemi kullanılarak risk analizi yapılmıştır. Risk analizi yapılırken, üretilen metalin satış fiyatı ve indirgeme oranının yanı sıra yatırımın toplam tutarı ve işletme maliyeti gibi madenin büyüklüğüne bağlı olarak değişen temel değişkenler riskli parametreler olarak kabul edilmiştir. Bu değişkenlerin tümü kontrol edilemeyen yani belirsiz karar değişkenleri olup yatırımın net bugünkü değeri (NBD), iç karlılık oranı (İKO) ve geri ödeme süresi (GÖS) gibi proje değerlendirmede esas alınan karar verme ölçütleri üzerinde doğrudan etkili olan parametrelerdir.

Dolayısıyla Seydişehir Doğankuzu Boksit Madeni yatırımının riskliliği, yani yukarıda sayılan temel değişkenlerin ve bu değişkenlerin etkilediği karar verme ölçütlerinin değişimi, Tablo 4.1 ve 4.2'de verilen net akış tabloları kullanılarak, Monte Carlo benzetim yönteminin yapılabileceği bir bilgisayar programı olan @Risk ile belirlenmiştir. Risk analizi sırasında benzetim örnekleme sayısı 500 adet olarak seçilmiştir.

#### 4.1.1 @Risk Programı ile Risk Analizinin Yapılması

Bilgisayar destekli bir risk analizi programı olan @Risk, yapılan risk analizleri karar durum sonuçlarının olasılık dağılımlarını hesaplayarak çalışan sayısal bir metottur ve bir başka bilgisayar programı olan Excel tabanlı çalışır. Genel olarak, @Risk ile yapılan analizler 4 aşamada gerçekleştirilir.

- Modelin oluşturulması
- Değişkenlerin tanımlanması
- Modelin Monte Carlo benzetim yolu ile analiz edilmesi
- Karar verme

##### Modelin oluşturulması

Risk analizi yapılacak olan model için Excel programında gerekli tüm verileri içeren bir tablo oluşturulur ve değişkenler belirlenir. Değişkenler analizin temel içerikleridir. Her durumun kendine göre bir değişkeni vardır ve bunlar yapılacak olan analize göre analiz yapan tarafından belirlenir. Örneğin finansal bir durum analizinde temel içerikler satışlar, maliyetler ve kar gibi değişkenler iken, jeolojik bir durum analizinde ise derinlik, kalınlık vb. değişkenler temel içerik olarak kabul edilir. Bu tez çerçevesinde ise bir madencilik yatırımın durum analizi yapıldığı için üretilen metalin satış fiyatı, yapılacak olan yatırımın toplam tutarı ve işletme maliyeti ile piyasa faiz oranı (indirgeme oranı) temel değişkenler olarak kabul edilmiştir. Bu değişkenlerin tümü kontrol edilemeyen yani belirsiz karar değişkenleri olup yatırımın net bugünkü değeri (NBD), iç karlılık oranı (İKO) ve geri ödeme süresinin (GÖS) belirlenmesinde doğrudan etkili olan parametrelerdir.

##### Değişkenlerin tanımlanması

Değişkenler belirli ve belirsiz olarak ikiye ayrılır. Belirsiz değişkenlere diğer bir ifade ile stokastik de denir. Eğer değişkenler belirsiz ise belirsizlik durumlarının önceden saptanması gerekir. Bu saptamalar olasılık dağılımları ile gerçekleştirilir. Olasılık dağılımları değişkenlerin alabileceği değerleri belirli parametrelere göre saptar.

Olasılık dağılımı belirlenecek olan değişkenler çeşitli fonksiyonlarla tanımlanır. Belirsiz değişkenlerin @Risk programında olasılık dağılımı fonksiyonları şu şekilde örneklendirilebilir.

- Normal dağılım, Risk Normal (100,10)
- Uniform dağılım, Risk Uniform (20,30)

- Üçgen dağılım, Risk Triang ( $A_2, A_3, A_4$ )

Burada, örneğin dağılımlar için parantez içerisinde verilen sayılar dağılımların parametrelerini göstermektedir.

İncelenen bu olasılık dağılım fonksiyonlarının oluşturulması için öncelikle rassal sayıların oluşturulması ve bu sayıların olasılık dağılım değerlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için de değişkenlerin olasılık dağılım parametrelerinin tanımlanmış olması gerekir. Rassal sayıların nasıl oluşturulduğu ve olasılık dağılım değerlerine nasıl dönüştürüldüğü Bölüm 2'de detaylıca açıklanmıştır.

Madencilik yatırım projelerinin risk analizlerinde örnekleme için tekdüze dağılımlı rassal sayıların dönüştürülmesi yöntemleri kullanılmaktadır. Monte Carlo benzetim yöntemi ile modelin dışsal değişkenlerinden rassal örnekleme yapabilmek için 0 ile 1 arası tekdüze dağılmış rassal sayılar gereklidir.

Doğankuzu Boksit Madeni yatırımının risk analizinde kabul edilen değişkenler ile bu değişkenlerin dağılım fonksiyonları ve risk analizi sonucunda değişimi incelenen proje değerlendirme ölçütleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

**Tablo 4.4:** Kabul edilen değişkenler, dağılım fonksiyonları ve incelenen proje değerlendirme karar verme ölçütleri

Riskli Parametreler	Dağılımın Türü	Varyasyon ( $\pm$ )
Al Satış Fiyatı	Normal	%10
İndirgeme Oranı	Uniform	%20
Toplam Yatırım	Üçgen	%25
Açık İşletme İşletme Maliyeti	Normal	%10
İncelenen proje değerlendirme ölçütleri Net Bugünkü Değer, İç Karlılık Oranı, Geri Dönüşüm Süresi		

Bu dağılım fonksiyonlarının @Risk programında oluşturulması sonrasında ilgili parametrelerin Excel hücresindeki görüntüsü

- Al satış fiyatı; RiskNormal(2500; 250)
- İndirgeme oranı; RiskUniform(0,12; 0,18)
- Toplam yatırım; RiskTriang(31784646,07; 42379528,09; 52974410,12)
- Açık işletme, işletme maliyeti; RiskNormal(46,61; 4,661)

şeklinde gerçekleşmiştir.

#### Modelin benzetim yoluyla analiz edilmesi

@RISK, benzetim işlemini yaparken;

- Excel sayfasındaki formül ve hücrelerin içerdiği olasılık dağılımları fonksiyonlarının değerlerini seçer (örnekleme) ve,
- Yeni değerleri kullanarak Excel sayfasını tekrar hesaplar (tekrarlama).
- Tüm tekrarlamalardan doğan sonuçları kullanarak karar verme ölçütleri için dağılımları oluşturur.

#### Karar verme

Monte Carlo benzetim modelinde, değişkenlerin olasılık dağılımlarına bağlı olarak belirli sayıda rassal örneklemeler yapılarak, yıllık nakit akımları ve proje değerlendirmede kullanılan karar verme ölçütleri (örn, NBD, İKO ve GÖS) hesaplanır. Örneğin bu çalışmada örnekleme sayısı 500 adet, incelenen karar verme ölçütleri ise NBD, İKO ve GÖS olarak seçilmiştir. Hesaplamalarla bulunan aritmetik ortalama, standart sapma, çarpıklık ve basıklık gibi istatistiksel değerler karar mercisinin karar almasında etkili olan parametreleridir. Karar mercii ortaya çıkan dağılım parametrelerini etraflıca inceler ve yatırım kararına karar verir veya projeyi reddeder.

#### **4.1.2 Risk Analizi Sonuçları**

Doğankuzu boksit madeni yatırımının risklilik durumunun araştırıldığı bu tez çalışması sırasında @Risk programı kullanılarak yapılan risk analizi sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

**Tablo 4.5:** %100 Özsermaye kullanılması durumunda yapılan risk analizi sonucunda elde edilen istatistiksel sonuçlar

İstatistikler	Riskli Parametreler				Karar Verme Ölçütleri		
	Toplam Yatırım (\$)	Açık İşletme İşletme Maliyeti (\$)	Al Satış Fiyatı (\$)	İndirgeme Oranı (%)	Net Bugünkü Değer (\$)	İç Karlılık Oranı (%)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
En Düşük Değer	32781580,00	31,60	2020,891	12,03	-69898290,00	-3,23	2,84
Ortalama Değer	42522840,00	46,64	2506,165	14,87	33554230,00	25,52	6,98
En Yüksek Değer	52491320,00	63,78	2985,227	17,96	159524600,00	53,45	19,66
Standart Sapma	4319200,00	5,02	221,6638	0,02	47299740,00	0,12	3,14
Varyans	1,86E+13	25,24	49134,85	3,16E-04	2,23E+15	0,01	9,89
Çarpıklık	-0,05	0,07	0,06	-0,06	0,06	-0,03	0,53
Basıklık	2,35	3,32	2,33	1,71	2,53	2,65	6,03
Mod	43420100,00	51,56	2555,578	12,43	30032440,00	28,44	8,13
%5 Olasılık	35308570,00	38,28	2110,854	12,26	-50111540,00	2,90	3,60
%95 Olasılık	49434460,00	54,73	2868,384	17,66	113261400,00	42,67	12,67

**Tablo 4.6:** %50 Özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda yapılan risk analizi sonucunda elde edilen istatistiksel sonuçlar

İstatistikler	Riskli Parametreler				Karar Verme Ölçütleri		
	Toplam Yatırım (\$)	Açık İşletme İşletme Maliyeti (\$)	Al Satış Fiyatı (\$)	İndirgeme Oranı (%)	Net Bugünkü Değer (\$)	İç Karlılık Oranı (%)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
En Düşük Değer	32515350,00	30,02	2001,08	12,01	-89223940,00	-2,74	3,03
Ortalama Değer	42475660,00	46,86	2497,94	15,00	15235630,00	21,56	8,49
En Yüksek Değer	52646630,00	62,51	2996,16	17,98	156411000,00	48,95	18,95
Standart Sapma	4378738,00	4,45	222,84	1,77	45981860,00	0,11	3,37
Varyans	1,92E+13	19,80	49656,05	0,003	2,11E+15	0,01	11,36
Çarpıklık	-0,03	0,03	0,03	-0,04	0,09	-0,08	0,75
Basıklık	2,50	3,39	2,40	1,77	2,57	2,37	3,81
Mod	41820510,00	47,20	2412,26	15,19	812958,20	18,73	9,5
%5 Olasılık	34558280,00	39,44	2102,34	12,22	-62764080,00	1,63	3,79
%95 Olasılık	49711420,00	53,87	2854,47	17,71	94780340,00	40,53	15,82

**Tablo 4.7:** Proje değerlendirme ölçütlerinin regresyon analizleri.

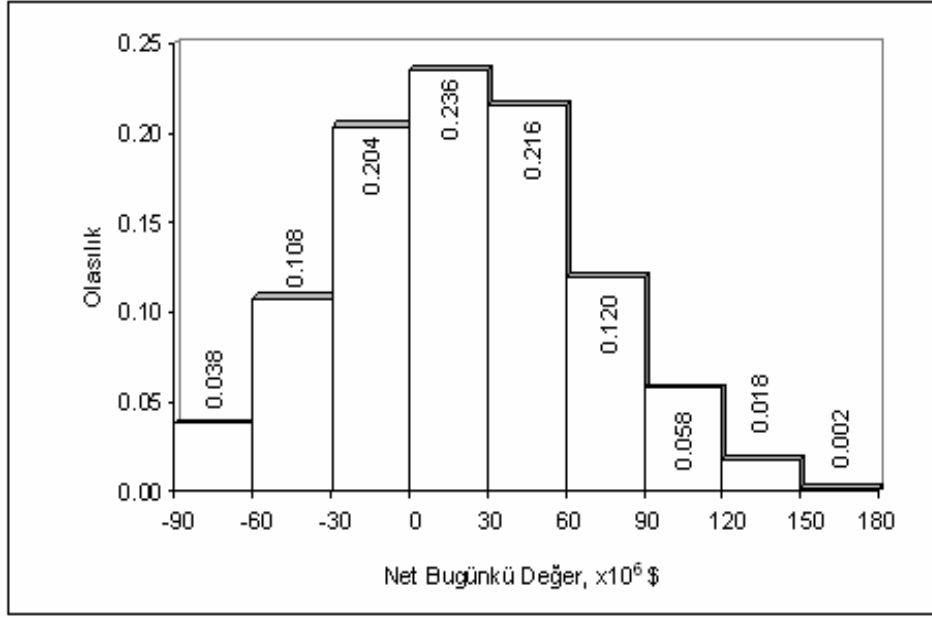
Proje değerlendirme ölçütleri	Sıralama	Riskli Parametreler	Regresyon analizleri	
			%100 Özsermaye	%50 Özsermaye + %50 Banka kredisi
Projenin net bugünkü değeri	1	Al satış fiyatı	0,965	0,978
	2	İndirgeme oranı	-0,193	-0,151
	3	Toplam Yatırım	-0,089	-0,116
	4	Açık işletme işletme maliyeti	-0,086	-0,087
		R <sup>2</sup>	0,9871	0,9875
İç Karlılık Oranı	1	Al satış fiyatı	0,832	0,779
	2	Toplam Yatırım	-0,159	-0,155
	3	Açık işletme işletme maliyeti	-0,066	-0,071
	4	İndirgeme oranı	0	0
		R <sup>2</sup>	0,7245	0,6311
Geri Ödeme Süresi	1	Al satış fiyatı	-0,643	-0,618
	2	Toplam yatırım	0,083	0,111
	3	Açık işletme işletme maliyeti	0,076	0
	4	İndirgeme oranı	0	0
		R <sup>2</sup>	0,4322	0,3944

**Tablo 4.8:** Proje değerlendirme ölçütlerinin korelasyon analizleri.

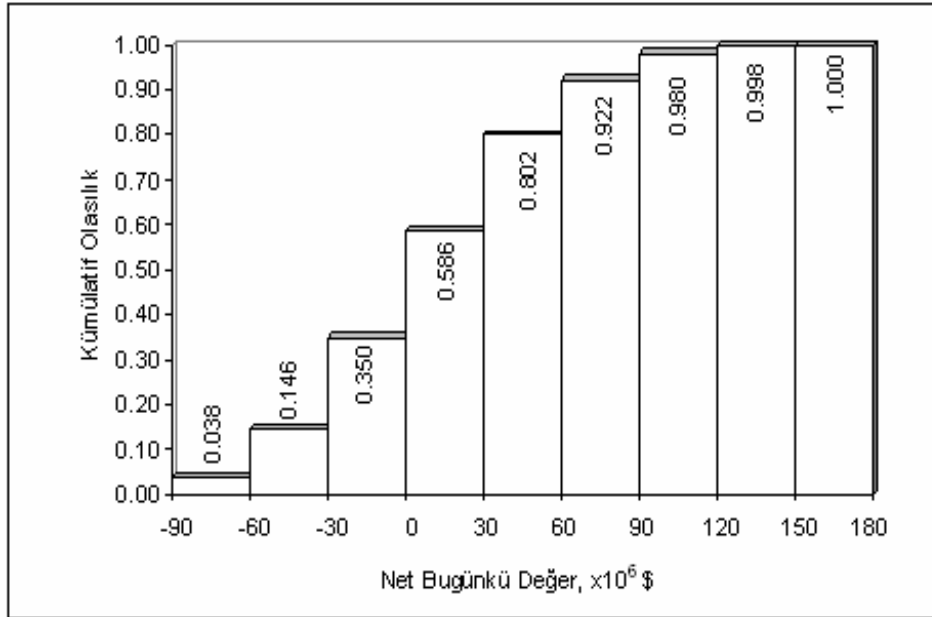
Proje değerlendirme ölçütleri	Sıralama	Riskli Parametreler	Korelasyon analizi	
			%100 Özsermaye	%50 Özsermaye + %50 Banka kredisi
Projenin net bugünkü değeri	1	Al satış fiyatı	0,972	0,974
	2	İndirgeme oranı	-0,16	-0,131
	3	Toplam Yatırım	-0,046	-0,11
	4	Açık işletme işletme maliyeti	-0,17	-0,022
İç Karlılık Oranı	1	Al satış fiyatı	-0,026	-0,004
	2	Toplam Yatırım	0,022	-0,076
	3	Açık işletme işletme maliyeti	0,04	0,018
	4	İndirgeme oranı	-0,024	-0,022
Geri Ödeme Süresi	1	Al satış fiyatı	-0,868	-0,716
	2	Toplam yatırım	0,116	0,141
	3	Açık işletme işletme maliyeti	0,153	0,01
	4	İndirgeme oranı	0,05	0,008

Yapılan risk analizlerinde, simülasyonlar sonucunda ortaya çıkan değerlerin olasılık dağılımını gösteren histogramlar (Ek: Şekil B1-B8) (%100 özsermaye kullanımı durumunda) ve (Ek: Şekil C1-C8) (%50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanımı durumunda) ayrı ayrı verilmiştir.

