

MADENCİLİK YATIRIM KARARLARINDA
RISK ANALIZI
VE SINIR TENDİR UYGULAMASI

Adnan KONUK /

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof.Dr. Musa ŞENEL

Nisan-1988

Adnan Konuk'un DOKTORA tezi olarak hazırladığı "MADENCİLİK YATIRIM KARARLARINDA RISK ANALIZI VE SINIR TENÖR UYGULAMASI" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.5.5.1988

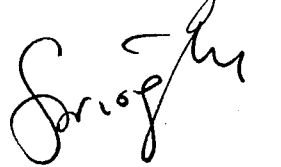
Başkan: Prof.Dr. Musa ŞENEL



Üye : Doç.Dr. Rifat BOZKURT



Üye : Doç.Dr. Ergin ARIOĞLU



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun : 9 .MAYIS. 1988
gün ve ...177/2... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü



Prof.Dr. Rüstem Kaya

ÖZET

Bu çalışmada öncelikle, madencilik yatırımlarının özellikleri, madencilik yatırım evreleri ve taşıdıkları risklerin ele alınmasından sonra, madencilik yatırım kararlarını etkileyen karar değişkenleri ve parametreler analiz edilmektedir.

Madencilik yatırım proje önerilerinin değerlendirilmesinde belirlilik, risk ve belirsizlik ortamlarında kullanılan yöntemler ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

Madencilik yatırımlarının riskliliğinde doğal, teknolojik, ekonomik ve politik belirsizliklerin etkileri açıklandıktan sonra, karar vericinin kontrol edebildiği önemli karar değişkenlerinden olan üretim kapasitesi ve sınır tenörün etkileri araştırılmaktadır. Ayrıca, bu etkilerin ölçülmesinde kullanılan risk ölçütleri tanıtılmaktadır.

Madencilik yatırımlarının riskliliğinde, sınır tenör kararlarının etkilerinin araştırılması amacıyla yapılan uygulama çalışmasında, Etibank Gümüşköy 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi sondaj ve proje verileri kullanılmıştır. Öncelikle, maden yatağının rezerv-tenör dağılımı ve sınır tenör ilişkileri araştırılmış, bunlara bağlı olarak saptanan sınır tenör seçenekleri için statik ve dinamik optimizasyonlar yapılmıştır. Monte Carlo benzetim yöntemi temelinde geliştirilen risk analiz modeli ile de sınır tenör kararlarının yatırım riskliliğine etkileri ölçülmüştür. Bu uygulama çalışmaları sonucunda, risk ölçütlerinden beklenen değer, varyasyon katsayısı ve çeyrek varyasyon katsayısı ile yapılacak değerlendirmelerin, sınır tenör kararlarının yatırım riskliliğine etkilerinin ölçülmesinde daha kullanışlı olduğu, dinamik optimizasyonla elde edilen kararlar diziliminin daha az risk içerdiği saptanmıştır.

SUMMARY

In this study firstly, having studied the properties of mining investments, mining investment stages and their risks, decision variables and parameters which affect mining investment decisions have been analysed.

The methods used under conditions of certainty, risk and uncertainty in evaluation mining investment project propositions have been dealt with in details. Having explained the effects of natural, technological, economical and political uncertainties in risk of mining investment, the effects of production capacity and cut-off grade which are important decision variables that can be controlled by decision maker have been investigated. Apart from this, the risk criteria used in the measurement of these effects have been exhibited.

In this study of application which was conducted for the investigation of the effects of cut-off grade decisions in mining investment risk, the drilling and project data of Etibank Gümüşköy 100.Year Silver Mining Company have been used. Firstly, the distribution of reserv-grade of the deposit and cut-off grade relationships have been investigated. In relation to these, static and dynamic optimisations have been made for cut-off grade alternatives. The effects of the decision of cut-off grades have been measured by risk analysis model based on Monte Carlo Simulation Method. At the end of application studies, it has been determined that evaluations which will be made by using expected value, variation coefficient and quartile variation coefficient from risk criteria are more useful in measuring the effects of cut-off grade to investment risk. It has also been determined that the decisions policy which are obtained from dynamic optimisation are less risky.

TEŞEKKÜR

Doktora tezi olarak hazırladığım bu çalışmanın başlangıcından yazımına kadar tüm aşamalarda değerli ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Musa Şenel'e, ilgi ve desteklerini gördüğüm Sayın Hocam Doç. Dr. Rıfat Bozkurt'a, çalışmanın uygulama verilerinin sağlanmasında yardımcı olan Etibank Genel Müdürlüğü'nden başmühendis Sayın Yusuf Koçak'a, Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmeleri Müessesesi Teknik Müdür Yardımcısı Sayın Refik Apul ve Etüd-plan-proje başmühendisi Sayın Recai Eraslan'a, şekillerin çiziminde titiz çalışmalarıyla yardımcı olan Zeliha Pehlivan'a, çalışmalarımı sabırla destekleyen ve yazım aşamalarında yardımcı olan eşim Gülsen Konuk'a içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
2. MADENCİLİKTE YATIRIM KARARLARI	5
2.1. Yatırım Kavramı	5
2.2. Yatırım Kararları ve Önemi	5
2.3. Madencilik Yatırımlarının Özellikleri	6
2.4. Madencilikte Yatırım Evreleri ve Taşıdıkları Risk	9
2.4.1. Maden arama	9
2.4.2. Araştırma ve değerlendirme	10
2.4.3. Hazırlık ve tesis kurma	11
2.4.4. Üretim evresi	14
2.5. Madencilik Yatırım Kararlarını Etkileyen Karar Değişkenleri ve Parametreler	15
2.5.1. Kontrol edilebilen karar değişkenleri .	16
2.5.1.1. Bağımsız kontrol edilebilen değişkenler	16
2.5.1.2. Bağımlı kontrol edilebilen değişkenler	22
2.5.2. Kontrol edilemeyen karar değişkenleri .	27

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3. MADEN YATIRIM PROJE ÖNERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	35
3.1. Belirlilik Ortamında Yatırım Projelerini Değerlendirme Yöntemleri	37
3.1.1. Ortalama karlılık oranı	39
3.1.2. Geri ödeme süresi	40
3.1.3. Net bugünkü değer	41
3.1.4. Fayda-maliyet oranı	43
3.1.5. İç karlılık oranı	44
3.2. Risk ve Belirsizlik Ortamında Yatırım Projelerini Değerlendirme Yöntemleri	46
3.2.1. Hoskold yöntemi	47
3.2.2. Riske ayarlanmış indirgeme oranı	49
3.2.3. Belirlilik eşdeğeri yöntemi	51
3.2.4. Benzetim yöntemi	52
3.2.4.1. Benzetimin tanımı ve özellikleri	52
3.2.4.2. Monte Carlo benzetimi ile risk analizi	54
3.2.4.3. Monte Carlo benzetiminin yapısı	56
3.2.4.4. Benzetim örnekleme boyutu	65
3.2.4.5. Benzetim örnekleme sonuçlarının değerlendirilmesi	66
4. MADENCİLİK YATIRIM KARARLARINDA RISKİN ETKİLERİ VE ÖLÇÜLMESİ	69
4.1. Madencilik Yatırımlarının Riskliliğinde Etkili Olan Belirsizlik Kaynakları	70
4.1.1. Doğal belirsizlikler	71
4.1.2. Teknolojik belirsizlikler	72

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.1.3. Ekonomik belirsizlikler	73
4.1.4. Politik belirsizlikler	76
4.2. Madencilik Yatırımlarının Riskliliğinde Karar Değişkenlerinin Etkileri	77
4.3. Riskin Ölçülmesi	84
4.3.1. Beklenen değer, standart sapma ve değişkenlik katsayısı	87
4.3.2. Çarpıklık ve basıklık katsayısı	90
4.3.3. Çeyrek varyasyon katsayısı	92
4.3.4. Genişlik	93
4.3.5. Risk profili	94
5. SINIR TENÖR KARARLARI	100
5.1. Tenör Kavramı	100
5.2. Sınır Tenör Kavramları	100
5.2.1. Teknolojik sınır tenör	101
5.2.2. Jeolojik sınır tenör	101
5.2.3. Ekonomik sınır tenör	102
5.3. Rezerv-Tenör Dağılımları ve Sınır Tenör İlişkileri	104
5.3.1. Lognormal dağılımın özellikleri	106
5.3.2. Sınır tenör ilişkileri	108
5.3.2.1. Sınır tenör - tonaj(rezerv) ilişkisi	108
5.3.2.2. Sınır tenör - ortalama tenör ilişkisi	109
5.3.2.3. Sınır tenör - metal oranı ilişkisi	111
5.3.3. Sınır tenör ilişkilerini etkileyen işletme kısıtları	112

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
5.4. Sınır Tenör Optimizasyonu	112
5.4.1. Statik sınır tenör optimizasyonu	113
5.4.2. Dinamik sınır tenör optimizasyonu	115
5.4.2.1. Dinamik programlama kavramları	117
5.4.2.2. Dinamik programlama modeli ...	119
6. MADENCİLİK YATIRIMLARININ RİSKLİLİĞİNDE SINIR TENÖR KARARLARININ ETKİLERİNİN ÖLÇÜLMESİ (UYGULAMA DENEMESİ)	130
6.1. Rezerv-Tenör Dağılımının Araştırılması	131
6.1.1. LOGNORM programının tanıtımı	132
6.1.1.1. Değişken ve parametreler	132
6.1.1.2. LOGNORM programının işleyişi ve akış diyagramı	133
6.1.2. LOGNORM programının işletilmesi	136
6.1.2.1. Verilerin okutulması	136
6.1.2.2. Çıktılar ve yorum	137
6.2. Sınır Tenör ilişkilerinin Araştırılması	140
6.2.1. SINTEN programının tanıtımı	141
6.2.1.1. Değişken ve parametreler	141
6.2.1.2. SINTEN programının işleyişi ve akış diyagramı	143
6.2.2. SINTEN programının işletilmesi	147
6.2.2.1. Verilerin okutulması	147
6.2.2.2. Çıktılar ve yorum	147
6.3. Statik Sınır Tenör Optimizasyonu	150
6.3.1. SINTEOP programının tanıtımı	151
6.3.1.1. Değişken ve parametreler	151
6.3.1.2. SINTEOP programının işleyişi ve akış diyagramı	153

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
6.3.2. SINTEOP programının işletilmesi	156
6.3.2.1. Verilerin okutulması	156
6.3.2.2. Çıktılar ve yorum	158
6.4. Dinamik Sınır Tenör Optimizasyonu	161
6.4.1. DINAM programının tanıtımı	161
6.4.1.1. Değişken ve parametreler	162
6.4.1.2. DINAM programının işleyişi ve akış diyagramı	163
6.4.2. DINAM programının işletilmesi	165
6.4.2.1. Verilerin okutulması	165
6.4.2.2. Çıktılar ve yorum	165
6.5. Yatırım Riskliliğinde Sınır Tenör Kararlarının Etkilerinin Ölçülmesi	168
6.5.1. Risk analizi benzetim modelinin kurulması	168
6.5.1.1. Değişken ve parametrelerin saptanması	169
6.5.1.2. Kontrol edilemeyen dışsal değişkenlerin olasılık dağı- lımlarının belirlenmesi	172
6.5.1.3. Rassal sayıların elde edilmesi	180
6.5.1.4. Değişkenlerin rassal örnek- lenmesi	181
6.5.1.5. Değişkenler arası ilişkiler ..	184
6.5.1.6. NBD karlılık ölçütü olasılık dağılım parametrelerinin belirlenmesi	187
6.5.2. Modelin işleyişi ve akış diyagramı	188
6.5.3. Modelin çözümü	190

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
6.5.3.1. Verilerin okutulması	190
6.5.3.2. Çıktılar ve yorum	193
7. SONUÇLAR	204
KAYNAKLAR DİZİNİ	208

EKLER

1. Rezerv-tenör dağılımını araştırmak amacıyla geliştirilen bilgisayar programı (LOGNORM).
2. LOGNORM'un işletilmesi için gerekli verileri hazırlayan yardımcı bilgisayar programı (ADAT).
3. Sınır tenör ilişkilerini araştırmak ve statik sınır tenör optimizasyonu için geliştirilen bilgisayar programı (SINTEOP).
4. Dinamik sınır tenör optimizasyonu için geliştirilen bilgisayar programı (DINAM).
5. DINAM'ın işletilmesi için gerekli verileri hazırlayan yardımcı bilgisayar programı (DINA).
6. Risk analizi benzetim modeli bilgisayar programı (RISK).
7. Statik sınır tenör karar seçenekleri için elde edilen risk analizi sonuçları.
8. Statik ve dinamik optimizasyon kararları için elde edilen risk analizi sonuçları.

DZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Yeraltı ve açık işletme projelerinde üretim kapasitesine bağlı olarak yatırım giderlerinin değişimi	12
2.2. Açık işletme linyit madenciliğinde üretim kapasitesi, dekapaj oranı ve toplam yatırım miktarı ilişkisi	13
2.3. Üretim kapasitesi ile bugünkü değer oranı arasındaki ilişki	17
2.4. Üretim kapasitesi ile birim üretim giderleri arasındaki ilişki	17
2.5. Sınır tenör ile toplam karların bugünkü değeri arasındaki ilişki	20
2.6. Sınır tenör ile cevher rezerv(tonaj) oranı arasındaki ilişki	20
2.7. Bir açık işletme madeni için metal satış fiyatları ile optimum sınır tenör arasındaki ilişki .	21
2.8. Sınır tenör ile dekapaj oranı arasındaki fonksiyonel ilişki	24
2.9. Değişken birim maliyetler (X) ile kapasite (K) arasındaki fonksiyonel ilişkiler	25
3.1. Üçgen dağılımın parametreleri	61
3.2. Benzetim örnekleme boyutuna bağlı olarak rassal standart normal değerleri hesaplayan yöntemler için gerekli bilgi işlem süreleri	64
4.1. Üretim kapasitesi ile madenin tükenme ömrü arasındaki ilişki	78
4.2. Yıllık nakit akımlarını etkileyen X değişkeninin tahmini ile ilgili belirsizliğin (σ) zaman ile değişimi	79
4.3. Birim ve toplam üretim giderlerinin üretim kapasitesi ile ilişkisi	80

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.4. Sınır tenör ile işletilebilir cevher rezervi ve ortalama tenör ilişkisi	81
4.5. Sınır tenör ile madenin tükenme ömrü ve dekapaj miktarı ilişkisi	81
4.6. Dekapaj oranı ile toplam yatırım giderleri ve birim işletme giderleri arasındaki ilişki	82
4.7. Risk profillerinin iki ayrı görünümü	95
4.8. A ve B yatırım seçeneklerinin IKO risk profilleri	96
4.9. A ve B yatırım seçeneklerinin IKO'ları risk profillerinin normal olasılık kağıdındaki görünümleri	97
4.10. NBD ölçütünün çeşitli indirgeme oranları için risk profilleri	99
5.1. Rezerv tenör dağılımı lognormal olan bir bakır yatağı için sınır tenör-tonaj oranı ilişkisi ...	109
5.2. Rezerv tenör dağılımı lognormal olan bir bakır yatağı için sınır tenör-ortalama tenör ilişkisi	110
5.3. Rezerv tenör dağılımı lognormal olan bir bakır yatağı için sınır tenör-metal oranı ilişkisi ...	111
5.4. Varsayımsal yatırım projesi için sınır tenör dinamik programlama modeli şebeke diyagramı	124
6.1. Rezerv-tenör dağılımının araştırılması için geliştirilen LOGNORM bilgisayar programının akış diyagramı	134
6.2. Rezerv-tenör dağılımı birikimli frekans eğrisi .	139
6.3. Sınır tenör ilişkilerini araştıran SINTEN alt programı akış diyagramı	144
6.4. Tenör dağılımının lognormal ve yıllık metal üretiminin sabit olması durumu için sınır tenör ilişkileri	149

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.5. Statik sınır tenör optimizasyonu için geliştirilen bilgisayar programının (SINTEOP) akış diyagramı	154
6.6. Sınır tenörlerdeki değişime bağlı olarak elde edilen NBD ve İKO ilişkileri.....	160
6.7. Dinamik sınır tenör optimizasyonu bilgisayar programı (DINAM) akış diyagramı	164
6.8. Gümüş metali satış fiyatlarının (GMSF) yıllara bağlı değişimi	176
6.9. Risk analizi benzetim modeli bilgisayar programının (RISK) akış diyagramı	189
6.10. Statik sınır tenör-NBD beklenen değer ilişkisi .	194
6.11. Statik sınır tenör-NBD standart sapma ilişkisi .	195
6.12. Statik sınır tenör-NBD varyasyon katsayısı ilişkisi	196
6.13. Statik sınır tenör-NBD çeyrek varyasyon katsayısı ilişkisi	197
6.14. Statik sınır tenör-NBD çarpıklık katsayısı ilişkisi	197
6.15. Statik sınır tenör-NBD basıklık katsayısı ilişkisi	198
6.16. Statik sınır tenör-NBD genişlik ölçütü ilişkisi	199
6.17. Statik sınır tenör-enküçük ve enbüyük NBD arasındaki ilişki	199
6.18. Statik ve dinamik optimizasyon sınır tenör kararları için elde edilen NBD frekans dağılımları	200
6.19. Statik ve dinamik optimizasyon sınır tenör kararları için elde edilen NBD dağılımlarına göre çizilen risk profilleri	203

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Benzetim boyutunun $n=1000$ olması durumu için rassal örnekleme yöntemleriyle hesaplanan standart normal değerlerin olasılık dağılımları	65
5.1. Varsayımsal bir maden yatırım projesinin sınır tenör seçenekleri ile değişken ve parametreleri	123
5.2. Kademelerdeki durumlar için yapılan karar optimizasyonu sonuçları	127
6.1. 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi Aktepe kesimi maden yatağının rezerv-tenör dağılımı	137
6.2. 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi Aktepe kesimi maden yatağının rezerv-tenör dağılımına bağlı olarak hesaplanan istatistikî parametreler ve Ki-kare testi sonuçları	138
6.3. SINTEN alt programında okutulan değişken ve parametrelerin sembolleri ve değerleri	148
6.4. SINTEN programının işletilmesiyle elde edilen sınır tenör ilişkileri (yıllık metal üretim kapasitesi sabit)	148
6.5. İlk yatırım (YAT(I)) ve işletme sermayesi (SERM(I)) giderleri	156
6.6. SINTEOP programında okutulan bazı değişken ve parametrelerin sembolleri ve değerleri	157
6.7. Yıllık amortisman (AMORT(I)) ve faiz (FG(I)) giderleri	157
6.8. Sınır tenör seçenekleri için hesaplanan karlılık ölçütleri	158
6.9. Statik sınır tenör optimizasyonu sonuçları	159
6.10. DINAM programında okutulan sınır tenör seçeneklerine (karar değişkenlerine) bağlı değişkenlerin sembolleri, birimleri ve değerleri	166
6.11. Dinamik sınır tenör optimizasyonu sonuçları	167

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.12. Üçgen dağılımlı değişkenler için tahmin edilen değişim aralık sınıfları ve olasılık dağılım parametrelerinin değerleri	173
6.13. ABD Borsalarında gerçekleşen gümüş metali cari satış fiyatlarının genel sanayi indeks sayılarına göre düzeltilmiş 1986 yılı sabit satış fiyatları	175
6.14. Nomal ve logaritmik GMSF'leri için yapılan regresyon-korelasyon analizi sonuçları	176
6.15. MSF(I)'lerinin tahmininde ve tahmin hatalarının rassal örneklenmesinde kullanılan parametrelerin değerleri	191
6.16. Risk analizi benzetim modelinin statik sınır tenör kararları için çözümünde okutulan değişkenlerin değerleri	192
6.17. Risk analizi benzetim modelinin dinamik sınır tenör kararları için çözümünde okutulan değişkenlerin değerleri	192
6.18. Risk analizi benzetim modelinin statik sınır tenör karar seçenekleri için çözümü ile elde edilen NBD dağılımı risk ölçütleri	193
6.19. Statik ve dinamik sınır tenör optimizasyonu kararları için benzetim modelinin çözümü ile elde edilen NBD risk ölçütleri	201

KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
I.Ü.	İstanbul Üniversitesi
A.Ü.	Anadolu Üniversitesi
E.ü:	Erciyes Üniversitesi
i.T.Ü.	İstanbul Teknik Üniversitesi
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
E.i.T.i.A.	Eskişehir İktisadi Ticari İlimler Akademisi
i.i.T.i.A.	İstanbul İktisadi Ticari İlimler Akademisi
A.i.T.i.A.	Ankara İktisadi Ticari İlimler Akademisi
i.i.B.F.	İktisadi İdari Bilimler Fakültesi
E.T.K.B.	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
T.S.K.B.	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
MTA	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
MRYF	Madencilikte Risk ve Yatırım Finansmanı
APCOM	Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry
IMM	The Institution of Mining and Metallurgy
AIME	American Institute of Mining Engineers
CIM	The Canadian Mining and Metallurgical
E/MJ	Engineering and Mining Journal
C.M.J.	Canadian Mining Journal
MPM	Milli Prodüktivite Merkezi
a.g.e.	Adı geçen eser
s.	Sayfa
S.	Sayı
C.	Cilt
Vol.	Volume
NBD	Net bugünkü değer
İKO	İç karlılık oranı
FMO	Fayda-maliyet oranı
GÖS	Geri ödeme süresi
OK	Ortalama karlılık oranı

1. GİRİŞ

Madencilik yatırımları, genellikle yüksek riskli olarak nitelendirilmektedir. Bu riskliliğin nedenleri maden yatağının rezervi, tenörü, jeolojik ve minerolojik yapısı ile cevherlerin teknolojik kazanımı gibi özelliklerin tahmininden kaynaklanan belirsizlikler ile, teknolojik, ekonomik ve politik belirsizliklerdir. Madencilik yatırımlarının riskliliğinde, karar değişkenlerinin aldıkları değerlerin de önemli etkileri vardır.

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 sözkonusudur. 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 nedenlerinden birisidir. Maden yatağının özelliklerinin tahminiyle ilgili belirsizliklerin ise, maden yatağının işletilme ömrü süresince azalan oranlarla da olsa etkili olması, yatırılan sermayenin geri dönüşünün, işletme karlılığının ve işletme yaşamının sürekli olarak riskliliğine neden olur. Bu nedenle maden işletmeleri, tüm madencilik yatırım evrelerinde, risk ve belirsizlik ortamlarında karar verme durumundadırlar.

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 kaynaklarının etkileri değişik oranlarla da olsa sürekli sözkonusudur. Bununla birlikte, özellikle hazırlık ve tesis ile işletme evrelerinde büyük miktarlarda yatırımlar yapıldığından, herhangi bir aksaklık karşısında maden işletmelerinin kayıpları da büyük miktarlarda olur.

Madencilikte yatırım evrelerinde yapılması düşünülen yatırımların tutarı, çoğu kez eldeki olanakları aştığından veya bir maden yatağında teknolojik olarak birtek projenin uygulanabilirliğinden dolayı, çeşitli yatırım proje seçenekleri arasında bir seçim yapılması sözkonusudur. İşletme yönetiminin, yatırım seçenekleri arasında seçim yaparak vereceği bir yatırım kararı ise, yatırılan sermayeye karşılık elde edilecek gelirlerin, işletme yaşamının sürekliliğinin, pazarlama ve rekabet gücünün önceden kestirilememesi gibi nedenlerle, zor ve riskli bir eylemdir. Bu nedenle, yatırım kararlarının alınmasından önce, yatırım proje seçeneklerinin riskliliğine neden olan faktörlerin araştırılması ve riskliliğin ölçülmesi gerekmektedir.

Madencilik yatırımlarının projelendirilmesi aşamasında, yatırımın gelecekteki karlılığını etkileyen kontrol edilebilen karar değişkenlerinin alabileceği değerlere bağlı olarak birçok yatırım proje seçeneği geliştirilebilmektedir. Bu yatırım proje seçenekleri arasından en iyisinin seçiminde ise, statik veya dinamik optimizasyon yöntemleri

kullanılabilmektedir. Bu optimizasyon yöntemlerinde, proje seçeneklerinin kontrol edilemeyen değişken ve parametreleri için nokta tahmin değerleri kullanılmakta ve bunların belirsizlikleriyle ilgilenilmemektedir. Kontrol edilebilen karar değişkenlerinin etkilediği maden yatağının işletilme ömrü, yatırım giderleri, üretim giderleri ve satış gelirleri gibi değişkenlerin tahminiyle ilgili belirsizlikler nedeniyle de, kontrol edilebilen karar değişkenlerinin alacakları değerlere bağlı olarak geliştirilen proje seçeneklerinin taşıdıkları risklerde birbirinden farklıdır. Bu nedenle, optimizasyon çalışmaları sonrası, yatırım seçenekleri ile optimum karar veya kararlar diziliminin riskliliğinin de ölçülmesi gerekir.

Madencilik yatırım proje seçeneklerinin riskliliğinin ölçülmesinde, birçok risk değerlendirme tekniği kullanılabilir. Bu tekniklerin birçoğu, yatırım seçeneklerinin riskliliğinin araştırılmasında kullanılabilmekte, fakat riskliliğin nedenleri ile risklilik derecelerini araştırmamaktadır. Monte Carlo benzetim yöntemi ise, yatırım proje seçeneklerinin riskliliğine neden olan değişkenlerin olasılık dağılımlarından rassal örneklemelerle, yıllık nakit akımlarının ve karlılık ölçütlerinin olasılık dağılımlarının saptanmasında kullanılabilen bir tekniktir. Yatırım proje seçeneklerinin risklilik dereceleri ise, bu karlılık ölçütlerinin olasılık dağılımlarıyla belirlenebilmektedir.

Bu çalışmada, madencilik yatırım kararlarında riskin etkilerinin analizi ve ölçülmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle ikinci bölümde, madencilik yatırımlarının özellikleri, madencilik yatırım evreleri ve taşıdıkları riskler, madencilik yatırım kararlarını etkileyen karar değişkenleri ve parametreler açıklanmaktadır.

Belirlilik, risk ve belirsizlik ortamlarında madencilik yatırım proje önerilerinin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler ise, üçüncü bölümde anlatılmaktadır.

Dördüncü bölümde, öncelikle madencilik yatırımlarının riskliliğinde etkili olan belirsizlik kaynakları ve bu risklilikte karar değişkenlerinin etkileri ayrıntılı olarak incelenmektedir. Bundan sonra, madencilik yatırım proje seçeneklerinin riskliliğinin ölçülmesinde kullanılan risk ölçütleri ve risk profilleri açıklanmaktadır.

Beşinci bölümde, madencilik yatırım kararlarını etkileyen önemli değişkenlerden olan sınır tenör kararları üzerinde durulmaktadır. Sınır tenör kavramları, rezerv-tenör dağılımları ve sınır tenör ilişkileri açıklandıktan sonra sınır tenör optimizasyonlarında uygulanan statik ve dinamik yöntemler anlatılmaktadır.

Altıncı bölümde ise, sınır tenör kararlarının madencilik yatırımlarının riskliliğine etkilerini araştırmak amacıyla uygulama çalışması yapılmaktadır. Bu çalışmada, Etibank Gümüşköy 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi rezerv sondaj ve proje verileri kullanılmaktadır. Öncelikle maden yatağının rezerv-tenör dağılımı ve buna bağlı olarak sınır tenör ilişkileri araştırılmakta, daha sonra ise statik ve dinamik sınır tenör optimizasyonları yapılmaktadır. Bundan sonra, Monte Carlo benzetim yöntemi temelinde geliştirilen risk analiz modeli, statik ve dinamik sınır tenör kararları için çözümlenerek, yatırım riskliliğinde sınır tenör kararlarının etkileri ölçülmektedir. Bununla birlikte, madencilik yatırım kararlarının riskliliğinin ölçülmesinde kullanılabilen risk ölçütleri de analiz edilmektedir.

2. MADENCİLİKTE YATIRIM KARARLARI

2.1. Yatırım Kavramı

İşletme ekonomisi açısından, doğrudan yatırımlar ve finansal yatırımlar olmak üzere iki ayrı yatırım kavramı kullanılmaktadır.

Doğrudan yatırımlar, belirli bir ürün veya ürünlerin üretimi için faaliyette bulunmak ve/veya faaliyetleri devam ettirmek için gerekli üretim araçlarının tümüne yapılan yatırımlardır⁽¹⁾. Bunlar, işletmenin kurulması için gerekli üretim araçlarının sağlanması, üretimin sürdürülmesi için yenileme ve tamamlama, üretimin arttırılması için de genişletme yatırımları olabilir. İşletme yatırımları olarak da tanımlanan bu yatırımlarla, likid ödeme araçları üretim araçlarına dönüştürülmektedir⁽²⁾.

Finansal yatırımlar ise, başka bir şirket yada şirketlerin hisse senedi ve tahvillerini satın almak için yapılan yatırımlardır⁽³⁾. Bu çalışmada, finansal yatırımlardan söz edilmemektedir.

2.2. Yatırım Kararları ve Önemi

İşletmeler yeni bir ürünün veya ürünlerin üretimi, var olan üretim araçlarının yenilenmesi ve tamamlanması veya üretimin arttırılması için yatırım projeleri hazırlarlar ve bunları değerlendirdikten sonra, geriye dönüşü olmayan veya geriye dönüşü büyük zararlara neden olabilen

(1) PEKER, A., Yönetim Muhasebesi-Firma Düzeyinde Planlama, Yatırımcı Planlaması, Bütçeleme, İ.Ü. Yayınları, No: 2553, İstanbul, 1979, s.61.

(2) WILKE, F.L., Maden İşletme Ekonomisi, (Çev. Yard.Doç. Dr. İsmail Uğur), İ.T.Ü. Maden Fak., İstanbul, 1986, s.91.

(3) PEKER, a.g.e., s.61.

kararlar alırlar(4). İşletmeler ne kadar geniş kaynaklara sahip olurlarsa olsunlar, tasarlanan tüm proje seçeneklerini gerçekleştirmelerine olanak yoktur(5). Bu nedenle tüm mümkün seçenekler, ekonomik olan ve ekonomik olmayan faktörlerin etkileride dikkate alınarak analiz edildikten sonra, işletme amaçları ve politikalarını eniyileyecek bir yatırım kararı alınır. Yatırım kararlarını, işletme yönetiminin felsefesi ile tutum ve davranışları da önemli derecelerde etkiler(6).

Yatırım kararlarının etkisinin uzun vadeli olması, mali kaynakların sınırlı olması ve işletmenin sabit giderlerle yüklenecek olması nedeniyle, üzerinde önemle durulması gerekmektedir(7). Ayrıca yatırım kararları, gelecekte elde edilecek gelirleri, işletmenin verimliliği ve yaşamının sürekliliği ile piyasa koşullarına uyumunu, önemli derecelerde etkiler. Yatırım kararının alındığı zaman düzeyinde, proje değişken ve parametre değerleri ile gelecekteki olayların gelişiminin tam olarak belirlenememesi nedeniyle de, bu kararların önemi daha da artmaktadır.

2.3. Madencilik Yatırımlarının Özellikleri

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

(4) DOĞRUSÖZ, H., "Yatırım Kararlarında Optimizasyon Problemleri ve Çözüm Metodları", MPM Konferansları, Ankara, 1971, s.149 .

(5) AKGÜÇ, D., "Yatırım Projelerinin Teşebbüs Yönünden Değerlendirilmesi", Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, Cilt II, Devlet Yatırım Bankası, Ankara, 1970, s.353 .

(6) BÜKER, S., İşletmelerin Finansal Yönetiminde Yatırım Kararları ve Türkiye'deki Uygulama, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:104/59, Ankara, 1973, s.13 .

(7) WILKE, a.g.e., s.91 .

özellikleri aşağıda sıralanmaktadır:

a) Madenler tükenebilir ve yenilenemez doğal kaynaklar olduğundan, madencilik yatırımlarının ömrüde 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⁽⁸⁾.

b) Madencilikte, üretim öncesi yapılan arama, araştırma ve rezerv saptama çalışmaları için de yatırımlar gereklidir. Arama ve araştırma çalışmaları sırasında, bulunacak maden yatağının büyüklüğü ve nitelikleri kesin olarak bilinemediğinden, yapılacak yatırımlar risklidir⁽⁹⁾. Diğer endüstriyel işletmeler ise, hammaddeyi bulmak için üretim öncesi herhangi bir yatırım yapmayabilirler⁽¹⁰⁾

c) Maden arama aşamasında varolan, madenin büyüklüğü ve niteliği ile ilgili belirsizliklerin bazıları, üretim aşamasında da varlığını korur. Üretim amacıyla yapılan yatırımlar, madenin niteliğiyle ilgili belirsizliklerden başka, pazarlama belirsizlikleriyle de karşı karşıyadır. Cevher ve metal satış fiyatları mevsimlik dalgalanmalar gösterirler ve fiyatların düşüş ve yükselişlerinin nedenleri yeterince anlaşılmış değildir⁽¹¹⁾.

(8) CANER, G., Maden Ekonomisi, MTA Yayınları, No:27, Ankara, 1983, s.151 .

(9) TOPUZ, E., Maden Yatırım Projelerinde Riskin Tanımı ve Ölçülmesi, MRYF Konferans Metinleri, E.T.K.B., Ankara, Ekim 1983, s.4 .

(10) ERGİN, H., "Maden İşletmelerinde Üretim Öncesi Maliyetlerin Muhasebeleştirilmesi", A.Ü. İ.İ.B.F. Yayınları, No:11, Eskişehir, 1983, s.7 .

(11) TOPUZ, a.g.e., s.4 ; SLOAN, D.A., Mine Management, Chapman and Hall, London, 1983, s.22 .

d) Ülke sınırları içerisinde varolan 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(12). Diğer endüstri yatırımları ise, genellikle alt yapı hizmetleri tamamlanmış, ulaşım imkanları iyi olan bölgelerde yapılır.

e) Madencilik yatırımları genellikle uzun ömürlü ve büyük sermaye gerektiren yatırımlardır(13). Bu nedenle de yapılacak yatırımların geri ödeme süreleri uzundur. Ayrıca, madenin uzun ömrü boyunca gelecekte teknolojik, politik ve ekonomik değişiklikler meydana gelebilir. Bu gibi belirsizlikler, 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(14). Cevher rezervinin saptanmasından sonra, uluslararası finans kuruluşlarından ve kalkınma bankalarından sermaye sağlanabilmektedir. Ticari bankalar ise ancak üretim aşamasında, işletmenin durumuna göre sermaye katkısında bulunmaktadırlar(15).

g) Açık işletme yöntemiyle çalışan işletmelerde ve bazı yeraltı işletme yöntemlerinde doğa güzellikleri bozul-

(12) KAYNAK, Y., Madencilik Araştırması, T.S.K.B. Yayınları, İstanbul, 1983, s.6 .

(13) SLOAN, a.g.e., s.21 ; CANER, G., Madencilik Yatırımları ve Ekonomik Değerlendirme Teknikleri, MTA Yayınları, No:17, Ankara, 1976, s.5-6 .

(14) KAYNAK, a.g.e., s.65 .

(15) KAYNAK, a.g.e., s.67-69 .

makta ve çevreye büyük zararlar verilmektedir. Çevre korumanın öneminin gittikçe arttığı günümüz dünyasında, maden işletmelerinin neden olduğu zarar ve hasarları önlemek için gerek üretim aşmasında ve gerekse madenin ömrü sonunda çevreyi korumak amacıyla da, önemli oranlarda harcama ve yatırımların yapılması gerekmektedir.

2.4. Madencilikte Yatırım Evreleri ve Taşıdıkları Risk

Madencilik faaliyetleri, maden yatağının aranması çalışmalarlarıyla 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 herbiri 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(16). Bu çalışmada ise madencilik yatırım evreleri aşağıda verildiği gibi sınıflandırılmaktadır.

2.4.1. Maden Arama

Madenlerin aranmasında amaç, içinde bulunulan zaman düzeyinde ekonomik olarak işletilebilecek bir maden yatağı-

(16)KAYNAK, a.g.e., s.58-64 ; ERGİN, a.g.e., s.10-11 .

nın bulunmasıdır(17). Maden arama, bir maden ihbarı veya bulgusu sonucunda bölgesel olarak başlar ve bölgesel arama alanı çok geniş tutulur(18). Bölgesel arama sırasında jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal çalışmalarla birlikte geniş aralıklı sondajlar yapılır. Yapılan değerlendirmeler sonunda 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, yada üretime geçmek için araştırma ve değerlendirme çalışmalarına geçilir(19).

Maden arama evresi başlangıcında çok fazla bir yatırım gerekmez, fakat sonucun olumsuz olma olasılığı ve yapılacak yatırımın riski yüksektir(20). 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 çoğunluğunu da kamu fonları oluşturmaktadır(21). Özel kuruluşlar ise arama çalışmalarına küçük miktarlarda sermaye ayırmaktadır.

2.4.2. Araştırma ve değerlendirme

Arama faaliyetleri sırasında varlığı belirlenen ve elde edilen bulgulara göre işletilebileceği tahmin edilen

-
- (17)SEZGİN,İ., "Maden Arama Ekonomisi ve Maden Aramada Risk" MRYF Konferans Metinleri, E.T.K.B., Ankara, Ekim 1983, s.1
- (18)KAYNAK, a.g.e., s.58 .
- (19)CANER,G., "Maden Arama Çalışmalarının Optimizasyonu", MRYF Konferans Metinleri, E.T.K.B., Ankara, Ekim 1983, s.1 .
- (20)ARNE,K.G., "Basic Concepts of Mine Financing", Mining Magazine, March 1982, s.230-231 .
- (21)KAYNAK, a.g.e., s.68 .

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 rezerv miktarını ve tenör dağılımını saptamak için gerekli veriler yetersiz kalırsa, ek yeni sondajlar veya galerili ve yarmalı aramalar yapılır. Maden yatağının sınırları belirlenip, minerolojik 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 sınır tenör, kapasite ve üretim yöntemi seçeneklerinin teknik ve ekonomik analizleri yapılır.

Araştırma ve değerlendirme evresinde, gerekli yatırım harcamaları artarken risk azalmaya başlar⁽²²⁾. Yatırım finansmanı, madencilik kuruluşlarının kendi öz sermayelerinden karşılanmakla birlikte, diğer sermaye kuruluşlarının da katkıları mümkündür⁽²³⁾.