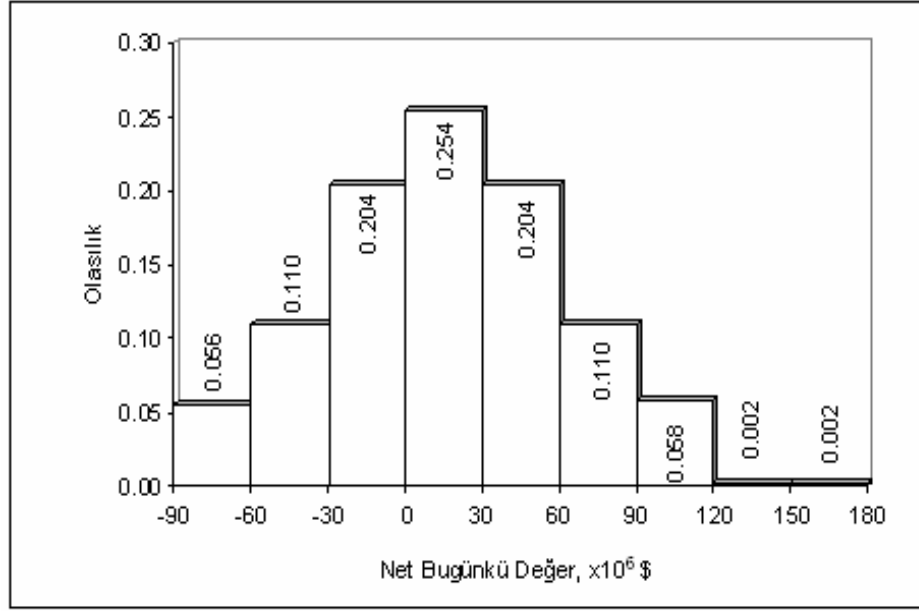
Yapılan simülasyonlar sonucunda, her iki durumda da elde edilen Net Bugünkü Değer olasılık dağılımlarının normal dağılıma uygun olduğu ve sonuçların risk analizi öncesinde oluşturulan net nakit akış tablolarındaki değerlerle tutarlı olduğu gözlenmiştir. Olasılık dağılımı histogramları ve kümülatif histogramları Şekil 4.1–4.4'te verilmiştir.



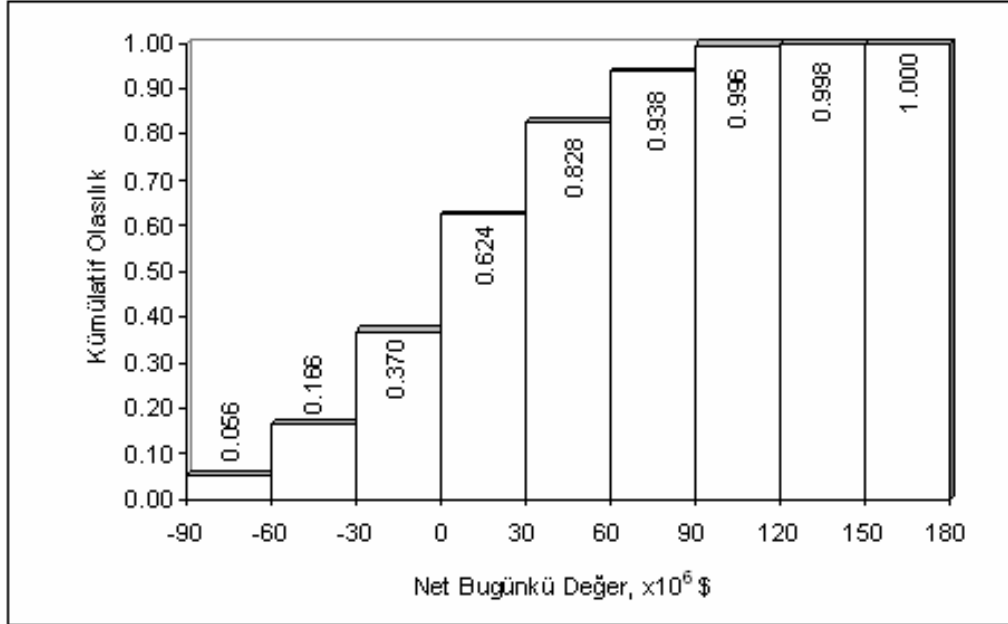
**Şekil 4.1:** %100 özsermaye kullanılması durumunda projenin Net Bugünkü Değerlerinin (NBD) dağılımına ait histogram



**Şekil 4.2:** %100 özsermaye kullanılması durumunda Projenin Net Bugünkü Değerlerinin (NBD) dağılımına ait kümülatif histogram.



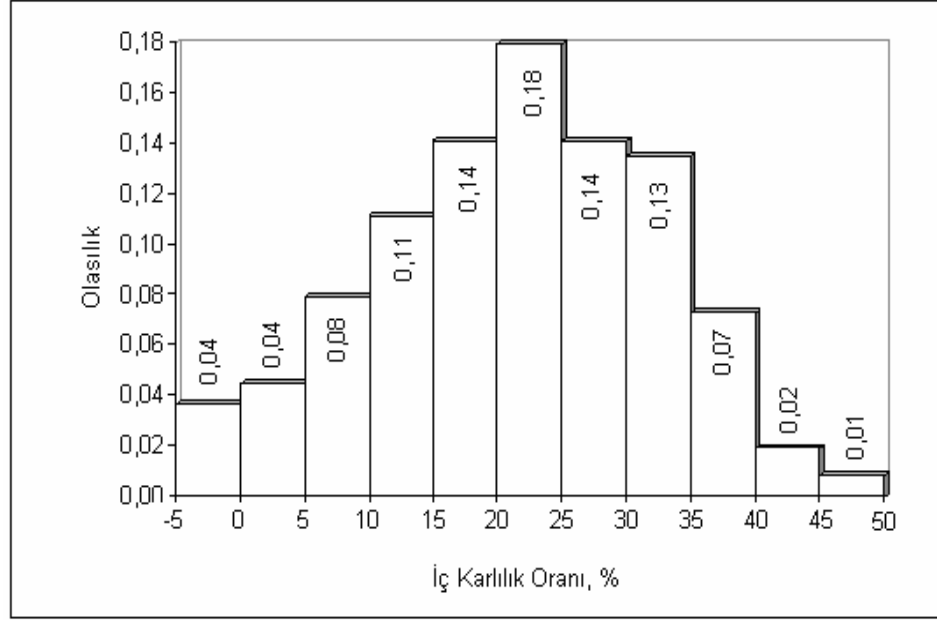
**Şekil 4.3:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda projenin Net Bugünkü Değerlerinin (NBD) dağılımına ait histogram



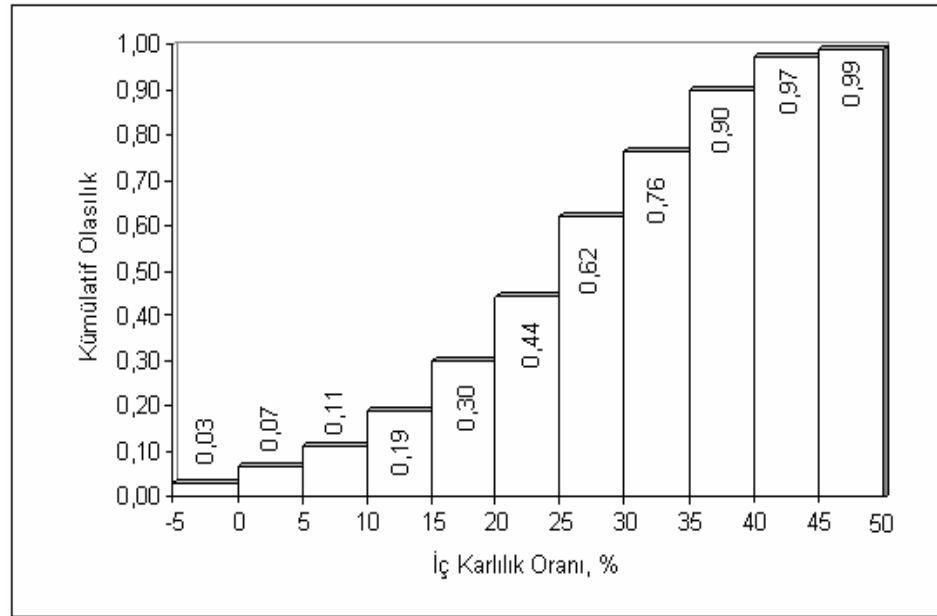
**Şekil 4.4:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda Projenin Net Bugünkü Değerlerinin (NBD) dağılımına ait kümülatif histogram.



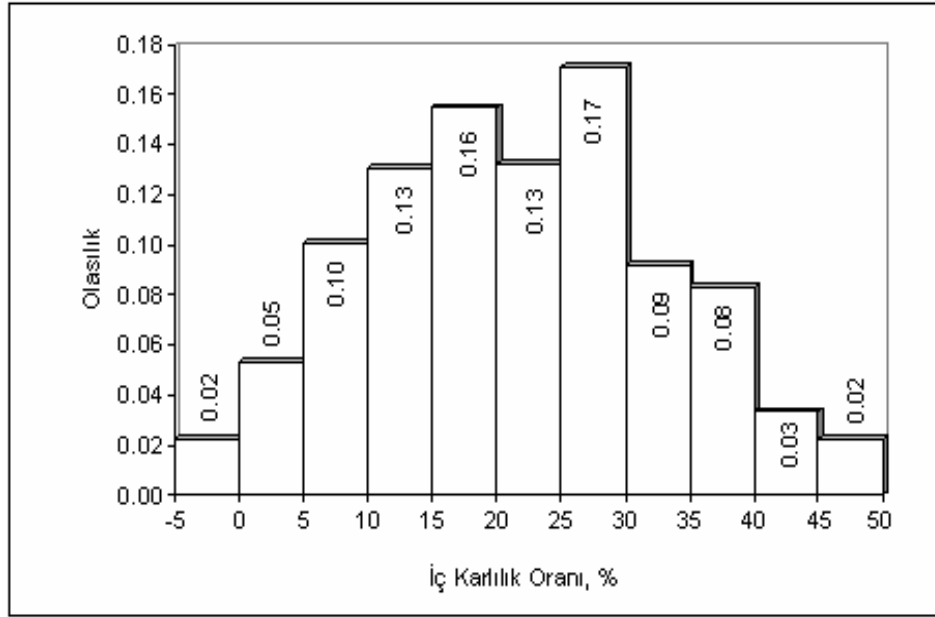
Benzer şekilde, simülasyonlar sonucu elde edilen İç Karlılık Oranı olasılık dağılımlarının da normal dağılıma uygun olduğu ve sonuçların risk analizi öncesinde oluşturulan net nakit akış tablolarındaki değerlerle tutarlı olduğu gözlenmektedir. İlgili histogramlar Şekil 4.5–4.8’te verilmiştir.