2.4.3. Hazırlık ve tesis kurma

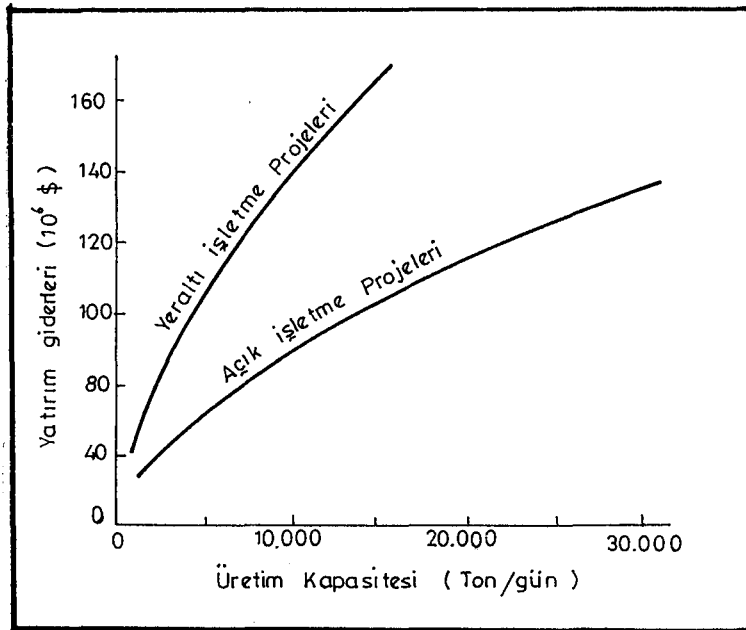
Ekonomik bir değer taşıdığı yapılan olurluluk çalışmalarıyla saptanan maden yatağının işletilmesi için, seçilen üretim yöntemine göre değişen birçok hazırlık (veya geliştirme) işlerinin (yeraltı işletme yönteminde kuyu ve galerilerin açılması, açık işletme yönteminde dekapaj) yapılması, yerüstü tesislerinin, cevher hazırlama ve zenginleştirme

(22)KAYNAK, a.g.e., s.68 .

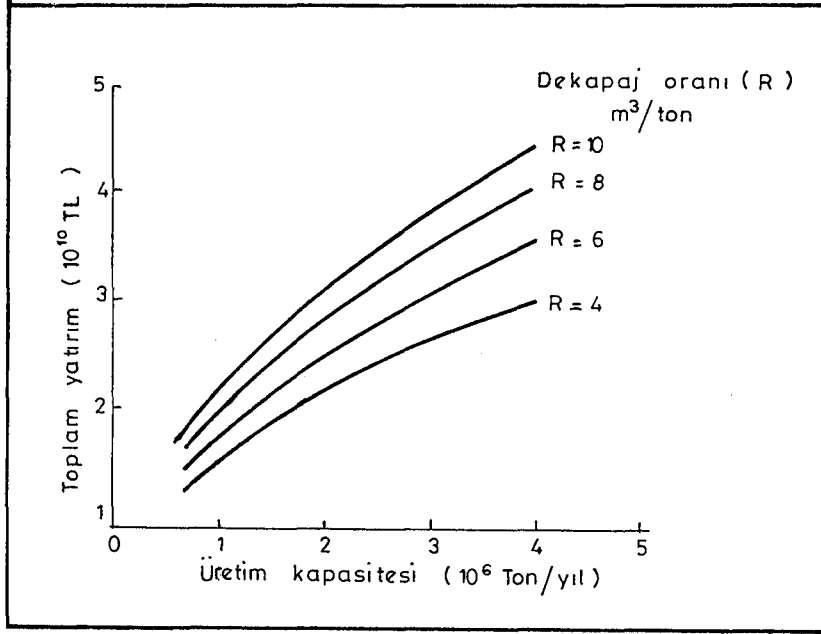
(23)KAYNAK, a.g.e., s.67 .

tesislerinin kurulması, üretim makinalarının ve teçhizatın satın alınması gereklidir. Hazırlık ve tesis 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).



Şekil 2.1 : Yeraltı ve açık işletme projelerinde üretim kapasitesine bağlı olarak yatırım giderlerinin değişimi (Kaynak: O HARA, T.A., "Quick Guides to The Evaluation of Orebodies", CIM Bulletin, February 1980, s.88).



Şekil 2.2 : Açık işletme linyit madenciliğinde üretim kapasitesi, dekapaj oranı ve toplam yatırım miktarı ilişkisi (Kaynak: CELEBİ, N. ve PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., "Linyit Açık İşletmeleri İçin Bir Maliyet Analiz Modeli", Türkiye 5. Kömür Kongresi, Zonguldak, Mayıs 1986, s.419).

Yatırım projelerine ait tüm bilgiler daha önceden kontrol edilip madencilige özgü riskler azaltıldığından, hazırlık ve tesis evresinde normal bir riskin var olduğu kabul edilir. Bu evrede, yatırımın geri kazanılamaması riski her ne kadar düşüksesde, yapılan harcamaların miktarı artmıştır. Yatırımcı aslında en büyük riskle, parasını tesis ve donanımlara yatırdığı zaman karşı karşıya kalır⁽²⁴⁾; 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.

(24) BAYAR, D., Maliyetlerin Hesaplanmasında Rizikonun Önemi, E.İ.T.İ.A. Dergisi, Ocak 1970, s.51 .

Hazırlık ve tesis kurma için gerekli yatırım sermayesi birçok finansman kaynağından sağlanabilir. Bu evrede, uluslararası finans kuruluşlarının, ulusal kalkınma ve ticari bankaların katkıları artmaktadır(25).

2.4.4. 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 gönderilerek, 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, madencilige özgü doğal afetler (su baskını, göçük, heyelan gibi) ve cevher satış fiyatlarının düşmesi gibi durumlarda üretimin durmasıyla, kuruluş kendini zarardan koruyamaz.

Üretim evresinde yapılan yatırımların finansmanına ticari bankaların katkıları artmaktadır. Uluslararası finans kuruluşları ile kalkınma bankalarının katkısı ise sona ermektedir(26).

(25)KAYNAK, a.g.e., s.65-68 .

(26)KAYNAK, a.g.e., s.68-69 .

2.5. Madencilik Yatırım Kararlarını Etkileyen Karar Değişkenleri ve Parametreler

Herhangi bir maden yatağının işletilip işletilemeyeceği, yapılacak olurluluk çalışmaları sonrası belirlenir. Verilecek bir yatırım kararı, yatırılan sermayenin gelecekteki karlılık gücünü, madencilik şirketinin kararlılığını ve pazar şartlarına uyum sağlama kabiliyetini etkileyecektir(27).

Madencilik yatırım kararları, birçok faktör tarafından etkilenir(28). Yatırım kararını etkileyen ve alabileceği değerler karar verici tarafından saptanan faktörlere karar değişkeni veya kontrol edilebilen değişken denir(29). Karar değişkenleri ayrıca, bağımsız kontrol edilebilen ve bağımlı kontrol edilebilen değişkenler olarak iki alt gruba ayrılabilir(30). Bağımsız kontrol edilebilen değişkenler tamamıyla karar verici tarafından saptanırlar. Bağımlı kontrol edilebilen değişkenler ise karar vericinin saptadığı değişkenlerin aldığı değerlerden etkilenirler.

Madencilik yatırım kararlarını etkileyen ve alabileceği değerlerde karar vericinin hiçbir etkisi olmayan faktörlere parametre veya kontrol edilemeyen değişken denir(31). Parametreler, ancak bazı istatistikî çalışmalar sonrası olasılıklı olarak saptanabilir.

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

(27)WILKE, a.g.e., s.92 .

(28)NOREN,N.E., "Mine Development- Some Decision Problems and OPTimization Models", CIM Special Vol., No:12, s.240 .

(29)TOPUZ, a.g.e., s.10 .

(30)KARA,İ., Yöneylem Araştırmasının Yöntembilimi, A.Ü. Yayınları, No:96, Eskişehir, 1985, s.45 .

(31)KARA, a.g.e., s.46 .

2.5.1. Kontrol edilebilen karar değişkenleri

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

2.5.1.1. Bağımsız kontrol edilebilen değişkenler

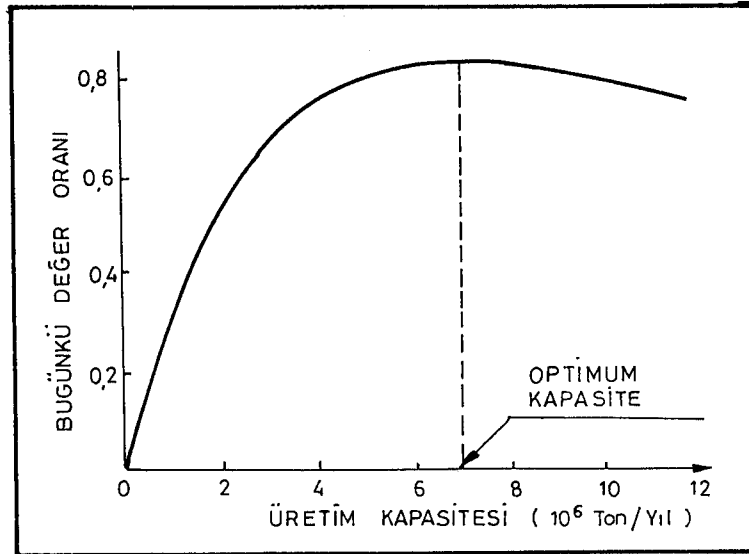
Madencilik yatırım kararlarında etkili olan bağımsız kontrol edilebilen değişkenlerden en önemlileri aşağıda açıklanmaktadır.

a) Üretim kapasitesi

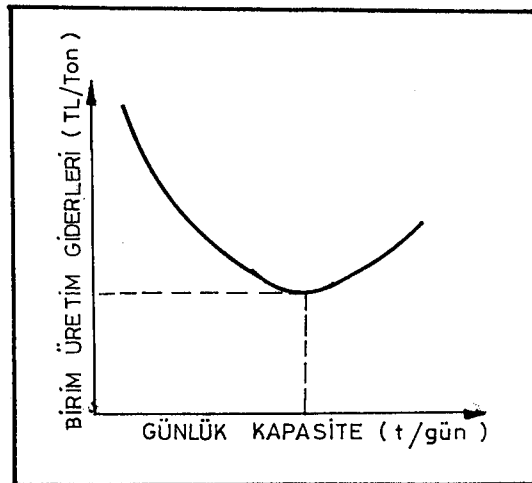
Üretim kapasitesi, verilen bir zaman birimi içerisinde üretilen cevher miktarı olarak tanımlanabilir ve birçok değişkenin alacağı değeri etkiler.

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).

Optimum üretim kapasitesi, statik veya dinamik yöntemlerle saptanabilir. Cevher zenginleştirme tesisi maliyetlerinin çok yüksek olduğu durumlarda (genellikle açık işletme madenciliğinde) statik yöntemlerle saptanan sabit üretim kapasitesi, diğer durumlarda ise dinamik yöntemlerle saptanan değişken üretim kapasitesi tercih edilmelidir. Optimum sabit üretim kapasitesi, çeşitli üretim kapasite seçenekleri



Şekil 2.3 : Üretim kapasitesi ile bugünkü değer oranı arasındaki ilişki (Kaynak: WELLS, H.M., "Optimization of Mining Engineering Design in Mineral Valuation", Mining Engineering, December 1978, s.1683).



Şekil 2.4 : Günlük üretim kapasitesi ile birim üretim giderleri arasındaki ilişki (Kaynak: PLOUF, T.M., "Mineral Industry's aid to financial planning and investment", E/MJ, June 1984, s.43).

için yatırım ve gelir-gider tahminleri sonrası yatırım karlılık analizleri yapılarak saptanabilir. Optimum değişken üretim kapasitesi ise dinamik programlama teknikleri kullanılarak saptanabilir.

Üretim kapasitesi seçimi yapılırken gözönünde bulundurulan 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⁽³²⁾.

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⁽³³⁾.

b) Sınır tenör

Sınır tenör, işletilebilecek maden yatağında artık ile cevher arasını ayırt etmede kullanılan bir kavramdır⁽³⁴⁾. Sınır tenörden daha yüksek değerlerdeki cevher

(32) KENEDY, B.A., WADE, E.J., "Feasibility studies for large open pit mines ", World Mining, August 1972, s.74 ; KAYNAK, a.g.e., s.105-106 .

(33) KAYNAK, a.g.e., s.105 .

(34) LANE, K.F., "Choosing The Optimum Cut-off Grade", Quarterly of The Colorado School of Mines, October 1964, s.811 .

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. Hertürlü sınır tenör hesaplamasında, 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(35).

Maden işletmeleri madenin ömrü boyunca sabit bir sınır tenörle çalışabileceği gibi, yıllara göre değişen sınır tenörlerle de çalışabilirler(36). 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.

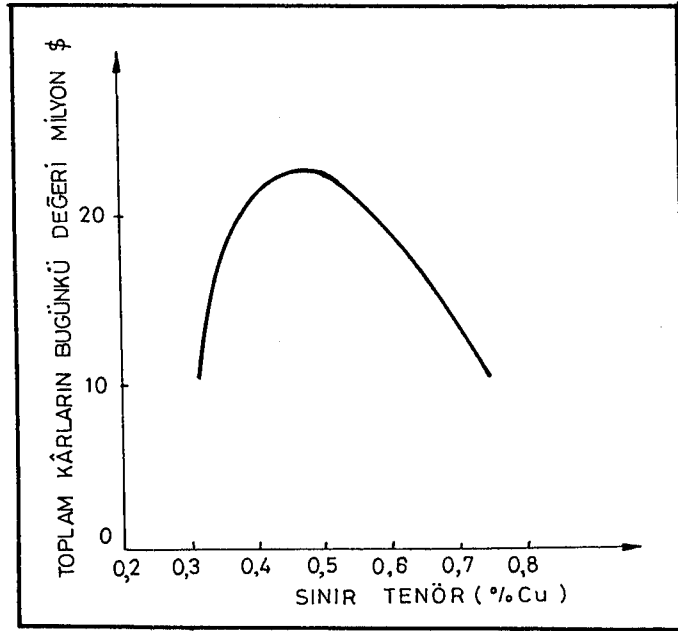
Madencilik yatırımlarından elde edilecek karlar, seçilen sınır tenörden büyük ölçüde etkilenmektedir(37). Sınır tenörün belirli değerlerine kadar yapılacak artışlarda karlılık artarken, daha sonra azalmaktadır (Şekil 2,5).

Sınır tenörün seçimini, maden yatağının cevher tenör dağılımı, madencilik üretim kapasiteleri (işletme, konsantratör ve rafineri 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 tenörde bunlara uygun olmalıdır. Sınır tenör arttıkça cevher rezervi

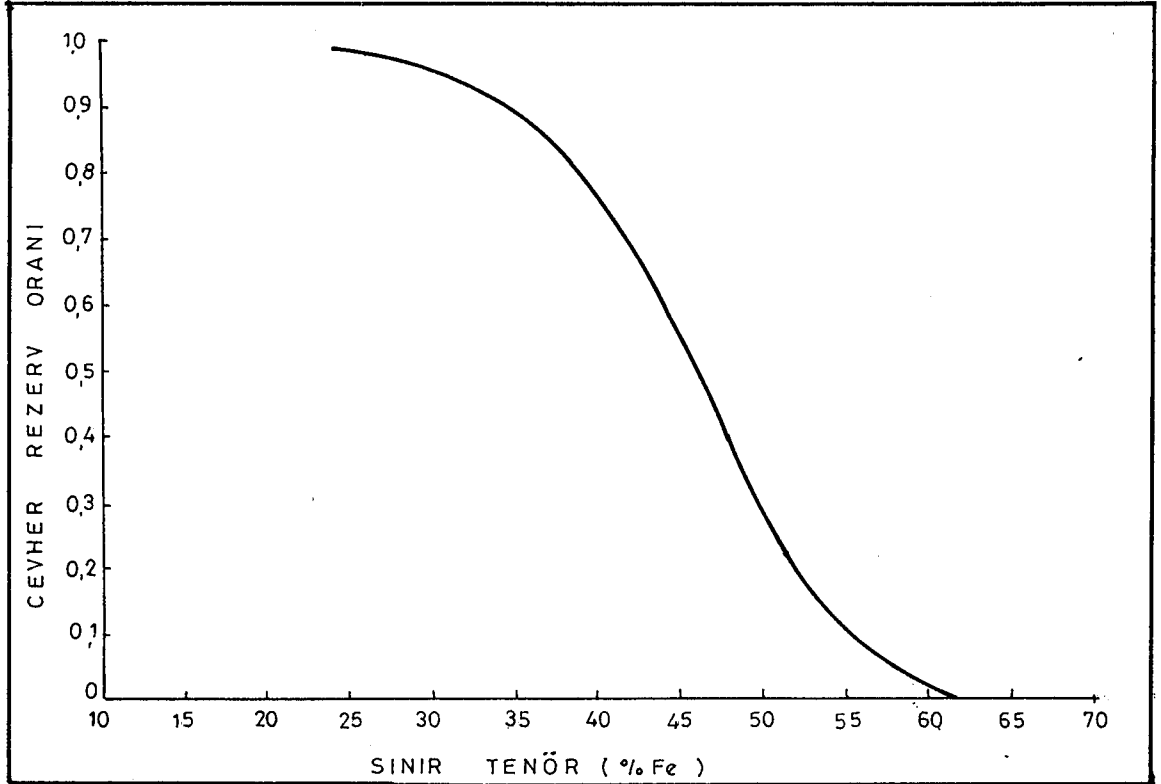
(35) CHARLISLE, D., "Maximum Total Recovery Through Mining High-Grade and Low-Grade Ore Together is Economically Sound", CIM Bulletin, January 1953, s.22 .

(36) NOREN, a.g.e., s.241 .

(37) LANE, a.g.e., s.811 ; DOUGLASS, E.J., "How to make the most of a mining investment", Mining Engineering, October 1971, s.66 .

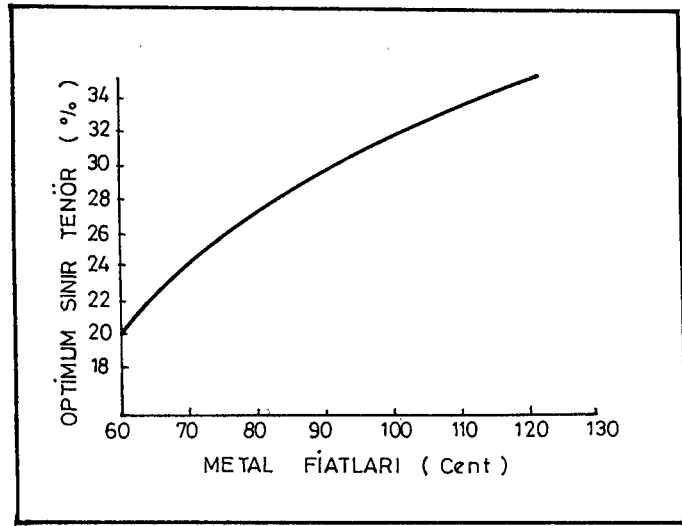


Şekil 2.5 : Sınır tenör ile toplam karların bugünkü değeri arasındaki ilişki (Üretim kapasitesi 1 Milyon ton/yıl 'dır ; Kaynak: HENNING,U., "Calculation of Cut-off Grade", C.M.J., March 1963, s.57).



Şekil 2.6 : Sınır tenör ile cevher rezerv (tonaj) oranı arasındaki ilişki (Kaynak: PARKER,H., "The Volume-Variance Relationship ; A Useful Tool for Mine Planning", E/MJ, October 1979, s.111).

azaldığından (Şekil 2,6), üretim kapasitesinin sabit olması halinde madenin ömrü de azalacağından, farklı zaman düzeylerinde elde edilecek karların değeri de farklı olacaktır. Cevher satış fiyatları ve üretim maliyetleri de optimum sınır tenörünün artmasına veya azalmasına neden olabilir (Şekil 2,7).



Şekil 2.7 : Bir açık işletme madeni için metal satış fiyatları ile optimum sınır tenör arasındaki ilişki (Kaynak: JOHN, H.T., "Cut-off Grade Calculations for An Openpit Mine", CIM Bulletin, July 1985, s.74).

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.

Açık işletme üretim ve dekapaj maliyetlerinin, yeraltı işletmeciliğinkinden fazla olduğu yerlerde yeraltı işletme yöntemleri uygulanır. Belirli bir zaman düzeyinde

ekonomik olan yöntem, gelecekte ekonomik olmayabilir. Bu durumda, uygulanan yöntem terkedilerek 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 gözönüne alınarak birçok farklı yöntemden birisi seçilir.

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

2.5.1.2. 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. Maden yatakları sınırlı büyüklükte kaynaklar olduğundan, olasılıklı olarak saptanan cevher rezervine ve seçilen bağımsız kontrol edilebilen değişkenlerin değerlerine göre sınırlı bir ömre sahiptir. Önceki bölümde de anlatıldığı gibi, 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(38). 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 madenin 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(39). Dekapaj oranı ise, sınır tenör arttıkça artar (Şekil 2,8). İşletilebilir cevher rezervindeki artış veya azalışın fonksiyonel şekli, cevher kütlelerinin tenör dağılım tipiyle ilgilidir.

c) Üretim giderleri

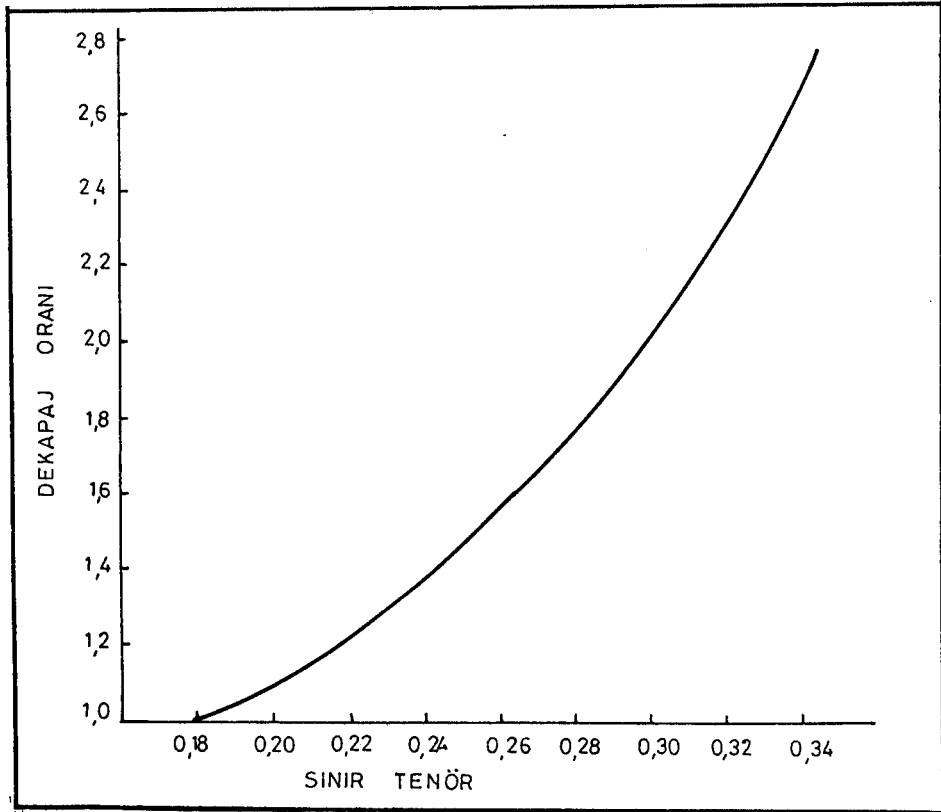
Üretim giderleri de üretim kapasitesi, sınır tenör ve uygulanan işletme yönteminden etkilenir. Üretim kapasitesi artarken, üretim giderleri başlangıçta hızla düşebilir, fakat belirli bir üretim düzeyinden sonra yükselmeye başlar(40). Sınır tenörün artması durumunda ise üretim giderleri de artar(41). Bunun sebebi, sınır tenör arttıkça işletilebilecek cevherlerin ortalama tenörlerinin artması ve rafineri tesisine birim tüvenan cevher başına daha fazla konsantre cevher gönderdiğinden, birim tüvenan cevher için rafineri maliyetleri yükselir.

(38)SALTOĞLU,S., Madenlerde Hazırlık ve Kazı İşleri, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı: 1062, İstanbul, 1976, s.175 .

(39)JOHN, a.g.e., s.73 ; PARKER, a.g.e., s.111 ve s.116 ; ROYLE,A.G., "Optimization of assay-cutoff orebodies", IMM-Transaction (Sect A), April 1981, s.A57 .

(40)PLOUF, a.g.e., s.43 .

(41)JOHN, a.g.e., s.73 .

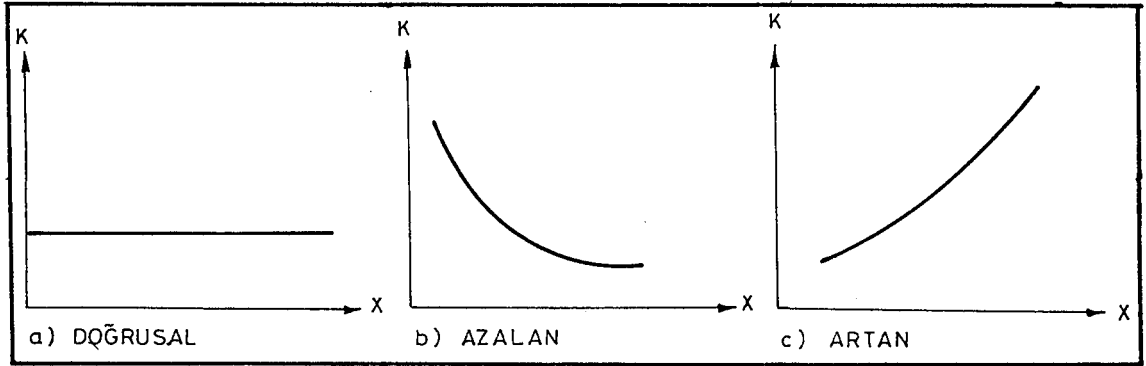


Şekil 2.8 : Sınır tenör ile dekapaj oranı arasındaki fonksiyonel ilişki (Kaynak: JOHN, a.g.e., s.73).

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 giderlere ise enerji ve nakliye giderleri, artan değişken giderlere de genellikle pahalı madde ve gereç alınması, yetersiz işçi çalıştırma ve fazla mesai ücretleri örnek gösterilebilir.



Şekil 2.9 : Değişken birim maliyetler(X) ile kapasite(K) arasındaki fonksiyonel ilişkiler (Kaynak: WILKE, a.g.e., s.19-21).

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.

Üretim giderleri, uygulamada genellikle değişken ve sabit giderler olarak iki bölüme ayrılırlar(42).

d) İşletme sermayesi

İşletme sermayesi, değişik görüş açılarından farklı tanımlanmakla birlikte(43), genellikle işletmenin bir yıl-

(42) DURMUŞ, A.H., "Yeni Yatırımlar İçin Proforma Bilançoların Hazırlanması", İ.İ.T.İ.A. Dergisi, İstanbul, 1977, Sayı:1, s.224 .

(43) ÜZGEN, M.C., "Projenin Yatırım Tutarının Hesaplanması", Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, Devlet Yatırım Bankası, Ankara, 1970, s.41-42 .

dan kısa vadeli faaliyetlerinin devamını sağlamada kullanılan sermayedir⁽⁴⁴⁾. İşletme sermayesi, bürüt ve net olmak üzere ikiye ayrılmakla birlikte, yatırım projelerinin hazırlanışında öncelikle bürüt işletme sermayesi gereksiniminin tahmini önemlidir⁽⁴⁵⁾. Bürüt işletme sermayesinin tahmininde ise belirli bir periyod için gerekli genel giderler toplamı, stoklar, satış kredileri ve kısa vadeli borçlar gözönünde bulundurulmaktadır.

İşletme sermayesi gereksinimi genellikle üretim kapasitesine veya satış hacmine bağlı olarak değişir⁽⁴⁶⁾. Üretim kapasitesi arttıkça üretim giderleri ve satış giderleri de artacağından, işletme sermayesi gereksinimi de artar. İşletme sermayesine yatırımın tamamlandığı yıl, yani üretime geçileceği zaman gereksinim vardır. Bu nedenle başlangıçta, ilk üretim yılındaki kapasiteye göre işletme sermayesi hesaplanır⁽⁴⁷⁾ ve daha sonraki kapasiteler için de ayrıca işletme sermayesi hesaplanarak başlangıçtaki sermayeye eklenir.

Maden işletmeciliğinde işletme sermayesi hesapları yapılırken dikkatli davranılması gerekir. Üretim faaliyetleri sırasında beklenmeyen fakat olası doğal kazalar ve felaketlerle karşılaşılabilir. Metal fiyatları ise birçok nedenlerden dolayı tahmin edilenden farklı değerler alabilir. Bu gibi riskli durumlara karşı yedek işletme sermayesi de bulundurulması gereklidir.

(44)TEKOK,O., Finansal Yönetim: Finansal Planlama-Yatırım Politikası, A.I.T.I.A., Ankara, 1978, s.145.

(45)UZGEN, a.g.e., s.43 .

(46)HOLLAND,F.A., WATSON,F.A. and WILKINSON,S.K., "How to Evaluate Working Capital for A Company", Chemical Engineering, August 5, 1974, s.102 .

(47)DURMUŞ, a.g.e., s.219 .

e) İşletme verimliliği

İşletme verimliliği, 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 makinaların 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 kur- tarma verimleri azalır⁽⁴⁸⁾.

2.5.2. Kontrol edilemeyen karar değişkenleri

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

a) Cevher rezervi

Madencilik yatırımlarının planlanmasında karar vericinin gözönünde 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⁽⁴⁹⁾. Arama ve değerlendirme çalışmaları sonrasında

(48)ROMAN,R.J., "Mine-mill production scheduling by dynamic programming", AIME-Transactions, September 1971, s.259 .
 (49)ARIOĞLU,E., Jeoloji Mühendisleri İçin Madencilik Bilgisi Ders Notları, I.T.Ü. Maden Fakültesi, Kasım 1981, s.9 .

elde edilen bilgilerin yeterliliği ve belirliliğine göre cevher rezervleri sınıflandırılır. Gelecekteki ekonomik ve teknik koşullara ve yapılacak ek arama çalışmaları sonuçlarına göre cevher rezervlerinin sınıflandırılması değişebilir.

Ülkemizde cevher rezervleri genellikle belirlilik derecelerine göre üç sınıfa ayrılmaktadır⁽⁵⁰⁾. Bunlar aşağıda açıklanmaktadır.

1) 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 rezervidir. Hesaplama ve değerlendirmelerdeki hata payının ± 20 olabileceği kabul edilmektedir.

2) 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 ± 40 olabileceği kabul edilmektedir.

3) Mümkün rezerv :

Boyutları hiç bir şekilde belirlenmemiş olan, fakat yapılan ön etüd sonuçlarına göre varlığı kabul edilen cev-

(50)CANER,G., Mineral (maden) Kaynak ve Rezervlerinin Sınıflandırılması, MTA Yayınları, No:188, Ankara, 1983, s.5-6

her kütlesi olup, yatırım ve işletme planlama çalışmalarında hesaplara katılmayan bir rezervdir. Saptanan varlığındaki hata payının ± 50 'nin de üzerinde olabileceği kabul edilmektedir.

Yukarıda açıklanan cevher rezerv sınıfları, hata payları, güvenilirlikleri ve ekonomik olarak işletilebime olasılıkları açısından da alt bölümlere ayrılabilmektedir(51).

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(52).

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(53). Büyük madencilik

(51) ÖZPEKER, I., "Maden Yedek ve Kaynaklarının Bölümlendirilmesine İlişkin Bir Öneri", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 8. Kongresi, Ankara, 21-25 Şubat 1983, s.242-244 .

(52) CANER, "Maden Ekonomisi", a.g.e., s.33 .

(53) STRAUSS, S.D., "Influences that determine metal prices" 8. Commonwealth Mining and Metallurgical Congress, Hongkong, 1978, s.9 .

kuruluşları küçüklere oranla piyasadaki dalgalanmalara kolaylıkla uyum sağlayabilmekte ve hatta piyasayı etkileyebilmektedir(54).

Cevher veya metal satış fiyatlarının oluşumunu arz ve taleple birlikte piyasanın yapısında etkiler. Tüketicilerin hakim olduğu serbest rekabete açık piyasalarda talebin azalması halinde fiyatların düşmesi, talebin artması halinde ise fiyatların yükselmesi beklenir(55). Bu tür piyasalarda (bakır, krom, altın, gümüş gibi) üretici firmalar satış fiyatlarını piyasa fiyatlarına göre belirlerler(56). Üreticilerin hakim olduğu monopol piyasalarında (alimünyum, nikel gibi) ise fiyat oluşumunda üretici firmanın etkisi büyüktür ve satış fiyatlarını genellikle üretim maliyetlerine belirli bir kar payı ekleyerek saptarlar(57).

Hemen hemen bütün cevher ve metal satış fiyatları mevsimlik dalgalanmalar gösterir. Fiyat dalgalanmalarının (düşüş ve yükselişlerin) nedenleri yeterince anlaşılmamış olmakla birlikte, trendin etkisinin dışında politik istikrarsızlıklar, işçilik uyuşmazlıkları, teknolojik gelişmeler ve genel ekonomik ortamdaki değişmeler fiyat dalgalanmalarının nedenleri olarak sayılabilir. Cevher ve metal satış fiyatları kısa süreli talep değişmelerinden etkilenmemekle birlikte uzun dönemler için etkilenirler, fakat genel ekonomik yapıdaki değişmeler gerek kısa, gerekse uzun sürede fiyatları etkilerler(58).

Tüvenan cevher ve konsantre cevher fiyatları, metal piyasası fiyatları esas alınarak belirlenir(59).

(54)TOPUZ, a.g.e., s.4 .

(55)KAYNAK, a.g.e., s.117 .

(56)TENKER,L., "Pazarlama Teknikleri, Politikası ve Fiyatlandırma", Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, Devlet Yatırım Bankası, Ankara, 1970, s.219 .

(57)TENKER, a.g.e., s.219-220 .

(58)TOPUZ, a.g.e., s.4 .

(59)CANER, "Maden Ekonomisi..", a.g.e., s.137 .

Bazı cevherlerin alım satımında belirli bir sınır tenör temel alınarak fiyatlar belirlenir. Bu gibi durumlarda satış fiyatı tenörün doğrusal veya eğrisel fonksiyonu olarak gösterilmektedir. Belirlenen sınır tenörün altındaki satışlarda ceza, üzerindeki satışlarda ise prim ödenmektedir(60).

c) Vergi oranı

Yatırım projelerinin net karını etkileyen en önemli parametrelerden birisi de vergi oranıdır. Vergi, madencilik kuruluşunun başarı veya başarısızlığında etkili olan kritik bir faktördür(61). Vergi oranının karlılığa olan önemli etkisi nedeniyle, birçok ülkede madencilik sektöründeki gelişmelere yön verebilmek amacıyla vergi düzenlemeleri ve teşvikleri yapılmaktadır(62).

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 veya nakit akımları üzerinden yapılmaktadır.

Maden işletmelerinin net karlar üzerinden ödemek zorunda olduğu vergi miktarı arttığında, serbest piyasa koşullarında kurumun vergi sonrası net karı azalacaktır.

-
- (60)CANER,G., Maden İşletme Yöntemlerinin Ekonomik Açıdan Karşılaştırılması ve En Uygun (Optimum) İşletme Politikasının Saptanması, MTA Yayınları, No:18, Ankara, 1976, s.4
 (61)WANLESS,R.M., Finance for Mine Management, Chapman and Hall Ltd., New York, 1983, s.144-145 .
 (62)KAYNAK, a.g.e., s.115 .

Bu karı dengeleyebilmek için ya üretim kapasitesi mümkün olduğunca 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(63). Serbest piyasa koşullarında fiyatlarda büyük artışların yapılamayacağı düşünülürse, vergi tesirini azaltmak için üretim maliyetlerini azaltıcı önlemler alınmasının en akıllı yol olduğu ortadadır.

Vergi oranlarındaki artışlar, gelecekte yapılacak yatırımların azalmasına da neden olabilmektedir(64).

Yatırım projelerinin hazırlanması sırasında vergi oranı olarak yürürlükteki vergi kanunlarına uygun 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 risk içeren bir parametre olarak kabul edilmektedir.

d) İndirgeme oranı (sermaye maliyeti)

İndirgeme oranı, yatırım önerilerinin değerlendirilmesinde kullanılan en önemli parametrelerden birisi olup, projenin sermaye maliyetini gösterir(65). İndirgeme oranı, yani sermaye maliyeti, yatırım önerilerinden hangisinin kabul edilebileceğini açıklayan bir ölçüttür(66).

(63) BÜYÜKERŞEN, Y., Vergi Tesirlerinin Mikro İktisat Analizi, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:71/37, s.82-84 .

(64) BÜYÜKERŞEN, a.g.e., s.85-87 .

(65) SONMEZ, İ.H., "Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti ve Sınırlı Ömürlü Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi" E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi, Mayıs 1983, s.116 .

(66) PORTERFIELD, T.S., (Çev. Dr. Bülent Atuk), Yatırım Kararları ve Sermaye Maliyeti, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı: 1084, İstanbul, 1977, s.32 .

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 değer pozitifse proje kabul edilir veya en büyük net bugünkü değere sahip proje seçeneği kabul edilir. Seçilen yöntem iç karlılık oranı ise, indirgeme oranından büyük karlılık oranına sahip projeler kabul edilir(67).

İndirgeme oranının hesaplanması sırasında yapılacak hatalar nedeniyle işletme ve ülke ekonomisi zarar görebilir(68). 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 yapısını meydana getiren öz sermaye, uzun süreli borçlar ve (varsa) hisse senedleri 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(69). Ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti, öz sermaye, uzun süreli borçlar ve toplam

(67)PORTEFIELD, a.g.e., s.38 ; BÜKER, a.g.e., s.83 .

(68)SÜNMEZ, a.g.e., s.116

(69)Ayrıntılı bilgi için bkz.: SÜNMEZ, "Ağırlıklı....", a.g.e., s.115 ; SÜNMEZ, I.H., "Riskli Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti ve Finansal Varlıkları Fiyatlandırma Modelinin Kullanılması", E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi, Kasım 1984, s.125 .

hisse senetleri maliyetlerinin işletmenin toplam sermayesi içerisindeki oranlarına göre ağırlıklandırılması yoluyla hesaplanmaktadır(70). Ağırlıklı ortalama sermaye maliyetinin sınırlı ömürlü projelerde kullanılmasının, borç ödeme düzenlerinin farklılığından dolayı bazı hatalara neden olduğu söylenmekle birlikte, uygulamada günün koşullarına uygun ve daha gerçekçi bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir(71).

(70)Ayrıntılı bilgi için bkz.: SÜNMEZ, "Ağırlıklı....",
a.g.e., s.115 .

(71)SÜNMEZ, "Riskli", a.g.e., s.125 .

3. MADEN YATIRIM PROJE ÖNERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir yatırımcı veya yatırımcı kuruluş ne kadar büyük finansman kaynaklarına sahip olursa olsun, elindeki bütün proje önerilerini veya proje seçeneklerini gerçekleştirme olanağına sahip değildir⁽¹⁾. Gerek maden yatağının işletme amaçlarını 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 projesi 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 piyasaya sürülmesi söz konusu olmayan projelerin riski çok düşüktür⁽³⁾. Birçok karar verici ise proje değerlendirme başlangıcında belirlilik varsayımı yaparak, nesnel veya öznel yöntemlerle tahmin edilen parametre değerleriyle

-
- (1) AKGÜÇ, D., "Yatırım Projelerinin Teşebbüs Yönünden Değerlendirilmesi", Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, Cilt II, Devlet Yatırım Bankası, Ankara, 1970, s.353 .
 (2) TOPUZ, E., "Maden Yatırım Projelerinde Riskin Tanımı ve Ölçülmesi", MRYF Konferans Metinleri, E.T.K.B., Ankara, Ekim 1983, s.7 .
 (3) HATİPOĞLU, Z., İşletme Finansmanı, Hamle Matbaası, İstanbul, 1967, s.194 .

yatırımın karlılığını ölçmektedir. Belirlilik şartları altında yatırımlar (ticari) karlılık açısından değerlendirildiğinde, genellikle kullanılan karlılık ölçütüne göre en büyük değeri veren yatırım önerisi seçilir(4).

Madencilik yatırımları genellikle uzun ömürlü yatırımlardır ve yatırımların gelecekte getireceği gelirleri kesin olarak belirlemek mümkün değildir. Eger, yatırım proje değişkenlerinin gelecekte alabileceği değerleri olasılıklı olarak tahmin etmek mümkünse, risk ortamında karar sözkonusudur(5). Bu durumda, proje değişkenlerinin alabileceği değerler nesnel veya öznel yöntemlerle tahmin edilebilir ve bunlara bağlı olarak proje gelirlerinin beklenen mümkün değerlerinin gerçekleşebilme olasılıkları belirlenebilir. Projeden beklenen gelirlerin veya karlılık ölçütü değerlerinin olasılık dağılım parametreleri yardımıyla da yatırımın riskliliği ölçülebilir ve karar vericinin risk-kar fayda fonksiyonuna göre yatırım önerileri arasından uygun bir seçim yapılır.

Proje parametrelerinin gelecekte alabileceği değerler hakkında öznel olarak da olsa bir tahmin yapmak mümkün değilse, projelerin belirsizlik ortamında değerlendirilmesi sözkonusudur. Belirsizlik ortamında verilecek kararlar öznel niteliktedir(6). Belirsizlik durumu genellikle yeni bir mal üretiminin planlandığı projelerde görülebilir. Bir çok durumda ise, proje geliştirme çalışmaları başlangıcında belirsizlikler sözkonusu iken, yapılan bazı öznel veya nesnel tahminlerle belirsizlik ortamından risk ortamına geçiş yapılarak projeler değerlendirilir.

(4) RENWICK, F.B., Introduction to Investment and Finance, The Macmillan Comp., New York, 1971, s.109 .

(5) RIGGS, J.L., Economic Decision Models, McGraw-Hill Book Comp., New York, 1968, s.12 .

(6) TEKÖK, O., Yatırım ve Finanslama Kararlarının Finans Fonksiyonu İçerisindeki Gelişimi, A.I.T.I.A. Yayınları, No:70, Ankara, 1973, s.62 .

Bu bölümde öncelikle, belirlilik ortamında proje değerlendirilmede yaygın olarak kullanılan karlılık ölçütlerinden bazıları tanıtılacak ve daha sonra risk ve belirsizlik ortamında kullanılan yöntemler ve değerlendirme ölçütleri üzerinde durulacaktır. Ulusal karlılığı ve finansal verimliliği ölçmeye yarayan yöntemler ise kapsam dışı bırakılmıştır.

3.1. Belirlilik Ortamında Yatırım Projelerini Değerlendirme Yöntemleri

Belirlilik ortamında yatırım projelerinin değerlendirilmesinde genellikle dört önemli varsayım yapılır⁽⁷⁾. Bu varsayımlar şunlardır :

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⁽⁸⁾. Bu nedenle de işletme, piyasa faiz oranını yatırım karlılığını ölçmede sınır oran olarak alabilir.

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

(7) BUSSEY, L.E., The Economic Analysis of Industrial Projects, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1978, s.191-192.

(8) BÜKER, S., İşletmelerin Finansal Yönetiminde Yatırım Kararları ve Türkiye'deki Uygulama, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:104/59, Ankara, 1973, s.83-84.

d) Yatırım projeleri birbirinden bağımsızdır. Bir projenin karlılığı diğer projelerin karlılığından etkilenmez. Bir maden yatağını işletebilmek için geliştirilen yatırım proje önerilerinin herbiri 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 karlılık 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 A.B.D.'de 109 büyük şirket arasında yapmış oldukları istatistiki çalışmaya göre, yeni ve varolan üretim sistemi ile ilgili yatırım projelerinde kullandıkları karlılık ölçütlerinin yüzde dağılımı aşağıdaki gibidir⁽⁹⁾ :

	Varolan 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
	100	100

(9) PETTY, W.J., BIRD, M.M., "The Capital Expenditure Decision Making Process of Large Corporations", The Engineering Economist, Vol.20, No.3, 1975, s.164 .

Görüldüğü gibi gerek varolan üretim sistemi, gerekse yeni bir üretim için yapılan yatırım projelerinde en çok kullanılan karlılık 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.

3.1.1. Ortalama karlılık oranı

Ortalama karlılık oranı, normal bir yılda elde edilen net karın toplam yatırıma (sabit sermaye yatırımı + işletme sermayesi) oranına denilmektedir⁽¹⁰⁾. Bu oran, nakit akımlarına değil, muhasebe karına dayanmaktadır⁽¹¹⁾. Ortalama karlılık oranının hesaplanması aşağıdaki eşitlikte gösterilmektedir.

$$OK = \frac{NK}{TY}$$

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 yapılan yıllardan herhangi biri olabilir; fakat faiz, amortisman ve vergilerin değişken olması durumlarında seçilecek olan yıl önem kazanmaktadır⁽¹²⁾.

(10)KARATAŞ,C., (Çeviri), Endüstri Projelerini Değerlendirme El Kitabı, UNIDO, Ankara, 1977, s.37 .

(11)TECER,M., İşletme Ekonomisi, Ekonomist Yayınevi, Ankara, 1982, s.174 .

(12)KARATAŞ, a.g.e., s.38 .

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.

3.1.2. Geri ödeme süresi

Geri ödeme süresi (GÖS), başlangıçta yapılan ilk yatırım harcamalarının projeden elde edilecek vergi sonrası nakit akımlarıyla karşılanma 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 veya edilmez.

Geri ödeme süresinin hesaplanma yöntemi aşağıdaki eşitlikle açıklanabilmektedir.

$$\sum_{i=0}^m Y_i = \sum_{i=m+1}^p NA_i$$

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

GÖS, yatırım olanakları kısıtlı olan firmalarda ve ülkelerde yaygın olarak kullanılan bir ölçüttür⁽¹³⁾. Bu ölçüt, projenin karlılığını değil likiditesini gözönünde tutar⁽¹⁴⁾. Ayrıca, politik istikrarsızlıkların görüldüğü

(13) DOĞRUSÖZ, H., "Yatırım Kararlarında Optimizasyon Problemleri ve Çözüm Metodları", MPM Konferansları, Ankara, 1971, s.155 .

(14) PEKER, A., Yönetim Muhasebesi- 2.Kitap, İ.Ü. İşletme Fak. Yayınları, No:89, İstanbul, 1979, s.84 ; KARATAŞ, a.g.e., s.179 .

ülkelerde, üretim girdi fiyatları ile cevher satış fiyatlarının çok fazla değişken olduğu durumlarda ve projede uygulanacak teknolojinin değişmesi ihtimalinin olması gibi belirsizlik hallerinde, yatırımın riskini ölçmede çok kullanışlı bir ölçüttür(15). GDS'nin kısa olması, projenin daha az riskli olduğunu gösterir(16).

GDS 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(17). GDS'nin hesaplanmasında nakit akımlarının bugünkü değerleri kullanılarak paranın zaman değeri dikkate alınabilir(18).

3.1.3. Net bugünkü değer

Yatırımın ömrü süresince meydana gelen nakit akımları önceden belirlenen bir faiz (indirgeme) 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 yada sıfırdan büyükse proje kabul edilir(19). Birden fazla yatırım proje önerileri arasında bir değerlendirme durumunda ise, NBD'yi en büyük olan proje seçilir(20).

Yatırım proje seçeneklerinin ekonomik ömürlerinin farklı olması durumunda ise, NBD ölçütüne göre bir seçim yapmak hatalı sonuçlar verebilir(21). Bu gibi durumlarda

-
- (15) JONES, C., "Economic Analysis for Mining Ventures and Projects", Surface Mining, AIME, New York, 1968, s.1005
 (16) BÜKER, a.g.e., s.33 .
 (17) PEKER, a.g.e., s.84 .
 (18) PEKER, a.g.e., s.85 .
 (19) KARATAŞ, a.g.e., s.43 ; BUSSEY, a.g.e., s.201 .
 (20) JONES, a.g.e., s.1006-1007 ; BUSSEY, a.g.e., s.207 .
 (21) ŞENEL, M., Mali Matematik, Bilim ve Teknik Kitabevi Yayınları, Eskişehir, 1983, s.137-138 .

ömür farklarını ortadan kaldıran düzeltmelerin yapılması gerekir(22).

Nakit akımlarının net bugünkü değerlerinin hesaplanma yöntemi aşağıdaki eşitlikle açıklanabilmektedir.

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

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

Yatırımın yaratabileceği toplam net bugünkü değer, indirgeme oranının değerine bağlı olarak değişir. İndirgeme oranının büyük seçilmesi halinde ise artar. 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(23). Genellikle indirgeme oranı, kullanılan sermayenin maliyetine eşit alınır, fakat madencilikte yatırım riskliliği nedeniyle sermaye maliyetinden %5 oranında daha yüksek alınmaktadır(24).

NBD ölçütü projenin ekonomik ömrünü, paranın zaman değerini ve sermaye maliyetini gözönünde bulunduran önemli bir ölçüt olarak proje değerlendirmede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, indirgeme oranının seçimindeki zorluklar ve projelerin karlılık oranlarını tam olarak gösterememesi nedeniyle, farklı ömürlü projelerin

(22)Ayrıntılı bilgi için bkz.: BUSSEY, a.g.e., s.252-257 .

(23)MACKENZIE, B.W., "Evaluating The Economic of Mine Development", C.M.J., December 1970, s.45 ; TECER, a.g.e., s.180 ; CANER, G., Madencilik Yatırımları ve Ekonomik Değerlendirme Teknikleri, MTA Yayınları, No: 17, Ankara, 1976, s.12 .

(24)WANLESS, R.M., Finance for Mine Management, Chapman and Hall Ltd., New York, 1983, s.52 .

değerlendirilmesinde karşılaşılan güçlükler, NBD ölçütünün eksiklikleridir.

3.1.4. Fayda-maliyet oranı

Net bugünkü değer ölçütünün bir eksikliği olan yatırımın 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 yada sıfırdan büyük olması halinde değerlendirilen proje kabul edilir. Proje seçeneklerinin değerlendirilmesi durumunda ise FMO en büyük olan seçilir(25).

Fayda-maliyet oranına karlılık göstergesi veya net bugünkü değer oranı da denilmektedir.

Fayda-maliyet oranının hesaplanma yöntemi aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilmektedir.

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

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

FMO, projenin tüm yararlı ömrünü dikkate alması, yatırımın karlılığını ve kullanılan sermayenin maliyetini gözönünde tutması nedeniyle, proje değerlendirmede güvenilir bir ölçüttür. Özellikle farklı yatırım harcamalarını gerektiren yatırım seçeneklerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir(26). Net bugünkü değer ölçütünde olduğu gibi indirgeme oranının seçimi önemli bir sorundur. Yatırım

(25)KARATAS, a.g.e., s.44 .

(26)BUSSEY, a.g.e., s.211 .

harcamaları arasında önemli farkların olması durumunda, NBD yerine kullanımında belirli bir üstünlük yoktur(27). Sadece, yapılacak yatırıma karşılık elde edilebilecek karlılık oranı hakkında bir fikir verebilir.

3.1.5. 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 değerini, projeye yatırılan sermayenin 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(28).

İKO'nın hesaplanma yöntemi aşağıdaki eşitlikteki gibidir :

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

Burada, R= iç karlılık oranını, n= projenin ömrünü, NA_i= i yılının nakit akımını göstermektedir.

İKO, deneme-yanılma veya kök bulma yöntemleriyle hesaplanabilir(29). Deneme-yanılma yönteminde çeşitli R değerleri için hesaplamalar yapılarak nakit akımlarının bugünkü değerini sıfır yapan faiz oranı bulunabilir. Kök bulma

(27)BUSSEY, a.g.e., s.211 .

(28)PFLEIDER,P., FREVBERGER,C., "Effect of different financing methods on the profitability of mining investment", A Decade of Digital Computing in the Mineral Industry, IMMPE Inc., New York, 1969, s.258 ; SLAVICH,D.M., "Project Evaluation- A Key Step to Implementation", CIM Bulletin, July 1982, s.94 .

(29)BUSSEY, a.g.e., s.212 .

yönteminde ise, yukarıdaki eşitlik $(1+R)^n$ ile çarpılarak aşağıdaki şekilde n'inci dereceden bir polinom elde edilir.

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

Bu polinomun çözülmesi halinde, $(-1, \infty)$ aralığında var olan gerçek kök İKO'nu verir⁽³⁰⁾. 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⁽³¹⁾. Bununla birlikte, yatırımların üretim yıllarında da devam etmesi halinde, birden fazla İKO'yla karşılaşılabilmektedir⁽³²⁾. Böyle bir durumda ise, hangi İKO'nın seçileceğine karar vermek güçtür.

İKO, projenin NBD'ini enbüyüklemeyi garanti etmez⁽³³⁾. 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

(30)BUSSEY, a.g.e., s.213 .

(31)KROEGER, H.E., "Use Discounted Cash-Flow Method", Modern Cost Engineering Techniques (Edited by H.Popper), McGraw-Hill Book Comp., New York, 1970, s.373 .

(32)PORTERFIELD, J.T.S., Yatırım Kararları ve Sermaye Maliyeti, (Çev. Dr.Bülent Atuk), İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı: 1094, İstanbul, 1977, s.21 ; TECER, a.g.e., s.178 .

(33)BUSSEY, a.g.e., s.253 .

kontrol yapıldıktan sonra İKO kullanılabilir(34). Fisher karlılık oranı aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir :

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

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 ($R_f \geq r$) NBD'i daha büyük olan proje, Fisher karlılık oranı sermaye maliyetinden küçük olduğunda ($R_f < r$) ise İKO büyük olan proje seçilmektedir(35). Birden fazla Fisher karlılık oranının hesaplanması durumunda ise NBD ve İKO'na göre yatırım tercihi yapmak çok zordur(36). Böyle durumlarda, sadece NBD ölçütünün kullanımı önerilmektedir(37).

3.2. Risk ve Belirsizlik Ortamında Yatırım Projelerini Değerlendirme Yöntemleri

Madencilik yatırımlarında varlığı kabul edilen büyük oranlardaki riski yatırım değerlendirmelerinde gözönünde bulundurma çalışmaları, 1877 yılında H.D.Hoskold tarafından teklif edilen yöntem ile başlamıştır(38). 1950'li yıllara kadar, Hoskold yöntemini temel alan birçok çalışmalar yapılmıştır, fakat daha sonraları geliştirilmeye başlanan analitik, istatistik ve olasılık teknikler karşısında

-
- (34) Ayrıntılı bilgi için bkz.: BUSSEY, a.g.e., s.257-259 ; FABRYCKY, W.J., THÜESEN, G.J., Economic Decision Analysis, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1980, s.117-122 .
- (35) GÜNEMLİ, A., İşletmelerde Finansal Yönetim, İ.Ü. Yayınları, No:2181, İstanbul, 1976, s.249 ; BÜKER, a.g.e., s.45 ; FABRYCKY and THÜESEN, a.g.e., s.121 .
- (36) BUSSEY, a.g.e., s.259 .
- (37) MAO, J.C.T., Quantitative Analysis of Financial Decisions, The Macmillan Comp., New York, 1969, s.239 .
- (38) O'NEIL, T.J., "Mine Evaluation in a Changing Investment Climate", Mining Engineering, November 1982, s.1564 .

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 3,1 'de anlatılmış olduğundan, bu bölümde tekrar ele alınmamıştır.

3.2.1. Hoskold yöntemi

Hoskold, yatırım projesi yıllık gelirlerinin tekdüze olarak veya olmayarak değiştiği, iki farklı durumu ayrı ayrı ele alan yatırım değerlendirme yöntemleri önermiştir. Heriki 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⁽³⁹⁾. Bu indirgenmiş değere, madenin değeri denilmekte ve bu değerden yatırım giderleri çıkarıldığında kalan değer artı ise yatırım önerisi kabul edilmekte, negatifse kabul edilmemektedir⁽⁴⁰⁾.

Yıllık net karların tekdüze olması durumunda maden yatağının bugünkü değeri ;

(39) CHARLISLE, D., "Maximum total recovery through mining high-grade and low-grade ore together is economically sound", CIM Bulletin, January 1953, s.22 .

(40) PARKS, R.D., Examination and Valuation of Mineral Property, Addison-Wesley Publishing Comp., New York, 1933, s.257 .

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

eşitliği ile hesaplanmaktadır⁽⁴¹⁾. 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;

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

eşitliği ile hesaplanmaktadır⁽⁴²⁾. Burada, P_m = m 'inci yılın net karını ifade etmektedir.

Yukarıda verilen eşitliklerden de görülebileceği 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⁽⁴³⁾.

(41) PARKS, a.g.e., s.193 .

(42) PARKS, a.g.e., s.209 .

(43) O'NEIL, a.g.e., s.1594 .

3.2.2. 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 derecesine göre sermaye maliyetlerine belirli bir risk payı (veya risk primi) eklenerek indirgeme işlemi yapılmaktadır.

Belirli bir riskli projeden beklenen karlılık oranı ile risksiz bir projeden beklenen karlılık oranı arasındaki farka risk payı denilmektedir⁽⁴⁴⁾.

Riske ayarlama işleminde sermaye maliyetine (r), risk payı(θ)'nın eklenmesiyle;

$$R = r + \theta$$

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

Risk payı (θ) arttıkça R 'de artar. Bu nedenle de, projeden beklenen net bugünkü değer de azalır ve projenin kabul edilmeme olasılığı artar⁽⁴⁵⁾. Sermaye maliyetine göre kabul edilebilir bir durumda olan yatırım önerisi, riske ayarlanmış indirgeme oranına göre kabul edilmeyebilmektedir⁽⁴⁶⁾.

(44) NAYLOR, T.H., VERNON, J.M. and WERTZ, K.L., "Managerial Economics, McGraw-Hill Book Comp., New York, 1983, s.318 .

(45) MERİÇ, İ., "İşletmelerde riskli yatırım projelerinin değerlendirilmesinde beklenen minimum gelir yüzdesinin riske göre ayarlanması ve riskli gelirlere değerce eşit risksiz gelirlerin saptanması yöntemleri", İ.Ü. İşletme Fak. Muhasebe Enst. Dergisi, Mayıs 1976, s.67 .

(46) ŞENESEN, Ü., Riskli Yatırım Önerilerinin Değerlendirilmesi, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı:1214, İstanbul, 1982, s.22 .

Yatırım karlılıklarının ölçülmesinde NBD yerine İKO kullanılırsa, İKO riske ayarlanmış indirgeme oranından büyük olduğu zaman yatırım önerisi kabul edilir, küçük olduğu zaman rededilir(47).

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 yapılabılır. Örneğin, yüksek bir risk payı uygulanarak aslında kabul edilebilir olan bir öneri rededilmektedir. Ayrıca, indirgeme oranı riske göre ayarlanmak için değiştirildiğinde, bu değişikliğin proje ömrü sonuna doğru etkisi ilk yıllardakinden daha fazla olmaktadır(48). Bu nedenle de, yatırımın riski zamanla orantılı olarak geometrik bir şekilde büyümektedir(49). 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(50).

-
- (47)BAĞIRKAN,Ş., "Yatırım Kararlarında Risk Unsurunun Kullanılması", i.f.t.t.a. Dergisi, Sayı:1, 1974, s.184 .
 (48)PORTERFIELD, a.g.e., s.110 ; MERİC, a.g.e., s.69 ;
 WANLESS, a.g.e., s.59 .
 (49)ŞENESEN, a.g.e., s.23 ; BAĞIRKAN, a.g.e., s.184 .
 (50)HODDER,J.E., RIGGS,H.E., "Pitfalls in Evaluating Risky Projects", Harward Business Review, January-February, 1985, s.132 .

3.2.3. 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 eşdeğeri 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(51). Belirlilik eşdeğeri katsayısı sıfır ile bir arasında değerler almakta olup, risksiz durumlarda bire eşittir ve risk arttıkça sıfıra yaklaşır(52).

Belirlilik eşdeğeri yöntemini savunanlara göre, NBD' in hesaplanmasında kullanılan indirgeme oranı risk faktörünü içermemelidir(53). Bu yönüme 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 ;

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

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

Yatırım değerlendirmesinde İKO'nın kullanılması durumunda, belirlilik eşdeğeri katsayıları ile çarpılan nakit akımlarının indirgenmiş değerleri toplamını sıfıra eşitleyen İKO hesaplanmaktadır. Bulunan İKO, risksiz indirgeme

(51)BAĞIRKAN, a.g.e., s.185 .

(52)ŞENESEN, a.g.e., s.25 .

(53)MERİÇ, a.g.e., s.68 ; ŞENESEN, a.g.e., s.25 .

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 gözönünde bulundurulursa, riskin değişkenliği karşısında belirlilik eşdeğeri 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 α_i katsayısı her bir proje yılında tahmin edilen belirsizliklere bağlı olarak ayarlanabilmektedir.

Yukarıda belirtilen üstünlükleriyle birlikte, bu yöntemin uygulanabilmesi için, yatırımın ömrü boyunca herbir 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.

3.2.4. Benzetim yöntemi

3.2.4.1. Benzetimin tanımı ve özellikleri

Benzetim, gerçek sistemin benzeri bir model oluşturularak, onun üzerinde belirli zaman periyodları için çeşitli testler yapıp, sistemin davranışlarını ve verimliliğini

araştırmada kullanılan bir yöntemdir(54). Özellikle, analitik yöntemlerle çözümü çok zor olan veya mümkün olmayan sistemler ile karar problemleri, bir model oluşturularak benzetim yöntemleriyle çözülebilmektedir(55).

Benzetim ile çalışmanın ilk adımı olan gerçeğe benzer model oluşturma aşamasından sonra, model değişkenlerinin dağılımlarına uygun rassal örnekleme yapılmaktadır(56). Örneklenen değerlerle model belirli sayıda işletilmekte ve alınan sonuçlar istatistikî olarak değerlendirildikten sonra, karar vericiye sistemin veya karar probleminin beklenen sonuçları sunulmaktadır.

Benzetim yöntemi, karar vericiye problemin eniyi (optimum) çözümü yerine, karar seçeneklerinin beklenen sonuçları hakkında bilgiler sunar ve değerlendirmeyi ona bırakır(57). Benzetim çalışmalarından kesin sonuçlar elde etmek çok zordur(58).

Benzetim, bir sistem veya karar problemi için gerçek örnekleme yapmanın mümkün olmadığı yada çok pahalı olduğu durumlarda kullanılabilen bir yöntemdir. Bu nedenle, benzetim modelinin gerçeği yansıtıp yansıtmadığını ortaya çıkarmak için testler yapmak olanaksız veya çok pahalı bir işlemdir(59). Böyle bir gerçeklik testi için deney veya gözlem yapmak, gerçek sistem veya problem için örnekleme yapmak demektir.

Benzetim modellerinin çözümünde gerekli olan çok sayıda hesaplamalarda süratlilik, kolaylık ve maliyet azalması sağlamak için bilgisayarlardan yararlanılmaktadır.

(54)PAYNE,J.A., Introduction to Simulation, McGraw-Hill Book Comp., New York, 1982, s.2 .

(55)RENWICK, a.g.e., s.158 ; MAO, a.g.e., s.555 .

(56)HILLER,F.S., LIDERMAN,G.S., Operation Research, Holden-Day Inc., San Francisco, 1967, s.620-621 .

(57)MAO, a.g.e., s.555 .

(58)PAYNE, a.g.e., s.3 .

(59)HALAÇ,O., İşletmelerde Simülasyon Teknikleri, İ.Ü. Yayınları, No:2936, İstanbul, 1982, s.8 ; ŞENESEN, a.g.e., s.51 .

Benzetim çalışmalarında bilgisayarların kullanımı, benzetim yöntemlerinin birçok alanda uygulanabilirliğini arttırmıştır.

3.2.4.2. 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 alabilir. 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, bunların olasılık dağılımlarından yapılan rassal örneklemeler sonucunda hesaplanan yıllık nakit akımları da, birbirinden bağımsız değerler alır. Birbirinden bağımsız değerlerden oluşan yıllık nakit akımlarının olasılık dağılımı yaklaşık olarak normaldir⁽⁶⁰⁾. Bu durumda, birbirinden bağımsız değerlerden oluşan yıllık nakit akımlarıyla hesaplanacak karlılık 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⁽⁶¹⁾. Tam veya kısmi olarak birbirine bağımlı yıllık nakit akımları arasındaki korelasyonun yok edilmesi ile hesaplanacak

(60)HILLER,F.S., "The derivation of probabilistic information for evaluation of risky investments", Management Science, April 1963, s.447-448 ; ZINN,C.D., LESSO,W.G., "A Probabilistic Approach to Risk Analysis in Capital Projects", The Engineering Economist, Vol.22, No.4, 1977, s.241 .

(61)HILLER, a.g.e., s.448 .

karlılık ölçütlerinin dağılımı da yaklaşık olarak normaldir.

Karlılık ölçütlerinin dağılımının normal olabilmesi için, herbir yılın nakit akımının rassal değerlerden oluşması ve normal dağılması gereklidir(62).

Yıllık nakit akımlarını etkileyen değişkenlerin olasılık dağılımlarının belirli olduğu risk ortamında, değişkenlerin olasılık dağılımlarına bağlı olarak yapılacak rassal örneklemeyle, yıllık nakit akımlarının ve karlılık ölçütlerinin hesaplanmasında ve olasılık dağılımlarının belirlenmesinde, Monte Carlo benzetim yöntemi etkin bir şekilde kullanılabilir(63). David B. Hertz, 1964 yılında yapmış olduğu çalışmada, bir rassal örnekleme yöntemi olan Monte Carlo benzetiminin, yatırım projelerinin risk analizlerinde kullanılabilirliğini göstermiştir(64). Ümit Şenesen'de, riskli yatırım önerilerinin değerlendirilmesinde Monte Carlo benzetim yönteminin kullanılabileceğini belirtmektedir(65).

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

(62)MAO, a.g.e., s.277 .

(63)HARRIS,D., "Risk Analysis in Mineral Investment Decisions", AIME-Transactions, September 1970, s.197-199 ; RENWICK, a.g.e., s.159 ; MAO, a.g.e., s.566

(64)HERTZ,D.B., "Risk Analysis in Capital Investment", Harvard Business Review, January-February 1964, s.95-106 .

(65)ŞENESEN, a.g.e., s.40 .

3.2.4.3. 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(66). Monte Carlo benzetimi, karmaşıklık derecesi ne olursa olsun stokastik süreçlerin incelenmesi yöntemidir(67). Sobol'a göre, Monte Carlo benzetimi bir istatistiksel deneme yöntemidir(68). Renwick, Monte Carlo benzetim yöntemini, analitik olarak kolaylıkla çözülemeyen belirli modellerin çözümü ve çok değişkenli dağılımların matematiksel analizi için standart bir teknik olarak tanımlamaktadır(69).

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 değişkenlere dönüştürülmesi, gereklidir(70).

a) Modelin kurulması

Gerçek sistemin veya karar probleminin benzeri olan model, sistem veya karar probleminin değişkenleri arasındaki ilişkileri matematiksel ve mantıksal simgelerle sağlar.

(66) SHAMBLIN, J.E. and STEVENS, G.T., Operational Research A Fundamental Approach, McGraw-Hill Book Comp., New York, 1974, s.156-186.

(67) ŞENESEN, a.g.e., s.62 .

(68) SOBOL, I.M., The Monte Carlo Method, The University of Chicago Press, Chicago, 1974, s.3 .

(69) RENWICK, a.g.e., s.158 .

(70) RENWICK, a.g.e., s.158 .

Modeldeki değişkenler ve bunlar arasındaki ilişki ayrıntılı biçimde incelenirse, modelin çözümlü güçleşirse de, çıkacak sonuç daha güvenilir olur(71). Güvenilir bir model kurmak için, etkisi olabilecek bütün değişkenleri çözüme katmak gerekir(72).

Benzetim modelinin değişkenlerini dışsal, içsel ve durum değişkenleri olarak üç gruba ayırmak mümkündür(73).

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 istatistikî tahmini olarak nesnel bir şekilde, yada 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 dağılımlarında birbirinden bağımsız olur. Dışsal değişkenlerin bazılarının birbirine bağımlı olması durumunda ise, bağımlı değişkenlerden birisinin

(71)ŞENEL, M., Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Planlaması ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:110/64, Ankara, 1974, s.7 .

(72)ŞENEL, a.g.e., s.7 .

(73)ŞENESEN, a.g.e., s.56 .

olasılık dağılım parametreleri ve diğerleriyle olan fonksiyonel ilişkisi belirlenerek modele dahil edilir.

b) 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⁽⁷⁴⁾. Bir rassal sayının gerçekleşme olasılığı, rassal sayılar dizisindeki herhangi bir sayının gerçekleşme olasılığıyla aynıdır⁽⁷⁵⁾.

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 çizelgeside kullanılabilir. Rassal sayıların, bilgisayarların belleğinde depolanarak kullanımında 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 eş-

(74)CANER,G., "Madencilik Yatırım Projelerinde Risk Unsuru-
nun Değerlendirilmesi", MRYF Konferans Metinleri,
E.T.K.B., Ankara, Ekim 1983, s.7 .

(75)HALAÇ,O., Kanitatif Karar Verme Teknikleri, İ.Ü. Yayın-
ları, No:2501, İstanbul, 1978, s.465 .

lik (congruential) yöntemlerdir(76). Bu tekniklerle elde edilen sayılar istatistikî 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 deyimi ile elde edilebilmektedir.

c) Rassal sayıların dönüştürülmesi

Monte Carlo benzetim modelinin işleyişi sırasında, modelin dışsal değişkenlerinin olasılık dağılımlarına uygun örneklemlerin yapılabilmesi için, tekdüze dağılımdan elde edilen rassal sayıların dönüştürülmesi gerekir. İstatistiksel anlamda dönüşüm, herhangi bir dağılımdan örnekleme yapmak demektir(77). 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:

-
- (76) Ayrıntılı bilgi için bkz.: BRATLEY, P., FOX, B.L., and SCHRAGE, L.E., A Guide to Simulation, Springer-Verlag, New York, 1983, s.183-192 ; HALAÇ, "İşletmelerde...", a.g.e., s.47-52 ; HILLER ve LIDERMAN, a.g.e., s.625-628
- (77) YÜCEL, N., Monte Karlo Metodu, İ.T.Ü. Elektronik Hesap Bilimleri Enst. Yayınları, İstanbul, 1973, s.31 .

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

Çalışmanın kapsamını genişletmemek için bu tekniklere yer verilmeyecektir(78).

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(79).

i) Üçgen dağılım

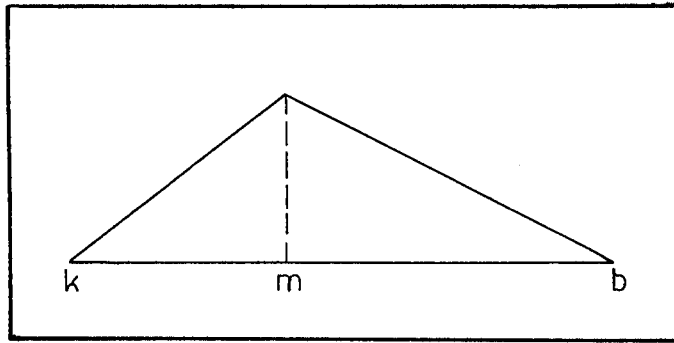
Dışsal değişkenlerin değerlerinin belirsiz olduğu durumlarda, bunların gelecekte alabilecekleri değerlerle ilgili olarak nokta tahminler yerine aralık tahminleri yapıldığında, projenin geleceğini etkileyebilecek tüm koşullar hakkında bilgi sahibi olunabilir. Değişkenlerin alabileceği enküçük, olası ve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

Üçgen dağılıma uyan rassal değişkenin(X) enküçük(k), olası(m) ve enbüyük(b) değer aralıkları için olasılık yoğunluk fonksiyonu:

-
- (78)Ayrıntılı bilgi için bkz.: HALAÇ, "İşletmelerde....", a.g.e., s.97-125 ; BRATLEY ve diğerleri, a.g.e., s.134-150 ; PHILLIPS,D.T., RAVINDRAN,A., and SOLBERG,J., Operation Research Principles and Practice, John Wiley and Sons, New York, 1976, s.388-402 .
- (79)Diğer dağılım tiplerinden örnekleme için geliştirilen yöntemler hakkında ayrıntılı bilgi için bkz.: BRATLEY ve diğerleri, a.g.e., s.134-213 ; HALAÇ, "İşletmelerde....", a.g.e., s.97-125 ; YÜCEL, a.g.e., s.31-46 .

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

şeklinde ifade edilmektedir⁽⁸⁰⁾. Burada $f(X)$, üçgen dağılımlı değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunu göstermektedir. Şekil 3,1 'de üçgen dağılımın parametreleri görülmektedir.



Şekil 3.1 : Üçgen dağılımın parametreleri

Enküçük değeri k , olası değeri m ve enbüyük değeri b olan üçgen dağılımın aritmetik ortalaması (μ) ve standart sapması (σ) ;

$$\mu = \frac{k + m + b}{3}$$

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

eşitlikleri yardımıyla hesaplanabilir⁽⁸¹⁾.

(80) UNUTMAZ, O., "Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Üçgen Dağılımların Kullanılması", E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi, Aralık 1982, s.89.

(81) UNUTMAZ, a.g.e., s.90-91.

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

$$\int_k^b f(X) = 1$$

dir.

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

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

dönüştürmeleri yapılarak X rassal değişkeninin değeri hesaplanabilir(82).

ii) 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 (μ) ve standart sapma (σ) olan normal dağılmış X rassal değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(X) = [1 / (\sigma \cdot \sqrt{2\pi})] \cdot \exp [-(X - \mu)^2 / (2\sigma^2)]$$

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.

(82) UNUTMAZ, a.g.e., s.91 .

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⁽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;

$$X = \alpha + Z \cdot \sigma$$

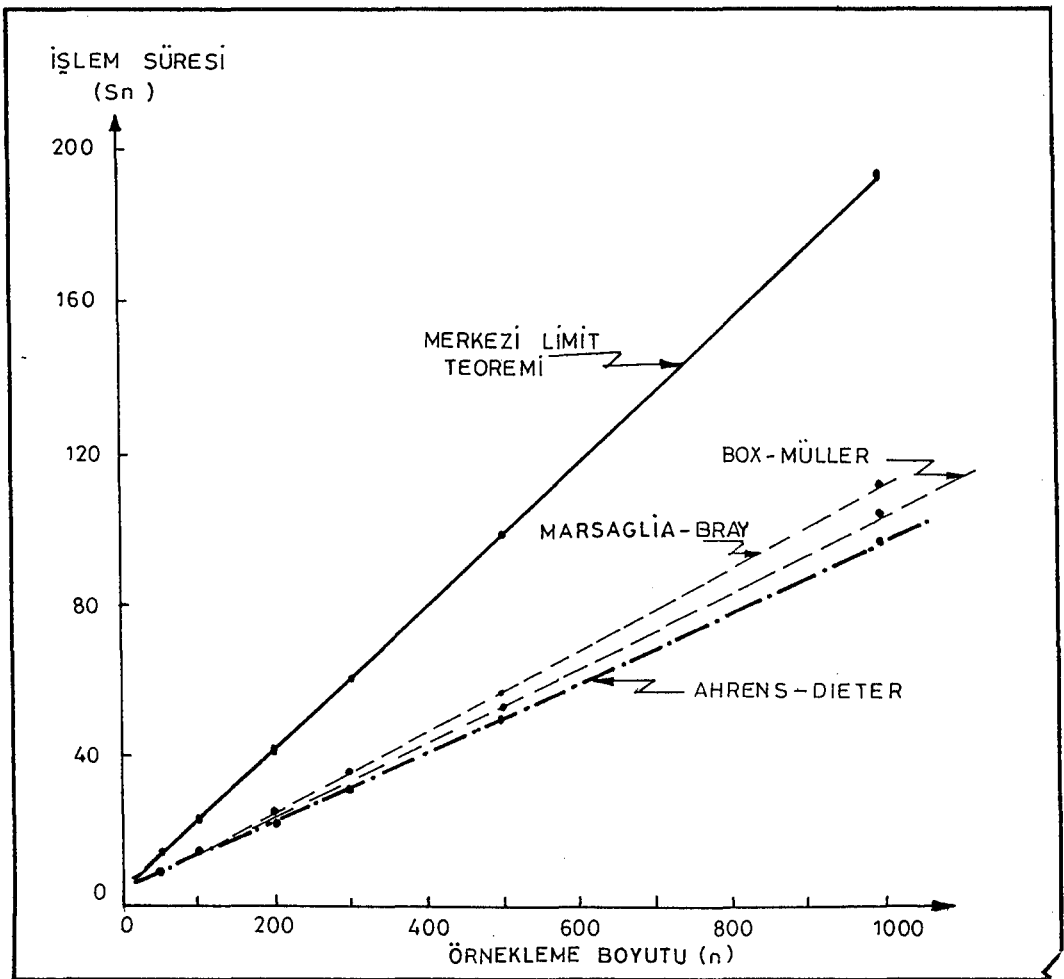
eşitliğinden, X rassal değişkeninin değeri hesaplanmaktadır⁽⁸⁴⁾.