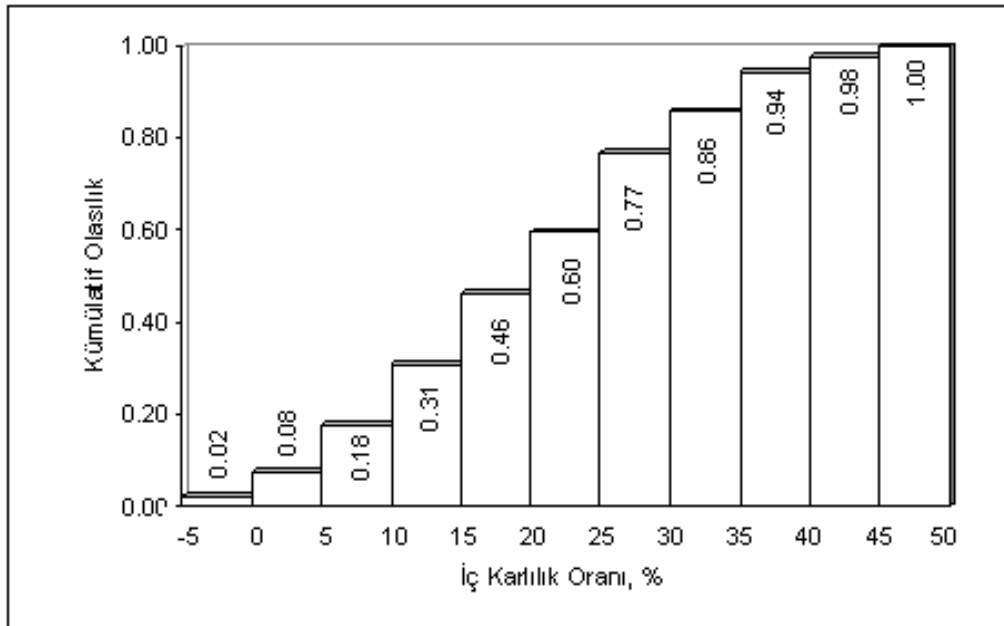
**Şekil 4.5:** %100 özsermaye kullanılması durumunda projenin İç Karlılık Oranı (İKO) değerlerinin dağılımına ait histogram



**Şekil 4.6:** %100 özsermaye kullanılması durumunda Projenin İç Karlılık Oranı (İKO) değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram



**Şekil 4.7:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda projenin İç Karlılık Oranı (İKO) değerlerinin dağılımına ait histogram

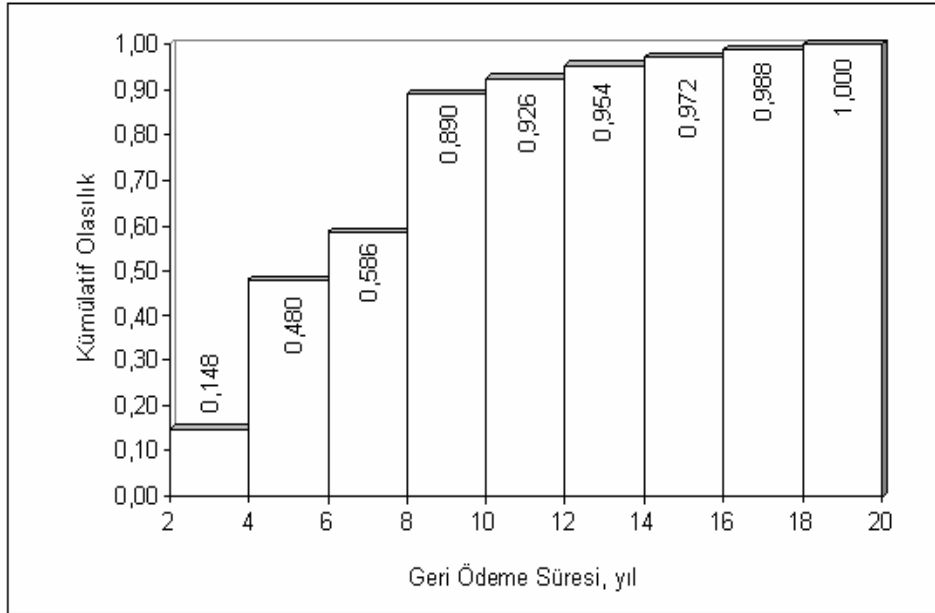


**Şekil 4.8:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda Projenin İç Karlılık Oranı (İKO) değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram

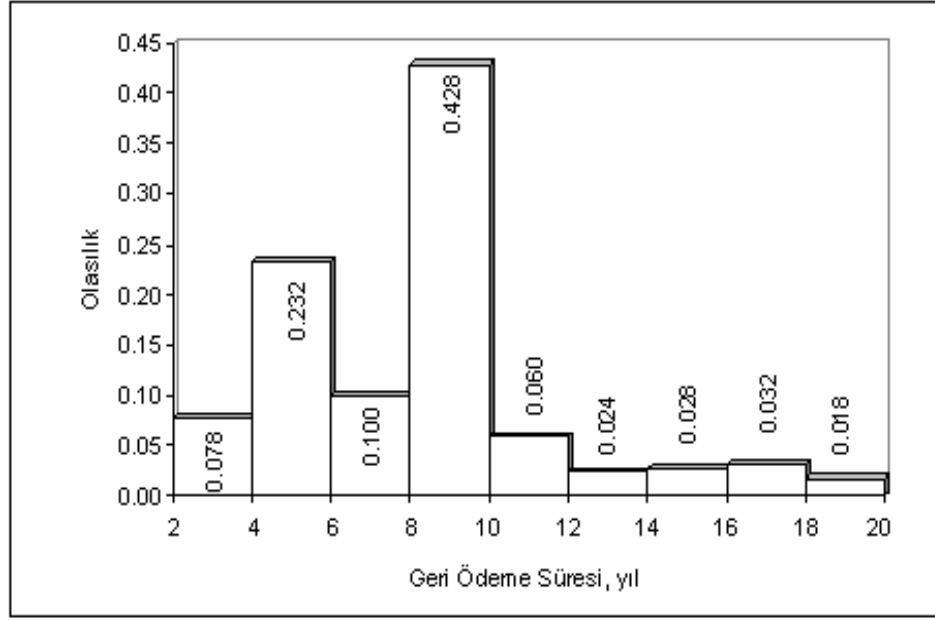
Şekil 4.9 - 4.12'de ise, yapılan simülasyonlar sonucunda her iki durumda da elde edilen Geri Ödeme Süresi (GÖS) değerlerinin olasılık dağılımı histogramları ve kümülatif histogramları görülmektedir.



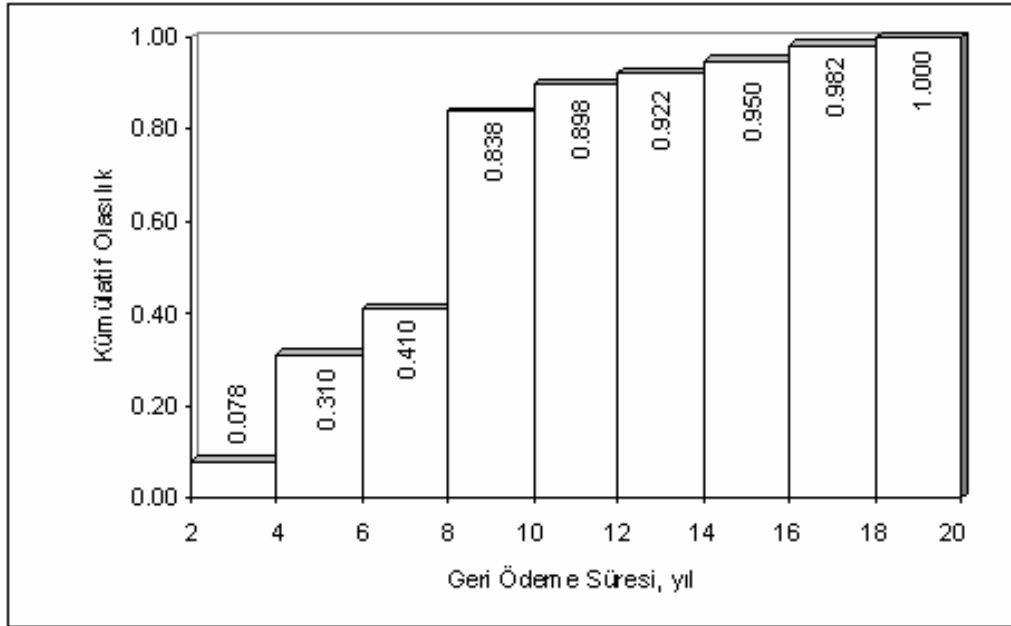
**Şekil 4.9:** %100 özsermaye kullanılması durumunda projenin Geri Ödeme Süresi (GÖS) değerlerinin dağılımına ait histogram



**Şekil 4.10:** %100 özsermaye kullanılması durumunda Projenin Geri Ödeme Süresi (GÖS) değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram.



**Şekil 4.11:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda projenin Geri Ödeme Süresi (GÖS) değerlerinin dağılımına ait histogram



**Şekil 4.12:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda Projenin Geri Ödeme Süresi (GÖS) değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram.

Ayrıca, risk analizi yapılmadan ve yapıldıktan sonra elde edilen ortalama değerler Tablo 4.9'da özetlenmiştir.

**Tablo 4.9:** Risk analizi yapılmadan önceki ve yapıldıktan sonraki ortalama değerler

	%100 Özsermaye		%50 Özsermaye + %50 Banka kredisi	
	Risk Analizinden Önceki Ortalama Değerler	Risk Analizinden Sonraki Ortalama Değerler	Risk Analizinden Önceki Ortalama Değerler	Risk Analizinden Sonraki Ortalama Değerler
NBD	31.102.530 \$	33.554.230 \$	18.907.839	20.738.769
İKO	% 24,90	% 25,52	% 21,15	% 22,13
GÖS	7,17 yıl	6,98 yıl	9,50	8,34

Yapılan bu simülasyonlar sonucunda; NBD'in pozitif olma olasılığı %100 özsermaye ile (birinci durum) 0,716 olarak, %50 özsermaye + %50 banka kredisi ile de (ikinci durum) 0,630 olarak bulunmuştur. Diğer yandan, 30 milyon \$'dan büyük olma olasılığı birinci durum için 0,422, ikinci durum için ise 0,376 olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 4.10).

Benzer şekilde İç Karlılık Oranının %15'den büyük olma olasılığı birinci durum için 0,81 ve ikinci durum için 0,69 iken %25'ten büyük olma olasılıkları ise sırasıyla 0,56 ve 0,40 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.11).

**Tablo 4.10:** NBD'in olasılık dağılımları

NBD (\$) x10 <sup>6</sup>	Büyük Olma Olasılığı	
	%100 özsermaye	%50 özsermaye + %50 banka kredisi
0	0,716	0,630
30	0,422	0,376
60	0,188	0,172
90	0,068	0,062
120	0,014	0,004

**Tablo 4.11:** İKO'nun olasılık dağılımları

İKO (%)	Büyük Olma Olasılığı	
	%100 özsermaye	%50 özsermaye + %50 banka kredisi
5	0,93	0,92
10	0,89	0,82
15	0,81	0,69
20	0,70	0,54
25	0,56	0,40
30	0,38	0,23
35	0,24	0,14

Geri Ödeme Süresinin 8 yıldan küçük olma olasılığı birinci durum için 0,586, ikinci durum için 0,410; 10 yıldan küçük olma olasılıkları sırasıyla 0,890 ve 0,838 olarak bulunmuştur. Ayrıca, 6 yıldan küçük olma olasılıkları ise 0,480 ve 0,310'dur (Tablo 4.12).

**Tablo 4.12:** GÖS'nin olasılık dağılımları

GÖS (yıl)	Küçük Olma Olasılığı	
	%100 özsermaye	%50 özsermaye + %50 banka kredisi
4	0,148	0,078
6	0,480	0,310
8	0,586	0,410
10	0,890	0,838
12	0,926	0,898

Bütün bu sonuçlar toplu olarak değerlendirildiğinde; Seydişehir Doğankuzu projesinin her iki durum için de yatırıma değer, karlı bir proje olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Projenin %50 banka kredisi ile finansmanı durumunda NBD yaklaşık %30 azalacak ve GÖS ise 7,17 yıldan 9,50 yıla çıkacaktır.

## 5. SONUÇLAR

Yapılan değerlendirmeler ve hesaplamalar sonucunda Seydişehir-Doğankuzu Boksit Madeni projesinin;

- Açık işletme yöntemi ile işletilebileceği,
- Sahadaki dekapaj hacminin 34.758.270 m<sup>3</sup> ve cevher hacminin 1.251.761 m<sup>3</sup> olduğu,
- Bu veriler doğrultusunda hesaplanan boksit rezervinin ise 3.755.000 ton ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörünün de ortalama %57,98 olduğu ortaya çıkmıştır.

Ortaya çıkan bu veriler doğrultusunda ise dekapaj oranı (k) 9,256 m<sup>3</sup>/ton olarak bulunmuştur.

Madenin ömrü, yılda 200.000 ton boksit cevheri çıkarılacağı varsayılarak 19 yıl bulunmuştur. Buna göre günlük üretim miktarının 667 ton ve kazısı yapılacak olan dekapaj miktarının da 12.348 ton olduğu yani toplamda 13.007 tonluk kazının yapılacağı anlaşılmaktadır. Ancak, ilk yıl cevher üretimi yapılmayacak olup sadece dekapaj yapılacaktır. İkinci yıl, dekapaj kaldırma işlemleriyle birlikte bir miktar üretimin de gerçekleştirileceği ve %60 kapasiteye ulaşacağı, tam kapasiteye ise üçüncü yıldan itibaren geçileceği hesaplanmıştır.

Bu sonuçlara göre, açık işletme için gereken personel sayısının 72, bakım ve onarım işleri için gerekli olan personel sayısının 12 ve yönetici ile teknik personel sayısının ise 10 kişi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca, açık işletme hazırlık için de 6 yard<sup>3</sup>lük 4 adet ekskavatör ve 65 tonluk 9 adet kamyonu ihtiyaç duyulacağı anlaşılmıştır.

Bütün bu veriler dikkate alınarak hesaplanan satın alma maliyetlerinin 40.048.529 \$ (direk maliyetler 39.298.961 \$, indirek maliyetleri ise 749.568 \$) olduğu ve açık işletme işletme maliyetinin de 46,61 \$/ton ortaya çıkmıştır.

Tüm maliyetler göz önüne alınarak iki ayrı durum için iki farklı net nakit akış tablosu düzenlenmiştir. Birinci durumda, toplam yatırım tutarının %100 özsermaye ile İkinci durumda ise, %50 özsermaye + %50 banka kredisi ile karşılanacağı öngörülmüştür. Birinci durum için, yatırımın net bugünkü değerinin 31.102.530 \$ (%15 indirgeme



oranı ile), iç karlılık oranının %24,90 ve geri ödeme süresinin ise 7,17 yıl olacağı hesaplanmıştır. İkinci durum için ise NBD:18.907.839 \$, İKO:%21,15 ve GÖS:9,50 yıl olarak bulunmuştur. Dolayısıyla, banka kredisinin kullanılması durumunda projenin NBD ve İKO değerlerinin düşeceği, GÖS'nin ise artacağı anlaşılmıştır.

Yapılan risk analizlerinde ise, simülasyonlar sonucunda; NBD'lerin pozitif olma (0'dan büyük) ve 30 milyon \$'dan büyük olma olasılıkları, birinci durumda sırasıyla 0,716 ve 0,422, ikinci durumda ise yine sırasıyla 0,630 ve 0,376 olmuştur. Benzer şekilde İKO'ların %15'den büyük olma olasılığı birinci durum için 0,81 ve ikinci durum için 0,69 iken %25'ten büyük olma olasılıkları ise sırasıyla 0,56 ve 0,40 olarak hesaplanmıştır. GÖS'lerin birinci ve ikinci durum için 6 yıldan küçük olma olasılıkları sırasıyla 0,480 ve 0,310; 8 yıldan küçük olma olasılıkları 0,586 ve 0,410 ve 10 yıldan küçük olma olasılıkları ise 0,890 ve 0,838 olmuştur.

Ayrıca simülasyon sonucu ortaya çıkan NBD ve İKO değerlerinin olasılık dağılımlarının Normal dağılıma uygun olduğu ve sonuçların risk analizi öncesinde oluşturulan net nakit akış tablolarındaki değerlerle tutarlı olduğu gözlenmiştir.