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 3,2 'de verilen işlem zamanları elde edilmiştir. Şekil 3,2 '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

(83)Merkezi limit teoremine dayanan yöntem hakkında ayrıntılı bilgi için bkz.: BRATLEY ve diğerleri, a.g.e., s.153 ; YÜCEL, a.g.e., s.39 ; ŞENESİN, a.g.e., s.68 . Ahrens-Dieter yöntemi hakkında ayrıntılı bilgi için bkz.: BRATLEY ve diğerleri, a.g.e., s.145 . Marsaglia-Bray yöntemi hakkında ayrıntılı bilgi için bkz.: HALAÇ, "İşletmelerde...", a.g.e., s.130 . Box-Müller yöntemi hakkında ayrıntılı bilgi için bkz.: BRATLEY ve diğerleri, a.g.e., s.150-151 ; HALAÇ, "İşletmelerde...", a.g.e., s.120-121 .

(84)BRATLEY ve diğerleri, a.g.e., s.152 .

olarak hesaplanan standart normal değerlerin dağılımı izelge 3,1 'de verilmiştir. Bu çizelgeden de 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.



Şekil 3,2 : Benzetim rnekleme boyutuna bağlı olarak rassal standart normal değerleri hesaplayan yöntemler için gerekli bilgi işlem süreleri.

Cizelge 3,1 : Benzetim boyutunun $n=1000$ olması durumu için rassal örnekleme yöntemleriyle hesaplanan standart normal değerlerin olasılık dağılımları.

Rassal Standart	Standart Normal Değer Örnekleme Yöntemleri			
	Merkezi Limit	Marsaglia-Bray	Ahrens-Dieter	Box-Muller
Dagilim Aralığı	Olasılık Dağılımı (%)			
$Z \in (-4, -3]$	0.0	0.0	0.0	0.0
$Z \in (-3, -2]$	0.0	0.1	0.1	0.0
$Z \in (-2, -1]$	2.7	1.8	2.0	1.8
$Z \in (-1, 0]$	15.5	12.7	12.7	14.4
$Z \in (0, 1]$	32.3	32.5	33.8	33.2
$Z \in (1, 2]$	32.6	37.6	35.6	35.6
$Z \in (2, 3]$	15.0	13.6	13.8	12.6
$Z \in (3, 4]$	1.8	1.7	1.9	2.4
$Z \in (4, \infty)$	0.1	0.0	0.1	0.0
$Z \in (-\infty, -4)$	0.0	0.0	0.0	0.0

Benzetim örnekleme boyutunun büyük olmadığı ve bilgisayarların kullanılmadığı durumlarda, merkezi limit teoremine 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.

3.2.4.4. Benzetim örnekleme boyutu

Risk analizlerinde uygulanan Monte Carlo benzetiminde rassal örnekleme tekrar sayısı, yani benzetim örnekleme boyutu arttıkça, her tekrarda elde edilecek karlılık ölçütlerinin frekans dağılımı, belirli bir kuramsal dağılıma yaklaşır. Bu nedenle, benzetim örnekleme boyutu arttıkça benzetimin güvenilirliği artmaktadır. Bununla birlikte, güvenilirlik derecesini iki kat daha arttırmak için örnekleme

boyutunu kendi karesine yükseltmek gerekmektedir(85). Örneğin, örnekleme 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(86). Bunun için başlangıçta bazı varsayımlar yapılır. Örneğin, risk analizlerinde rassal örneklemelemlerle hesaplanan karlılık 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(87).

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

3.2.4.5. Benzetim örnekleme sonuçlarının değerlendirilmesi

Yatırım projelerinin risk analizini gerçekleştirmek amacıyla kurulan Monte Carlo benzetim modelinde, dışsal değişkenlerin olasılık dağılımlarına bağlı olarak belirli sayıda rassal örneklemelemler yapılarak, yıllık nakit akımları ve karlılık ölçütleri hesaplanır. Rassal örneklemenin sona

(85)SENESEN, a.g.e., s.97 .

(86)PAYNE, a.g.e., s.185 .

(87)Ayrıntılı bilgi için bkz.: PAYNE, a.g.e., s.186 ; HALAÇ, "Kanitatif...", a.g.e., s.467 .

ermesinden sonra ise, yatırımın riskliliği hakkında karar vermede kullanılmak amacıyla rassal değerlerden oluşan karlılık ölçütlerinin olasılık dağılım fonksiyonları ve parametreleri araştırılır.

Rassal değerlerden oluşan yıllık nakit akımları birbirinden bağımsızsa, bunlara bağlı olarak hesaplanan karlılık ölçütlerinin olasılık dağılımının yaklaşık olarak normal olduğu kabul edilmektedir⁽⁸⁸⁾. Normal dağılımın 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.

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

- Rassal değerlerden oluşan karlılık ölçütleri küçükten büyüğe sıralanır.

- Enküçük ve enbüyük değere bağlı olarak Sturges kuralı ile sınıf aralıkları saptanır⁽⁸⁹⁾.

- Belirlenen sınıf aralıklarına uygun olarak karlılık 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 düzeltmesi yapılır⁽⁹⁰⁾.

(88) ZINN ve LESSO, a.g.e., s.243 .

(89) Ayrıntılı bilgi için bkz.: GÜRTAN, K., İstatistik ve Araştırma Metodları, İ.Ü. Yayınları, No:2941, İstanbul, 1982, s.86 .

(90) Ayrıntılı bilgi için bkz.: YÜZER, F., İşletme Yönetiminde Kar-Zarar Bütçesine Olasılıklı Yaklaşım, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:233/157, Eskişehir, 1981, s.89 .

-Düzeltilmiş momentler yardımıyla aritmetik ortalama, standart sapma, çarpıklık ve basıklık ölçütleri hesaplanır.

Hesaplamalarla bulunan aritmetik ortalama ve standart sapma, karlılık ölçütlerinin kuramsal dağılım parametreleridir. Rassal örnekleme değerlerinin sınıflandırılması ile elde edilen gerçek dağılım ile kuramsal dağılımın uygunluğunu test etmede Ki-kare veya Kolmogorov-Simirnov testi kullanılmaktadır⁽⁹¹⁾. Benzetim örnekleme boyutunun büyük olduğu ($n \geq 100$) durumlarda Ki-kare testi, küçük olduğu durumlarda ($99 \geq n \geq 10$) ise Kolmogorov-Simirnov testi tercih edilmektedir⁽⁹²⁾.

(91)BUSSEY, a.g.e., s.395 .

(92)HALAÇ, "İşletmelerde...", a.g.e., s.15 .

4.MADENCİLİK YATIRIM KARARLARINDA RİSKİN ETKİLERİ VE ÖLÇÜLMESİ

Madencilik yatırımlarının riskliliğinde etkili olan birçok belirsizlik kaynakları vardır. Bunları genel olarak doğal, teknolojik, ekonomik ve politik belirsizlik kaynakları olarak sınıflamak mümkündür. Bununla birlikte, karar vericinin kontrolunda olan karar değişkenlerinin aldıkları değerler de, 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 verebilir. 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 karlılık ölçütleri olasılık dağılımlarından yararlanılmaktadır.

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

4.1. 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 nitelendirilmektedir. Madencilik yatırımlarının riskliliğiyle orantılı olarak beklenen kar da yüksektir⁽¹⁾, fakat bu kar genellikle uzun dönemde elde edilir. Bir başka deyişle, madencilik yatırımlarının geri dönüş süreleri uzundur ve uzun dönemde yatırımın yaratabileceği 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 başlayacağını ve ne kadar azalacağını tahmin etmek çok zordur.

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

(1) CHARLISLE, D., "Maximum Total Recovery Through Mining High-grade and Low-grade Ore Together is Economically Sound", CIM Bulletin, January 1953, s.23 .

4.1.1. 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⁽²⁾, fakat hata oranları istatistik ve olasılık analiz teknikleri yardımıyla saptanabilmektedir. Rezev 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 (sondaçlar, galeriler, yarmalar veya kuyularla) yapılan örneklemelemlerle hesaplanan kuramsal rezerv ve tenör değerlerinin istatistikî olarak tüm yatağı (ana kütle) temsil etmesi gerekir. Bunu sağlamak için de örnek sayısının mümkün olduğunca arttırılması 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 ve belirsizliğin önemli bir kaynağını meydana getirir⁽³⁾. Madencilik kuruluşu, amacına ve maden yatağının özelliklerine göre saptadığı belirli bir hata

(2) HARRIS, D.P., "Risk Analysis in Mineral Investment Decisions", AIME-Transactions, September 1970, s.195 .
 (3) HARRIS, a.g.e., s.195 .

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, üretimin belirli bir süre durmasına ve hatta madenin tamamen kapatılmasına neden olabilir. Bu doğal afetlerin, maden işletmesini ne gibi zararlara uğratabileceği belirsizdir ve herhangi bir tahmin yapmak çok güçtür.

4.1.2. 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 etüdlere rağmen, karşılaşılabilecek güçlükleri tamamiyle ortaya çıkaracak bir proje hazırlamak, genellikle mümkün olmamaktadır⁽⁴⁾. Bunun sonucunda da işletmeye alma ve üretim aşamalarında gecikmeler, verim düşüklükleri, yeni makina ve donanım gereksinimleri gibi giderleri arttırıcı, karlılığı azaltıcı birçok durumlarla karşılaşılabilmektedir.

(4)TOPUZ,E., "Maden Yatırım Projelerinde Riskin Tanımı ve Ölçülmesi", MRYF Konferans Metinleri, E.T.K.B., Ankara, Ekim 1983, s.3 .

Proje hazırlama çalışmaları sırasında, yanlış veya yetersiz teknoloji seçiminde, karar vericilerin etkileri de önemlidir(5).

Üretim aşamasında meydana gelebilecek teknolojik gelişmeler ve değişmeler, seçilen üretim yönteminin, satın alınan makina ve donanımların yetersiz kalmasına neden olabilir(6). 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 ekonomik olmaz. 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.

4.1.3. 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.

(5) CHARLISLE, a.g.e., s.24 .

(6) BAYAR, D., "Maliyetlerin Hesaplanmasında Rizikonun Önemi" E.i.T.I.A. Dergisi, Ocak 1970, s.51 .

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⁽⁷⁾. Cevher satış fiyatlarını geçmiş trendlere bağlı olarak tahmin etmek mümkündür, fakat uzun dönemli tahminlerde hata oranları büyüür.

Cevher satış fiyatlarının oluşumunda arz ve talep durumu etkilidir. Bununla birlikte, kısa zaman periyodları 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⁽⁸⁾.

Bütün cevher satış fiyatları uzun vadede trendsel bir artış göstermekle birlikte, kısa vadede periyodik dalgalanmalar göstermektedir. Bu dalgalanmaların nedenlerini 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⁽⁹⁾. 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 edilememesidir. Ayrıca bunlara işçilik giderlerinin belirsizliği de eklenebilir.

(7)ROSS-WATT,D., MACKENZIE,B., "A Mining Project Evaluation Technique Incorporating The Response of Mine Management to The Resolution of Uncertainty", Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry (Ed. by T.J. O'Neil), AIME, New York, 1979, s.118 .

(8)TOPUZ, a.g.e., s.4 .

(9)ROSS-WATT ve MACKENZIE, a.g.e., s.118 .

b) Pazarlama olanakları

Pazarlama olanakları firmanın durumuna ve piyasa koşullarına bağlıdır. Üretilecek 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 ömrü,

dür(10).

Üretilecek 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.

(10)WILKE,F.L., Maden İşletme Ekonomisi. (Çev. Yrd.Doç.Dr. İsmail Uğur), İ.T.Ü. Maden Fak., İstanbul, 1986, s.123.

c) Enflasyon

Maden işletmeleri genellikle uzun dönemli planlar üzerine 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 ana para ve faiz ödemelerinde güçlüklerle karşılaşırırlar. Kredi borcu ana para 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(11).

4.1.4. Politik belirsizlikler

Politik belirsizliklerin neden olduğu riskler;
- Vergilerin arttırılması,

(11)O'NEIL, T.J., "Mine Evaluation in a Changing Investment Climate", Mining Engineering, November 1982, s.1566 .

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

gibi uygulamalardan kaynaklanır(12).

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(13).

Politik risk genellikle gelişmekte olan ülkelerde daha fazladır(14). Madenlerin aranması ve değerlendirilmesi aşamalarında karlılık belirsiz veya az olduğu için hükümetler genellikle yatırımları teşvik edici uygulamalarda bulunurlar, fakat üretim aşamasında yüksek karların elde edilmeye başlanmasıyla birlikte politik risk artar.

4.2. Madencilik Yatırımlarının Riskliliğinde Karar Değişkenlerinin Etkileri

Madencilik yatırımlarının riskliliğinde doğal, teknolojik, ekonomik ve politik belirsizliklerle birlikte karar vericinin kontrolunda olan karar değişkenlerinin de önemli etkileri vardır. Madencilik yatırımlarında karar vericinin kontrolunda 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.

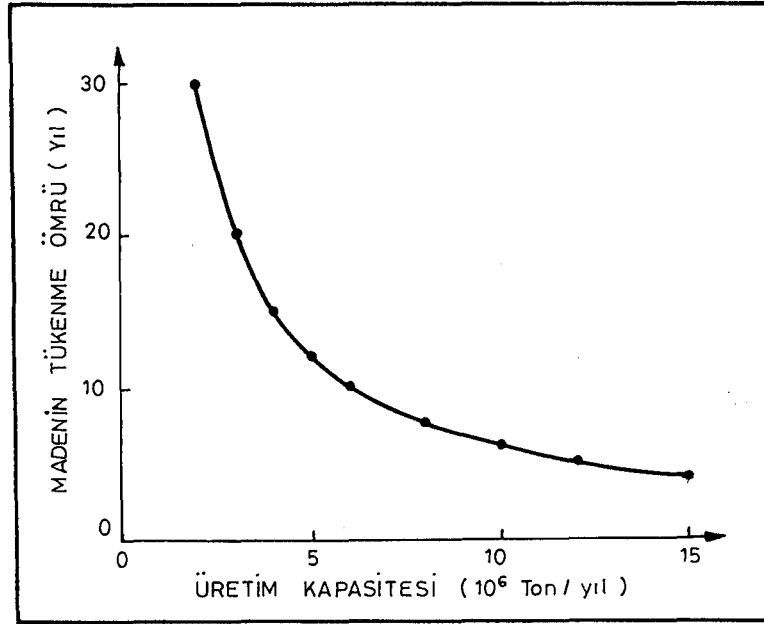
(12)TOPUZ, a.g.e., s.6 .

(13)POTTS,D., "Guide to Financing of Mining Projects", IMM-Transactions, July, 1985, s.A131 .

(14)TOPUZ, a.g.e., s.6 .

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

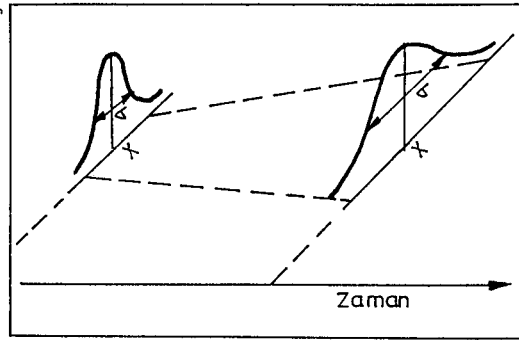
Belirli bir cevher rezervine sahip maden yatağında uygulanabilecek üretim kapasitesinin değişimi, madenin tükenme ömrünün de değişimine neden olur. Üretim kapasitesi ile madenin tükenme ömrü arasında ters bir ilişki söz konusudur. Üretim kapasitesi arttıkça maden ömrü hızla azalır, üretim kapasitesi arttıkça ise maden ömrü hızla artar (Şekil 4,1).



Şekil 4.1 : Üretim kapasitesi ile madenin tükenme ömrü arasındaki ilişki.

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⁽¹⁵⁾. Şekil 4,2 'de de görüldüğü gibi, X değişkeninin tahmini ile ilgili belirsizliğin ölçüsü olan standart sapma (σ) zaman ile artmaktadır.



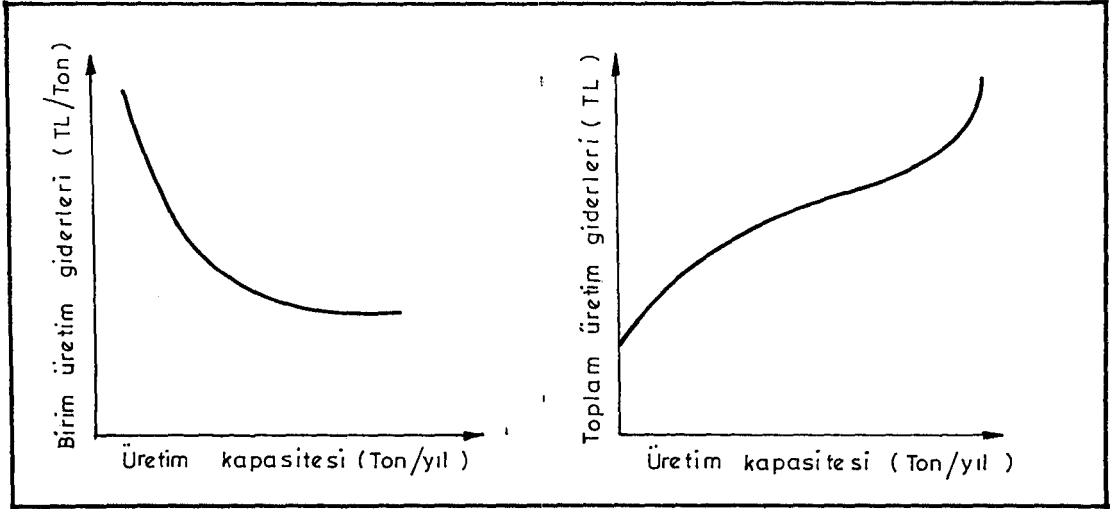
Şekil 4.2 : Yıllık nakit akımlarını etkileyen X değişkeninin tahmini ile ilgili belirsizliğin (σ) zaman ile değişimi.

Üretim kapasitesinin artması halinde madenin tükenme ömrü azalmakla birlikte, yatırım giderlerinde de belirli bir fonksiyonel artış olur (Bkz. Şekil 2,1 ve Şekil 2,2). 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 da 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

(15)ROSS-WATT ve MACKENZIE, a.g.e., s.120 .

azalarak da olsa artar (Şekil 4,3). Bu durumda üretim giderlerinin tahminiyle ilgili belirsizliklerin etkileri de artmaya başlar.

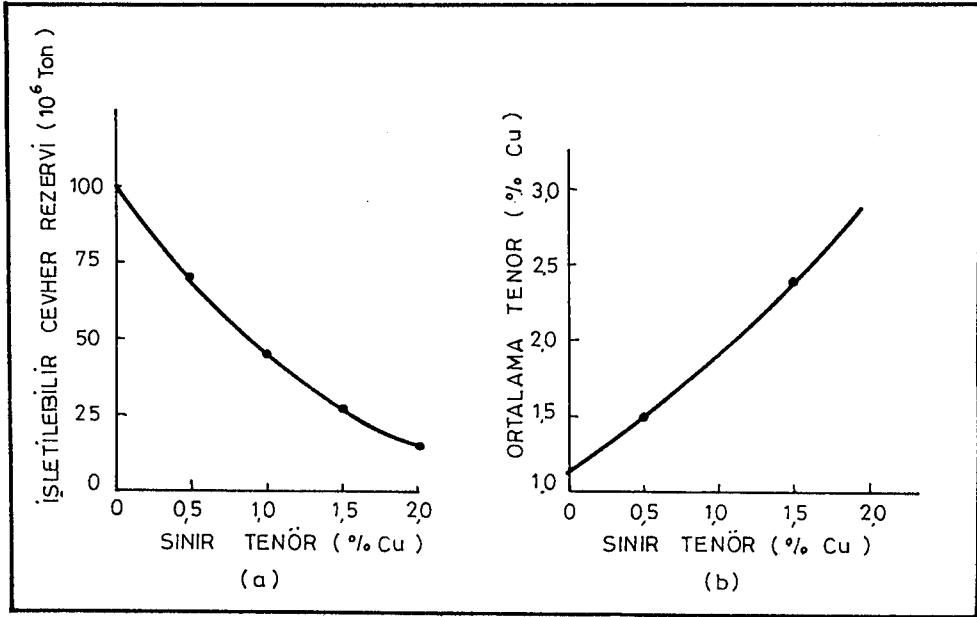


Şekil 4.3 : Birim ve toplam üretim giderlerinin üretim kapasitesi ile ilişkisi.

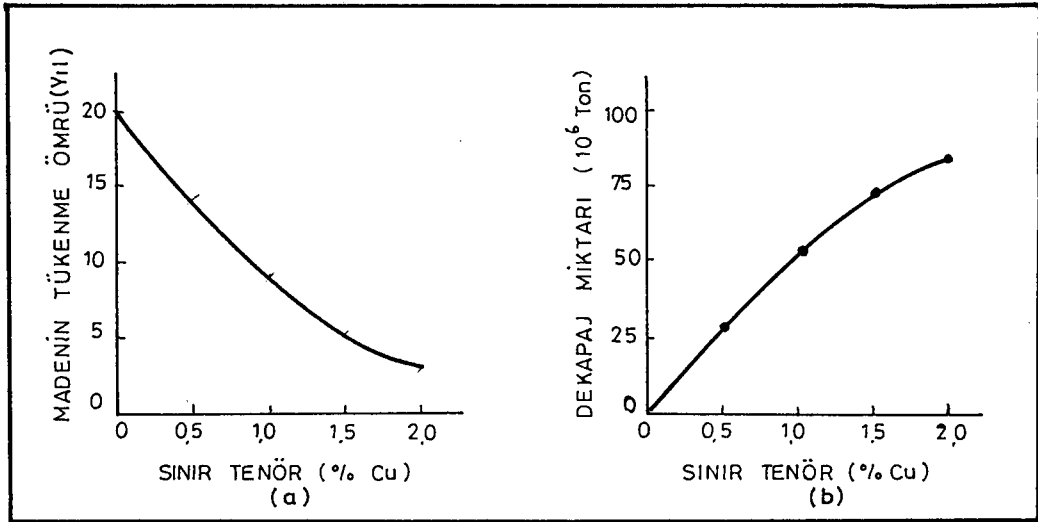
Üretim kapasitesinin arttırılması veya azaltılması, ilgili malın arz edileceği piyasanın koşullarından da etkilenir. Piyasa koşullarının gelecekteki durumunu tahmin etmek ise çok zordur ve birçok belirsizlikler içerir. Gelecekte arz ve talebin ne olacağı, satış fiyatlarının hangi seviyelerde seyredeceği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

Sınır tenör, işletilebilir cevher rezervinin ve ortalama tenörün saptanmasında etkili olan önemli bir karar değişkenidir. Sınır tenördeki artışa bağlı olarak işletilebilir cevher rezervi azalırken ortalama tenör artar (Şekil 4,4). İşletilebilir cevher rezervinin azalması ile de, cevher üretim kapasitesinin sabit kalması halinde madenin tükenme ömrü azalır ve açık işletme yöntemi ile üretim

yapılması halinde de dekapaj miktarı (veya oranı) artar (Şekil 4,5).

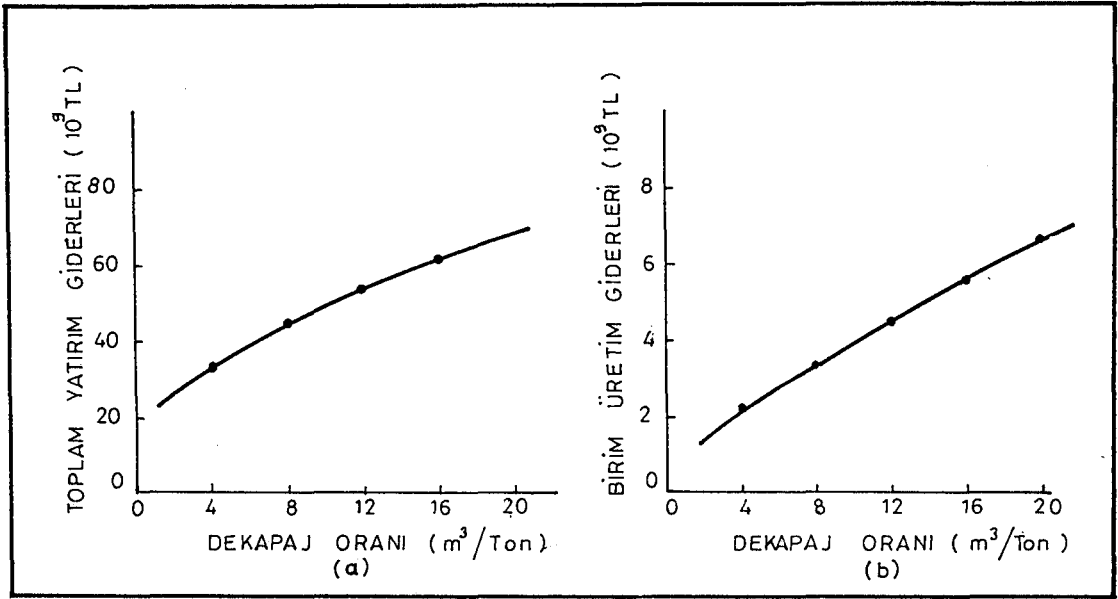


Şekil 4.4 : Sınır tenör ile işletilebilir cevher rezervi ve ortalama tenör ilişkisi (Kaynak: WELLS, H.M., "Optimization of Mining Engineering Design in Mineral Valuation", Mining Engineering, Decem. 1978, s.1682).



Şekil 4.5 : Sınır tenör ile madenin tükenme ömrü ve dekapaj miktarı ilişkisi (Cevher üretim kapasitesi 5 Milyon ton/yıl 'dır. Kaynak: WELLS, a.g.e., s.1682).

Ortalama tenör artışıyla birlikte yıllık metal üretim miktarı 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 4,6).



Şekil 4.6 : Dekapaj oranı ile toplam yatırım giderleri ve birim işletme giderleri arasındaki ilişki (Cevher üretim kapasitesi 5 Milyon ton/yıl'dır. Kaynak: CELEBİ, N. ve PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., "Linyit Açık İşletmeleri İçin Bir Maliyet Analiz Modeli", Türkiye 5.Kömür Kongresi, Zonguldak, Mayıs 1986, s.415-416).

Sınır tenör değişmelerine bağlı olarak maden ömründeki, üretim giderlerindeki, satış gelirlerindeki ve üretim verimliliğindeki değişmeler 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 herbiri 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 karlılık 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 karşısındaki 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 ömrünce sabit tutulmaktadır⁽¹⁶⁾. Bu yapılmadığı takdirde, yani optimizasyon yöntemleriyle saptanan karar veya kararlar dizilimi değerlerinin de olasılıklı olarak değiştiği kabul edildiğinde, optimizasyon sonuçlarının geçerliliği 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 karlılık ölçütleri hesaplanarak her bir karar seçeneğinin veya optimum kararın riskliliği belirlenebilir.

(16)ROSS-WATT ve MACKENZIE, a.g.e., s.120 .

4.3. Riskin Ölçülmesi

Tüm yatırım kararları, çeşitli derecelerde değişen risk ve belirsizlik koşulları altında alınır⁽¹⁷⁾. Bu nedenle de, bugünkü koşullarda gelecekteki nakit akımlarının tahmini ve yatırım kararının geleceğe uyumunun saptanması gerekir.

Karar kuramında risk ve belirsizlik kavramları, genellikle birbirinden ayrı karar ortamlarını açıklamaktadır. Değişken ve parametrelerin gelecekte alabilecekleri değerler hakkında nesnel olasılık tahminlerinin yapılabilmesi durumunda risk ortamı, öznel olasılık tahminlerinin yapılabilmesi durumunda belirsizlik ortamı ve hiçbir tahminin yapılamaması durumunda da belirsizlik ortamı kavramları kullanılmaktadır⁽¹⁸⁾.

Gerçek anlamda, yatırım projeleri hakkında ne risk ortamında ne de tam belirsizlik ortamında karar verme mümkün olmaktadır. Değişken ve parametrelerin bazıları hakkında geçmiş verilere bakılarak nesnel olasılık tahminleri yapılabilirken, bazıları hakkında da karar vericinin değer yargılarına, kişisel görüşlerine ve tecrübesine dayanarak öznel olasılık tahminleri yapılmaktadır. Tüm değişken ve parametreler için nesnel tahminler yapılamadığından, kuramsal olarak tam bir risk ortamı, öznel olarak da olsa olasılık tahminleri yapılabilirdiğinden de tam belirsizlik ortamı sözkonusu olmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada risk ve belirsizlik ortamı kavramları birlikte kullanılmaktadır.

(17) KAPLAN, S., BARISH, N.N., "Decision-making Allowing for Uncertainty of Future Investment Opportunities", Management Science, Vol.13, No.10, June 1967, s.B569 .

(18) BİRCAN, B., "Karar Verme ve Tam Belirsizlik Ortamında Uygulanan Karar Kriterleri", İ.Ü. İşletme Fak. Dergisi, Kasım 1984, s.35-36 ; BOZOK, S., "İşletme Yönetiminde Anahatları ile Karar Teorisi", E.İ.T.İ.A. Dergisi, Haziran 1977, s.110 .

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 enbüyükleyen yatırım projesi seçildiğinde de karar verici açısından eniyi yatırım kararı verilir. Beklenen fayda ise, beklenen gelir (veya karlılık) ile risk ölçütü tarafından belirlenir(19). Risk ve belirsizlik ortamında karar vermede birçok risk ölçütü kullanılmaktadır.

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

Hiller, 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(20). Bununla birlikte, gerçek hayatta yıllık nakit akımlarının ve karlılık ölçütlerinin olasılık dağılımlarının, tamamıyla standart normal dağılımın tüm özelliklerini göstermesi beklenemez. Hertz ise, Monte Carlo benzetim yöntemi temelinde

(19)FRANCIS,J.C., "Investments: Analysis and Management, McGraw-Hill Book Comp., New York, 1976, s.490 .

(20)HILLER,F.S., "The Derivation of Probabilistic Information for The Evaluation of Risky Investments", Management Science, April 1963, s.447-451 ; ZINN,C.D., LESSO,W.G., "A Probabilistic Approach to Risk Analysis in Capital Investment Projects", The Engineering Economist, Vol.22, NO.4, 1977, s.241 .

geliştirdiği risk analiz modelinde, saptadığı proje değişken ve parametrelerinin olasılık dağılımlarından rassal örneklemeler sonucu, İKO'nun olasılık dağılımını elde etmekte ve bu dağılımın özelliklerinden yararlanarak risk ölçütlerini hesaplamaktadır(21).

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 karlılık 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 karşılaştırılmasında, 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 enbüyüklemeye çalışan davranış içinde oldukları varsayılarak, risk ve belirsizlik ortamında karar vermede kullanılan risk ölçütleri ve risk profili açıklanmaktadır.

(21)HERTZ,D.B. "Risk Analysis in Capital Investment",
Harvard Business Review, January-February 1964,
s.95-106 .

4.3.1. Beklenen değer, standart sapma ve değişkenlik katsayısı

Yatırım proje seçeneklerinin ve karar seçeneklerinin riskliliğinin ölçülmesinde, karlılık ölçütlerinin olsılık dağılımlarına bağlı olarak hesaplanan beklenen değer, standart sapma ve değişkenlik (varyasyon) katsayısı en yaygın kullanılan risk ölçütleridir.

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

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

Burada, $E(X)$ = karlılık ölçütünün beklenen 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 enbüyük olan projenin veya yatırım seğeneğinin karlılık açısından en az risk iğerdiği söylenebilmektedir(22). Karar vericinin riskten kaçınan yapıda olması halinde, beklenen değeri enbüyük olan yani en az risk içeren proje seğilecektir. Özellikle karar vericinin risk-beklenen fayda foksiyonunun bilinmediği durumlarda risk altında karar verebilmek için kullanılabilir(23).

(22) ARCHER, S.H., D'AMBROSIO, C.A., Business Finance: Theory and Management, The Macmillan Comp., New York, 1966, s. 69 .

(23) NAYLOR, T.H., VERNON, J.M., WERTZ, K.L., Managerial Economics, McGraw-Hill Book Comp., New York, 1983, s.320 .

Beklenen değerlerin eşit olduğu veya beklenen değerlerdeki dağınlıklığın çok farklı olduğu durumlarda ise, yatırım projelerinin riskliliği hakkında beklenen değer ölçütü sağlıklı bilgiler sağlamamaktadır(24).

Yatırım projelerinin risklilik derecelerinin ölçülmesinde, beklenen gelirlerin (veya karlılık ölçütlerinin) dağınlıklık derecesini gösteren standart sapma, karar vericiye çok önemli bilgiler sağlamaktadır(25).

Karlılık lütlerinin standart sapmaları, yıllık nakit akımlarının birbirinden bağımsız, tam bağımlı veya kısmen bağımlı olduğu durumlar için ayrı ayrı yöntemlerle hesaplanabilmektedir(26). Karlılık lütlerinin 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(27). Yıllık nakit akımlarının 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(28).

(24) HARRIS, a.g.e., s.195 .

(25) MERİÇ, İ., "Riskli Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Net Ėimdiki Değer Olasılık Dağıllımının Analizi Yöntemi", İ.Ü. İşletme Fak. Dergisi, Nisan 1975, s.121.

(26) Hesaplama yöntemleri hakkında ayrıntılı bilgi için bkz.: MAO, J.C.T., Quantitative Analysis of Financial Decisions, The Macmillan Comp., New York, 1969, s.272-280 ; MERİÇ, a.g.e., s.121-137 ; HILLER, a.g.e. s.447-455 .

(27) DRAN, J.J., "Technique of Risk Analysis Especially Suitable for The Small Miner", AIME-Transactions, September 1975, s.264 .

(28) MAO, a.g.e., s.275 .

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

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

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

Standart sapma, karlılık ölçütlerinin rassal değerlerinin beklenen değere göre dağılımını ve beklenen değerin 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⁽²⁹⁾. 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 değerleri farklı, fakat standart sapmaları eşit iki önerinin değerlendirilmesinde, standart sapmayı risk ölçüsü olarak ele almak çok zordur. Standart sapma sadece gelirlerin beklenen değer etrafındaki dağılımı ile ilgilenmekte,

(29) HARRIS, a.g.e., s.195 ; BÜKER, S., "İşletmelerin Finansal Yönetiminde Yatırım Kararları ve Türkiye'deki Uygulama, E.I.T.f.A. Yayınları, No:104/59, Ankara, 1973, s.70 .

fakat beklenen değerlerin büyüklüğünü dikkate almamaktadır(30). Bu gibi durumlarda, iki veya daha çok projenin riskliliklerini karşılaştırmada en iyi sonucu değişkenlik katsayısı vermektedir(31), ve oransal bir risk ölçüsü olarak kullanılmaktadır(32).

Değişkenlik katsayısı (V), karlılık ölçütü standart sapmasının (σ_x) beklenen değere (E(X)) oranı olarak hesaplanmaktadır.

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

Değişkenlik katsayısı rassal değişkenlerin yayılımlarını doğrudan doğruya karşılaştırma olanağı verir. Değişkenlik katsayısı büyüdükçe yatırımın taşıdığı risk artar(33). Değişkenlik katsayısının sıfıra doğru yaklaşması halinde ise belirliliğin arttığı, riskliliğin ise azaldığı söylenebilir.

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(34).

4.3.2. Çarpıklık ve basıklık katsayısı

Standart sapma ve değişkenlik katsayısı iyi birer risk ölçüleri olmakla birlikte, karlılık ölçütlerinin olasılık dağılımlarının şekli hakkında yeterli bir bilgi vermez. Yatırım önerilerinin risklilik açısından karşılaştı-

(30) ARCHER ve D'AMBROSIO, a.g.e., s.71 .

(31) NAYLOR ve diğerleri, a.g.e., s.322 ; MERİÇ, a.g.e., s.71 ; HARRIS, a.g.e., s.195 .

(32) ARCHER, S.H., "The Structure of Management Decision Theory", Information for Decision Making, (Ed. by A.Rappaport), Prentice-Hall, New Jersey, 1970, s.14 .

(33) VAR, T., "Yatırım Projeleri ve Belirsizlik", Madencilik Dergisi, Ocak 1971, s.50 .

(34) ARCHER ve D'AMBROSIO, a.g.e., s.73 .

rılmaları sırasında karlılık ölçütlerinin dağılımlarının şekline bakarak (yani büyük değerlerin mi yoksa küçük değerlerin mi gerçekleşme olasılıklarının daha yüksek olduğuna bakarak) karar verilebilir. Karar vericiye, karlılık ölçütlerinin olasılık dağılım şekilleri hakkında çarpıklık katsayısı iyi bir bilgi sağlayabilir.

Çarpıklık katsayısı (α_3), olasılık dağılımının üçüncü momentinin (μ_3) standart sapmanın (σ_x) üçüncü dereceden kuvvetine oranı ile hesaplanabilmektedir.

$$\alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma_x^3}$$

Standart normal dağılımda 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(35).

Basıklık katsayısında dağılımın basıklık yada sivriliği hakkında bilgi vererek yatırım riskinin ölçülmesinde kullanılan bir parametredir.

Basıklık katsayısı (α_4), dağılımın dördüncü momentinin (μ_4) standart sapmanın (σ_x) dördüncü dereceden kuvvetine oranıdır.

$$\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma_x^4}$$

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.

(35)ŞENESEN,Ü., Riskli Yatırım Önerilerinin Değerlendirilmesi, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı:1214, İstanbul, 1982, s.16 .

Diger parametrelerin tamamen eşit olduğu durumlarda veya olasılık dağılımının tek tepeli olmadığı durumlarda kullanılabilen basıklık katsayısının büyük olması yatırımın az riskli, küçük olması ise çok riskli olduğunu göstermektedir(36).