Diğer yandan, yapılan regresyon ve korelasyon analizleri sonucunda ise her iki durum için de karar verme ölçütlerinin birinci derecede Al metalinin satış fiyatına bağlı olduğu ortaya çıkmış ve Al metal fiyatlarının yükselmesiyle projenin karlılığının da artacağı görülmüştür.

Sonuç olarak Seydişehir-Doğankuzu Boksit Madeni projesinin her iki durum için de günümüz piyasa koşullarına göre yatırıma değer, karlı bir proje olduğu ortaya çıkmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] **Caner, G.**, 1983 Maden Ekonomisi, *MTA Yayınları*, **No:27**, Ankara.
- [2] **Topuz, E.**, 1983 Maden Yatırım Projelerinde Riskin Tanımı ve Ölçülmesi, *MRYF Konferans Metinleri*, E.T.K.B., Ankara, Ekim.
- [3] **Ergin, H.**, 1983 “Maden İşletmelerinde Üretim Öncesi Maliyetlerin Muhasebeleştirilmesi”, *A.Ü.İ.B.F. Yayınları*, **No:11**, Eskişehir
- [4] **Topuz, E.**, 1983, Maden Yatırım Projelerinde Riskin Tanımı ve Ölçülmesi, *Madencilikte Risk ve yatırım Finansmanı Konferans Metinleri*, E.T.K.B., Ankara, s.4, SLOAN, D.A., Mine Management, Chapman and Hall, London.
- [5] **Kaynak, Y.**, 1983 Madencilik Araştırması, *T.S.K.B. Yayınları*, İstanbul.
- [6] **Caner, G.**, 1976 Madencilik Yatırımları ve Ekonomik Değerlendirme Teknikleri, *MTA Yayınları*, **No:17**, Ankara.
- [7] **Sezgin, İ.**, 1983 “Maden Arama Ekonomisi ve Maden Aramada Risk” *MRYF Konferans Metinleri*, E.T.K.B., Ankara, Ekim.
- [8] **Caner, G.**, 1983 “Maden Arama Çalışmalarının Optimizasyonu” *MRYF Konferans Metinleri*, E.T.K.B., Ankara, Ekim.
- [9] **Arne, K. G.**, 1982 “Basic Concepts of Mine Financing”, *Mining Magazine*, March.
- [10] **O’Hara, T.A.**, 1980 “Quick Guides to the Evaluation of Ore bodies”, *CIM Bulletin*, February.
- [11] **Çelebi, N. ve Paşamehmetoğlu, A.G.**, 1986 “ Linyit Açık İşletmeleri için bir Maliyet Analiz Modeli”, *Türkiye 5. Kömür Kongresi*, Zonguldak, Mayıs.
- [12] **Bayar, D.**, 1970 Maliyetlerin Hesaplanmasında Rizikonun Önemi, *E.İ.T.İ.A. Dergisi*, Ocak.
- [13] **Wilke, F.L.**, 1986 Maden İşletme Ekonomisi, (Çev. Yard. Doç. Dr İsmail Uğur), İ.T.Ü. Maden Fak., İstanbul.
- [14] **Noren, N. E.**, “Mine Development-Some Decision Problems and Optimization Models”, *CIM Special Vol.*, **No:12**.
- [15] **Kara, İ.**, 1985 Yöneylem Araştırmasının Yöntembilimi, *A.Ü. Yayınları*, **No:96**, Eskişehir.
- [16] **Wells, H.M.**, 1978 “Optimization of Mining Engineering Design in Mineral Valuation”, *Mining Engineering*, December.

- [17] **Plouf, T.M.**, 1984 “Mineral Industry’s aid to financial planning and investment”, E/MJ, June.
- [18] **Kennedy, B.A., Wade, E.J.**, 1972 “Feasibility studies for large open pit mines”, World Mining, August, s.73.
- [19] **Lane, K.F.**, “Choosing the Optimum Cut-off Grade”, *Quarterly of the Colorado school of Mines*, October 1964, s.811.
- [20] **Charlisle, D.**, 1953 “Maximum Total Recovery through Mining High-Grade and Low-Grade Ore Together is Economically Sound”, *CIM Bulletin*, January, s.22.
- [21] **Douglass, E.J.**, 1971 “How to maket he most of a mining investment”, Mining Engineering, October, s.66.
- [22] **Henning, U.**, 1963 “Calculation of Cut-off Grade”, C.M.J., March, s.57.
- [23] **Parker, H.**, 1979 “The Volume-Variance Relationship: A Useful Tool for Mine Planning”, E/MJ, October, s.111.
- [24] **John, H.T.**, 1985 “Cut-off Grade Calculations for An Open pit Mine”, CIM Bulletin, July, s.74.
- [25] **Saltoğlu, S.**, 1976Madenlerde Hazırlık ve Kazı İşleri, *İ.T.Ü. Kütüphanesi*, **Sayı: 1062**, İstanbul, s.175.
- [26] **Royle, A.G.**, 1981 “Optimization of assay-cutoff ore bodies”, IMM-Transaction (Sect A), April, s.A57.
- [27] **Durmuş, A.H.**, 1977 “Yeni Yatırımlar için Proforma Bilançoların Hazırlanması”, *İ.İ.T.İ.A. Dergisi*, İstanbul, **Sayı:1**, s.224.
- [28] **Özgen, M.C.**, 1970 “Projenin Yatırım Tutarının Hesaplanması”, *Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi Devlet Yatırım Bankası*, Ankara, s.41-42.
- [29] **Tekok, O.**, 1978 Finansal Yönetim: Finansal Planlama-Yatırım Politikası, *A.İ.T.İ.A.*, Ankara, s.145.
- [30] **Holland, F.A., Watson, F.A. and Wilkinson, S.K.**, 1974 “How to Evaluate Working Capital for a Company”, Chemical Engineering, August, **5**, s.102.
- [31] **Roman, R.J.**, 1971 “Mine-mill production scheduling by dynamic programming”, *AIME-Transactions*, September, s.259.
- [32] **Arıoğlu, E.**, 1981Jeoloji Mühendisleri için Madencilik Bilgisi Ders Notları, *İ.T.Ü. Maden Fakültesi*, Kasım.
- [33] **Caner, G.**, 1983 Mineral (maden) Kaynak ve Rezervlerinin Sınıflandırılması, *MTA Yayınları* , **No:188**, Ankara.
- [34] **Özpeker, I.**, 1983 “Maden Yedek ve Kaynaklarının Bölümlendirilmesine ilişkin Bir Öneri”, *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 8. Kongresi*, Ankara, 21-25 Şubat.

- [35] **Strauss, S.D.**, 1978 "Influences that determine metal prices" 8. *Commonwealth Mining and Metallurgical Congress*, Hong Kong.
- [36] **Tenker, L.**, 1970 "Pazarlama Teknikleri, Politikası ve Fiyatlandırma", "Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi", *Devlet Yatırım Bankası*, Ankara.
- [37] **Caner, G.**, 1976 Maden İşletme Yöntemlerinin Ekonomik Açısından Karşılaştırılması ve En Uygun (Optimum) İşletme Politikasının Saptanması, *MTA Yayınları*, **No:18**, Ankara
- [38]. **Wandless, R.M.**, 1983 *Finance for Mine Management*, Chapman and Hall Ltd., New York
- [39]. **Büyükerşen, Y.**, Vergi Tesirlerinin Mikro İktisat Analizi, *E.İ.T.İ.A. Yayınları* **No:71/37**.
- [40] **Sönmez, İ.H.**, 1983 "Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti ve Sınırlı Ömürlü Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi" *E.Ü.İ.B.F. Dergisi*, Mayıs.
- [41] **Porterfield, T.S.**, (Çev. Dr. Bülent Atuk), 1977 Yatırım Kararları ve Sermaye Maliyeti, *İ.T.Ü. Kütüphanesi*, **Sayı:1084**, İstanbul.
- [42] **Akgüç, Ö.**, 1970 "Yatırım Projelerinin Teşebbüs Yönünden Değerlendirilmesi", Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, **Cilt II**, *Devlet Yatırım Bankası*, Ankara.
- [43] **Hatipoğlu, Z.**, 1967 İşletme Finansmanı, *Hamle Matbaası*, İstanbul.
- [44] **Renwick, F.B.**, 1971 *Introduction to Investment and Finance* the Macmillan Comp., New York.
- [45] **Riggs, J.L.**, 1986 *Economic Decision Models*, McGraw-Hill Book Comp., New York.
- [46] **Tekok, O.**, 1973 Yatırım ve Finanslama Kararlarının Finans Fonksiyonu İçerisindeki Gelişimi, *A.İ.T.İ.A. Yayınları* **No:70**, Ankara.
- [47] **Bussey, L.E.**, 1978 *The Economic Analysis of Industrial Projects*, Prentice-Hall Inc., New Jersey
- [48]. **Büker, S.**, 1973 İşletmelerin Finansal Yönetiminde Yatırım Kararları ve Türkiye'deki Uygulama, *E.İ.T.İ.A. Yayınları*, **No: 104/59**, Ankara.
- [49] **Petty, W.J., BIRD, M.M.**, 1975 "The Capital Expenditure Decision Making Process of Large Corporations", *The Engineering Economist*, Vol.20, **No.3**.
- [50] **Karataş, C.**, (Çeviri), 1977 Endüstri Projelerini Değerlendirme El Kitabı, UNIDO, Ankara.
- [51] **Tecer, M.**, 1982 İşletme Ekonomisi, *Ekonomist Yayınevi*, Ankara.
- [52] **Doğrusöz, H.**, 1971 "Yatırım Kararlarında Optimizasyon Problemleri ve Çözüm Metodları", *MPM Konferansları*, Ankara

- [53]. **Peker, A.**, 1979 Yönetim Muhasebesi- 2. Kitap, *İ.Ü. İşletme Fak. Yayınları*, No: 89, İstanbul.
- [54] **Jones, C.**, 1968 "Economic Analysis for Mining Ventures and Projects", *Surface Mining*, Aime, New York.
- [55] **Şenel, M.**, 1983 *Mali Matematik, Bilim ve Teknik Kitabevi Yayınları*, Eskişehir.
- [56] **Mackenzie, B.W.**, 1970 "Evaluating The Economic of Mine Development", C.M.J., December.
- [57] **Pfleider, P., Frevberger, C.**, 1969 "Effect of different financing methods on the Digital Computing in the Mineral Industry", New York.
- [58] **Kroeger, H.E.**, 1970 "Use Discounted Cash-Flow Method", *Modern Cost Engineering Techniques* (Edited by H.Popper), *McGraw-Hill Book Comp.* New York.
- [59] **Porterfield, J.T.S.**, 1977 Yatırım Kararları ve Sermaye Maliyetleri, (Çev Dr. Bülent Atuk), *İ.T.Ü. Kütüphanesi* İstanbul.
- [60] **Gönenli, A.**, 1976 İşletmelerde Finansal Yönetim, *İ.Ü. Yayınları*, No: 2181, İstanbul.
- [61] **Mao, J.C.T.**, 1969 Quantitative Analysis of Financial Decisions, *The Macmillian Comp.*, New York.
- [62] **O'Neil, T.J.**, 1982 "Mine Evaluation in a Changing Investment Climate", *Mining Engineering*, November.
- [63] **Charlisle, D.**, 1953 "Maximum total recovery through mining high-grade and low-grade ore together is economically sound" *CIM Bulletin*, January.
- [64] **Parks, R.D.**, 1933 Examination and valuation of Mineral Property, *Addison-wesley Publishing Comp.*, New York.
- [65] **Naylor, T.H., Vernon, J.M and Wertz, K.L.**, 1983 "Managerial Economics, *McGraw-Hill Book Comp.*, New York.
- [66] **Meriç İ.**, 1976 "İşletmelerde riskli yatırım projelerinin değerlendirmesinde beklenen minimum gelir yüzdesinin riske göre ayarlanması ve riskli gelirlere değerce eşit risksiz gelirlerin saptanması yöntemleri", *İ.Ü. İşletme Fak. Muhasebe Enst. Dergisi*, Mayıs.
- [67] **Şenesen Ü.**, 1982 Riskli Yatırım Önerilerinin Değerlendirilmesi, *İ.T.Ü. Kütüphanesi*, İstanbul.
- [68] **Bağırkan, Ş.**, 1974 "Yatırım Kararlarında Risk Unsurunun Kullanılması", *İ.İ.T.İ.A. Dergisi*.
- [69] **Hodder, J.E., Riggs, H.E.**, 1985 "Pitfalls in Evaluating Risky Projects", *Harward Business Review*, January-February.

- [70] **Payne, J.A.**, 1982 Introduction to Simulation, *McGraw-Hill Book Comp.*, New York,
- [71] **Hiller, F.S.**, Liderman, G.S., 1967 Operation Research, Holden Day Inc., San Francisco.
- [72] **Halaç, O.**, 1982 İşletmede Simülasyon Teknikleri, *İ.Ü. Yayınları*, **No: 2936**, İstanbul.
- [73] **Hiller, F.S.**, 1963 “The Derivation of Probabilistic Information for Evaluation Pf Risky Investments”, *Management Science*, April .
- [74] **Zinn, C.D., Lesso, W.G.**, 1977 “A Probabilistic”, *The Engineering Economist*, Vol.22, **No: 4**.
- [75] **Harris, D.**, 1970 “Risk Analysis in Mineral Investment Decisions”, *AIME-Transactions*, September.
- [76] **Hertz, D.B.**, 1964 “Risk Analysis in Capital Investment”, *Harward Business Review*, January-February.
- [77] **Shamblin, J.E.** and **Stevens, G.T.**, 1974 Operational Research a Fundamental Approach, *McGraw-Hill Book Comp.*, New York.
- [78] **Sobol, I.M.**, 1974 The Monte Carlo Method, *The University of Chicago Press*, Chicago.
- [79] **Şenel, M.**, 1974 Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Planlaması ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama, *E.İ.T.İ.A. Yayınları*, **No: 110/64**, Ankara.
- [80] **Caner, G.**, 1983 “Madencilik Yatırım Projelerinde Risk Unsurunun Değerlendirilmesi”, *MRYF Konferans Metinleri*, E.T.K.B., Ankara, Ekim.
- [81] **Halaç, O.**, 1978 Kanitatif Karar Verme Teknikleri, *İ.Ü. Yayınları*, **No: 2501**, İstanbul,.
- [82] **Bratley, P., Fox, B.L., and Schrage, L.E.**, 1983 A Guide to Simulation, Springer-Verlag, New York.
- [83] **Yücel, N.**, 1973 Monte Karlo Metodu, *İ.T.Ü. Elektronik Hesap Bilimleri Enst. Yayınları*, İstanbul.
- [84] **Phillips, D. T., Ravindran, A., and Solberg, J.**, 1976 Operation Research Principles and Practice, *John Wiley and Sons*, New York.
- [85] **Unutmaz, O.**, 1982 “Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Üçgen Dağılımların Kullanılması”, *E.Ü. İ.İ.B.F Dergisi*, Aralık,.
- [86] **Gürtan, K.**, 1982 İstatistik ve Araştırma Metotları, *İ.Ü. Yayınları*, **No: 2941**, İstanbul.
- [87] **Yüzer, F.**, 1981 İşletme Yönetiminde Kar-Zarar Bütçesine Olasılıklı Yaklaşım, *E.İ.T.İ.A. Yayınları*, **No: 233/157**, Eskişehir.