4.3.3. Çeyrek varyasyon katsayısı

Karlılık 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) kullanımı, daha sağlıklı sonuçlar verir.

Çeyrek varyasyon katsayısı da, varyasyon katsayısı gibi olasılık dağılım değerlerinin yayılımı hakkında önemli bilgiler verir(37). Bu katsayının hesaplanmasında;

$$QV = \left| \frac{Q_3 - Q_1}{Q_2} \right|$$

eşitliği kullanılmaktadır(38). Burada, QV= 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, karlılık ölçütleri olasılık dağılımı frekanslarının her iki ucundaki %25'erlik kısmını hesaba katmayan, frekans serisinin tam ortaya rastlayan kartil aralığının medyana mutlak değerce oranıdır.

(36)ŞENESEN, a.g.e., s.20 .

(37)COOLEY,P.L., ROENFELDT,R.L., MODANI,N.K., "Interdependence of Market Risk Measures", Journal of Bussiness, July 1977, s.363 .

(38)MERİÇ,İ., "İşletmelerde Yatırım Kararı", ODTÜ Gelişme Dergisi, Cilt:4, Sayı:21, 1978, s.94 .

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

Karşılaştırmalarda kullanılması halinde, hangi frekans serisinin kartil aralığı büyükse, o serideki dağılımın daha fazla olduğu söylenebilmektedir⁽³⁹⁾. 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.

4.3.4. Genişlik

Karlılık 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⁽⁴⁰⁾. Genişliğin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$G = X_{enb} - X_{enk}$$

Burada, G= karlılık ölçütleri dağılımının genişliğini, X_{enb} = enbüyük karlılık ölçütü değerini, X_{enk} = en küçük karlılık ölçütü değerini göstermektedir. Sınıflandırılmış frekans serilerinde, en küçük değer ilk sınıfın alt sınırı, en büyük değer ise son sınıfın üst sınırıdır⁽⁴¹⁾.

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

(39)GÜRTAN,K., İstatistik ve Araştırma Metodları, İ.Ü. İşletme Fak. Yayınları, No:131, İstanbul, 1982, s.303 .

(40)CHOU,Y., Applied Business and Economic Statistic, Holt, Rinehart and Winston Inc., New York, 1963, s.188.

(41)CHOU, a.g.e., s.188 .

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 enküçük olan seçeneği tercih etme eğiliminde olan karar verici, bu ölçütle hatalı tercihler de yapabilir. Frekans dağılımında, aşırı enküçük veya enbüyük değerlerin olması halinde de genişlik ölçütü hatalı sonuçlar verebilir⁽⁴²⁾. Ayrıca, genişlik ölçütü örnekleme boyutundan da aşırı derecede etkilenir⁽⁴³⁾. Bu nedenle, örnekleme boyutunun küçük olduğu durumlarda kullanılmamalıdır.

4.3.5. 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⁽⁴⁴⁾. Yatırım seçeneklerinin değerlendirilmesinde kullanılan karlılık ölçütünün toplam olasılık fonksiyonları aynı grafik kağıdına çizilmekte ve yatırım seçenekleri arasında, amaca uygun bir seçim yapılabilmektedir.

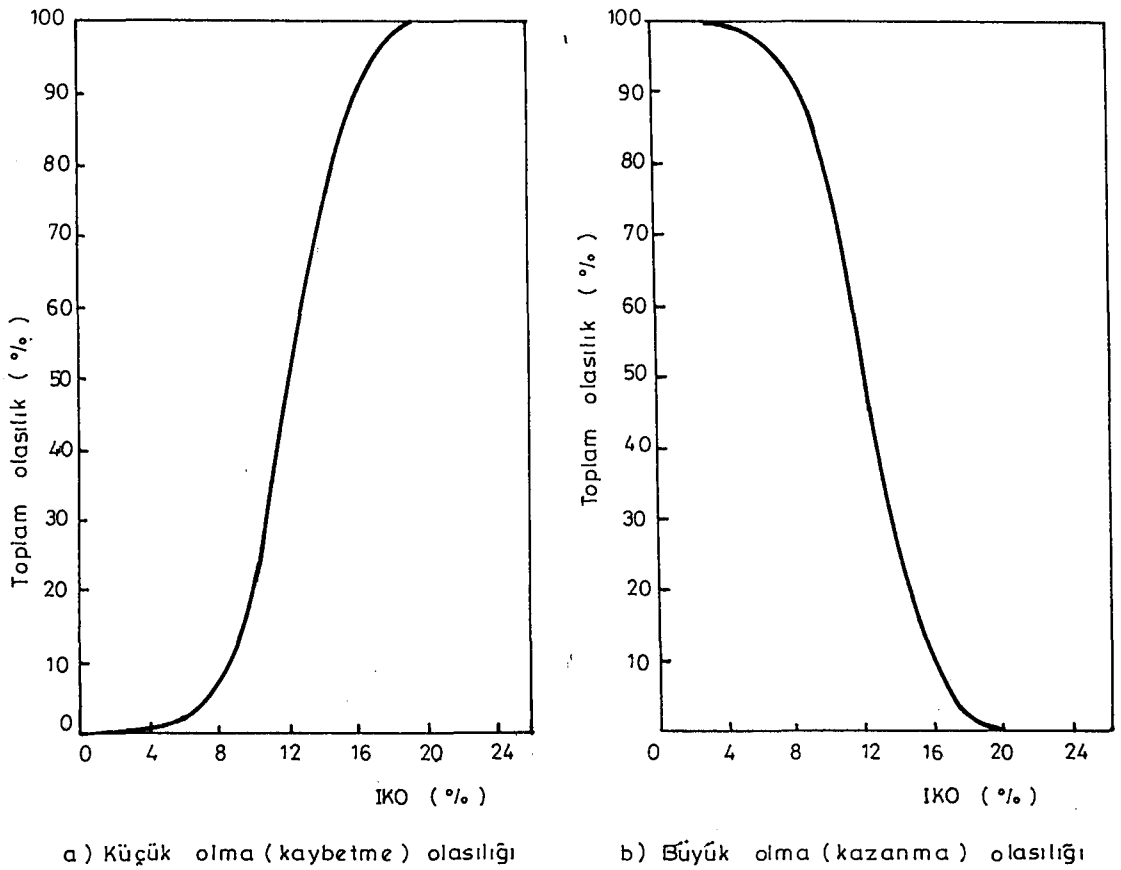
Risk profili yardımıyla, yatırım seçeneklerinin beklenen enbüyük ve enküçük karlılık ölçütü değerlerinin gerçekleşme olasılıkları karşılaştırılabilmektedir. Eğer karlılık ölçütünün enbüyük veya enküçük değeri, karar vericinin kabul ettiği sınır değerden küçükse projenin riskli, büyükse risksiz olduğu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

(42)CHOU, a.g.e., s.188 .

(43)CHOU, a.g.e., s.188 .

(44)HERTZ, a.g.e., s.104 .

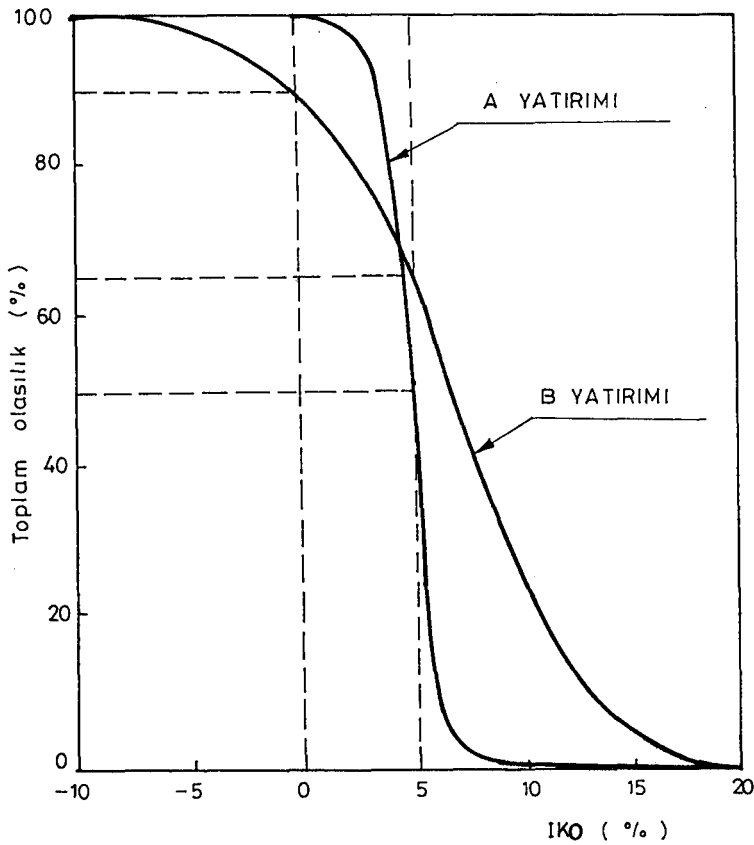
Risk profilleri iki farklı amaca göre çizilebilmektedir. Şekil 4,7a 'da İKO'nun belirli değerden küçük olma (kaybetme), Şekil 4,7b 'de ise büyük olma (kazanma) olasılıkları görülmektedir. Karar verici genellikle, belirlenen bir değerden daha büyük değerleri, yani kazanma olasılığını gösteren grafiklere (profillere) sahip olmak ister⁽⁴⁵⁾.



Şekil 4.7 : Risk profillerinin iki ayrı görünümü

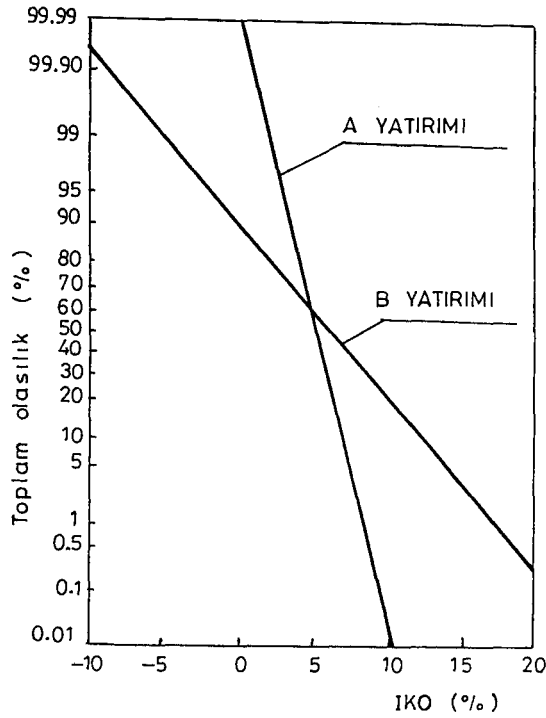
(45) HOLLAND, F.A., WATSON, F.A. and WILKINSON, J.K., "Probability Techniques for Estimates of Profitability" Chemical Engineering, January 7- 1974, s.110 .

Şekil 4,8 '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 yatırımıninki yaklaşık %90 olduğundan B yatırımı daha risklidir ve yatırım seçeneklerinin İKO'nunun sıfırdan büyük olma olasılıklarıyla ilgileniliyorsa B yatırımı tercih edilecektir. Eğer karar verici İKO'nunun en az %5 olması olasılığıyla ilgileniyorsa, bu durumda A yatırımının İKO'nunun %5'den büyük olma olasılığı %50, B yatırımının İKO'nununinki ise %65 olduğundan B yatırımı tercih edecektir.



Şekil 4.8 : A ve B yatırım seçeneklerinin İKO risk profilleri (Kaynak: HERTZ, a.g.e., s.105).

Karlılık ölçütlerinin birikimli olasılık fonksiyonlarını (risk profillerini) normal olasılık kağıdına çizerek bir olasılık doğrusu şeklinde de ifade etmek mümkündür⁽⁴⁶⁾. Şekil 4,9 'da da görüldüğü gibi, normal olasılık kağıdına çizilen risk profilleri yardımıyla da yatırım seçeneklerinin risklilikleri hakkında karar vermek mümkündür.



Şekil 4.9 : A ve B yatırım seçeneklerinin İKO'ları risk profillerinin normal olasılık kağıdındaki görünüşleri.

Normal dağılıma uyan karlılık ölçütleri dağılımının beklenen değer ($E(X)$) ve standart sapmaları (σ_X) biliniyorsa, risk profilinin elde edilmesinde standart normal

(46) HOLLAND, F.A., WATSON, F.A. and WILKINSON, J.K., "Statistical Techniques Improve Decision-Making", Chemical Engineering, December 24-1973, s.64 .

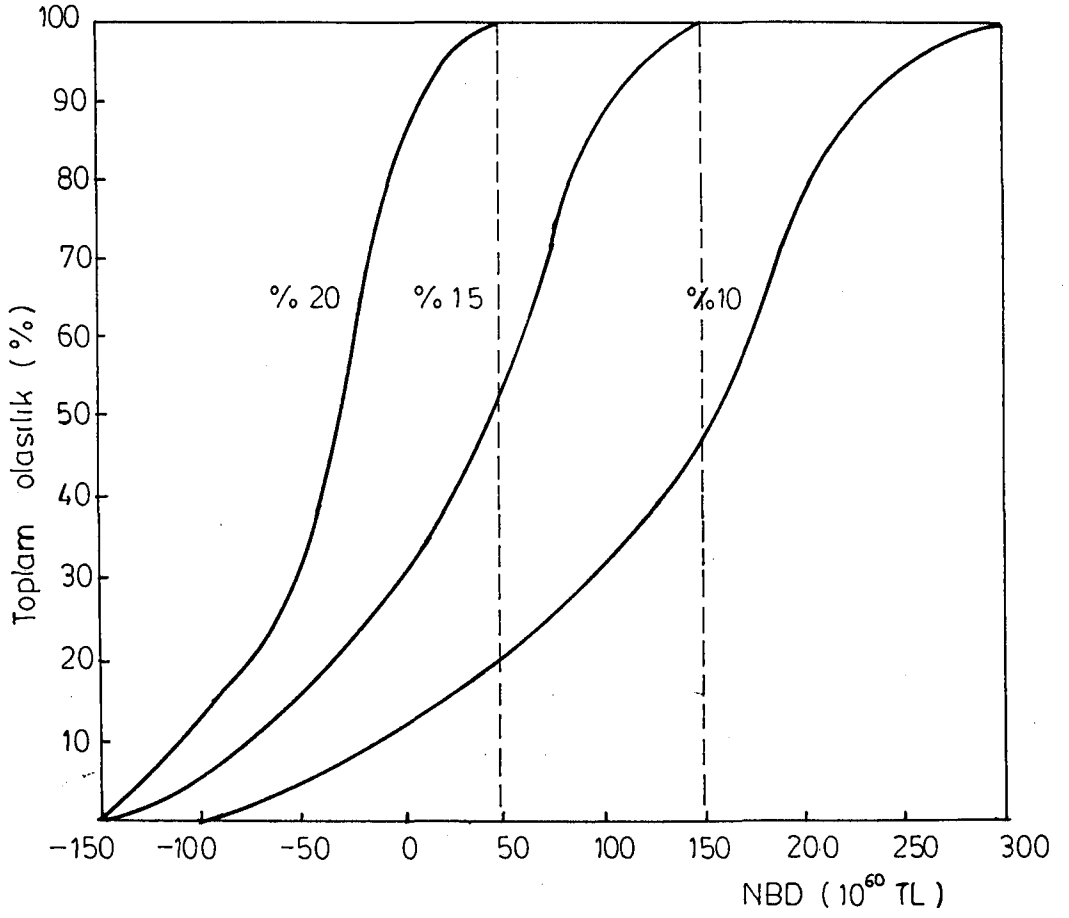
değerler kullanılabilir. Belirlenen herbir karlılık ölçütü değerinin(X) standart normal değeri(Z) aşağıdaki eşitlikle bulunabilir:

$$Z = \frac{X - E(X)}{\sigma_X}$$

Standart normal alan çizelgeleri yardımıyla da karlılık ölçütlerinin Z değerinden büyük olma olasılıkları hesaplanabilir. Herbir karlılık ölçütü değeri için ayrı ayrı Z değerleri hesaplanarak, büyük olma olasılıkları bulunduktan sonra risk profili çizilebilir.

NBD karlılık ölçütünün risk profili 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⁽⁴⁷⁾. Şekil 4,10 'da görüldüğü gibi indirgeme oranının %20 olması durumunda NBD'lerin dağılımı -150.10⁶TL ile +50.10⁶TL arasında değişirken, %10 olması durumunda -100.10⁶TL ile +300.10⁶TL arasında değişmektedir.

(47)HAYES,R.H., "Incorporating Risk Aversion into Risk Analysis", The Engineering Economist, Vol.20, No.2, 1975, s.101 .



Şekil 4.10 : NBD ölçütünün çeşitli indirgeme oranları için risk profilleri.

5. SINIR TENÖR KARARLARI

5.1. Tenör Kavramı

Tenör kavramı, belirli bir cevher örneğinin içerdiği element veya bileşiklerin ağırlıklarının (veya hacimlerinin) cevher örneği ağırlığına (veya hacmine) oranı şeklinde açıklanabilir. Maden yataklarını oluşturan cevher veya cevherlerin tenör dağılımları, yatakların jeolojik ve mine-rolojik oluşumlarına bağlı olarak farklılıklar gösterir. Maden yatağının belirli tenörlere sahip birim (hacimli veya ağırlıklı) kütlelerden oluştuğu varsayıldığından da, cevher kütleleri tenörlerinin ortalaması tüm yatağın tenörünü açıklayabilmektedir.

5.2. Sınır Tenör Kavramları

Teknik, jeolojik ve ekonomik koşullara göre bir maden yatağında işletilebilir cevher ile artığı ayırt etmede sınır tenör kavramı kullanılmaktadır. Belirli bir sınır tenörden daha az mineral içeren kütlelere artık denilmektedir ve artık ya kazılmadan yerinde bırakılmakta yada pasa olarak atılmaktadır. Belirli bir sınır tenörden daha fazla mineral içeren ve işletilebilir cevher olarak tanımlanan kütleler ise kazılarak daha sonraki işlemler için ya cevher hazırlama tesisine gönderilir yada doğrudan doğruya satılır.

Sınır tenör kavramı, işletmelerin kullanım ve ekonomik değerlendirme amaçlarına göre birçok farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Sınır tenör kuramı ve optimizasyonu alanında en sık kullanılan sınır tenör kavramlarını üç ana bölüme ayırmak mümkündür. Bunlar aşağıda açıklanmaktadır.

5.2.1. Teknolojik sınır tenör

Teknolojik olarak zenginleştirilebilecek en düşük cevher tenörüne teknolojik sınır tenör denilmektedir. Maden yatağından üretilen cevherin zenginleştirilmesi aşamasında, uygulanan teknolojiden ve cevherin minerolojik yapısından dolayı belirli oranlarda metal artığa geçerek kaybolur. Uygulanan teknolojinin verimine ve cevherin minerolojik yapısına bağlı olan bu kayıplardan dolayı, zenginleştirme tesisine gönderilen en düşük cevher tenörünün, metal kaybı oranından yüksek olması gerekir⁽¹⁾.

Teknolojik sınır tenör, her cevher için uygulanan zenginleştirme teknolojisine bağlı olarak farklı değerler alır. Ayrıca, herhangi bir cevher için teknolojik sınır tenör, zaman içinde zenginleştirme teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak değişebilir. Son yıllarda yüksek tenörlü cevherlerin giderek tükenmesi, bununla birlikte enerji ve sanayi hammaddelerine olan talebin hızla artması nedeniyle teknolojinin gelişimi daha düşük tenörlü cevherleri daha yüksek verimlilikle zenginleştirme yönündedir. Bu nedenle de, teknolojik sınır tenör her geçen gün daha da küçülmektedir. Bununla birlikte, zenginleştirme tesisi kurulu olan bir işletmede teknolojik sınır tenörü düşürmek için yeni teknolojik sistemlere yatırımlar yapılması gerekir, fakat buna karar vermeden önce mutlaka ekonomik analizlerin de yapılması gerekir.

5.2.2. Jeolojik sınır tenör

Jeolojik sınır tenör, yararlı mineralleri artıktan ayırmada ve cevher sınırlarını saptamada kullanılan sınır

(1) ÖZTUNALI, Ö., Maden Yatakları Oluşumları ve Değerlendirilmesi, Latin Matbaası, İstanbul, 1973, s.128 .

tenöre denilir(2). Jeolojik sınır tenör genellikle, maden arama süresince ve üretim öncesi çeşitli aşamalarda jeolojik cevher sınırlarını belirlemek için kullanılır(3). Jeolojik sınır tenöre göre saptanan cevher rezervleri, bugün ve gelecekte işletilebilecek cevher rezervlerini kapsar.

Jeolojik sınır tenör, hiçbir zaman sıfır veya sıfıra çok yakın bir değer olamaz(4). Bu tenörün daima cevher zenginleştirmede atılan metal oranından daha yüksek olması, yani jeolojik sınır tenörün teknolojik sınır tenörden daha büyük olması gerekir.

Jeolojik sınır tenörün belirlenmesi, özellikle uzun dönemli planlamalarda yararlı olur. Tüm cevher ve mineral sınırları belirlendiği için geleceğe ait planlamalar bunlara göre yapılabilir. Jeolojik sınır tenör arama çalışmalarında belirlenen en düşük tenör olduğundan, cevher rezerv-tenör dağılımının saptanmasında alt sınırı belirlemeye yardımcı olur. Cevher rezerv-tenör dağılımına bağlı olarak da ekonomik sınır tenör planlamaları yapılabilir.

5.2.3. Ekonomik sınır tenör

Bir maden yatağının ekonomik olarak işletilebilir ortalama cevher tenörünü elde etmek için alınabilecek en düşük cevher tenörüne, ekonomik sınır tenör denilir(5).

(2) PASIEKA, A.R. and SOTIROW, G.V., "Planning and Operational Cutoff Grades on Computerized Net Present Value and Net Cash Flow", CIM Bulletin, June 1985, s.48 .

(3) TAYLOR, H.K., "General Background Theory of Cutoff Grades", IMM-Transactions, July 1972, s.A163 .

(4) ÖZTUNALI, a.g.e., s.127 .

(5) HALLS, J.L., BELLUM, D.P. and LEWIS, C.K., "Determination of Optimum Ore Reserves and Plant Size by Incremental Financial Analysis", IMM-Transactions, January 1969, s.A20 ; WELLS, H.M., "Optimization of Mining Engineering Design in Mineral Valuation", Mining Engineering, s.1681 ; LANE, K.F., "Choosing The Optimum Cut-off Grade", Quarterly of The Colorado School of Mines, October 1964, s.811 .

Bu kavrama, endüstriyel asgari sınır tenör de denilmektedir⁽⁶⁾. Ekonomik sınır tenörün saptanabilmesi için, ele alınan maden yatağına ait cevher rezerv-tenör dağılımının ve buna bağlı olarak da sınır tenör ilişkilerinin, uygulanabilecek işletme yönteminin, üretim kapasitesinin, yatırım ve üretim giderleri ile cevher (veya metal) satış fiyatı gibi değişken ve parametrelerin belirlenmiş olması gerekir.

Ekonomik sınır tenör maden işletmesinin amacına uygun olarak hesaplanmakta olup, işletmenin amacına göre de farklı isimler almaktadır.

Nakit çıkışlarını nakit girişlerine veya ortalama maliyeti ortalama hasılat (gelirlere) eşitleyen ekonomik sınır tenöre başabaş sınır tenör denilmektedir⁽⁷⁾. Başabaş sınır tenör, genellikle ekonomik olarak işletilebilecek cevher rezervlerini ve cevher-artık sınırlarını belirlemek için kullanılmaktadır. Ayrıca, bir sinai kuruluşa yeterli miktarda hammadde sağlanması amacıyla kurulan maden işletmelerinin bazıları, başabaş sınır tenörle çalışarak kendi kendini finanse etmeyi yeterli görmektedirler.

İşletmenin net karlarını veya nakit akımlarının net bugünkü değerini enbüyükleyen ekonomik sınır tenöre ise genellikle optimum sınır tenör denilmektedir⁽⁸⁾. Maden işletmeleri genellikle gelecekte elde edecekleri karların bugünkü değerini enbüyükleyen sınır tenörle çalışmayı amaçlamaktadırlar.

(6) ÖZTUNALI, a.g.e., s.122-123 .

(7) PASIEKA ve SOTIRÖW, a.g.e., s.50 .

(8) DOUGLAS, E.J., "How to Make The Most of A Mining Investment", Mining Engineering, October 1971, s.66-67 ; RUDENNO, V., "Determination of Optimum Cutoff Grades", 16th APCOM Symp., Tucson, Arizona, 1979, s.261 ; JOHN, H.T., "Cut-off Grade Calculations for An Openpit Mine", CIM Bulletin, July 1985, s.73 ; TAYLOR, a.g.e., s.A172 .

Uzun dönem (maden ömrü süresi) için yapılan planlamalarda, optimum sınır tenör sabit (statik) veya değişken (dinamik) olarak saptanabilmektedir. Tesislerin ve üretim araçlarının kapasitelerinin planlanmasında kolaylık sağladığı için genellikle optimum sınır tenörün maden ömrü süresince sabit olması arzu edilmektedir⁽⁹⁾. Bununla birlikte, sabit optimum sınır tenörle çalışılması durumunda, bu sınır tenörden daha küçük tenörlü cevherler ya yerinde bırakılmakta yada atılmaktadır. Değişken optimum sınır tenör politikasının uygulanması durumunda ise cevher rezervlerinin yüksek sınır tenörlüden düşük tenörlüye doğru kademeli olarak üretilmesi mümkün olmaktadır.

Optimum sınır tenörlerin belirlenmesinde marjinal analiz ve yatırım karlılık analizi yöntemleri kullanılabilir. Ayrıca, değişken optimum sınır tenör politikasının belirlenmesinde dinamik programlama modelleride kullanılabilir.

Optimum sınır tenörlerin belirlenmesi alanında birçok çalışma yapılmış olup, sınır tenör optimizasyonu bölümünde bu çalışmaların amacı ve uygulanan yöntemler özetlenmektedir.

5.3. Rezerv-Tenör Dağılımları ve Sınır Tenör İlişkileri

Maden yataklarından rassal olarak alınan örneklerin ortalama tenörleri istatistik yöntemlerle değerlendirilerek işletme öncesi ekonomik analizler için önemli bilgiler elde edilebilir.

İstatistik yöntemlerin maden yataklarının rezerv-tenör dağılımlarının belirlenmesi çalışmalarında kullanımı

(9)LILLICO, T.M., "How to Maximize Return on Capital When Planning Open Pit Mines", World Mining, June 1973, s.28.

sırasında madencilige özgü özel problemlerle karşılaşılmaktadır. İstatistik örneklemede örnek kavramı adet terimi ile ifade edilmesine karşın, madencilikte örnek, hacim veya ağırlıkla ifade edilmektedir⁽¹⁰⁾. Bir sondajdan alınan örneklerin ortalama tenörlerinin, sondajın etki alanındaki cevher kütlelerinin hacmi veya ağırlığınca da etkili olduğu varsayılmaktadır.

Bir maden yatağında yapılan sondajlardan alınan örnek değerlerinin ortalama bir değer etrafında rassal dağıldığı kabul edilmektedir⁽¹¹⁾. Bu nedenle, maden yataklarındaki cevher kütlelerinin rezerv-tenör dağılımlarını saptamak için, maden yatağından mümkün olduğu kadar fazla miktarda rassal örneklerin alınması gerekir. Rassal örnek alınması işlerinde, maden yatağının tipine uygun olarak belirli aralıklarla sondajlar yapılmaktadır. Maden yatağından alınacak rassal örnek boyutu büyüdükçe, elde edilecek istatistik parametrelere olan güven artar, fakat bu arada da örnekleme süresi ve maliyeti de artar. Bunun için, maden yatağının oluşumuna ve jeolojik yapısına uygun olarak uygulanabilecek örnekleme yöntemleri konusunda da ekonomik analizlerin yapılması gerekir.

Maden yataklarından alınan örneklerin ortalama tenörleri rassal dağıldığından, örnek tenörleri belirli aralıklarla sınıflandırılarak her tenör aralığına düşen frekansları (tenörlerin etki alanındaki cevher ağırlığı veya hacmi) saptanabilir. Her tenör aralığına düşen örnek frekansları, aynı zamanda ilgili tenör aralığındaki cevher rezerv tonajını veya hacmini de göstermektedir. Rezerv-tenör dağılımının tipinin belirlenmesinden sonra ise, maden yatağındaki cevherin tenör ortalaması ve varyansı gibi istatis-

(10)CANER,G., Maden Ekonomisi, MTA Enstitüsü Yayınları, No:27, Ankara, 1983, s.62 .

(11)NASUF,E., "Rezerv Hesaplamalarında İstatistiksel Yöntemler ve Bilgisayar Uygulamaları", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 8.Kongresi, Ankara, 21-25 Şubat 1983, s.204 .

tik parametreler hesaplanabilmektedir. Bu istatistik parametreler yardımıyla da, belirli bir sınır tenörün üzerindeki cevher kütlelerinin tonajı (rezervi) ortalama tenörü ve metal içeriğini ifade eden metal oranı gibi sınır tenörle ilişkili parametreler hesaplanabilmektedir.

Rezerv tenör dağılımları genellikle normal, lognormal veya eksponansiyel dağılımın özelliklerini göstermektedir. Bu çalışmanın uygulama bölümünde ele alınan maden yatağının rezerv-tenör dağılımı lognormal olduğundan, aşağıdaki bölümlerde sadece bu dağılımın özellikleri ve bunlara bağlı olarak hesaplanan sınır tenör ilişkileri açıklanmaktadır. Bu sınır tenör ilişkileri kuramsal olup, üretim kademele- rindeki tesis ve araçların kapasite ve ömür sınırlamalarına bağlı olarak yeni ilişkiler geliştirmek mümkündür.

5.3.1. Lognormal dağılımın özellikleri

Örnek değerlerinin doğal logaritmaları normal dağılıma uyan dağılıma lognormal dağılım denilmektedir(12).

Lognormal dağılımın olasılık yoğunluk eğrisi, bu dağılımın parametreleri olan logaritmik ortalama (α) ve logaritmik standart sapma (β)'nin fonksiyonu olup, bu fonksiyon aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir(13).

$$f(X) = \frac{1}{X \cdot \beta \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\left[\frac{1}{2} \left(\frac{\ln X - \alpha}{\beta}\right)^2\right]}$$

Burada, $f(X)$ = belirli bir X rassal değişkeni için hesaplanan olasılık, α = dağılımın logaritmik ortalaması, β = dağı-

(12) KOCH, G.S., LINK, R.F., Statistical Analysis of Geological Data, John Wiley and Sons Inc., New York, 1970, s.213.

(13) DAVID, M., Geostatistical Ore Reserve Estimation, Scientific Publish Co., New York, 1977, s.13.

lının standart sapmasıdır.

Lognormal dağılımın parametreleri olan logaritmik ortalama ve logaritmik standart sapma iki yöntemle hesaplanabilir. Bu yöntemler aşağıda sıra ile verilmektedir.

1) Örnek değerlerinin normal aritmetik ortalaması (μ) ve standart sapması (σ) hesaplanarak aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla logaritmik ortalama (α) ve logaritmik standart sapma (β) bulunabilir⁽¹⁴⁾.

$$\alpha = \ln \mu - \frac{1}{2} \cdot \beta^2$$

$$\beta^2 = \ln \left(\frac{\sigma^2}{\mu^2} + 1 \right)$$

2) Örnek değerlerinin logaritmaları alınarak logaritmik ortalama (α) ve logaritmik standart sapma (β) hesaplanarak, aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla dağılımın normal aritmetik ortalaması (μ) ve standart sapması (σ) bulunabilir⁽¹⁵⁾.

$$\mu = e^{\alpha + \frac{1}{2} \cdot \beta^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\mu^2 (e^{\beta^2} - 1)}$$

Lognormal dağılımın parametrelerinin hesaplanmasında bu iki yöntem arasında seçim için varyasyon sabiti (C) kullanılmaktadır. Varyasyon sabitinin 1.2 'den küçük olması durumunda birinci yöntem, büyük olması durumunda ise ikinci yöntem kullanılmaktadır⁽¹⁶⁾. Varyasyon sabiti (C)'de iki yöntemle hesaplanabilir.

(14) PARKER, H., "The Volume-Variance Relationship: A Useful Tool for Mine Planning", E/MJ, October 1979, s.114 .

(15) KOCH ve LINK, a.g.e., s.215 .

(16) KOCH ve LINK, a.g.e., s.221 .

$$C_1 = \frac{\sigma}{\mu}$$

$$C_2 = \sqrt{e^{\beta^2} - 1}$$

Burada, C_1 = normal örnek değerlerine göre hesaplanan varyasyon sabiti, C_2 = logaritmik örnek değerlerine göre hesaplanan varyasyon sabitidir.

5.3.2. Sınır tenör ilişkileri

5.3.2.1. Sınır tenör - tonaj(rezerv) ilişkisi

Lognormal dağılım için hesaplanabilen standart normal değerler yardımıyla, sınır tenöre bağlı olarak tonaj oranı belirlenebilir. Tonaj oranının belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır(17).

$$Z_C = \frac{\ln(X_C) - \alpha}{\beta}$$

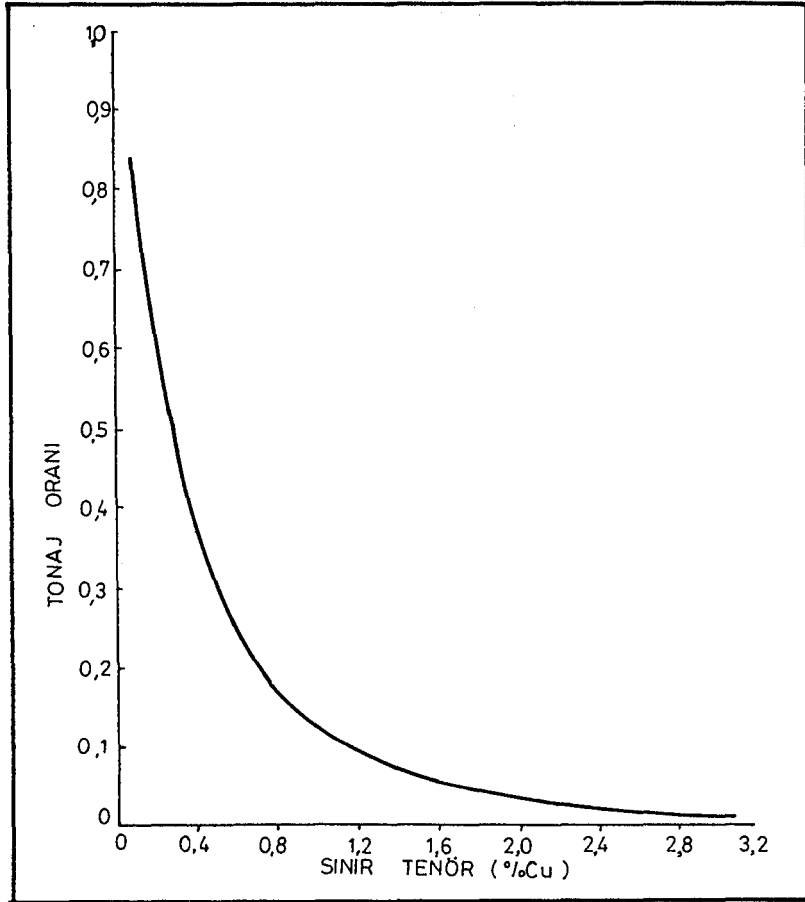
$$F(Z_C) = \int_{-\infty}^{Z_C} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{Z_C^2}{2}} \cdot dz_C$$

$$T_C = 1 - F(Z_C)$$

Burada, X_C = sınır tenör, Z_C = sınır tenörün standart normal değeri, α = tenör dağılımının logaritmik aritmetik ortalaması, β = tenör dağılımının logaritmik standart sapması, $F(Z_C)$ = sınır tenörün standart normal değeri için birikimli olasılık yoğunluk fonksiyonunun değeri, T_C = sınır tenörün üzerindeki cevher rezerv miktarının toplam cevher rezerv miktarına oranı (tonaj oranı) dır.

(17)PARKER, a.g.e., s.114 .

Sınır tenör ile tonaj oranı arasındaki ilişki, örnek bir bakır yatağı için Şekil 5,1 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Rezerv tenör dağılımı lognormal olan bir bakır yatağı için sınır tenör - tonaj oranı ilişkisi (Kaynak: PARKER, a.g.e., s.116).

5.3.2.2. Sınır tenör - ortalama tenör ilişkisi

Rezerv tenör dağılımı lognormal olan bir maden yatağı için sınır tenörün üzerindeki cevher kütlelerinin ortalama tenörü aşağıdaki eşitliklerle hesaplanabilir(18).

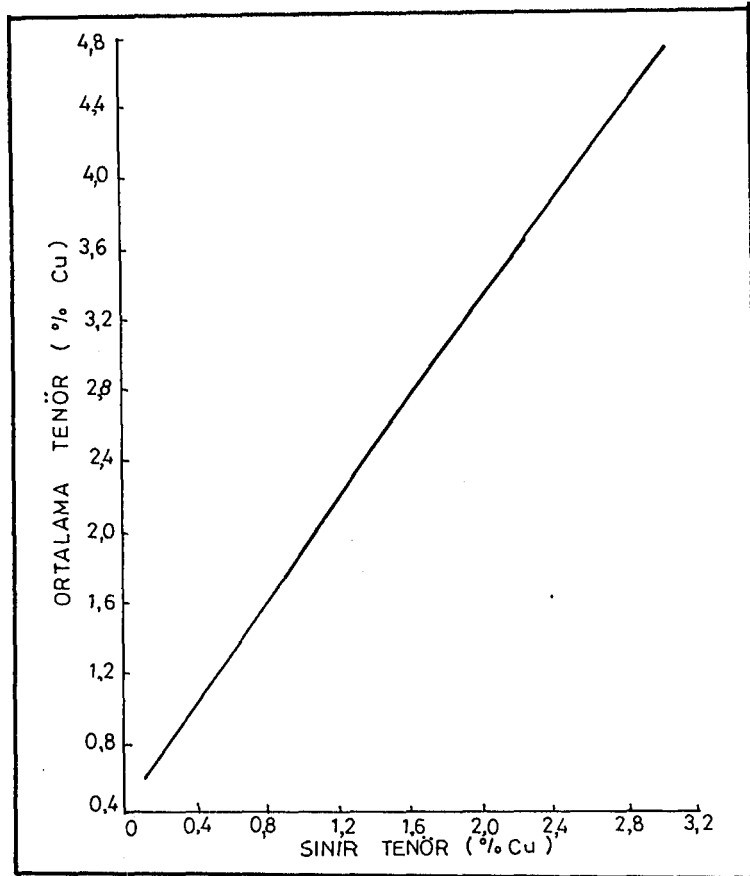
$$\bar{X}_C = \frac{\mu}{T_C} \cdot [1 - F(Z_C - \beta)]$$

(18)PARKER, a.g.e., s.114 .

$$F(Z_C - \beta) = \int_{-\infty}^{(Z_C - \beta)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(Z_C - \beta)^2}{2}} \cdot dz_C$$

Burada, X_C = sınır tenörün üzerindeki cevher kütlelerinin ortalama tenörü, $F(Z_C - \beta) = (Z_C - \beta)$ için birikimli olasılık yoğunluk fonksiyonunun değeri, μ = tenör dağılımının aritmetik ortalamasıdır.