- [88] **Charlisle, D.**, 1953 "Maximum Total Recovery Through Mining High-grade and Low-grade Ore Together is Economically Sound", *CIM Bulletin*, January.
- [89] **Bayar, D.**, 1970 "Maliyetlerin Hesaplanmasında Rizikonun Önemi" *E.İ.T.İ.A. Dergisi*, Ocak.
- [90] **Ross-Watt, D., Mackenzie, B.**, 1979 "A Mining Project Evaluation Technique Incorporating of Uncertainty", *Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry* (Ed. By T.J. O'Neil), AIME, New York.
- [91] **Kaplan, S., Barish, N.N.**, 1967 "Decision-making Allowing for Uncertainty of Future Investment Opportunities" *Management Science*, Vol.13, **No: 10**, June.
- [92] **Francis, J.C.**, 1976 "Investments: Analysis and Management" *McGraw-Hill Book Comp.*, New York.
- [93] **Archer, S.H.**, D'ambrosio, C.A., 1966 Business Finance: Theory and Management, *The Macmillan Comp.*, New York.
- [94] **Dran, J.J.**, 1975 "Technique of Risk Analysis Especially Suitable for The Small Miner", AIME-Transactions, September.
- [95] **Archer, S.H.**, 1970 "The Structure of Management Decision Theory", *Information for Decision Making*, (Ed. By A. Rappaport), Prentice-Hall, New Jersey.
- [96] **Var, T.**, 1971 "Yatırım Projeleri ve Belirsizlik", *Madencilik Dergisi*, Ocak.
- [97] **Cooley, P.L., Roenfeldt, R.L., Modani, N.K.**, 1977 "Interdependence of Market Risk Measures", *Journal of Bussiness*, July.
- [98] **Meriç, İ.**, 1978 "İşletmelerde Yatırım Kararı", *ODTÜ Gelişme Dergisi*, Cilt:4, **Sayı: 21**.
- [99] **Gürtan, K.**, 1982 "İstatistik ve Araştırma Metotları, *İ.Ü. İşletme Fak. Yayınları*, **No: 131**, İstanbul.
- [100] **Chou, Y.**, 1963 Applied Business and Economic Statistic, Holt, Rinehart and Winston Inc., New York.
- [101] **Holland, F.A., Watson, F.A. and Wilkinson, J.K.**, 1974 "Probability Techniques for Estimates of Profitability" *Chemical Engineering*, January, **7**.
- [102] **Holland, F.A., Watson, F.A. and Wilkinson, J.K.**, 1973 "Statistical Techniques Improve Decision-Making", *Chemical Engineering*, December **24**.
- [103] **Hayes, R.H.**, 1975 "Incorporating Risk Aversion into Risk Analysis", *The Engineering Economist*, Vol.20, **No: 2**.
- [104] Metal Madenler Alt Komisyonu Boksit Çalışma Grubu Raporu, 2001 *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Raporu*, Ankara.
- [105] **Öztürk, H., Hanaçlı, N.**, 1999 Doğanlı ve Mertaş Boksit Yatağının Jeolojisi Ve Sülfürlü Zonların Özellikleri Orta Toroslar, *MTA Dergisi* Türkiye.

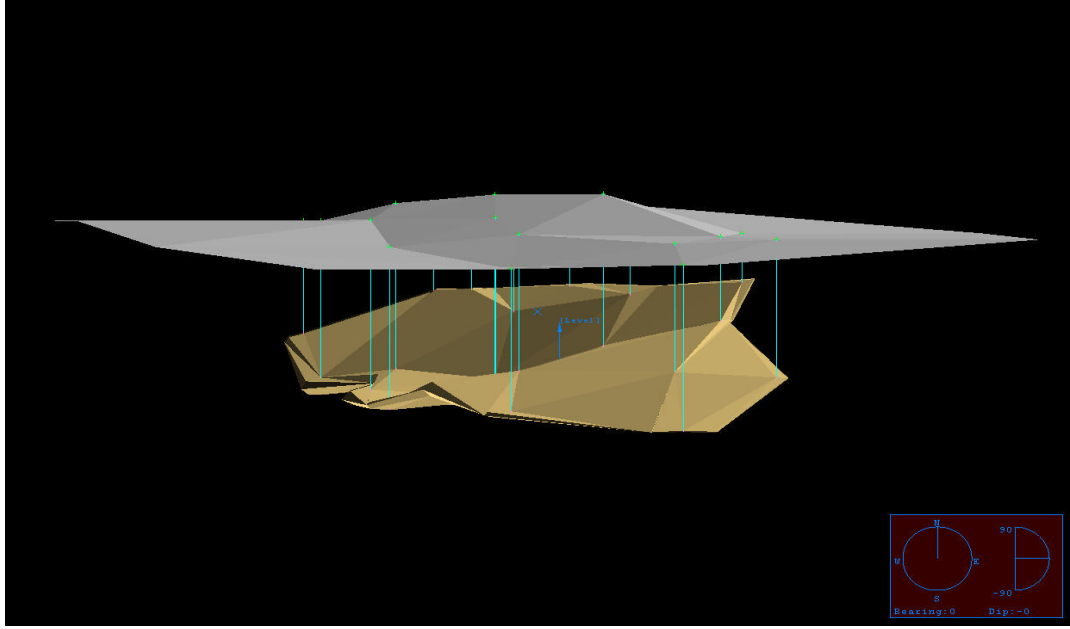
- [106] **Tümen, T.**,2003 Dünyada ve Türkiyede Birincil Alüminyum Üretiminde Hammadde Rezervleri, *II Alüminyum Sempozyumu*, Mayıs.
- [107] 2007 *U.S. Geological Survey, Minerals Information.*
- [108] *Crowson P.; 1998-1999 Minerals Handbook.*
- [109] USGS, Mineral Industry Surveys, 2002 Annual Review and World mineral production 1999-2003.
- [110] **O'Hara, A., Suboleski, C.**, 1988 Mining Engineering Handbook,.
- [111] <http://www.westtermine.com/westermine/metcost.htm>.
- [112] <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bauxite/bauximcs07.pdf>
- [113] [http://www.dollardaze.org/blog/?pages\\_id=78](http://www.dollardaze.org/blog/?pages_id=78)



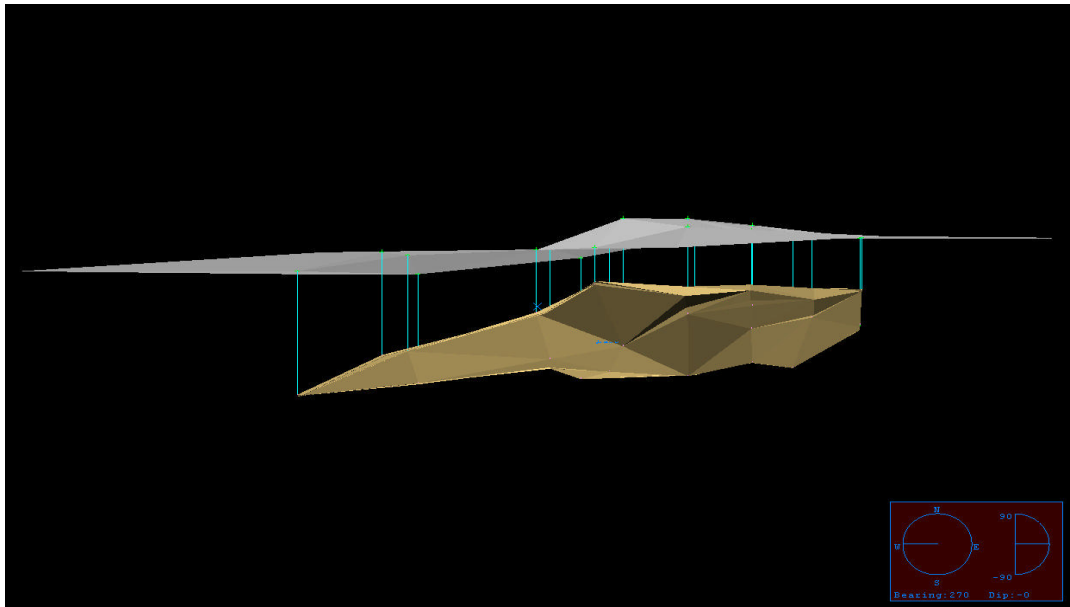
## EKLER

### EK A

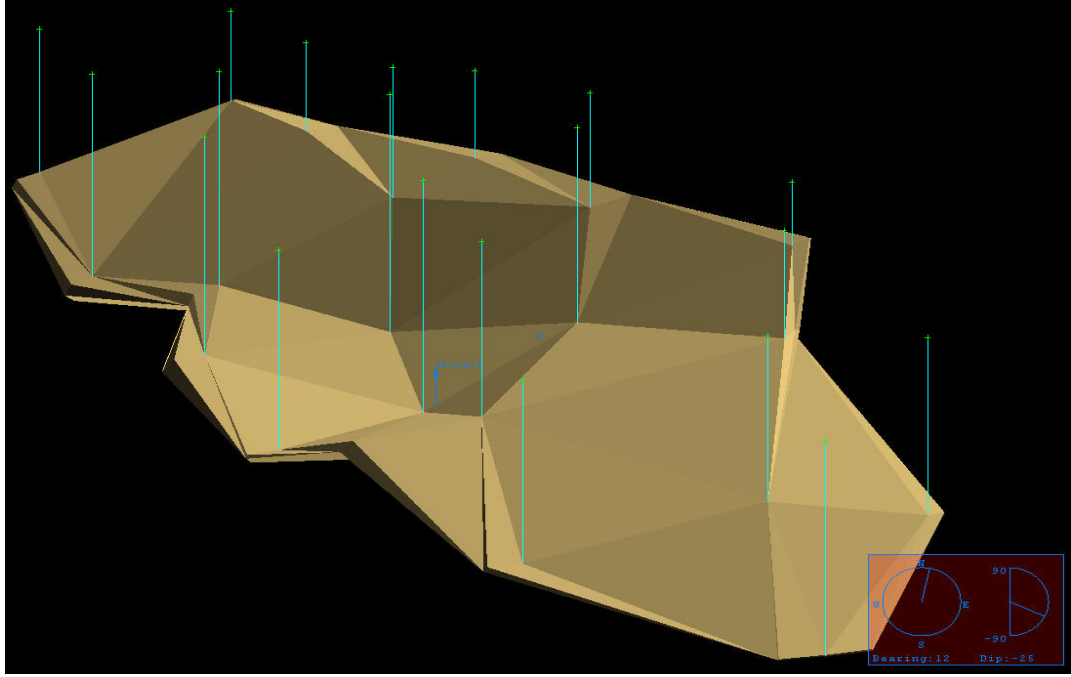
**Şekil A1:** Doğankuzu Boksit yatağının üç boyutlu görüntüsü (Kuzey-Güney)



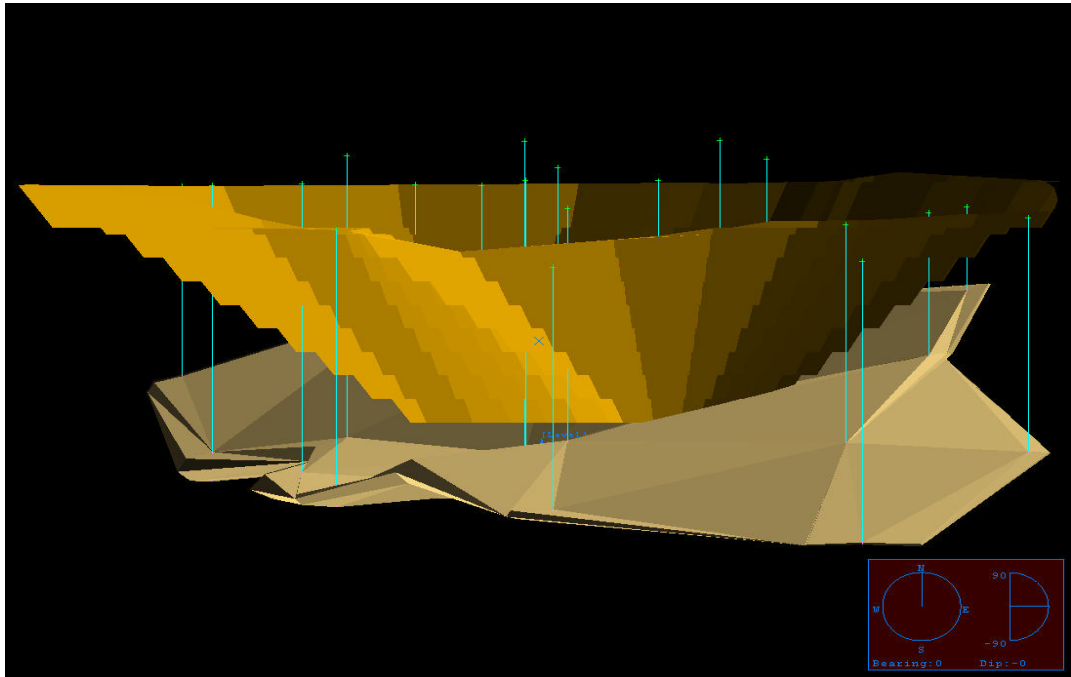
**Şekil A2:** Doğankuzu Boksit yatağının üç boyutlu görüntüsü (Doğu-Batı)



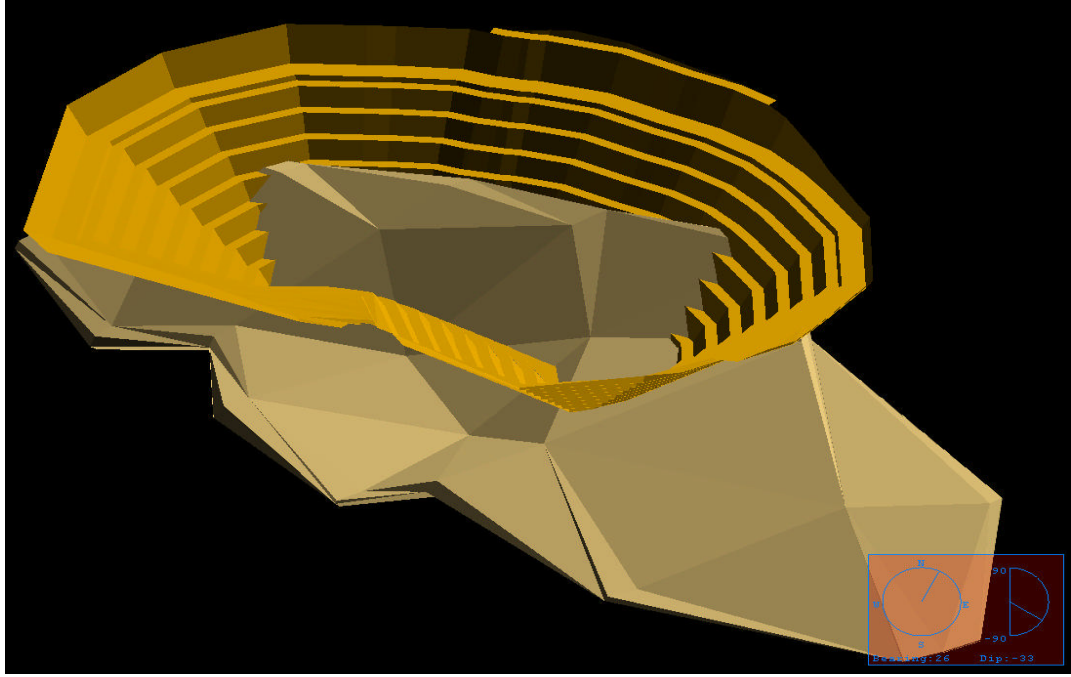
**Şekil A3:** Doğankuzu Boksit yatağının üç boyutlu cevher bloğu



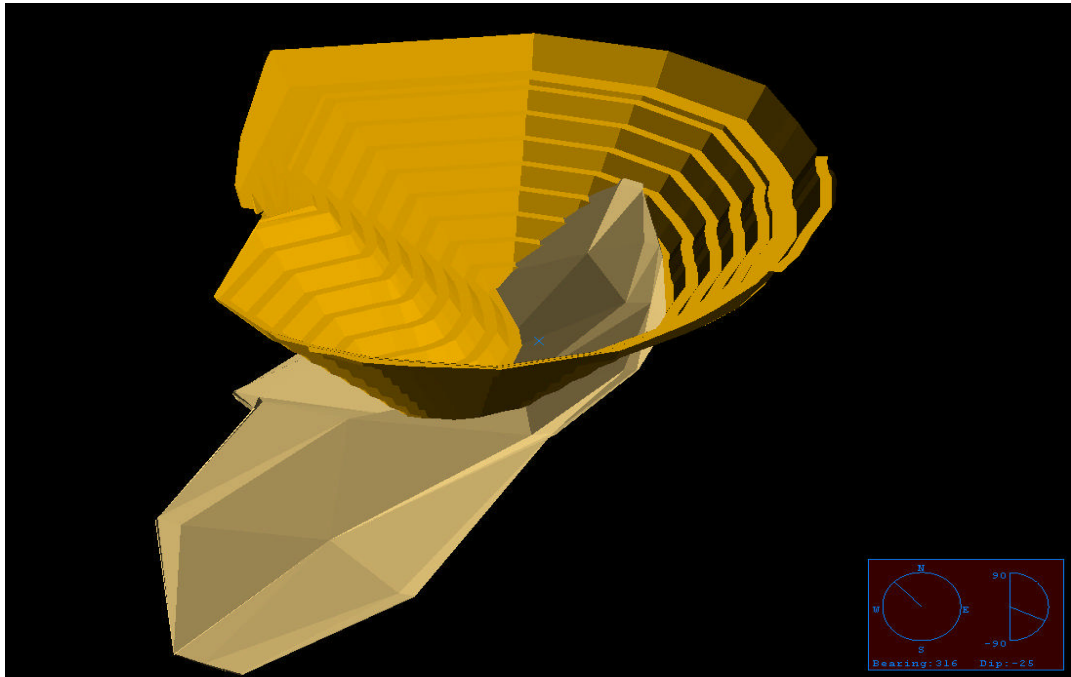
**Şekil A4:** Doğankuzu Boksit yatağı ve kısmi açık işletme (1)



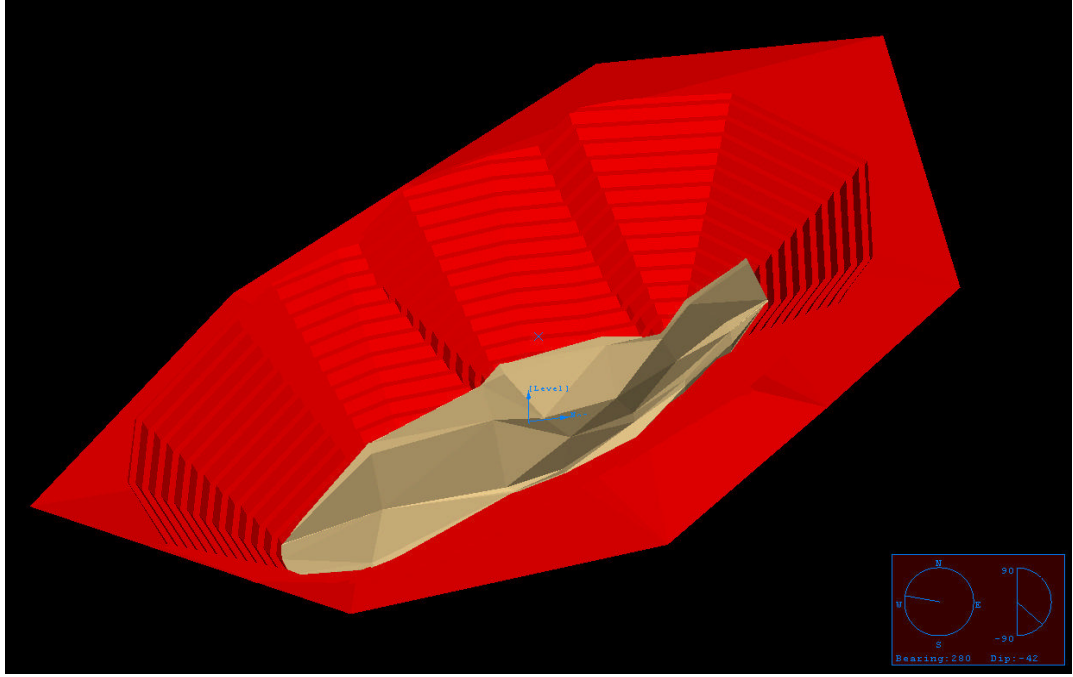
**Şekil A5:** Doğankuzu Boksit yatağı ve kısmi açık işletme (2)



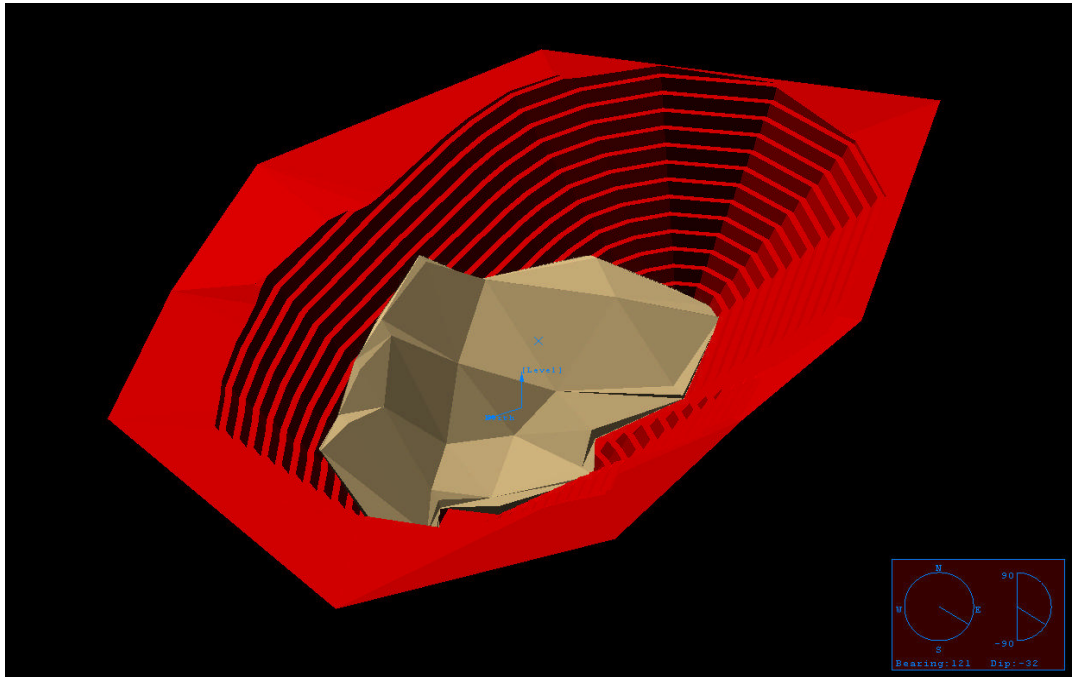
**Şekil A6:** Doğankuzu Boksit yatağı ve kısmi açık işletme (3)



**Şekil A7:** Doğankuzu Boksit yatağı açık işletme nihai sınırı (1)

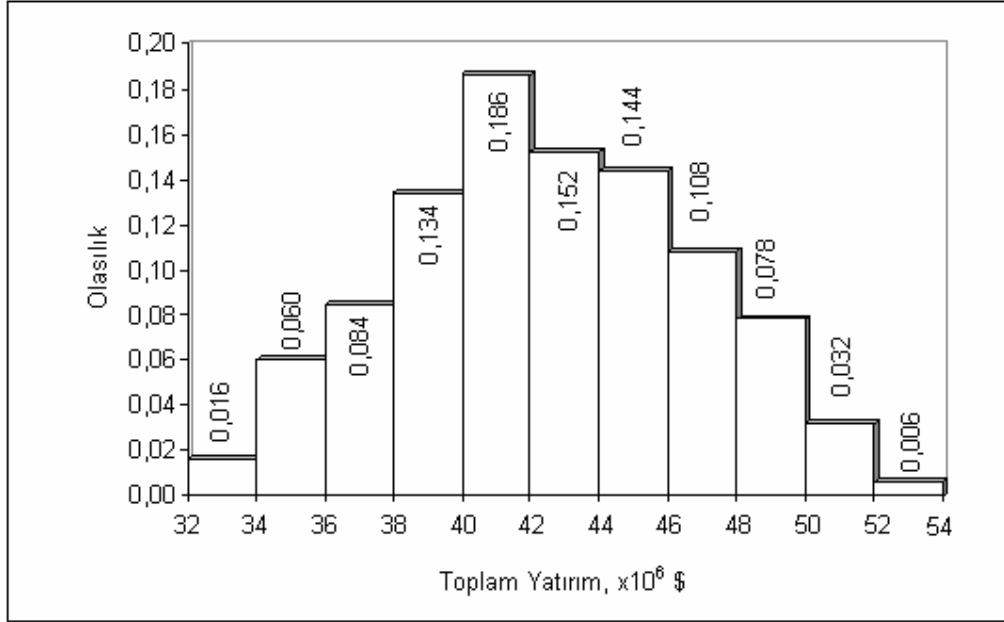


**Şekil A8:** Doğankuzu Boksit yatağı açık işletme nihai sınırı (2)

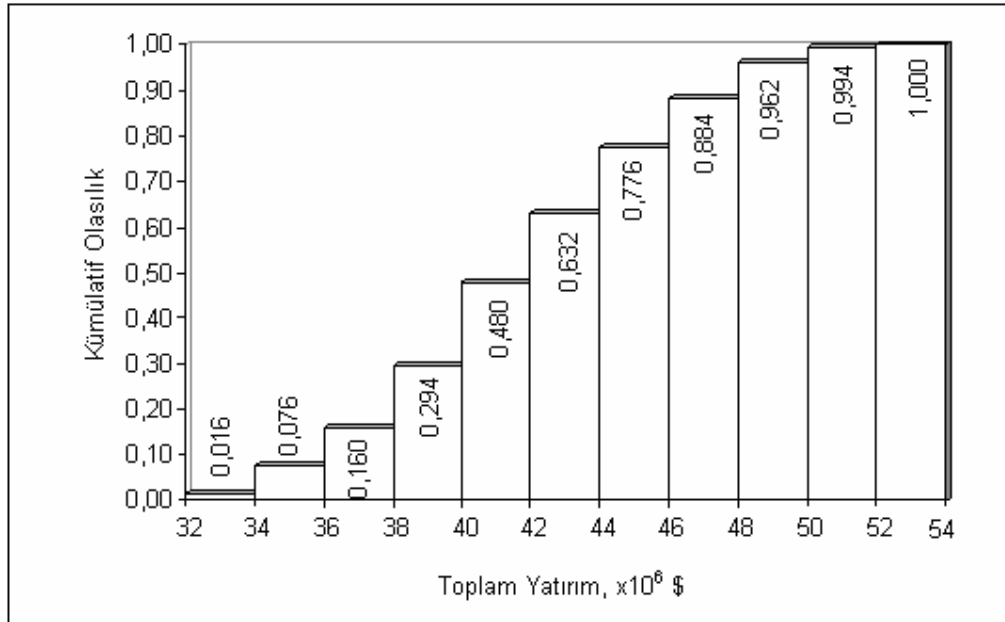


## EK B

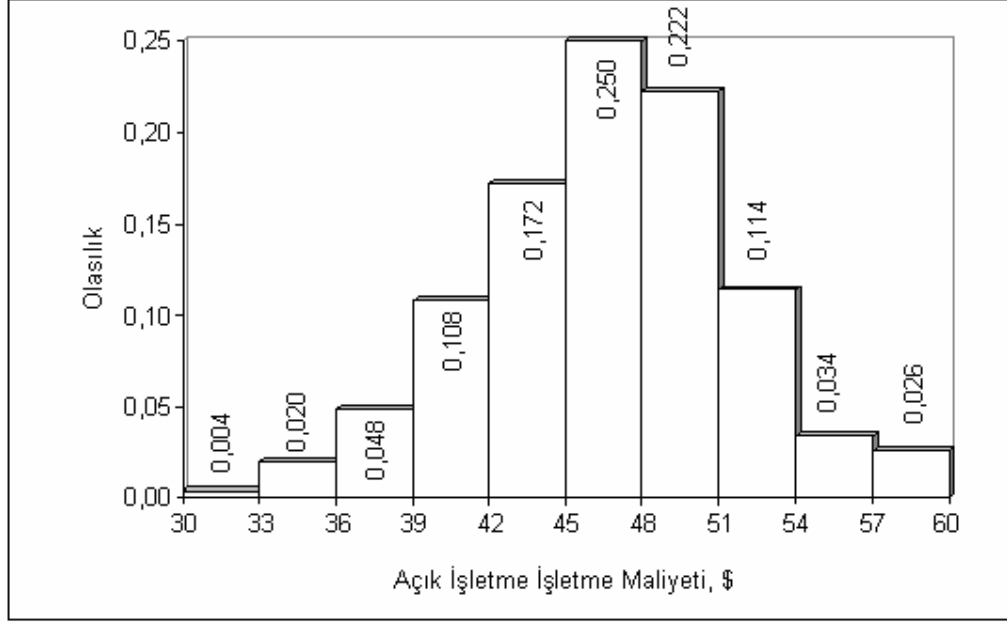
**Şekil B1:** %100 özsermaye kullanılması durumunda Toplam Yatırım Tutarı değerlerinin dağılımına ait histogram