Sınır tenör - ortalama tenör ilişkisinde örnek bir bakır yatağı için Şekil 5,2 'de gösterilmiştir.



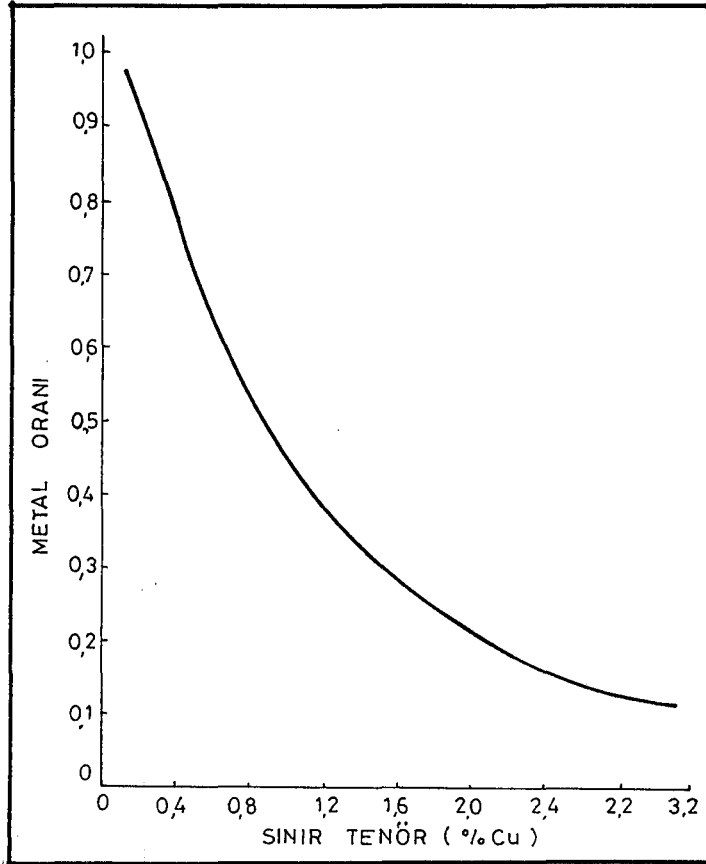
Şekil 5.2 : Rezerv tenör dağılımı lognormal olan bir bakır yatağı için sınır tenör - ortalama tenör ilişkisi (Kaynak: PARKER, a.g.e., s.119).

5.3.2.3. Sınır tenör - metal oranı ilişkisi

Sınır tenörün üzerindeki cevher kütlelerinin içerdigi metal miktarının toplam cevher metal miktarına oranı olan metal oranı, aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$M_c = \frac{\bar{X}_c \cdot T_c}{\mu}$$

Şekil 5,3 'de de örnek bakır yatağı için sınır tenör-metal oranı ilişkisi görülmektedir.



Şekil 5.3 : Rezerv tenör dağılımı lognormal olan bir bakır yatağı için sınır tenör - metal oranı ilişkisi (Kaynak: PARKER, a.g.e., s.120).

5.3.3. Sınır tenör ilişkilerini etkileyen işletme kısıtları

Üretim halinde olan maden işletmelerinde sınır tenör ilişkilerini etkileyen en önemli kısıt kapasitedir. Maden işletmelerinde çeşitli üretim kademelerinde kapasiteler, teknik ve ekonomik zorunluluklar nedeniyle dört farklı şekilde sınırlandırılmış olabilir. Bunlar:

- a) Konsantratör veya rafineri tesislerine beslenebilecek cevher kapasitesinin sabit olması,
- b) Konsantratör veya rafineri tesisleri konsantre cevher veya metal üretim kapasitelerinin sınırlı olması,
- c) Maden ocağı cevher üretim (ve dekapaj) kapasitesinin sınırlı olması.
- d) Maden işletmesi tesisleri ömürlerinin sınırlı olmasıdır.

Sınır tenör optimizasyonu öncesi sınır tenör ilişkilerinin araştırılmasında, Bölüm 5.3.2. 'de verilen kuramsal eşitlikler temel alınarak üretim kısıtlarına uygun algoritmalar geliştirilebilir.

5.4. Sınır Tenör Optimizasyonu

Sınır tenör optimizasyonu alanında uygulanan yöntemleri genel olarak ikiye ayırmak mümkündür. Bunlar;

- a) Maden ömrü süresince sabit (statik) sınır tenör kararı alınan yöntemler,
- b) Maden ömrü süresince değişken (dinamik) sınır tenör kararı alınan yöntemlerdir.

Aşağıdaki bölümlerde, sınır tenör optimizasyonu yöntemleri ayrıntılı olarak incelenmekte ve geliştirilen optimizasyon modelleri tanıtılmaktadır.

5.4.1. Statik sınır tenör optimizasyonu

Statik optimizasyonda, üretim başlangıcında belirlenen karar değişkenlerinin maden ömrü süresince sabit, yani statik olacağı ve düzeltilmeyeceği kabul edilmektedir(19). Bu nedenle de, genellikle üretim öncesi projelendirme ve olurluk çalışmaları sırasında yapılan bu tür optimizasyonlara statik optimizasyon denilmektedir. Statik optimizasyonda, karar değişkeni seçenek değerlerinin ve modelin çözümünü etkileyen diğer değişken ve parametrelerin değerlerinin saptanmasında hata yapılmadığı, gelecekle ilgili belirsizliklerin olmadığı yada tüm seçenekleri aynı oranda etkilediği kabul edilmektedir(20).

Statik optimizasyon modelleri, karar vericinin amacına uygun olarak kullanılan yatırım değerlendirme karlılık ölçütlerine göre farklı biçimlerde geliştirilebilir. Karar vericinin amacı, yatırımın toplam karını enbüyüklemek olabileceği gibi, yatırım miktarını, üretim giderlerini veya cevher kayıplarını enküçükleme de olabilir. Herbir karar değişkeni seçeneği için yatırım değerlendirme karlılık ölçütleri hesaplandıktan sonra, eniyi(optimum) amaç fonksiyonu değerini veren seçenekle eniyi yatırım kararı verilebilir.

Madencilikte önemli bir karar değişkeni olan sınır tenörün statik optimizasyonu için geliştirilen modellerde, genellikle NBD, İKO veya FMO gibi karlılık ölçütleri kullanılmaktadır. Sınır tenör, yatırım miktarı, yıllık üretim giderleri ve satış gelirleriyle maden ömrünün artmasında yada azalmasında etkili bir değişken olduğundan, amaç

(19)ROSS-WATT,D. and MACKENZIE,B., "A Mining Project Evaluation Technique Incorporating The Response of Mine Management to The Resolution of Uncertainty", Application of Computers and Operations Research in The Mineral Industry, (Ed. by T.J. O'Neil), AIME, New York, 1979, s.119 .

(20)NOREN,N.E., "Mine Development - Some Decision Problems an Optimization Models", CIM Special Volume, No:12, s.240 .

fonksiyonunu eniyilemede kullanılacak karlılık ölçütünün seçimi önemli bir konudur.

Halls, Bellum ve Lewis, optimum sınır tenör ve tesis kapasitesini saptamak için geliştirmiş oldukları finansal analiz modelinde, tüm seçenekler için maden ömrünü sabit alarak İKO karlılık ölçütünü kullanmaktadırlar(21). Douglas ise, yapmış olduğu çalışmada yıllık üretim kapasitesini sabit tutarak çeşitli sınır tenör seçenekleri arasından enbüyük NBD' i veren sınır tenörü seçmektedir(22). Wells'de, çeşitli üretim kapasitesi ve sınır tenör seçenekleri arasından, optimum üretim kapasitesi ve sınır tenörün saptanmasında FMO karlılık ölçütünün kullanımını önermektedir(23). Nilsson ve Aaro, üretim kapasitesinin veya maden ömrünün sabit olabileceği iki ayrı durum için, çeşitli cevher bloklarında uygulanabilecek sınır tenör seçenekleri arasından optimum sınır tenörleri, NBD karlılık ölçütü ile seçmektedir(24). John'da, sınır tenör değişmelerine bağlı olarak ortalama tenör, dekapaj oranı, birim metal üretim giderleri ve gelirlerindeki değişimleri dikkate alarak, optimum sınır tenörün saptanmasında NBD karlılık ölçütünü kullanmaktadır(25). Caner ise, marjinal analiz yöntemiyle toplam karlılığı enbüyükleyen sabit sınır tenörün saptanabileceğini bildirmektedir(26).

Sınır tenör ve kapasite optimizasyonları amacıyla yapılmış olan bu çalışmalarda, sınır tenör ve kapasite seçeneklerinin herbiri için maden tükenme ömürlerinde meydana gelen farklılıklar dikkate alınmadan, yatırım değerlendirme karlılık ölçütleri kullanılmaktadır. Yatırım proje

(21)HALLS ve diğerleri, a.g.e., s.A20-A26 .

(22)DOUGLASS, a.g.e., s.64-67 .

(23)WELLS, a.g.e., s.1676-1684 .

(24)NILSSON,D., AARO,B., "Cut-off Grades Optimization", International Mining, July 1985, s.28-33 .

(25)JOHN, a.g.e., s.73-75 .

(26)CANER, a.g.e., s.84-89 .

seçeneklerinin yatırım giderleri ve ömürlerinin çok farklı olması durumunda kullanılan karlılık ölçütlerinin (NBD, İKO ve FMO) herbiriyle farklı sıralamalar yada farklı optimizasyon sonuçları elde edilebilmektedir⁽²⁷⁾. Böyle durumlarda, ya yatırım gider ve ömür farklılıklarını giderici çalışmalar yapılmakta yada karlılık ölçütlerinin kullanımında ek bazı ölçütler de ele alınmaktadır⁽²⁸⁾.

Bu çalışmanın uygulama bölümünde geliştirilen statik sınır tenör optimizasyonu modelinde, sınır tenör seçenekleri için hesaplanan maden tükenme ömürleri arasındaki farklılıklar nedeniyle meydana gelen nakit akımı farkları, Fisher Karlılık Oranı ile kontrol edilmekte ve optimizasyon NBD veya İKO ile yapılmaktadır⁽²⁹⁾.

5.4.2. Dinamik sınır tenör optimizasyonu

Madencilik yatırım kararlarını etkileyen önemli bir karar değişkeni olan sınır tenör, bazı kısıtlar altında, maden tükenme ömrü boyunca her yıl için farklı değerler alabilir. Böyle bir durumda, birbirine bağlı olarak üretim başlangıcından sonuna kadar her bir yıl için alınabilecek kararların birleşimi (kombinasyonu) artar. Herhangi bir kısıt olmaması halinde bu artış, N'in karar seçeneklerinin sayısını, I'nın yılları göstermesi durumunda N¹ şeklinde üstel olur. Maden ömrü arttıkça, bu karar seçeneklerini bir bütün halinde değerlendirmek zorlaşır. Bu nedenle, sınır tenör seçeneklerinin, birbirine bağlı üretim yılları içinde alabileceği değerlerin optimum diziliminin araştırılmasında, dinamik optimizasyon tekniklerinden yararlanmak gerekmektedir.

(27)BUSSEY,L.E., The Economic Analysis of Industrial Projects, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1978, s.250-251 .

(28)Ayrıntılı bilgi için Bölüm 3.1 'e bakınız.

(29)Ayrıntılı bilgi için Bölüm 6.3 'e bakınız.

Sınır tenör kararlarının dinamik optimizasyonu konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda Lane, Blackwell ve Taylor, madencilik üretim kapasite sınırlamalarını ve tenör-tonaj ilişkilerini dikkate alarak, herbir üretim yılında elde edilebilecek karların bugünkü değerlerini enbüyükleyen sınır tenörleri saptamaktadırlar(30). Roman, Dowd, Elbrond-Dubois-Daoust ve Lizotte-Elbrond ise optimum sınır tenör diziliminin elde edilmesinde dinamik programlama modellerinden yararlanmaktadırlar(31). Schapp ise yapmış olduğu çalışmada, sınır tenör-tonaj ilişkilerini ve üretim birimlerindeki kapasite sınırlamalarını dikkate alarak, marjinal analiz yöntemi ile birbirine bağlı herbir üretim yılı için elde edilebilecek toplam karların bugünkü değerini enbüyükleyen optimum sınır tenör diziliminin saptanabileceğini göstermektedir(32).

Sınır tenör kararlarının dinamik optimizasyonu konusunda yapılan birçok çalışmada, birbirine bağlı üretim yıllarında yapılan karar optimizasyonlarında genellikle NBD karlılık ölçütü temel alınmaktadır. Sınır tenör karar seçeneklerinin optimum dizilimi sonucunda enbüyük NBD elde edilmektedir.

Dinamik sınır tenör optimizasyonu çalışmalarında, karar değişkenlerinin ve parametrelerin nokta tahmin

-
- (30) LANE, a.g.e., s.811-829 ; TAYLOR, a.g.e., s.A160-A179; BLACKWELL, M.R.L., "Some Aspect of The Evaluation and Planning of The Bougainville Cooper Project", Decision-Making in The Mineral Industry, Montreal, CIM, 1970, s.261-269 .
- (31) ROMAN, R.J., "Mine-Mill Production Scheduling by Dynamic Programming", ALME-Transactions, September 1971, s.258-261 ; DOWD, P., "Application of Dynamic and Stochastic Programming to Optimize Cutoff Grades and Production Rates", IMM-Transactions, January 1976, s.A22-A31 ; ELBROND, J., DUBOIS, J.F., DAOUST, G., "Rate of Production and Cutoff Grade- A Program System for Teaching and Experimentation", 15th. APCOM Symp., Australia, 1977, s.13-19 ; LIZOTTE, Y., ELBROND, J., "Choice of Mine-Mill Capacities and Production Schedules Using Open-ended Dynamic Programming", CIM Bulletin, March 1982, s.154-163 .
- (32) SCHAPP, W., "Principles of an Adaptive Concentrator Cutoff Grade Policy", IMM-Transaction, January 1986, s.A15-A21 .

değerleri kullanılmakta ve onların gelecekte alabilecekleri değerlerin belirsizliği ile ilgilenilmemektedir. Bununla birlikte, değerlerinin tahmininde belirsizlikler olan değişken ve parametrelerin olasılık dağılımlarını da dikkate alan dinamik optimizasyonlar, stokastik programlama teknikleriyle yapılabilmektedir. Dowd yapmış olduğu çalışmada, cevher satış fiyatlarının belirsiz olduğu bir ortam için sınır tenör optimizasyonunda stokastik programlama tekniğini kullanmaktadır(33).

Stokastik programlamada, optimizasyon modelinin çözümünü etkileyen değişken ve parametrelerin olasılıklarıyla ilgilenilmektedir, fakat stokastik olarak elde edilen optimum kararlar diziliminin risklilik derecesi ölçülememektedir. Bu çalışmada, madencilik yatırım kararlarında riskin etkilerinin ölçülmesi amaçlandığından, sınır tenör optimizasyonunda stokastik programlama tekniği kullanılmayacaktır. Bu nedenle, stokastik programlama kapsam dışı bırakılmıştır.

Bu çalışmanın uygulama bölümünde, dinamik sınır tenör optimizasyonu dinamik programlama tekniği ile yapılmaktadır. Bu nedenle, aşağıdaki bölümlerde dinamik programlama yöntemi ve kavramları tanıtıldıktan sonra, sınır tenör optimizasyonu için geliştirilen modelin kısıt ve varsayımları, genel yazılımı ve çözüm aşamaları açıklanmaktadır.

5.4.2.1. Dinamik programlama kavramları

Dinamik programlama yöntemi ile sınır tenör optimizasyonu için geliştirilen modelin yazılımı sırasında kullanılan temel kavramlar aşağıda açıklanmaktadır.

(33)DOWD, a.g.e., s.A23 .

a) Kademe :

Dizisel karar problemlerinde, her karar noktası bir kademe olarak tanımlanır(34).

Dinamik programlama yaklaşımı, karar problemlerini kademelerden oluşan küçük alt problemlere ayırarak çözer ve her kademedeki çözüm, izleyen kademedeki çözüme yansır.

Sınır tenör optimizasyonları için geliştirilen dinamik programlama modellerinde, yatırımın ömrü süresince her yıl bir kademe olarak tanımlanmaktadır(35).

b) Durum :

Herbir kademedeki karar değişkenlerinin alabileceği değerlere durum denilir(36). Herbir kademedeki sonlu sayıda durum seçeneği bulunur ve bulunulan kademenin durumu izleyen kademenin durumuna bağlıdır. Bu nedenle durumlar, kademeler arasındaki gerekli bilgilerin taşınmasında ve kademelerin birbirine bağlanmasında kullanılan kavramlardır.

Sınır tenör optimizasyonları için geliştirilen dinamik programlama modellerinde, cevher rezervinin mümkün işletme oranlarıyla tanımlanan her bir birimi, bir durumu göstermektedir(37).

c) Katkı :

Bir kademedeki diğer bir kademeye geçiş sonucu elde edilen kazanç (veya kayıp) katkı denilmektedir. Toplam katkı ise, ilk kararın alındığı kademedeki son kademeye

(34)KARA,İ., Yöneylem Araştırması - Doğrusal Olmayan Modeller, A.Ü. Yayınları, No:139, Eskişehir, 1986, s.200 .
 (35)LIZOTTE ve ELBROND, a.g.e., s.155 .
 (36)KARA, a.g.e., s.201 .
 (37)LIZOTTE ve ELBROND, a.g.e., s.155 ; DOWD, a.g.e., s.A22 .

kadar elde edilen katkıların toplam değeridir. Dinamik programlamada, elde edilen toplam katkıların enbüyük olduğu kararlar dizisi, optimum sonucu verir.

Dinamik programlamayla sınır tenör optimizasyonunda, her kademede hesaplanan toplam NBD'ler, ilgili kademenin katkısını oluşturmakta ve izleyen kademeye yansımaktadır. Enbüyük toplam NBD'i veren kararlar dizisi, optimum sonucu vermektedir

d) Politika :

Biri diğerini izleyen herbir kademede mümkün durumlara göre alınan optimal kararlar dizisinin tümüne politika denilmektedir. Enbüyük toplam katkıyı veren politika, karar probleminin (veya sistemin) optimum çözümüdür(38).

5.4.2.2. Dinamik programlama modeli

Dinamik sınır tenör optimizasyonunda amaç, yıllık nakit akımlarının toplam net bugünkü değerini enbüyükleyen sınır tenör kararlar dizilimini saptamaktır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için geliştirilecek modelde karar sürecinin kademeleri, kademelere bağlı durumları, her kademenin bulunulabilecek durumlarında verilecek karara göre, önceki veya izleyen kademenin hangi durumuna gelineceğini gösteren geçiş fonksiyonlarının belirlenmesi gerekir.

Dinamik sınır tenör optimizasyonu için geliştirilecek modelin kademeleri üretim yıllarıdır. Madencilik yatırımlarının ömrü, cevher rezervine ve sınır tenör kararına

(38)LOOMBA,N.P., TURBAN,E., Applied Programming for Management, Holt Rinehart and Winston INC., New York, 1974, s.362 .

bağlı olarak sonlu olduğundan, modelin kademeleri de sonlu sayıdadır.

Modelin durum değişkenleri ise, bir önceki kademe de alınan sınır tenör kararı ile tüketilen cevher rezerv birimine bağlı olarak, kalan rezervden bulunulan kademe de tüketilebilecek rezerv birimleridir.

Kademeler arasında geçişi sağlayan fonksiyonlar ise, modelin çözüm yöntemine bağlı olarak belirlenir. Model, geriye yada ileriye doğru eniyileme (optimizasyon) ile çözümlür. Geriye doğru eniyileme olarak adlandırılan yöntemde, ilk çözümlmeye problemin son kademesinden başlanarak bir önceki kademeye doğru eniyileme yapılır. İleriye doğru eniyilemede ise, çözümlmeye ilk kademedden başlanarak son kademeye doğru eniyileme yapılır. Dinamik programlama modellerinin çözümünde çoğunlukla geriye doğru eniyileme yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada da, modelin çözümünde geriye doğru eniyileme yöntemi kullanılmaktadır.

Aşağıdaki bölümlerde, geliştirilen modelin kısıtları, varsayımları, genel yazılımı ve çözüm aşamaları tanıtılmaktadır.

a) Modelin kısıtları ve varsayımları

Dinamik programlama modelinin çözümünde hesaplamaları kolaylaştırmak ve işlem (matris) boyutunu azaltmak için bazı kısıtlara gereksinim vardır. Bu kısıtlar şunlardır:

- Kademelerdeki bağlı durumlar, birim oranlar şeklinde ifade edilerek durum sayısı azaltılmalıdır. Böylece işlem boyutu ve gerekli işlem zamanı azaltılmış olacaktır.

- Kademelerdeki bağlı durumların alt ve üst sınırları başlangıçta belirlenmelidir.

- Kademe sayısını ifade eden maden ömrü ondalıklı bir değere sahipse, bir üst tam sayıya tamamlanmalıdır.

Modelin varsayımları ise şunlardır :

- Kademelerdeki bağlı durumlara göre verilen kararlarla elde edilen katkıların bugünkü değerlerinin bulunmasında kullanılan indirgeme oranı, tüm kademeler için sabittir.

- Sınır tenör seçeneklerinin ve buna bağlı değişkenlerin değerleri belirlidir.

- Tahmin edilen ilk yatırım, amortisman, faiz ve taksit giderleri belirlidir ve tüm sınır tenör seçenekleri için aynı değerlere sahiptir.

- Değişken üretim giderleri ve birim cevher satış fiyatları da belirli olup, tüm sınır tenör seçenekleri için aynı değerlere sahiptir.

b) Modelin genel yazılımı

Modelin yazılımında kullanılan simgeler ve anlamları şunlardır :

n	: En düşük sınır tenör için maden ömrü,
i	: Bulunulan kademe ($i=1,2,\dots,n$),
m	: Sınır tenör seçeneklerinin sayısı,
j	: Sınır tenör seçenekleri ($j=1,2,\dots,m$),
XC_j	: j . sınır tenör seçeneğinin değeri,
P_i	: i . kademenin durumu,
q_j	: P_i durumunda alınabilecek j 'inci karar seçeneği ile tüketilebilecek cevher rezerv miktarı (j . seçeneğin tükenme kapasitesi),
$f_i(P_i)$: i 'inci kademedeki P_i durumu için eniyi kararın toplam katkısı,
$R_i(P_i, q_j)$: P_i durumunda q_j kararının alınmasıyla elde edilebilecek katkı ⁽³⁹⁾ ,

(39) Katkı, P_i durumunda q_j kararının alınmasıyla elde edilebilecek yıllık nakit akımının bugünkü değeridir.

$f_{i-1}(P_i - q_j)$: P_i durumunun bağılı olduğu bir önceki kademenin $(P_i - q_j)$ durumunun toplam katkısıdır.

i 'inci kademe P_i durumunda m adet q_j kararının alınması halinde elde edilebilecek katkılar, bu duruma bağılı bir önceki kademenin ilgili durumunda alınan kararlarla elde edilen enbüyük katkı ile toplanır. Bulunulan kademenin P_i durumunda enbüyük toplam katkısı veren q_j kararı, önceki kademelerdeki kararlara bağılı olarak eniyi (optimum) sonuçtur. Bu açıklamalar:

$$f_i(P_i) = \max_m \left[R_i(P_i, q_j) + f_{i-1}(P_i - q_j) \right]$$

fonksiyonel eşitliği ile de ifade edilebilir. Bu eşitlikten de görülebileceği gibi i 'inci kademenin P_i durumuna bağılı olarak enbüyük toplam katkısı veren q_j kararı, $i-1$ 'inci kademenin $(P_i - q_j)$ durumuna bağılıdır.

Modelde kademelere bağılı durumlar, tüketilebilecek cevher rezervi birimlerini gösterdiğinden, toplam cevher rezervi miktarı sistemin bir kısıtıdır. Her kademe tüketilebilecek cevher rezervi birimi (P_i) ;

$$P_i \geq 0 \quad \text{ve} \quad \sum_{i=1}^n P_i = P$$

kısıtını gözönüne almalıdır. Burada P = toplam cevher rezervi miktarını göstermekte olup, enküçük değerli sınır tenör karar seçeneğine göre saptanan değere eşittir.

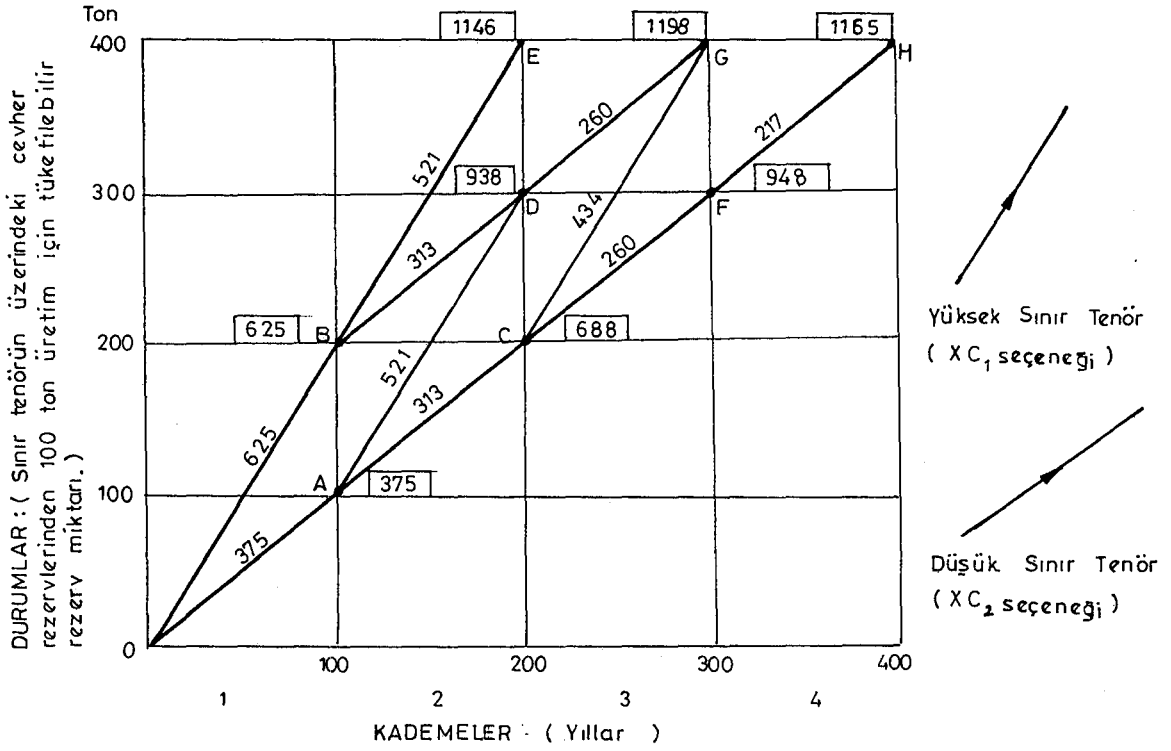
c) Modelin çözüm aşamaları

Sınır tenör optimizasyonlarında kullanılan dinamik programlama modelinin çözüm aşamalarını açıklayabilmek

için, Çizelge 5.1'de değişken ve parametreleri verilen, varsayımsal bir maden yatırım projesi ele alınmıştır. Bu varsayımsal projede karar değişkeni sınır tenördür ve iki sınır tenör seçeneği için optimizasyon yapılmaktadır. Şekil 5,4 'de sınır tenör optimizasyonu dinamik programlama modeli şebeke diyagramı biçiminde verilmiştir. Modelin geriye doğru eniyileme yöntemi ile çözümünde izlenecek yol, aşağıda birbirini izleyen dört adımda verilmektedir.

Çizelge 5.1 : Varsayımsal bir maden yatırım projesinin sınır tenör seçenekleri ile değişken ve parametreleri.

DEĞİŞKEN VE PARAMETRELER		SINIR TENÖR SEÇENEKLERİ	
Sembolü	Anlamı	1	2
XC _j	Sınır tenör (%Cu)	0.00	0.25
OXC _j	Ortalama tenör (%Cu)	0.25	0.75
REZE _j	Cevher rezervi (Ton)	400	200
DKORN _j	Dekapaj oranı(m ³ /ton)	1	2
KONK _j	Konsantratör kapasitesi (ton/yıl)	100	100
TKAP _j	Rezerv tükenme (üretim+dekapaj) kapasitesi (ton/yıl)	100	200
NAKİT	Yıllık nakit akımı (10 ⁶ TL)	450	750
R	İndirgeme oranı (%)	20	20



Şekil 5.4 : Varsayımsal yatırım projesi için sınır tenör dinamik programlama modeli şebeke diyagramı.

Birinci Adım : Modelin kademelerinin, kademelere bağlı durumların ve durumlara göre karar değişkenlerinin belirlenmesi.

Şekil 5,4 'den de görülebileceği gibi, en düşük sınır tenör seçeneği XC₁ için maden ömrü n=4 yıl olduğundan, model dört kademeli bir karar problemidir. Kademelerdeki durum değişkenlerinin (P_i) alacağı değerlerin alt (K_{1i}) ve üst (K_{2i}) sınırları;

$$K_{1i} = K_{1i-1} + (q_1 / RA)$$

$$K_{2i} = K_{2i-1} + (q_2 / RA)$$

$$K1_i \geq (REZE_1 / RA) \quad \text{ise} \quad K1_i = REZE_1 / RA$$

$$K2_i \geq (REZE_1 / RA) \quad \text{ise} \quad K2_i = REZE_1 / RA$$

eşitlikleri yardımıyla bulunur. Burada, $REZE_1 = XC_1$ sınır tenör seçeneğinin üzerindeki işletilebilir cevher rezervini, $RA =$ durum değişkenleri birim katsayısını, q_1 ve $q_2 = XC_1$ ve XC_2 sınır tenör seçenekleri için tükenme kapasitelerini (karar seçeneklerinin değerini) göstermektedir. Bu örnek optimizasyon modelinde ;

$$REZE_1 = 400 \text{ ton}$$

$$RA = 100 \text{ ton/yıl}$$

$$q_1 = 100 \text{ ton/yıl}$$

$$q_2 = 200 \text{ ton/yıl}$$

dir. Kademelerdeki durum değişkenlerinin alt ve üst sınırları;

$$K1_0=0 \quad K1_1=1 \quad K1_2=2 \quad K1_3=3 \quad K1_4=4$$

$$K2_0=0 \quad K2_1=2 \quad K2_2=4 \quad K2_3=4 \quad K2_4=4$$

dir. Kademelerdeki durum değişkenleri ise;

$$P_i = K1_i \quad \text{ile} \quad K2_i$$

arası değerlerden oluşmaktadır. Durum değişkenlerinin her biri, kademelerde tüketilebilir cevher rezervi miktarının 100 ton'luk katsayılarla bölünmesiyle bulunmuştur. Böylece, işlem boyutu küçültülmüştür. Bu konu, özellikle bilgisayar programının yazılımında önemli olmakta olup, matris boyutu küçültülerek bilgisayar belleğinde fazla yer kaplaması önlenmektedir.

İkinci Adım : Modelin son kademesi olan $i=0$ için $f_0(P_0)$ toplam katkısı belirlenerek geriye tek kararın kaldığı $i=1$ kademesinin $R_1(P_1, q_j)$ katkıları ve her durum için bunların içinden enbüyük katkıyı veren $f_1(P_1)$ bulunur.

Örnek model için $P_0=0$ durumu sözkonusudur, yani üretim yapılmamaktadır ve $f_0(0)=0$ 'dır. $i=1$ kademesindeki durumlara bağlı olarak alınabilecek kararlar sonucunda;

$$f_1(1)=R_1(1,1)+f_0(0)=375.10^6+0=375.10^6 \text{ TL.}$$

$$f_1(2)=R_1(2,2)+f_0(0)=625.10^6+0=625.10^6 \text{ TL.}$$

enbüyük toplam katkıları bulunur.

Üçüncü Adım : Sondan bir önceki kademedeki durumlar ve verilen kararlar gözönüne alınarak $i=2$ kademesinin durumları için enbüyük toplam katkıları veren $f_2(P_2)$ 'ler bulunur. Bu kademenin durumlarınınin bağlı olduğu bir önceki kademenin durumları;

$$P_{i-1} = P_i - q_i$$

eşitliği ile bulunmaktadır.

$i=2$ kademesindeki durumlarda alınabilecek kararlar sonucunda;

$$f_2(2)=R_2(2,1)+f_1(1)=313.10^6+375.10^6=688.10^6 \text{ TL.}$$

$$f_2(3)=\max_m \begin{cases} R_2(3,2)+f_1(1)=521.10^6+375.10^6=896.10^6 \text{ TL.} \\ R_2(3,1)+f_1(2)=313.10^6+625.10^6=938.10^6 \text{ TL.} \end{cases} (*)$$

$$f_2(4)=R_2(4,2)+f_1(2)=521.10^6+625.10^6=1146.10^6 \text{ TL.}$$

enbüyük toplam katkıları bulunur. Burada dikkat edileceği gibi, $P_2=3$ durumu bir önceki kademenin $P_1=1$ ve $P_1=2$ durumlarına bağlıdır ve XC_1 ve XC_2 karar seçeneklerinin herikiyle de bir karar verme söz konusudur, fakat enbüyük toplam katkı XC_1 kararıyla (* işaretli olan) elde edilmektedir.

Dördüncü Adım : Üçüncü adımda yapılan işlemler tüm kademeler için tekrarlanarak modelin eniyi çözümü olan kararlar dizisi bulunur.

$$f_3(3)=R_3(3,1)+f_2(2)=260.10^6+688.10^6=948.10^6 \text{ TL.}$$

$$f_3(4)=\max_m \begin{cases} R_3(4,2)+f_2(2)=434.10^6+688.10^6=1122.10^6 \text{ TL.} \\ R_3(4,1)+f_2(3)=260.10^6+938.10^6=1198.10^6 \text{ TL. (*)} \end{cases}$$

$$f_4(4)=R_4(4,1)+f_3(3)=217.10^6+948.10^6=1165.10^6 \text{ TL.}$$

Modelin kademelerindeki durumlar için yapılan karar optimizasyonu sonuçları Çizelge 5.2 'de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Kademelerdeki durumlar için yapılan karar optimizasyonu sonuçları.

Kademeler i	Bulunulan kademelerin durumları P_i	Bir önceki kademelerin durumları P_{i-1}	Elde edilen enbüyük toplam katkılar (10^6 TL) $f_i(P_i)$	Alınan karar XC_j
0	0	-	0	-
1	1	0	375	XC_1
	2	0	625	XC_2^*
2	2	1	688	XC_1
	3	2	938	XC_1^*
	4	2	1146	XC_2
3	3	2	948	XC_1
	4	3	1198	XC_1^*
4	4	4	1165	XC_1

Çizelge 5,2 'den ve Şekil 5,4 'den de görüleceği gibi enbüyük toplam katkı 3'üncü kademede 4'üncü durumda XC_1 kararının alınması ile elde edilmekte olup, değeri 1198.10^6 TL.'dir. Bu kademelerin durumunun bağlı olduğu 2'inci kademelerin 3'üncü durumunda da XC_1 kararı, 1'inci kademelerin 2'inci durumunda ise XC_2 kararı alınmaktadır.

Enbüyük toplam katkının elde edildiği kararlar dizilimi sonucunda;

1'inci yılda %0.25 Cu sınır tenör ile 200 ton,
 2'inci yılda %0.00 Cu sınır tenör ile 100 ton,
 3'üncü yılda %0.00 Cu sınır tenör ile 100 ton,
 cevher rezervi tüketilmektedir.

Şekil 5.4 'den de izlendiği gibi optimum kararlar dizilimini OBDG hattı vermektedir ve cevher rezervi 3 yılda tüketilmektedir.

d) Modelin irdelenmesi :

Modelin irdelenmesi, önceki bölümde verilen varsayımsal proje verileri ele alınarak yapılmıştır.

Varsayımsal proje verileri için statik optimizasyon yapılsaydı, maden yatağında XC₂ (%0.25 Cu sınır tenör) seçeneği ile çalışılması durumunda cevher rezervleri 2 yılda tükenecek (Şekil 5,4 'de OBE hattı ile gösterilen kararlar dizisi) ve 1146.10⁶ TL. katkı elde edilecekti. XC₁ (%0.00 Cu sınır tenör) seçeneği ile çalışılması durumunda ise cevher rezervleri 4 yılda tükenecek (Şekil 5,4 'de OACFH hattı ile gösterilen kararlar dizisi) ve 1165.10⁶ TL. katkı elde edilecekti. Dinamik programlama modeliyle optimum kararlar diziliminin saptanması sonucunda ise, cevher rezervi 3 yılda tükenmekte ve 1198.10⁶ TL. katkı elde edilmektedir.

Görüldüğü gibi, karar değişkenlerinin dinamik optimizasyonu ile daha büyük katkıların elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Şekil 5,4'den izlenebileceği gibi, 2'inci kademede bir önceki kademenin durumlarına bağlı olarak 4 farklı karar dizilimi (OBE, OBD, OAD ve OAC) söz konusu iken, bu

kademenin durumları için yapılan optimizasyonla 3 karar dizilimi (OBE, OBD ve OAC) seçilmekte ve 3'üncü kademedeki optimizasyon çalışmaları bunlara bağlı olarak sürdürülmektedir. Herbir kademedede, bir önceki kademenin durumlarına bağlı olarak ayrı ayrı optimizasyonlar yapılması nedeniyle, kademe sayısı arttıkça karar seçeneği sayısı azalarak artmaktadır.

Dinamik programlama modelinin çözümü sırasında her kademenin durumları için bir önceki kademenin durumlarına bağlı olarak optimizasyonlar yapıldığından, optimum kararlar diziliminden oluşan politika hızla saptanabilmektedir. Tüm kademeler için bütün karar seçeneklerinin dizilimlerinin ele alındığı karar ağacı gibi yöntemlerde ise, karar birleşimlerinin sayısı her kademedede üstel olarak artmaktadır ve uzun ömürlü yatırım projelerinde optimum kararlar dizilimini saptamak güçleşmektedir. Bu nedenle de, çok kademeli karar problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan dinamik programlama yöntemi ile madencilik yatırım karar değişkenlerinin dinamik optimizasyonları hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir.

6. MADENCİLİK YATIRIMLARININ RİSKLİLİĞİNDE SINIR TENÖR KARARLARININ ETKİLERİNİN ÖLÇÜLMESİ (UYGULAMA DENEMESİ)

Karar vericinin kontrol edebildiği önemli bir karar değişkeni olan sınır tenörün saptanmasında, maden yatağının rezerv tenör dağılımı ile birlikte birçok dışsal değişken de etkili olur. Bu dışsal değişkenlerin alabileceği değerler hakkında genellikle belirlilik koşulları varsayımı ile nokta tahminleri yapılır. Dışsal değişkenlerin nokta tahmin değerleri kullanılarak da çeşitli optimizasyon teknikleriyle optimum sınır tenör kararı veya kararlar dizilimi saptanır.

Sınır tenör kararlarını etkileyen dışsal değişkenlerin gelecekte alacakları değerler ise önemli oranlarda belirsizlikler içerir. Karar verme aşamasında sözkonusu olan bu belirsizliklerin derecesi ise maden ömrü ile birlikte artar. Bir dışsal değişkenin uzak gelecekte alabileceği değer tahmininde, yakın gelecekte alabileceği değer tahmininden daha fazla belirsizlik sözkonusudur. Sınır tenör ise, cevher rezerv ve ortalama tenörüyle birlikte maden tükenme ömrünü de doğrudan doğruya etkileyen bir karar değişkenidir. Bu nedenle de, her bir sınır tenör karar seçeneği veya kararlar dizilimine, dışsal değişkenlerin belirsizlikleri farklı boyutlarda etkiler ve bunların risklilik dereceleri de farklı olur. Karar vericinin sınır tenör kararlarının karlılığı ile birlikte riskliliği ile de ilgilenmesi durumunda, optimizasyon çalışmaları sonrası risk analizlerinin de yapılması gerekmektedir. Böylece, sınır tenör kararlarının riskliliği de ölçülerek, gelecekteki koşullara uygun ve daha az riskli sınır tenör kararları almak mümkün olmaktadır.

Bu bölümde, madencilik yatırımlarının riskliliğinde sınır tenör kararlarının etkilerinin ölçülmesi amacıyla bir

uygulama denemesi yapılmıştır. Bu uygulama denemesinde, Eti-bank Kütahya Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesi rezerv sondaj ve fizibilite projesi verileri kullanılarak, öncelikle rezerv-tenör dağılımı ve sınır tenör ilişkileri araştırılmıştır. Sınır tenör ilişkilerine bağlı olarak saptanan sınır tenör seçenekleri için ise, statik ve dinamik yöntemlerle optimum sınır tenör kararları ve kararlar dizilimi saptanmıştır. Yatırım riskliliğinde sınır tenör kararlarının etkilerini saptamak amacıyla da, Monte Carlo benzetim yöntemi temelinde bir risk analiz modeli geliştirilmiştir. Risk analiz modelinde, dışsal değişkenlerin olasılık dağılımları tahmin edildikten sonra, bunlar için rassal örneklemeler yapılarak, NBD karlılık ölçütünün olasılık dağılımına göre de risk ölçütleri hesaplanmaktadır. Risk analiz modeli, herbir sınır tenör karar seçeneği ve kararlar dizilimi için çözüldüğünde ise, yatırım riskliliğinde bunların etkileri hakkında önemli bilgiler elde edilebilmektedir.

6.1. Rezerv-tenör Dağılımının Araştırılması

Rezerv-Tenör dağılımını araştırmak amacıyla LOGNORM ismi verilen BASIC dilinde yazılan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir (Ek-1). Maden yataklarının tenör dağılımları genellikle normal veya lognormal dağılıma uyduğundan, bu program sadece bu tip dağılımların istatistiksel parametrelerini hesaplayacak ve test edecek şekilde geliştirilmiştir.

Bu bölümde, LOGNORM programının değişken ve parametreleri, işleyişi ve akış diyagramı tanıtıldıktan sonra programın işletilmesinde bilgisayara okutulan veriler ve elde edilen çıktılar verilmektedir.

6.1.1. LOGNORM programının tanıtımı

LOGNORM programının değişken ve parametreleri ile işleyişi ve akış diyagramı aşağıda sıra ile verilmektedir.

6.1.1.1. Değişken ve parametreler

Rezerv-tenör dağılımının araştırılması amacıyla yazılan LOGNORM bilgisayar programında kullanılan önemli değişken ve parametrelerin sembolleri aşağıda verilmektedir.

- N : Sondajlarla kesilen cevherli formasyonların toplam sayısı.
- I : Sondajlarla kesilen cevherli formasyonlar (I=1, 2,3,.....,N).
- TEN(I) : Sondajlarla kesilen formasyonların ortalama tenörü.
- REZ(I) : Sondajlarla kesilen cevherli formasyonların rezervi.
- CEV(I) : Sondajlarla kesilen cevherli formasyonların ismi.
- M : Cevherli formasyonların tenörlerine göre sınıflandırılmasıyla elde edilen sınıf sayısı.
- J : Tenör sınıfları (J=1,2,3,.....,M).
- TENAC(J) : J. tenör sınıfının alt sınırı.
- TENBC(J) : J. tenör sınıfının üst sınırı.
- TREZC(J) : J. tenör sınıfına düşen cevher rezerv miktarı (ağırlıksal frekanslar).
- TOPREZ : Toplam rezerv miktarı.
- XORT : Rezerv-tenör dağılımı için tenörlerin aritmetik ortalaması.
- SSAP : Rezerv-tenör dağılımı için tenörlerin standart sapması.
- ALFA : Rezerv-tenör dağılımı için tenörlerin logaritmik (ln) aritmetik ortalaması.

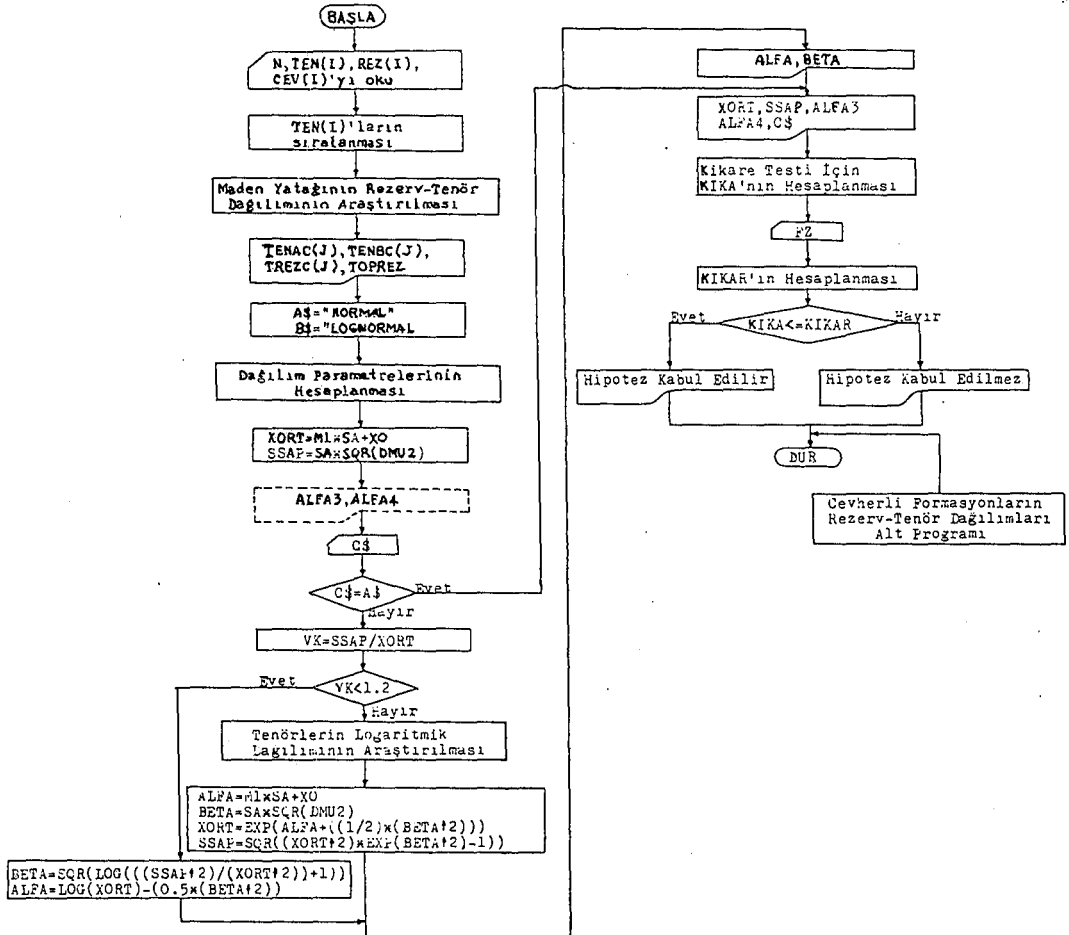
- BETA : Rezerv-tenör dağılımı için tenörlerin logaritmik (in) standart sapması.
- ALFA3 : Rezerv-tenör dağılımının çarpıklık katsayısı.
- ALFA4 : Rezerv-tenör dağılımının basıklık katsayısı.
- KIKA : Gerçek ve kuramsal frekans değerleri ile hesaplanan Ki-kare değeri.
- FZ : Güvenirlilik sınırı.
- SD : Serbestlik derecesi.
- KIKAR : FZ ve SD'ye bağlı olarak hesaplanan Ki-kare değeri.

6.1.1.2. LOGNORM programının işleyişi ve akış diyagramı

Rezerv-tenör dağılımının araştırılması ve istatistiksel parametrelerin hesaplanması amacıyla geliştirilen LOGNORM bilgisayar programının akış diyagramı Şekil 6,1 'de görülmektedir.

Bilgisayar programında öncelikle, tenörlere göre sınıflandırmada kolaylık sağlamak amacıyla TEN(I)'lar küçükten büyüğe sıralanmaktadır. Bu sıralama işleminde hızlılığı sağlamak amacıyla QUICK2 programı kullanılmaktadır(1). Sıralama işlemi sırasında REZ(I) ve CEV(I)'lar da TEN(I)'ya uygun olarak sıralanmaktadır. Maden yatağının araştırılmasında öncelikle tenörlere göre sınıflandırma yapılmakta ve her sınıf aralığına düşen rezervler hesaplanmaktadır. Bu işlemler sırasında tekrarlı işlemlerden kaçınmak için küçük alt programlar kullanılmaktadır. Sınıflandırmada tenör aralıkları Sturges kuralı ile hesaplanmakta, fakat arzu edilen aralık ve sınıf alt sınırı, programı kullanan taraftan INPUT deyimi ile verilmektedir. Sınıflandırma

(1)TOPÇU,A., "Sayısal ve alfanümerik vektörlerin bilgisayarda sıralama yöntemleri", A.Ü. Müh.Mim.Fak. Dergisi, C.2, S.2, 1985. s.35 .



Şekil 6.1 : Rezerv-tenör dağılımının araştırılması için geliştirilen LOGNORM bilgisayar programının akış diyagramı.

sonunda TENAC(J), TENBC(J), TREZC(J) ve TOPREZ yazdırılmaktadır.

Şekil 6,1 'deki akış diyagramından da görüleceği gibi normal dağılım A\$, lognormal dağılım B\$ karakterleriyle tanımlanmaktadır.

Dağılımın istatistikî parametrelerinin hesaplanmasında da bir alt programdan yararlanılmakta ve öncelikle XORT, SSAP, ALFA3 ve ALFA4 hesaplanmaktadır. ALFA3 ve ALFA4 ekrana yazdırılarak, programı kullanan dağılım tipi hakkında bilgi vermesi sağlanmakta ve daha sonra dağılım tipi C\$ karakteriyle programı kullanan tarafından INPUT deyimi ile okutulmaktadır. Eğer, dağılım tipi normal (C\$=A\$) ise dağılım parametreleri yazdırılmakta, değil ise lognormal dağılım parametrelerinin hesaplanması işlemine geçilmektedir.

Lognormal dağılımın parametrelerinin hesaplanabilmesi için varyasyon sabiti (VK) ile kontrol yapılmaktadır. Eğer $VK < 1.2$ ise;

$$BETA = \text{SQR}(\text{LOG}(\frac{SSAP**2}{XORT**2})+1))$$

$$ALFA = \text{LOG}(XORT)-(0.5*(BETA**2))$$

dönüşümü ile lognormal dağılım için BETA ve ALFA parametreleri hesaplanmaktadır. Eğer $VK \geq 1.2$ ise tenörlerin logaritmaları alınmakta, alt programlar yardımıyla logaritmik tenörlerin sınıflandırılması ve dağılım parametreleri ALFA ve BETA hesaplanmaktadır. Daha sonra da;

$$XORT = \text{EXP}(ALFA+((1/2)*(BETA**2)))$$

$$SSAP = \text{SQR}((XORT**2)*\text{EXP}(BETA**2)-1))$$

dönüşümü ile normal aritmetik ortalama tenör ve standart sapma hesaplanmaktadır. Lognormal dağılımın parametreleri de yazdırıldıktan sonra, ileri sürülen hipotezin geçerliliği Ki-kare testi ile kontrol edilmektedir.

Ki-kare testi için FZ, programı kullanan tarafından verilmekte ve KİKA ile KİKAR hesaplanmaktadır. Eger $KİKA \leq KİKAR$ ise hipotez kabul edilmekte, değil ise kabul edilmemektedir.

Rezerv-tenör dağılımının araştırılmasından sonra, programı kullananın isteğine bağlı olarak, cevherli formasyonlar da sınıflandırılmakta ve her formasyon için TENAC(J), TENBC(J), TREZC(J) ve TOPREZ yazdırılmaktadır.

6.1.2. LOGNORM programının işletilmesi

LOGNORM programı, Gümüşköy 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi Aktepe kesiminde yapılan 45 adet sondajdan, işletme tarafından alınan karotların analiz sonuçlarıyla işletilmektedir(2). Aşağıdaki bölümlerde, programın işletilmesinde kullanılan veriler, elde edilen çıktılar ve bunların yorumları açıklanmaktadır.

6.1.2.1. Verilerin okutulması

Sondajların kestiği formasyonların sayısı (N), TEN(I), REZ(I) ve CEV(I) ADAT isimli yardımcı veri programı ile TDATA ismiyle diskete (bilgisayar kütüğüne) kaydedilmekte ve LOGNORM programının işletilmesi sırasında disketten okunmaktadır. ADAT isimli veri programı Ek-2 'de verilmektedir.

Sondajlardan alınan karotların ortalama tenörleri karot uzunluklarıyla ağırlıklandırılarak, sondajların kestiği her bir formasyonun ortalama tenörü bulunduktan sonra,

(2) Aktepe kesiminde yapılan sondajlardan alınan karotların analiz sonuçları için bkz. : DEMİROK, H., APUL, H.R., ÖZ-YURT, A. VE İNANÇ, Ö., "Etibank 100.Yıl Gümüş Madeni Açık İşletme projesi (1.Revizyon)", Kütahya, Mart 1984, s.22-23 ve s.73-132 .

bunlar ADAT programında TEN(I) sembolü ile okutulmaktadır. Bu formasyonların rezervi ise, sondaj etki alanı ile formasyonların kalınlığı ve yoğunluğunun çarpımıyla hesaplandıktan sonra REZ(I) sembolü ile okutulmaktadır. Sondajlarla kesilen herbir formasyona ise, ayrı ayrı simgesel sayılar verilerek, bunların isimlerinin tanınması sağlanmakta ve ADAT programında CEV(I) sembolü ile okutulmaktadır(3).

6.1.2.2. Çıktılar ve yorum

LOGNORM programı, Aktepe kesimi sondaj verileriyle işletildiğinde, Çizelge 6,1 'deki rezerv-tenör dağılımı elde edilmiştir.

Çizelge 6,1 : 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi Aktepe kesimi maden yatağının rezerv-tenör dağılımı.

MADEN YATAĞININ REZERV-TENÖR DAĞILIMI			

* TENÖR ARALIKLARI		TONAJ	*
* (GR/TÖN)		(TÖN)	*

* 5	155	1.65661E+07	*
* 155	305	4.34443E+06	*
* 305	455	2.44353E+06	*
* 455	605	586449	*
* 605	755	329600	*
* 755	905	240510	*
* 905	1055	0	*
* 1055	1205	0	*
* 1205	1355	0	*
* 1355	1505	57169	*

TOPLAM REZERV = 2.47728E+07			

(3) Sondajların kestiği formasyonların isimleri ve bunlara verilen simgesel sayılar şunlardır : Pasa cevheri=1, Limonit-mangan=2, Silisli dolamit=3, Silisli tuf=4, Silisli olmayan tuf=5, Çörtlü tuf=6 .

Rezerv-tenör dağılımına bağlı olarak hesaplanan istatistikî parametreler ve dağılım hipotez (Ki-kare) testi sonuçları da Çizelge 6,2 'de verilmektedir.

Çizelge 6.2 : 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi Aktepe kesimi maden yatağının rezerv-tenör dağılımına bağlı olarak hesaplanan istatistikî parametreler ve Ki-kare testi sonuçları.

DAĞILIMIN İSTATİSTİKİ PARAMETRELERİ

LOGARIT. ORTA. (ALFA)= 4.8223	(ln gr/ton)	
LOGARIT. S.SAP (BETA)= .79169	(ln gr/ton)	
ARİTMETİK ORTA. (XORT)= 169.901	(gr/ton)	
STANDART SAPMA (SSAP)= 158.454	(gr/ton)	
ÇARPIMLIK DEĞ. (ALFA3)= 2.98871		
BAŞIKLIK DEĞ. (ALFA4)= 15.0371		
HIPOTEZ=LOGNORMAL DAĞILIM		

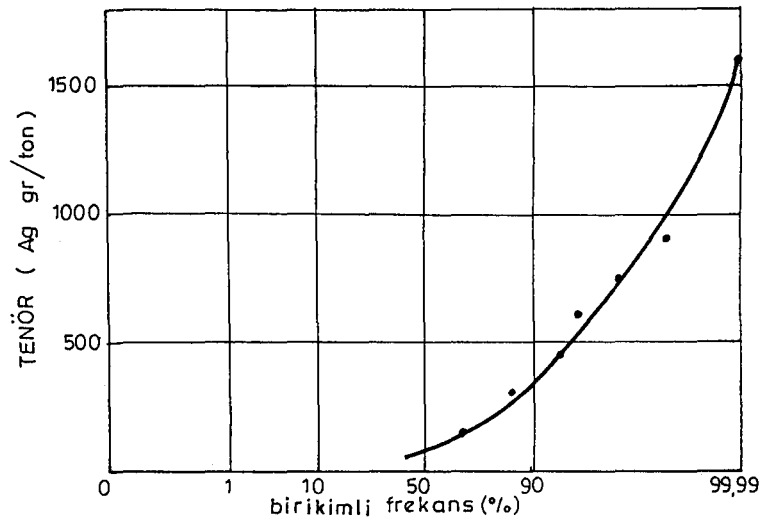
KİKARE TESTİ

GÜVENLİK SINIRI (FZ)= .95	
SERBESTLİK DERECEĞİ (SD)= 4	
TEORİK KİKARE DEĞERİ (KİKA)= 6.62022	
GERÇEK KİKARE DEĞERİ (KİKAR)= 9.45445	
HIPOTEZ KABUL EDİLEBİLİR	

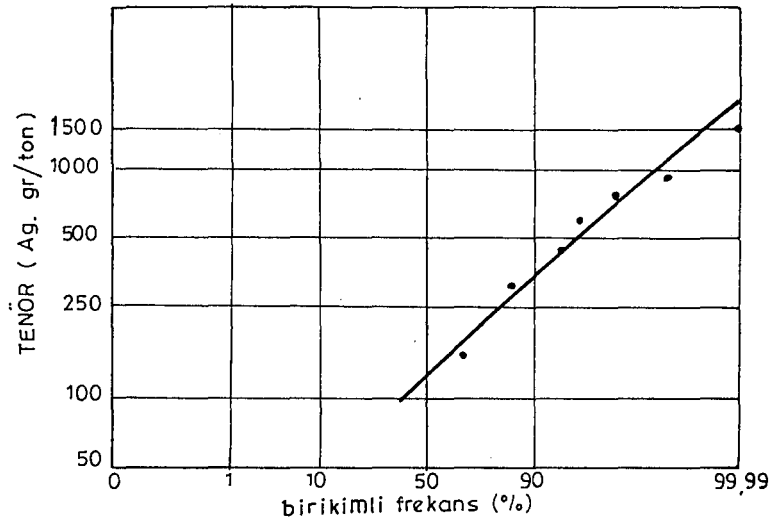
Programın işletimi sırasında dağılım tipinin lognormal olabileceği hipotezi ileri sürülmüş ve yapılan Ki-kare testi ile de hipotezin kabul edilebileceği kanıtlanmıştır. Çizelge 6,2 'den de görüleceği gibi, kuramsal ve gerçek rezervlere (frekanslara) göre hesaplanan KİKA=6.62022 değeri, FZ=0.95 ve SD=4 için hesaplanan KİKAR=9.45445 değerinden küçük (KİKA < KİKAR) olduğundan, hipotez kabul edilebilmektedir.

Çizelge 6,1 'de verilen rezerv-tenör dağılımı sonuçları, normal ve lognormal olasılık kağıtlarına çizilerek

de dağılımın lognormalliği kanıtlanmaktadır (Şekil 6.2). Şekil 6,2-b 'den de görülebileceği gibi, lognormal olasılık kağıdına çizildiğinde, tenörler ile birikimli frekanslar arasında doğrusal bir ilişki elde edilebilmektedir. Bu yöntemle göre de dağılımın lognormal olduğu söylenebilmektedir.



a) Normal olasılık kağıdı.



b) Lognormal olasılık kağıdı

Şekil 6.2 : Rezerv-tenör dağılımı birikimli frekans eğrisi.

6.2. Sınır Tenör İlişkilerinin Araştırılması

100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi maden yatağı rezerv-tenör dağılımının lognormal olduğu, LOGNORM programının işletilmesiyle saptanmıştır. İşletme projelerinin incelenmesi sırasında en önemli kapasite kısıtının, konsantratör-izabe tesisi yıllık metal üretiminde olduğu saptanmıştır. Ayrıca, işletme projelerinin incelenmesi sırasında bazı veri yetersizlikleriyle de karşılaşmıştır. Kapasite sınırlamalarının olduğu üretim kademeleri ve verilerin yetersiz olduğu konular şunlardır:

- Konsantratör-izabe tesisi elektroliz devresinde yıllık metal üretim kapasitesini arttırmak mümkün değildir(4).

- Liç devrelerinde liç süresini ve metal kurtarma randımanını sınır tenör değişiklikleri değil, cevherli formasyonların niteliği etkilemektedir(5).

- Açık işletme yatırım programında öngörülen üretim araçlarının çalışma sürelerini arttırarak, dekapaj ve cevher üretim kapasitelerini arttırmak mümkün olmaktadır(6).

- İşletmenin fizibilite projesinde, konsantratör-izabe tesisinin üretim giderleri, "konsantratör ünitesi yıllık üretim giderleri" adı altında ele alınmaktadır(7). Bu durumda, konsantratör ve izabe ünitelerinin üretim giderlerini ayrı ayrı ele almak mümkün olmamaktadır. Ayrıca, yıllık metal üretiminin değişmesi halinde, birim değişken giderlerin değişimi hakkında herhangi bir bilgi yoktur.

(4)Bu durum, hiçbir ek yatırım yapılmaması hali için söz-konusudur.

(5)Ayrıntılı bilgi için bkz. : Assesment and Preliminary of Gümüşköy Silver Project for Etibank, Krupp Industrie und Stahlbau, April 1980.

(6)Ayrıntılı bilgi için bkz. : ASUTAY,H., Etibank Kütahya-Gümüşköy 100.Yıl Gümüş Madeni Açık İşletme Kapasite Optimizasyonu, Bitirme Ödevi, A.Ü. Müh.Mim.Fak. Maden Bölümü, Eskişehir, Eylül 1986, s.30 .

(7)KOCAK,Y., Etibank Kütahya Gümüşköy 100.Yıl Konsantrasyon ve İzabe Tesisi Projesi Fizibilite Etüdü (6.Revizyon), Ankara, Ocak 1987 .

Yukarıda sıralanan nedenlerden dolayı, yıllık metal üretimini sabit tutacak ve ek yatırım giderlerine neden olmayacak bir sınır tenör değişikliği yapmak gerekmektedir.

Aşağıdaki bölümlerde, rezerv-tenör dağılımının log-normal ve yıllık metal üretiminin sabit olması durumları için geliştirilen, sınır tenör ilişkilerini araştıran SINTEN bilgisayar programı tanıtılmaktadır. SINTEN statik sınır tenör optimizasyonu (SINTEOP) programının bir alt programı olup, sınır tenör seçeneklerinin ve bunların diğer değişkenlerle ilişkilerinin belirlenmesi için göreve çağırılmaktadır (Ek-3). Aşağıdaki bölümlerde ayrıca, SINTEN programının işletilmesiyle elde edilen çıktılar ve bunların yorumları verilmektedir.

6.2.1. SINTEN programının tanıtımı

BASIC programlama diliyle yazılan SINTEN programında kullanılan değişken ve parametreler ile programın işleyişi ve akış diyagramı aşağıdaki bölümlerde verilmektedir.

6.2.1.1. Değişken ve parametreler

SINTEN programında kullanılan önemli değişken ve parametrelerin sembollerinin anlamları, aşağıda sıra ile açıklanmaktadır. Burada, LOGNORM programının tanıtımı sırasında anlamları açıklanan değişken ve parametrelere yer verilmemektedir.

N	: Sınır tenör seçeneklerinin sayısı.
J	: Sınır tenör seçenekleri (J=1,2,...,N).
XC(J)	: J. sınır tenör seçeneğinin değeri.
TKAP(J)	: J. sınır tenör seçeneğinin tükenme kapasitesi.
RA	: Sınır tenör seçeneklerinin belirlenmesi için

- gerekli tükenme kapasitesi aralıkları⁽⁸⁾.
- ZC(J) : J. sınır tenör seçeneğinin standart normal değeri.
- FZ(J) : J. sınır tenör seçeneği için hesaplanan standart normal değer birikimli olasılık yoğunluğu değeri ($-\infty$ ile ZC(J) arası alan).
- TC(J) : J. sınır tenör seçeneğinin üzerindeki cevher rezervinin toplam cevher rezervine oranı (tonaj oranı).
- REZE(J) : J. sınır tenör seçeneğinin üzerindeki cevherlerin rezerv miktarı.
- REZ : Maden yatağının içerdiği toplam cevher rezervi.
- ZCB(J) : (ZC(J)-BETA) standart normal değeri.
- FZB(J) : ZCB(J) standart normal değer birikimli olasılık yoğunluğu değeri ($-\infty$ ile ZCB(J) arası alan).
- OXC(J) : J. sınır tenörün üzerindeki cevherlerin ortalama tenörü.
- MC(J) : J. sınır tenörün üzerindeki cevherlerin içerdiği metal miktarının toplam metal miktarına oranı (metal oranı).
- QM : Maden yatağının içerdiği toplam metal miktarı.
- QYM : Yıllık metal üretim kapasitesi⁽⁹⁾.
- QTM(J) : J. sınır tenörün üzerindeki cevherlerin içerdiği toplam metal miktarı.
- MN(J) : J. sınır tenör seçeneği için maden yatağı tükenme ömrü.
- DEK : Cevhersiz formasyonların dekapaj miktarı.
- YOG : Dekapaj malzemelerinin ortalama yoğunluğu.
- KONK(J) : J. sınır tenör seçeneği için konsantratör cevher besleme kapasitesi.
- YFG : Yıllık fiili çalışılan gün sayısı.

(8)Tükenme kapasitesi, belirli bir sınır tenörün üzerindeki cevherlerin üretimi için gerekli cevher üretim ve dekapaj kapasiteleri toplamına denilmektedir. Buradaki dekapaj kapasitesine, cevhersiz formasyonların dekapajı için gerekli kapasite dahil değildir.

(9)Metal kurtarma verimliliği dikkate alınmamaktadır.

6.2.1.2. SINTEN programının işleyişi ve akış diyagramı

SINTEN alt programının akış diyagramı Şekil 6,3 'de görülmektedir.

SINTEN alt programı SINTEOP programında çağırıldıktan sonra, sınır tenör seçeneklerinin sayısı (N), programı kullanan tarafından INPUT deyimi ile okutulmaktadır. Programın işletimi için gerekli diğer verler okutulduktan sonra da, başlangıç sınır tenör (XC(1)), başlangıç tükenme kapasitesi (TKAP(1)) ve RA programı kullanan tarafından INPUT deyimi ile okutulmaktadır.

Maden yatağının içerdiği toplam metal miktarı,

$$QM = XORT * REZ$$

eşitliği ile hesaplandıktan sonra, başlangıç sınır tenör için sınır tenör ilişkileri belirlenmektedir. Bundan sonra ise başlangıç sınır tenör için yıllık metal miktarı,

$$QYM = OXC(1) * KONK(1) * YFG$$

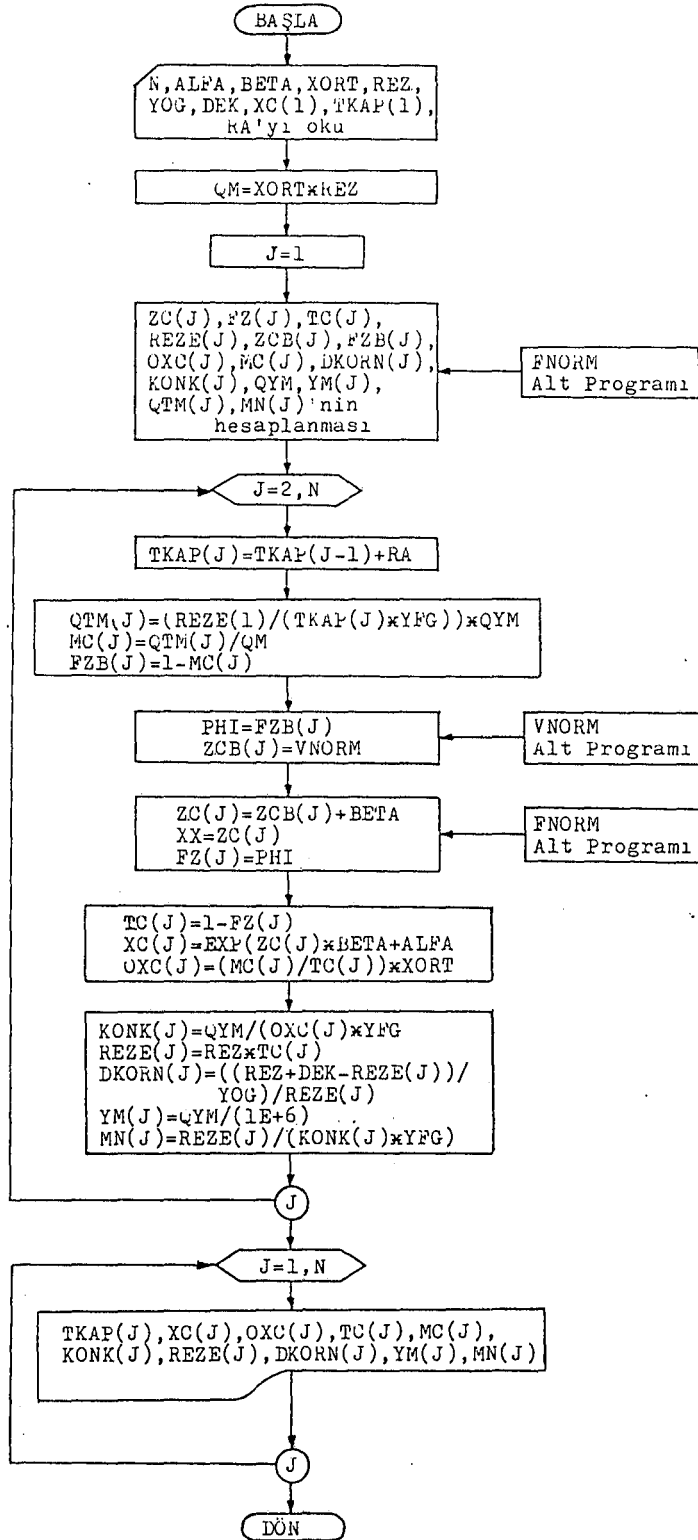
eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Diğer sınır tenör seçenekleri ($j=1,2,\dots,N$), QYM temel alınarak ve tükenme kapasitesinin RA kadar arttırılması ile belirlenmektedir. Bu sınır tenör seçenekleri için ise, başlangıç sınır tenör ile belirlenen QYM kapasite kısıtına göre sınır tenör ilişkileri hesaplanmaktadır.

Yıllık metal üretiminin sabit olması durumu için geliştirilen SINTEN programının algoritması, aşağıda açıklanan adımlardan oluşmaktadır.

a) Metal oranı :

Konsantratör-izabe tesisinin tasarlanan sınır tenörü başlangıç sınır tenör alınarak, yıllık metal üretim miktarı



Şekil 6.3 : Sınır tenör ilişkilerini araştıran SINTEN alt programı akış diyagramı.

hesaplandıktan sonra, sınır tenör seçeneklerinin tükenme kapasitelerine bağlı olarak metal oranları hesaplanabilmektedir.

TKAP(J)'nin RA kadar arttırılması ile belirlenen sınır tenör seçenekleri için, sınır tenörlerin üzerindeki cevherlerin içerdiği toplam metal miktarı;

$$QTM(J) = (REZE(1)/(TKAP(J)*YFG))*QYM$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Belirlenen sınır tenör seçenekleri için hesaplanan QTM(J) ve QM 'e bağlı olarak da metal oranları;

$$MC(J) = QTM(J)/QM$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

b) Tonaj oranı :

Sınır tenörlerin üzerindeki cevherlerin içerdiği metal oranına bağlı olarak tonaj oranı hesaplanabilmektedir. Tonaj oranının hesaplanabilmesi için öncelikle;

$$FZB(J) = 1 - MC(J)$$

hesaplanmaktadır⁽¹⁰⁾. Bundan sonra da, VNORM alt programı kullanılarak ZCB(J) hesaplanmaktadır⁽¹¹⁾. Sınır tenör seçeneklerinin standart normal değeri de;

$$ZC(J) = ZCB(J) + BETA$$

eşitliği ile hesaplandıktan sonra, ZC(J) için FNORM alt programı ile FZ(J) bulunmaktadır⁽¹²⁾. Buradan da,

(10) Bu eşitlik, sınır tenörlerin üzerindeki cevherlerin ortalama tenörü ile metal oranı ve tonaj oranı arasındaki ilişkilerden elde edilmiştir.

(11) VNORM alt programı hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. : BRATLEY, P., FOX, B.L. and SCHRAGE, L.E., A Guide to Simulation, Springer-Verlag, New York, 1983, s.331 .

(12) FNORM alt programı hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. : BRATLEY ve diğerleri, a.g.e., s.327 .

$$TC(J) = 1 - FZ(J)$$

eşitliği ile tonaj oranı hesaplanmaktadır.

c) Sınır tenör :

Tükenme kapasitesi aralıklarının arttırılması ve yıllık metal üretim kapasitesi kısıtı ile belirlenen $ZC(J)$ 'ye bağlı olarak aşağıdaki eşitlikle sınır tenör değerleri belirlenebilmektedir.

$$XC(J) = EXP(ZC(J)*BETA+ALFA)$$

d) Ortalama tenör :

Tonaj oranı ve metal oranına bağlı olarak, sınır tenörün üzerindeki cevherlerin ortalama tenörü;

$$OXC(J) = (MC(J) / TC(J)) * XORT$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

e) Konsantratör-izabe tesisi besleme kapasitesi :

Yıllık metal üretimi sabit olduğundan konsantratör-izabe tesisi besleme kapasitesi, yıllık metal üretim miktarıyla ilişkili olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$KONK(J) = QYM / (OXC(J)*YFG)$$

f) Maden yatağının tükenme ömrü :

Sınır tenörün üzerindeki işletilebilir cevher rezervinin, yıllık konsantratör-izabe tesisi besleme kapasitesine oranı ile maden yatağının tükenme ömrü bulunabilir.

$$REZE(J) = REZ * TC(J)$$

$$MN(J) = REZE(J) / (KONK(J)*YFG)$$

g) Dekapaj oranı :

Dekapaj oranı, toplam cevher rezervine ve sınır tenörlerin üzerindeki işletilebilir cevher rezervi ile dekapaj malzemelerinin yoğunluğuna bağlı olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir.

$$DKORN(J) = ((REZ + DEK - REZE(J)) / YOG) / REZE(J)$$

6.2.2. SINTEN programının işletilmesi

SINTEOP programının bir alt programı olan SINTEN 'in işletilmesinde kullanılan veriler ve elde edilen çıktılar ile bunların yorumları aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

6.2.2.1. Verilerin okutulması

SINTEN alt programının işletilmesi için gerekli veriler LOGNORM programı sonuçlarından ve Açık İşletme Projesinden alınmıştır. SINTEN programında okutulan verilerin değerleri Çizelge 6,3 'de görüldüğü gibidir. Bunlardan başlangıç sınır tenör (XC(1)), başlangıç tükenme kapasitesi (TKAP(1)) ve tükenme kapasitesi aralıkları (RA) programı kullanan tarafından INPUT deyimi ile okutulmaktadır.

6.2.2.2. Çıktılar ve yorum

SINTEN alt programının işletilmesi ile Çizelge 6,4 'de verilen sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre çizilen ortalama tenör, tonaj oranı, metal oranı, konsantratör-izabe tesisi besleme kapasitesi, dekapaj oranı ve maden yatağı tükenme ömrü ile sınır tenör arasındaki fonksiyonel ilişkiler Şekil 6,4 'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 : SINTEN alt programında okutulan değişken ve parametrelerin sembolleri ve değerleri.