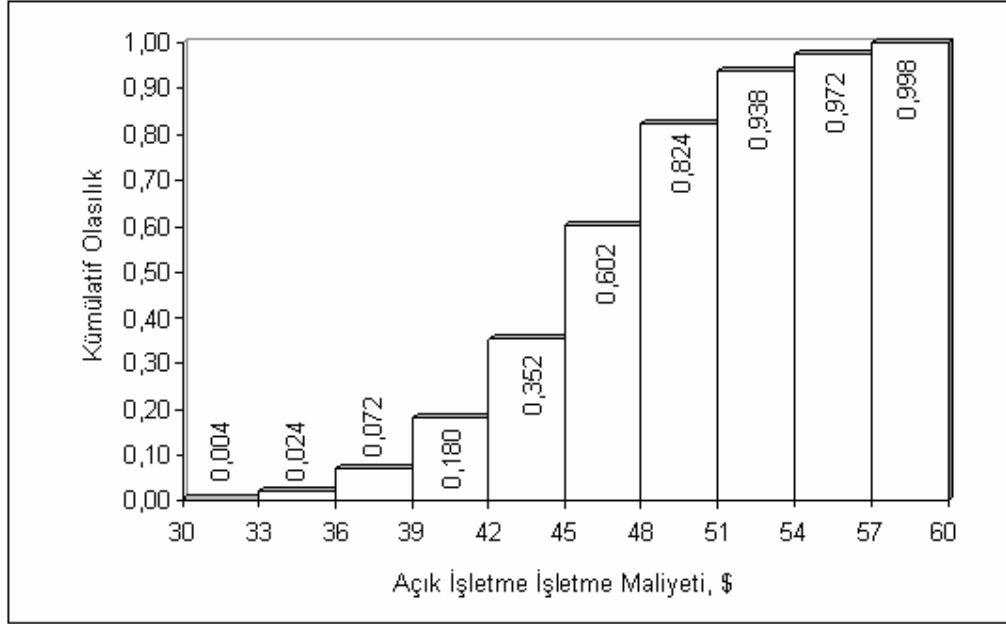
**Şekil B2:** %100 özsermaye kullanılması durumunda Toplam Yatırım Tutarı değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram



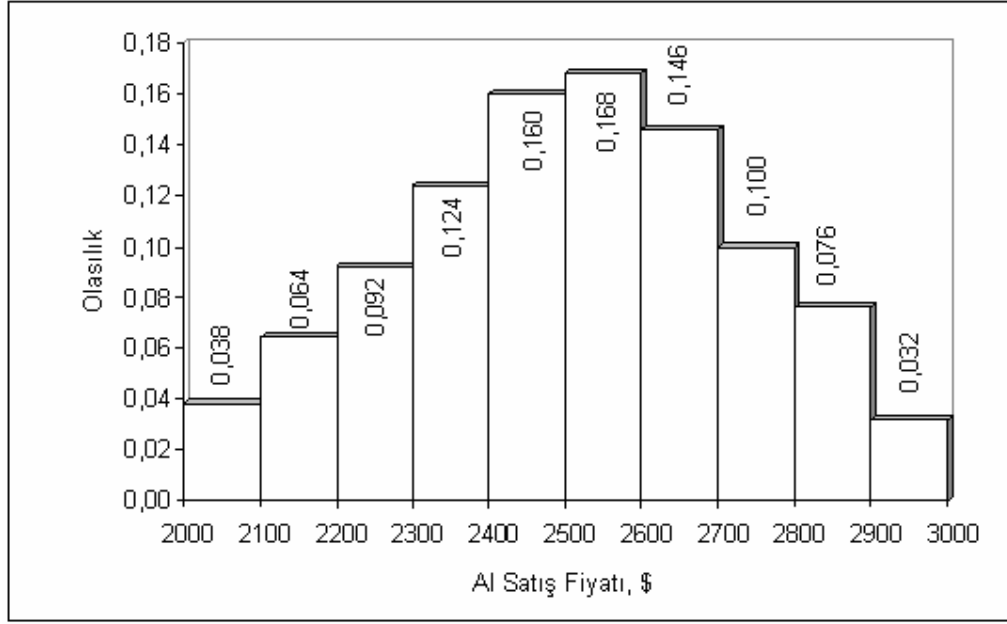
**Şekil B3:** %100 özsermaye kullanılması durumunda Açık İşletme, İşletme Maliyeti değerlerinin dağılımına ait histogram



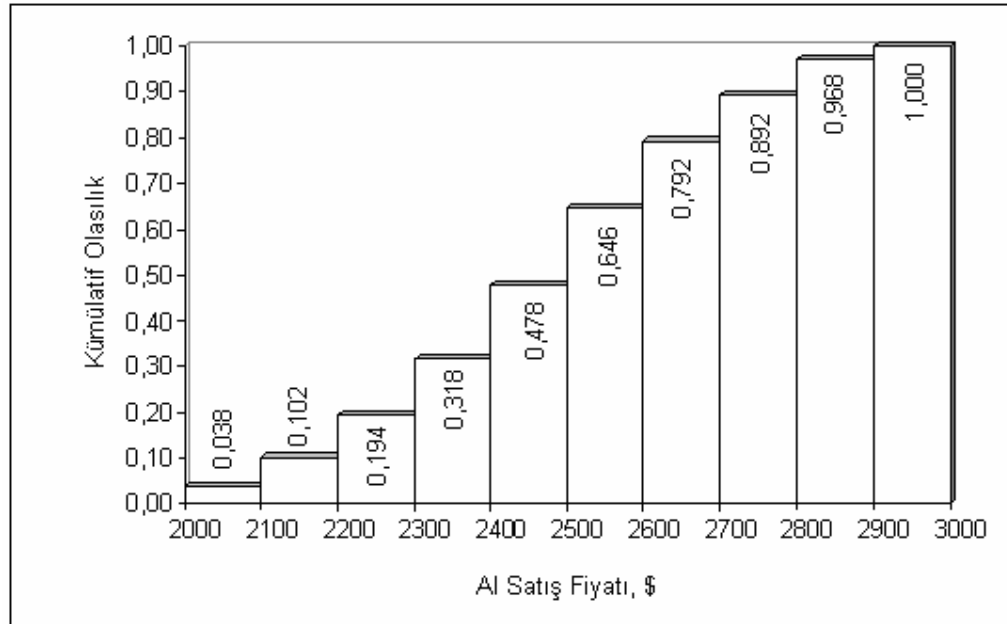
**Şekil B4:** %100 özsermaye kullanılması durumunda Açık İşletme, İşletme Maliyeti değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram



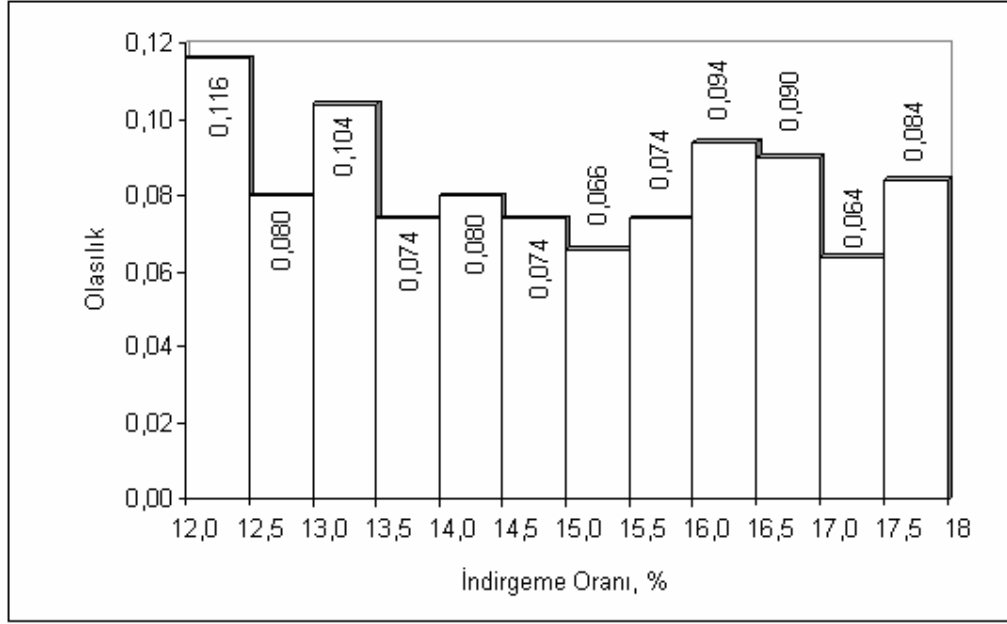
**Şekil B5:** %100 özsermaye kullanılması durumunda Alüminyum Metali Satış Fiyatı değişimlerinin dağılımına ait histogram



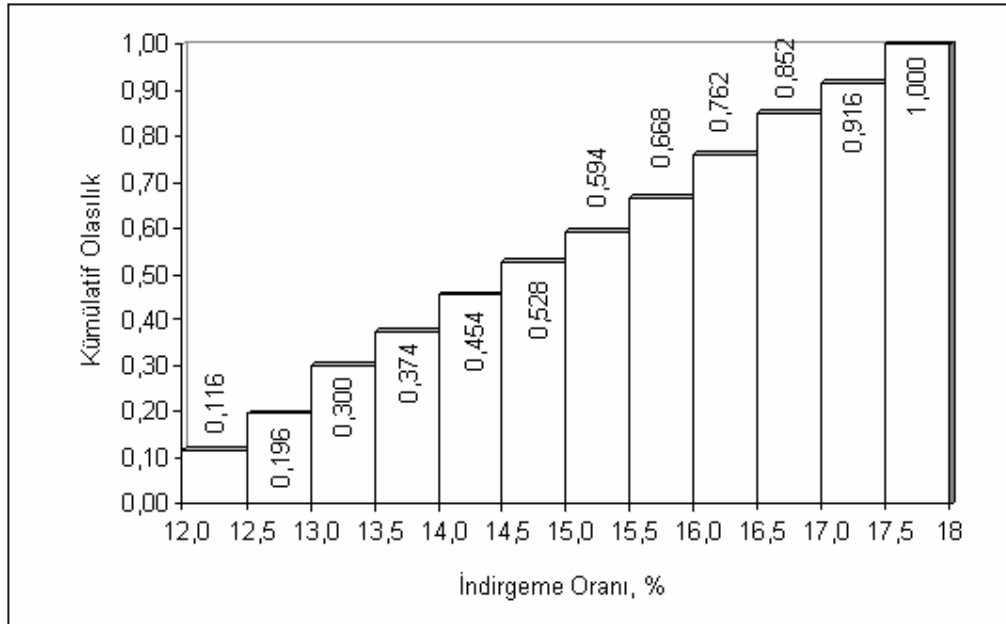
**Şekil B6:** %100 özsermaye kullanılması durumunda Alüminyum Metali Satış Fiyatı değişimlerinin dağılımına ait kümülatif histogram



**Şekil B7:** %100 özsermaye kullanılması durumunda İndirgeme Oranlarının dağılımına ait histogram



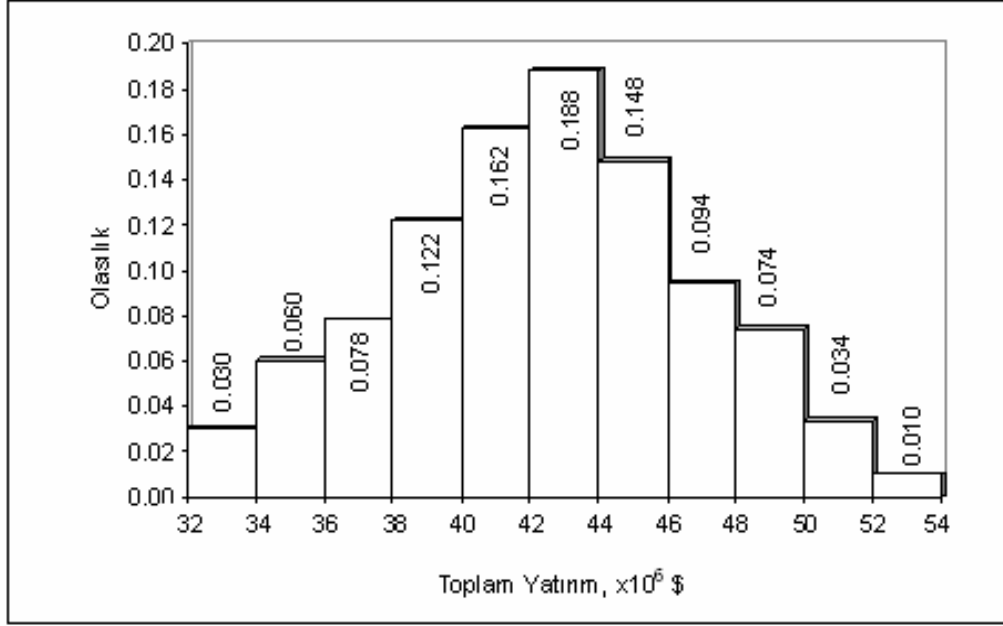
**Şekil B8:** %100 özsermaye kullanılması durumunda İndirgeme Oranlarının dağılımına ait kümülatif histogram



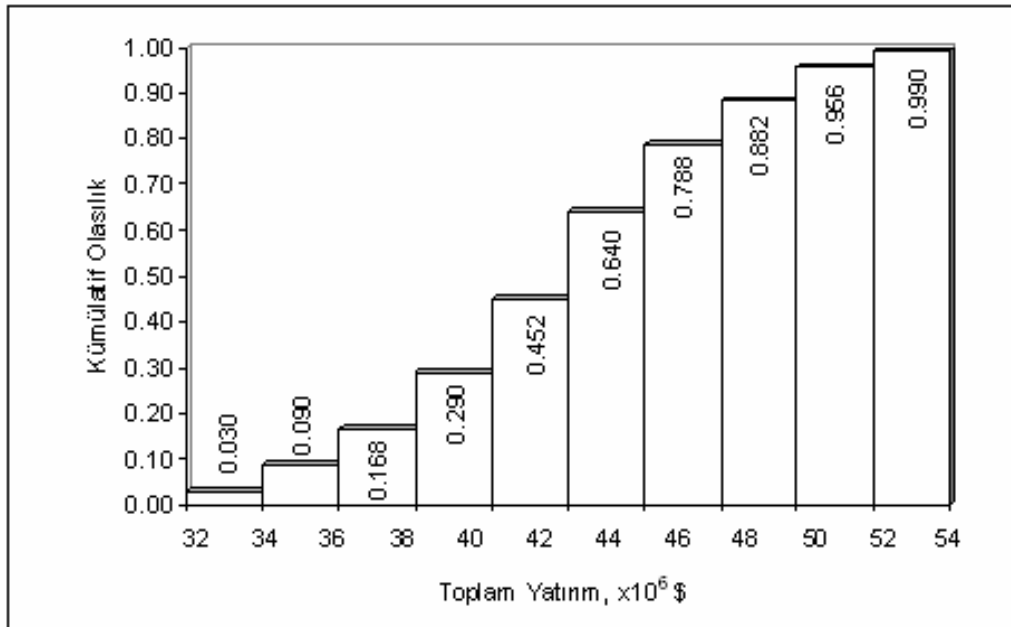


## EK C

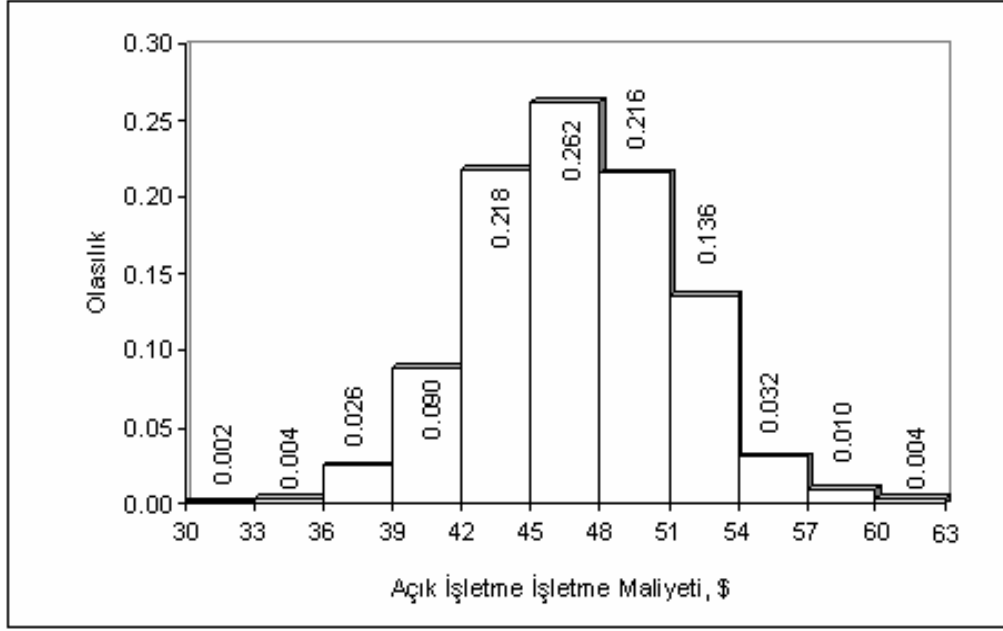
**Şekil C1:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda Toplam Yatırım Tutarı değerlerinin dağılımına ait histogram



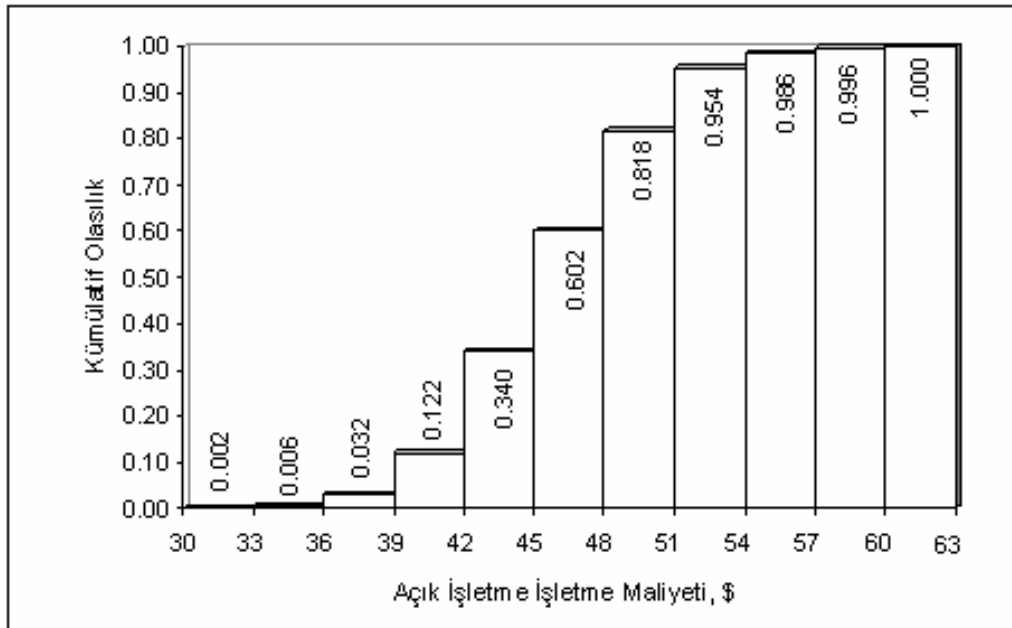
**Şekil C2:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda Toplam Yatırım Tutarı değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram



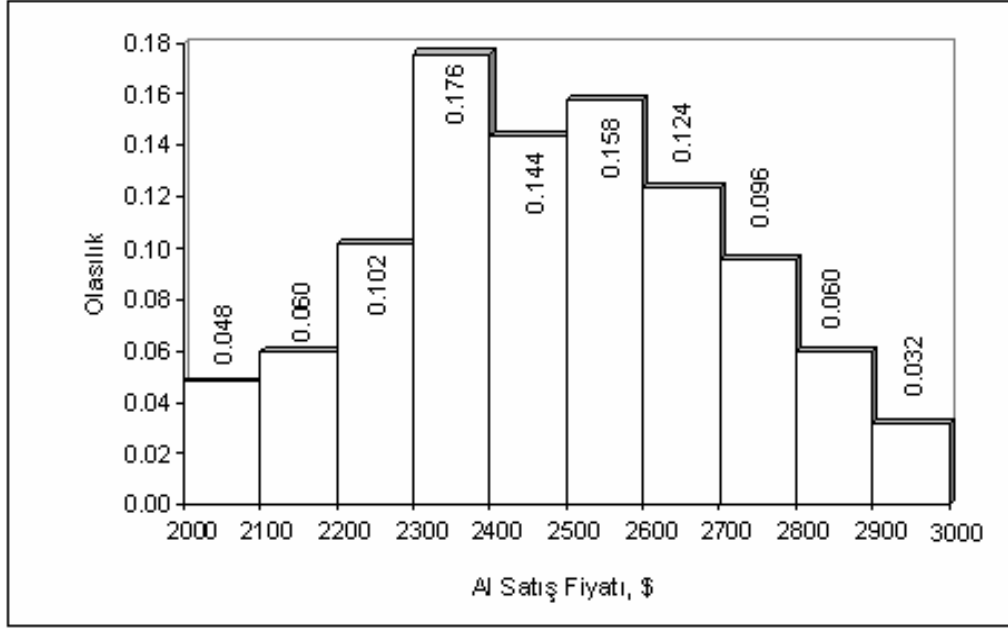
**Şekil C3:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda Açık İşletme, İşletme Maliyeti değerlerinin dağılımına ait histogram



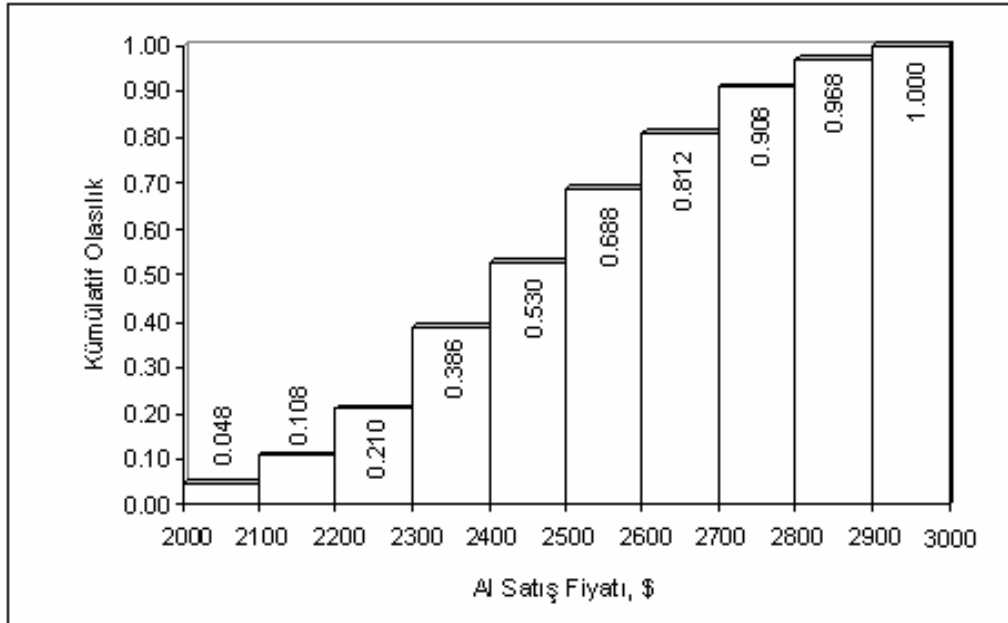
**Şekil C4:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda Açık İşletme, İşletme Maliyeti değerlerinin dağılımına ait kümülatif histogram



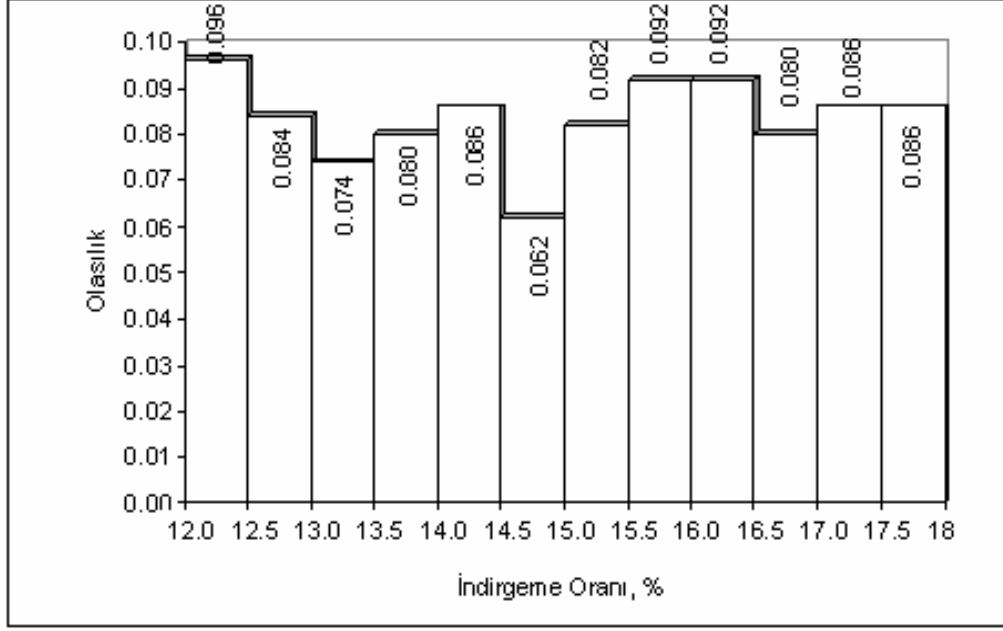
**Şekil C5:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda Alüminyum Metali Satış Fiyatı değişimlerinin dağılımına ait histogram



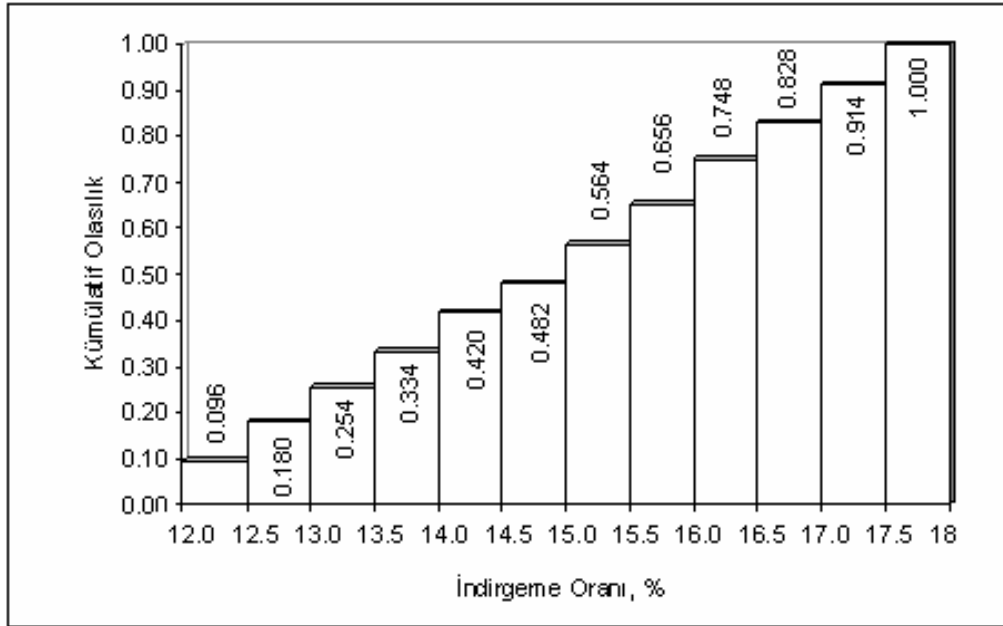
**Şekil C6:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda Alüminyum Metali Satış Fiyatı değişimlerinin dağılımına ait kümülatif histogram



**Şekil C7:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda İndirgeme Oranlarının dağılımına ait histogram



**Şekil C8:** %50 özsermaye + %50 banka kredisi kullanılması durumunda İndirgeme Oranlarının dağılımına ait kümülatif histogram



## **ÖZGEÇMİŞ**

Dilek Ülgen, 1981 yılında İstanbul'da doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimlerini yine İstanbul'da tamamladıktan sonra 1999 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği bölümüne girmiştir. Buradan 2004 yılında Maden Mühendisi olarak mezun olmuş ve yine aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği, Maden İşletme Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Şu an mezuniyet aşamasında olan Ülgen, çok iyi derecede İngilizce bilmektedir.