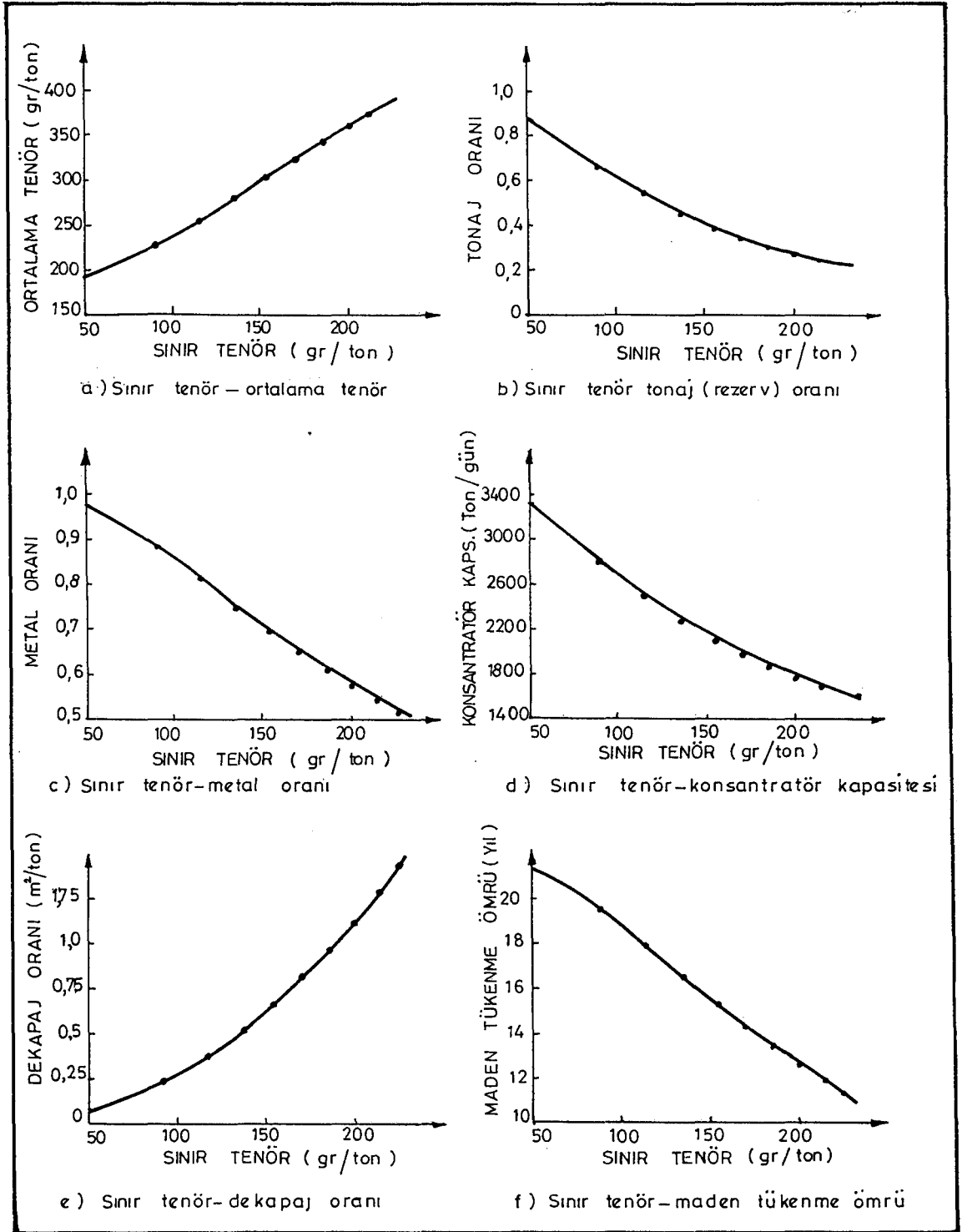
Değişken ve parametrenin sembolü	SINTEN programında okutulan değeri	
ALFA	4.82230	(ln gr/ton)
BETA	0.79109	(ln gr/ton)
XORT	169.901	(gr/ton)
REZ	24772740	(ton)
DEK	720294	(ton)
YOG	2.5	(gr/cm ³)
XC(1)	50	(gr/ton)
TKAP(1)	3360	(ton/gün)
RA	336	(ton/gün)
YFG	300	(gün)

Çizelge 6.4 : SINTEN programının işletilmesiyle elde edilen sınır teorî ilişkileri (yıllık metal üretim kapasitesi sabit).

```

*****
* TKAP(J)  XC(J)  OXC(J)  TC(J)  NC(J)  KONK(J)  REZE(J)  DKORN(J)  MN(J)  *
* (TON/GUN) (GR/TON) (GR/TON)  (TON/GUN)  (TON)  (M3/TON)  (YIL)  *
*****
* 3360  50.00  189.09  0.875  0.974  3360.0  21677740  0.070  21.51  *
* 3696  89.75  228.08  0.660  0.885  2785.7  16338730  0.224  19.55  *
* 4032  115.46  256.81  0.537  0.812  2474.0  13301270  0.367  17.92  *
* 4368  136.54  281.26  0.453  0.749  2259.0  11210910  0.510  16.54  *
* 4704  154.95  303.01  0.390  0.696  2096.8  9663006  0.655  15.36  *
* 5040  171.54  322.80  0.342  0.649  1968.3  8465835  0.805  14.34  *
* 5376  186.76  341.07  0.303  0.609  1862.0  7511575  0.958  13.44  *
* 5712  200.89  358.10  0.272  0.573  1774.2  6733480  1.114  12.65  *
* 6048  214.12  374.09  0.246  0.541  1698.4  6037518  1.275  11.95  *
* 6384  226.59  389.20  0.224  0.510  1632.5  5543320  1.440  11.32  *
*****

```



Şekil 6.4 : Tenör dağılımının lognormal ve yıllık metal üretiminin sabit olması durumu için sınır tenör ilişkileri.

Şekil 6,4 'de görüldüğü gibi, sınır tenör arttıkça sınır tenörün üzerindeki cevher kütlelerinin ortalama tenörü ve dekapaj oranı artmaktadır. Sınır tenördeki artışlara bağlı olarak tonaj oranı ve konsantratör-izabe tesisi kapasitesi yavaş yavaş, metal oranı ve maden yatağının tükenme ömrü ise hızla azalmaktadır.

Yıllık metal üretim kapasitesi sabit olduğundan, işletme için ek yatırıma gerek kalmadan, konsantratör-izabe tesisi cevher besleme kapasitesini azaltarak sınır tenörü arttırmak mümkün olmaktadır. Bu durumda, maden işletmesi cevher üretim kapasitesinin de azaltılması, fakat dekapaj kapasitesinin arttırılması gerekmektedir.

Sınır tenör kararlarına bağlı olarak ortalama tenör, tonaj oranı, metal oranı, konsantratör-izabe tesisi kapasitesi, dekapaj oranı ve maden yatağı tükenme ömrü gibi değişkenlerin aldıkları değerlerin ekonomik etkileri, statik ve dinamik optimizasyon çalışmalarında ele alınacaktır.

6.3. Statik Sınır Tenör Optimizasyonu

Yıllık metal üretiminin sabit olduğu işletme kısıtı için belirlenen sınır tenör seçenekleri içinden, statik olarak optimum sınır tenörün saptanması amacıyla SINTEOP isimli bir bilgisayar programı hazırlanmıştır (EK-3). Bilgisayar programında, SINTEN alt programı ile herbir seçenek için sınır tenör ilişkileri araştırıldıktan sonra maden ömrü, nakit akımları ve karlılık ölçütleri hesaplanmaktadır. Statik sınır tenör optimizasyonu, İKO ve NBD karlılık ölçütleri temelinde yapılmaktadır.

Sınır tenör seçeneklerinin statik optimizasyonu için geliştirilen SINTEOP bilgisayar programının varsayımları şunlardır :

- Tüm sınır tenör seçenekleri için ilk yatırım, işletme sermayesi, işletme dönemi sabit giderleri, açık işletme ve konsantratör-izabe tesisi birim değişken giderleri, amortisman ve faiz giderleri aynı değerlere sahiptir.

- Yıllık nakit akımları vergi sonrası olup, faiz ve taksit ödemelerini içermemektedir.

- Açık işletme birim değişken giderleri üretim ve dekapaj için aynı değerlere sahip olup, işletme derinliği ile değişmemektedir.

- Konsantratör metal kurtarma randımanı, sınır tenör değişmelerinden etkilenmemektedir.

Aşağıdaki bölümlerde, SINTEOP programının tanıtımı ile elde edilen çıktılar ve bunların yorumları açıklanmaktadır.

6.3.1. SINTEOP programının tanıtımı

Statik sınır tenör optimizasyonu için geliştirilen SINTEOP programında yer alan önemli değişken ve parametreler için kullanılan sembollerin anlamları ile programın işleyişi ve akış diyagramı aşağıdaki bölümlerde verilmektedir.

6.3.1.1. Değişken ve parametreler

SINTEOP programında yer alan önemli değişken ve parametreler için kullanılan sembollerin anlamları aşağıda sıra ile verilmektedir.

NN(J) : J. sınır tenör seçeneği için ilk yatırım süresi de dahil maden ömrü.
M : İlk yatırım süresi.
MM : Toplam yatırım süresi.

I : İlk yatırım ve üretim yılları (I=1,2,.....
 ..NN(J)).
 JM : İlk yatırım süresini içermeyen proje yılı
 (JM=I-M).
 LA : Amortisman süresi.
 LF : Faiz ödeme süresi.
 SGID : Yıllık sabit giderler.
 KDG : Konsantratör birim değişken giderleri.
 ADG : Açık işletme birim değişken giderleri.
 TTR : Toplam tesis (metal kurtarma) verimliliği.
 R : İndirgeme oranı.
 DOL : 1 ABD Dolarının (Ocak 1987) TL değeri.
 HD : Yatırımın hurda değeri.
 ORTP : Tahmini ortalama metal satış fiyatı.
 RK : Metal satış fiyatlarının logaritmik değerleri
 için saptanan regrasyon katsayısı.
 YVO : Yıllık vergi oranı.
 AMORT(I) : I. yıldaki amortisman giderleri.
 FG(I) : I. yıldaki faiz giderleri.
 YAT(I) : I. yıldaki yatırım giderleri.
 SERM(I) : I. yıldaki işletme sermayesi giderleri.
 NAKIT(I,J) : J. seçenek için I yılında elde edilen net na-
 kit akımı.
 NBD(J) : J. seçenek için yıllık net nakit akımlarının
 bugünkü değerleri toplamı.
 IKO(J) : J. seçenek için hesaplanan iç karlılık oranı.
 NKT(J) : J. seçenek için yıllık net nakit akımlarının
 toplamı.

6.3.1.2. SINTEOP programının işleyişi ve akış diyagramı

Statik yöntemle sınır tenör optimizasyonu yapmak için geliştirilmiş olan SINTEOP bilgisayar programının akış diyagramı Şekil 6,5 'de verilmiştir. Akış diyagramından da izlendiği gibi, verilerin okutulması ve SINTEN alt programıyla sınır tenör ilişkilerinin belirlenmesinden sonra, herbir sınır tenör seçeneği için ilk yatırım süresini de içeren maden ömrü (NN(J)) hesaplanmaktadır.

Herbir sınır tenör seçeneği (J=1'den N'e kadar) için metal satış fiyatlarının (MSF(I)) regrasyon tahminleri yapıldıktan sonra;

$$NBD(J) = 0$$

$$NKT(J) = 0$$

alınmakta ve maden ömrünce (I=1'den NN(J)'ye) yıllık nakit akımları (NAKIT(I,J)) hesaplanmaktadır⁽¹³⁾. NBD(J) ise;

$$NBD(J) = NBD(J) + NAKIT(I,J) / ((1+R)**JM)$$

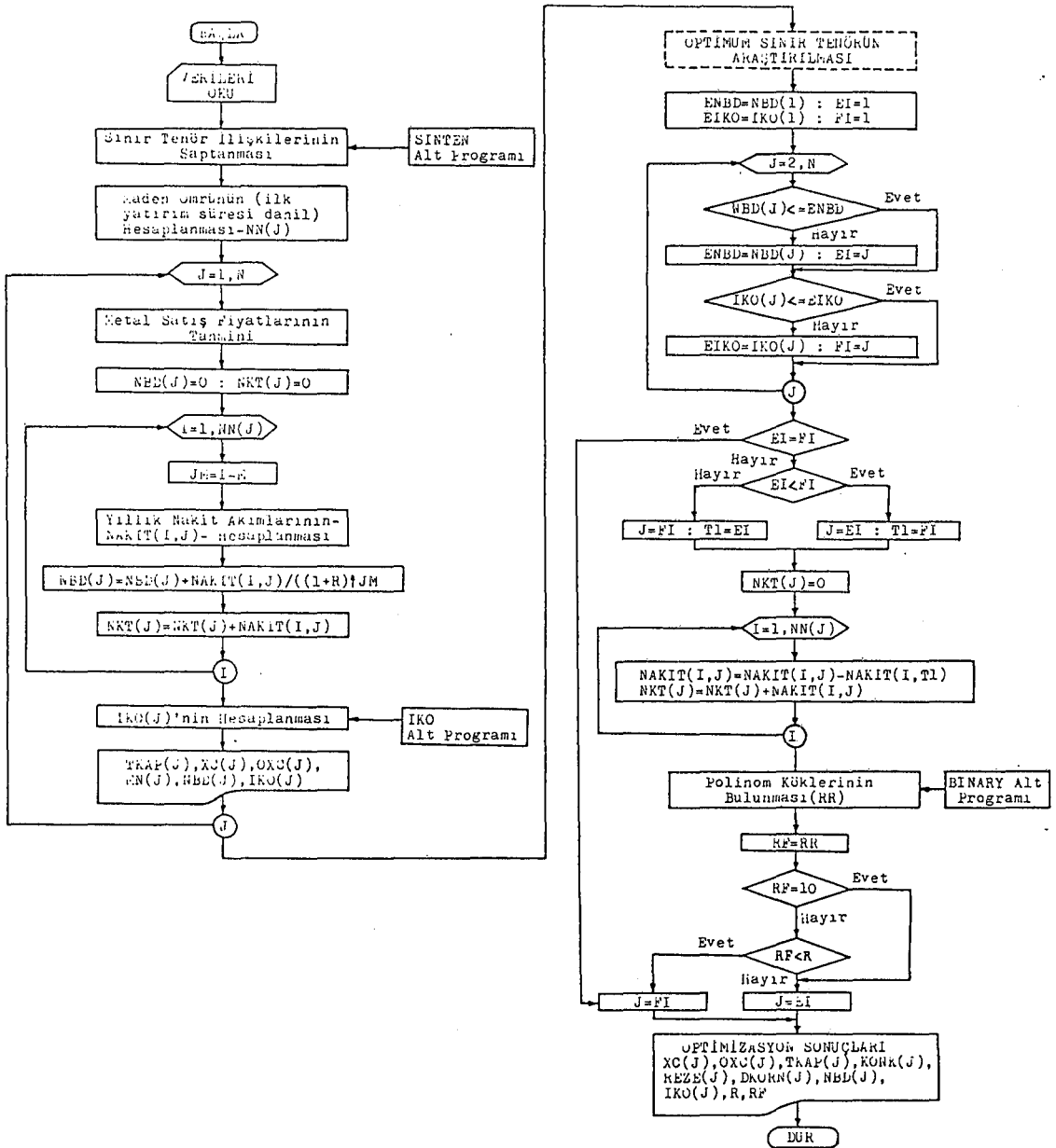
eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır. NKT(J)'de;

$$NKT(J) = NKT(J) + NAKIT(I,J)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. IKO(J) ise IKO alt programı yardımıyla hesaplanmaktadır. Sınır tenör seçeneklerine bağlı değişkenlerin ve hesaplanan karlılık ölçütü değerlerinin yazdırılmasından sonra, enbüyük karlılığı veren optimum sınır tenör araştırılmaktadır.

Optimum sınır tenörün araştırılmasında başlangıçta, ilk seçeneğin (J=1) NBD'i enbüyük net bugünkü değer (ENBD) ve IKO'nu enbüyük iç karlılık oranı (EIKO) olarak kabul edilmektedir.

(13)Yıllık nakit akımlarının hesaplanmasında uygulanan değişkenler arası ilişkiler Bölüm 6.5.1.5. 'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.



Şekil 6.5 : Statik sınır tenör optimizasyonu için geliştirilen bilgisayar programının (SINTEOP) akış diyagramı.

$$\begin{aligned} \text{ENBD} &= \text{NBD}(1) & : & \text{EI} = 1 \\ \text{EIKO} &= \text{IKO}(1) & : & \text{FI} = 1 \end{aligned}$$

Burada, EI= enbüyük NBD'i veren seçeneği, FI= enbüyük IKO'nunu veren seçeneği göstermektedir. ENBD ve EIKO, diğer seçenekler için (J=2'den N'e kadar) hesaplanan NBD(J) ve IKO(J)'lerle karşılaştırılarak;

$$\begin{aligned} \text{ENBD} &= \text{NBD}(J) & : & \text{EI} = J \\ \text{EIKO} &= \text{IKO}(J) & : & \text{FI} = J \end{aligned}$$

bulunmaktadır. Eğer ENBD ve EIKO'yu veren seçenek aynı seçenekse (EI=FI ise), en büyük karlılığı veren sınır tenör seçeneği bulunmuş olduğundan, optimizasyon sonuçları yazdırılmaktadır. Eğer EI < FI ise, J=EI ve T1=FI; eğer EI > FI ise, J=FI ve T1=EI alındıktan sonra, bu iki farklı seçeneğin nakit akımları arasındaki farklar,

$$\text{NAKIT}(I, J) = \text{NAKIT}(I, J) - \text{NAKIT}(I, T1)$$

ve bu farkların toplamı olan,

$$\text{NKT}(J) = \text{NKT}(J) + \text{NAKIT}(I, J)$$

hesaplanmaktadır.

NBD ve IKO'larının birbirinden farklı seçeneklerde enbüyük değerleri vermesi halinde, bu seçeneklerin nakit akımları arasındaki farklar bulunmakta ve daha sonra Fisher karlılık oranı (RF) hesaplanmaktadır. RF'nin hesaplanmasında polinom kökleri yöntemi uygulanmakta ve BINARY alt programı kullanılmaktadır. Nakit akımı farkları için birden fazla RF hesaplamasının mümkün olması halinde, RF=10 alınmaktadır. Eğer RF=10 veya RF > R ise J=EI alınmakta ve NBD'lere göre enbüyük karlılığı veren seçenek optimum sınır tenör olarak kabul edilmektedir. Eğer RF < R ise, J=FI alınmakta ve IKO'larına göre enbüyük karlılığı veren seçenek optimum sınır tenör olarak kabul edilmektedir.

Optimum sınır tenörün bulunmasından sonra, optimizasyon sonuçları yazdırılmaktadır.

6.3.2. SINTEOP programının işletilmesi

SINTEOP programının işletilmesi için gerekli veriler ve elde edilen çıktılar ile bunların yorumları aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

6.3.2.1. Verilerin okutulması

SINTEOP bilgisayar programında öncelikle ilk yatırım süresi (M=5 yıl), toplam yatırım süresi (MM=6 yıl), amortisman süresi (LA=12 yıl) ve faiz ödeme süresi (LF=9 yıl) okutulmaktadır. Daha sonra ise Çizelge 6,5, Çizelge 6,6 ve Çizelge 6,7 'de sembolleri ve değerleri verilen proje değişken ve parametreleri okutulmaktadır. Sınır tenör seçeneklerine bağlı TKAP(J), XC(J), OXC(J), KONK(J), REZE(J) ve DKORN(J) değişkenlerinin değerleri ise SINTEN alt programının işletilmesi sonucu elde edilmektedir.

Çizelge 6.5 : İlk yatırım (YAT(I)) ve işletme sermayesi (SERM(I)) giderleri.

Gider ismi	YILLAR					
	1	2	3	4	5	6
YAT(I)	1.516	1.574	11.935	26.250	8.715	3.962
SERM(I)	0	0	0	0	5.678	1.893

Cizelge 6.6 : SINTEOP programında okutulan bazı değişken ve parametrelerin sembolleri ve değerleri.

Değişken ve parametrenin sembolü	Okutulan değeri
SGID	1.8938 10 ⁹ (TL)
KDG	7996.07 (TL/ton)
ADG	573.754 (TL/ton)
TTR	0.675
R	0.25
DOL	795 (TL/\$)
HD	1.5 10 ⁹ (TL)
ORTP	1136.91 (cent/troyoz)
RK	0.0430435 (ln cent/troyoz)
YVO	0.537

Cizelge 6.7 : Yıllık amortisman (AMORT(I)) ve faiz (FG(I)) giderleri.

Yıllar (I)	AMORT(I) (10 ⁹ TL)	FG(I) (10 ⁹ TL)
1	5.130	0.000
2	5.130	1.968
3	5.130	1.823
4	5.130	1.484
5	5.130	1.147
6	5.130	0.701
7	5.130	0.467
8	5.130	0.101
9	5.130	0.028
10	5.130	-
11	5.130	-
12	3.382	-

6.3.2.2. Çıktılar ve yorum

Etibank 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi fizibilite projesi verileri ve belirlenen sınır tenör seçenekleri için SINTEOP bilgisayar programının işletilmesiyle Çizelge 6,8 'de verilen karlılık ölçütleri elde edilmiştir. Bu çizelgeden de görüldüğü gibi, herbir sınır tenör seçeneği için NBD ve IKO hesaplanmıştır.

Çizelge 6.8 : Sınır tenör seçenekleri için hesaplanan karlılık ölçütleri.

KARLILIK ÖLÇÜTLERİ ÇİZELGESİ

* TARPICI	XC(J)	OXD(J)	MIN(J)	NBD(J)	IKO(J)	*
* (TON/30G)	(GR/TON)	(GR/TON)	(YIL)	(TL)	(%)	*
* 3288	50.02	189.09	21.51	1.1362E+09	0.25254	*
* 3598	89.75	228.08	19.55	2.0595E+09	0.25684	*
* 4032	115.46	256.81	17.92	3.3101E+09	0.25840	*
* 4388	136.54	281.25	16.54	3.2659E+09	0.25840	*
* 4704	154.95	303.01	15.36	2.9247E+09	0.25762	*
* 5040	171.54	322.82	14.34	2.3481E+09	0.25605	*
* 5376	186.76	341.07	13.44	1.6629E+09	0.25449	*
* 5712	200.89	358.10	12.65	6.7618E+08	0.25215	*
* 6048	214.12	374.09	11.95	-6.7013E+08	0.24980	*
* 6384	226.59	389.20	11.32	-9.0020E+08	0.24707	*

Bilgisayar programı akış diyagramında da açıklandığı gibi, optimum sınır tenörün saptanması için öncelikle NBD' i ve IKO' nı enbüyük olan seçenekler bulunmaktadır. Çizelge 6,8 'den de izleneceği gibi enbüyük NBD (3.31012 10⁹ TL) ve enbüyük IKO (0.258399), sınır tenörün 115.464 gr/ton olduğu seçenek için hesaplanmıştır. Bu nedenle, Fisher

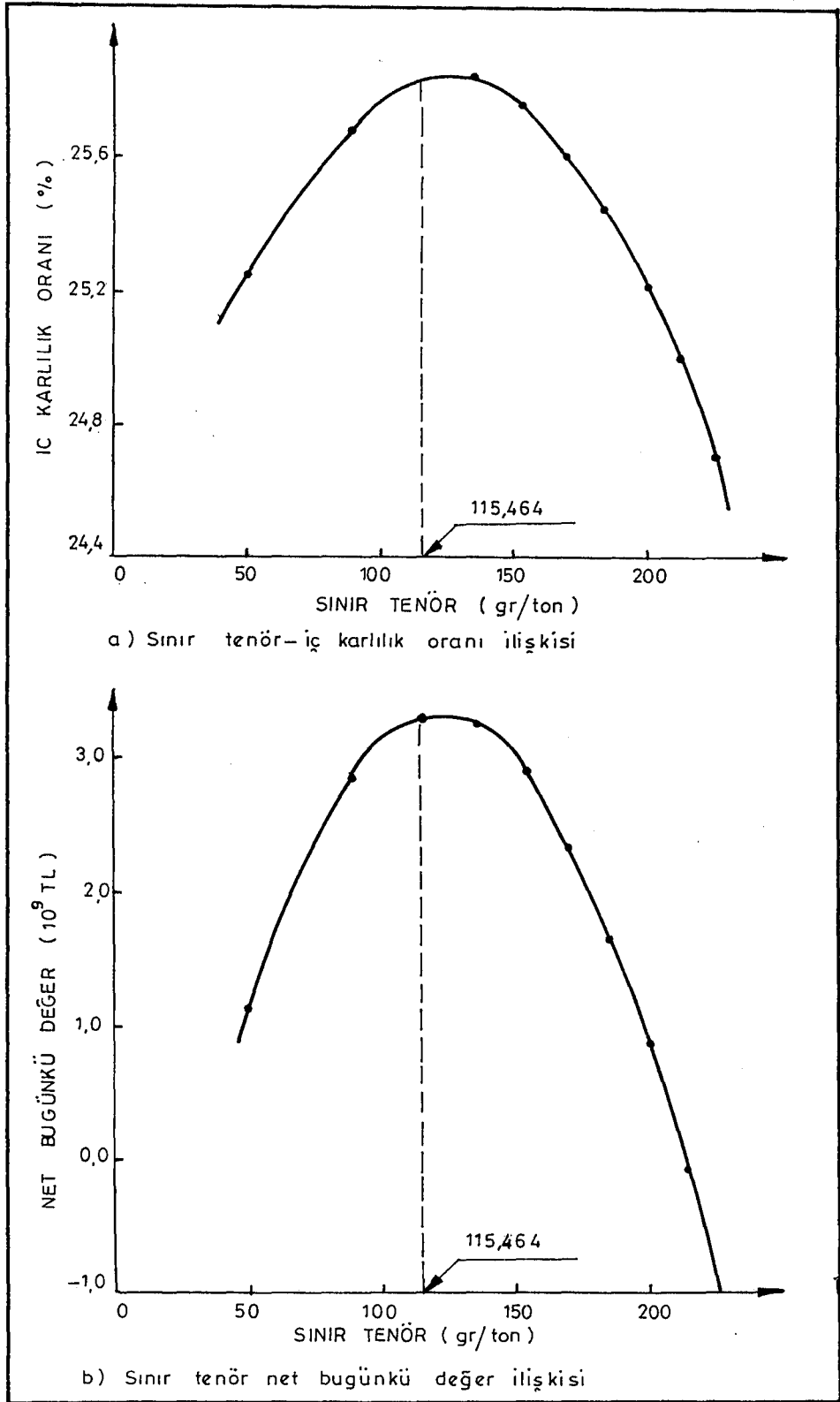
karlılık oranı hesaplanmadan Çizelge 6,9 'da verilen optimizasyon sonuçları yazdırılmaktadır. Sınır tenörlerindeki değişime bağlı olarak elde edilen NBD'ler ve IKO'ları Şekil 6,6 'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu şekilde de görüldüğü gibi NBD'ler ve IKO'ları sınır tenörün 115.464 gr/ton olduğu değere kadar artmaktadır, fakat daha sonra azalmaktadır. NBD'lerin ve IKO'larının enbüyük olduğu değer, optimum sınır tenörü (115.464 gr/ton) vermektedir.

Çizelge 6.9 : Statik sınır tenör optimizasyonu sonuçları.

OPTİMİZASYON SONUÇLARI

=====

SINIR TENÖR	(XC(J))	= 115.464	Gr/Ton	
ORTALAMA TENÖR	(DXC(J))	= 256.813	Gr/Ton	
TUKENME KAPASİTESİ	(TKAP(J))	= 4632	Ton/Gun	
KONSANTRATÖR KAPASİ.	(KONK(J))	= 2474	Ton/Gun	
İŞLET. CEVHER REZERVİ	(REZE(J))	= 1.33013E+07	Ton	
DEKAPAJ ORANI	(DKORN(J))	= .366635	m3/Ton	
NET BUGUNKU DEĞER	(NBD(J))	= 3.31012E+09	TL	
10 KARLILIK ORANI	(IKO(J))	= .258399		
İNDİRGEYME ORANI	(R)	= .25		
FİŞHER ORANI	(RF)	= 0		



Şekil 6.6 : Sınır tenörlerdeki değişime bağlı olarak elde edilen NBD ve İKO ilişkileri.

6.4. Dinamik Sınır Tenör Optimizasyonu

Dinamik optimum sınır tenörler dizilimini saptamak amacıyla dinamik programlama tekniği temelinde DINAM isimli bir bilgisayar programı geliştirilmiştir (Ek-4). DINAM bilgisayar programında kademeleri üretim yılları, durumları herbir kademede işletilebilecek cevher rezerv miktarı ve kademe karar seçeneklerini de sınır tenör seçenekleri oluşturmaktadır. Sınır tenör seçenekleri ve bunlara bağlı olarak değerler alan maden ömrü ile işletilebilecek cevher rezerv miktarı, SINTEN alt programı ile saptanan sınır tenör ilişkilerinden elde edilmektedir. SINTEN alt programı ile elde edilen sınır tenör seçeneklerine bağlı değişkenlerin değerleri, DINAM programında okutulmaktadır.

DINAM programının işletilmesiyle, kademelerdeki durumlara bağlı olarak toplam katkıları (NBD'i) optimize eden kararlar dizisi bulunabilmektedir.

Herbir sınır tenör seçeneği ve işletme projesi kısıtlarına göre, statik sınır tenör optimizasyonu bölümünde (Bölüm 6.3.) ileri sürülen varsayımlar, DINAM programı için de geçerlidir.

Aşağıdaki bölümlerde, DINAM programının tanıtımı yapıldıktan sonra, programın işletilmesinde kullanılan veriler ve elde edilen çıktılar ile bunların yorumları verilmektedir.

6.4.1. DINAM programının tanıtımı

DINAM programının değişken ve parametreleri ile işleyişi ve akış diyagramı aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

6.4.1.1. Değişken ve parametreler

Dinamik sınır tenör optimizasyonu için geliştirilen DINAM programında yer alan önemli değişken ve parametreler için kullanılan sembollerin anlamları aşağıda açıklanmaktadır. Burada, daha önceki bölümlerde açıklanan değişken ve parametrelere yer verilmemektedir.

MN	: En düşük sınır tenör kararı için maden ömrü.
NN	: En düşük sınır tenör kararı için ilk yatırım süresi de dahil maden ömrü.
I	: İlk yatırım ve üretim yılları ($I=1,2,\dots,NN$).
N	: Sınır tenör seçeneklerinin sayısı.
J	: Sınır tenör seçenekleri ($J=1,2,\dots,N$).
K1(I)	: I. üretim yılındaki durum değişkenleri alt sınırı.
K2(I)	: I. üretim yılındaki durum değişkenleri üst sınırı.
P(I)	: I. üretim yılındaki durum değişkeni sayısı.
PY	: Kademelerdeki durumlar ($PY=1,2,\dots,P(I)$).
II	: Bulunulan kademenin bağlı olduğu bir önceki kademe ($II= I-1$).
PK	: Bir önceki kademedeki durumlar ($PK=1,2,\dots,P(II)$).
F(II,PK)	: II kademesinin PK durumunda elde edilen enbüyük toplam katkı (toplam NBD).
NAK	: Bulunulan kademede alınan karara bağlı olarak hesaplanan katkı (yıllık nakit akımının NBD'i).
MKAR(PY,J)	: Bulunulan kademenin PY durumunda alınan J'inci sınır tenör kararı ile elde edilen toplam katkı.
F(I,PY)	: I.kademede PY durumunda elde edilen enbüyük toplam katkı.
JJ(I,PY)	: I.kademede PY durumunda elde edilen enbüyük toplam katkıyı veren sınır tenör karar seçeneği.

6.4.1.2. DINAM programının işleyişi ve akış diyagramı

Dinamik sınır tenör optimizasyonu için geliştirilen DINAM programının akış diyagramı Şekil 6,7 'de verilmektedir.

Akış diyagramından da izlendiği gibi, verilerin okutulmasından sonra, en düşük sınır tenör olan XC(1) için maden ömrü (NN) ilk yatırım süresi de dahil olmak üzere hesaplanmaktadır. Bundan sonra, üretim başlangıç yılı (M+1) ilk kademe ve NN son kademe olmak üzere, her kademedeki durum değişkenlerinin alt sınırı (K1(I)), üst sınırı (K2(I)) ve durum değişkeni sayısı (P(I)) hesaplanmaktadır.

Sınır tenör seçeneklerinin tükenme kapasitelerine (TKAP(J)) ve durum değişkenleri birim katsayısına (tükenme kapasitesi aralıklarına-RA) bağlı olarak kademelerdeki durumların saptanmasından sonra, kademe kararlarının optimizasyonu yapılmaktadır.

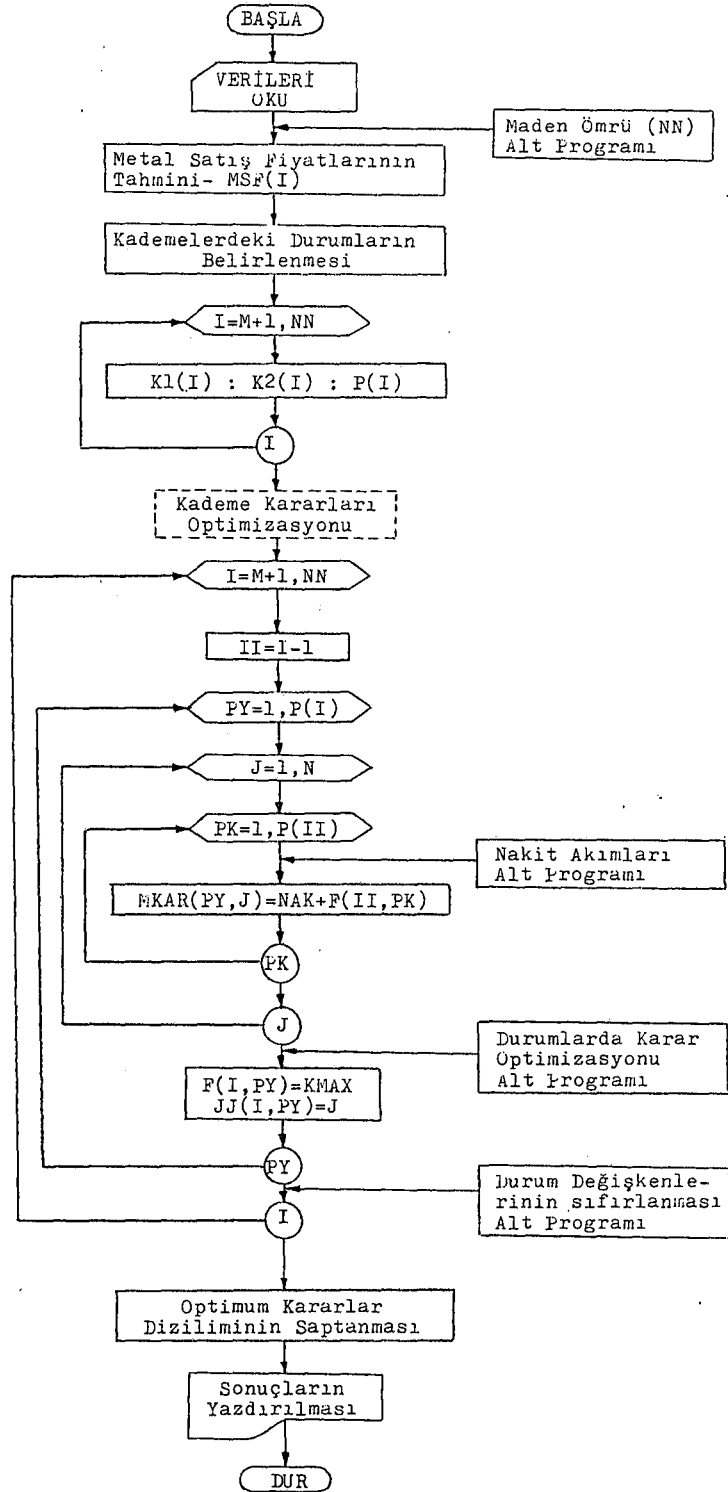
Kademe kararlarının optimizasyonu kısmında, nakit akımları alt programı yardımıyla her kademedeki durumlar ve karar değişkeni seçenekleri için katkılar;

$$MKAR(PY, J) = NAK + F(II, PK)$$

ilişkisiyle hesaplanmaktadır.

Kademelere bağlı herbir durum için karar seçeneklerinin katkıları hesaplandıktan sonra, bir alt program yardımıyla durumlarda karar optimizasyonu yapılarak F(I, PY) katkısı ve ilgili kademedenin durumunda enbüyük karlılığı (NBD'i) veren karar seçeneği JJ(1, PY) belirlenmektedir.

Herbir kademedenin durumları için optimum olan karar seçenekleri belirlendikten sonra, bir alt program ile durum değişkenleri sıfırlanmakta ve diğer kademeye geçilerek geriye doğru optimizasyon işlemi tekrarlanmaktadır.



Şekil 6.7 : Dinamik sınır tenör optimizasyonu bilgisayar programı (DYNAM) akış diyagramı.

Tüm kademelerin durumları için optimum karar seçenekleri belirlendikten sonra da, enbüyük toplam NBD'i veren optimum kararlar dizilimi saptanmakta ve sonuçlar yazdırılmaktadır.

6.4.2. DINAM programının işletilmesi

DINAM programının işletilmesi için gerekli veriler ve elde edilen çıktılar ile bunların yorumları aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

6.4.2.1. Verilerin okutulması

DINAM programında öncelikle $N=5$, $M=5$ yıl, $MM=6$ yıl, $MN=21.51$ yıl, $RA=672$ ton/gün, $YOG=2.5$ ton/m³, $YFG=300$ gün değişken ve parametre değerleri okutulmaktadır. Daha sonra Çizelge 6,6 ve Çizelge 6,7 'de değerleri verilen değişken ve parametreler okutulmaktadır.

Sınır tenör seçeneklerine bağlı değişkenlerin değerleri ise DINA yardımcı veri programı (Ek-5) ile DIN ismiyle diskete kaydedilmekte ve DINAM programının işletilmesi sırasında oradan okutulmaktadır. Bu değişkenlerin değerleri Çizelge 6,10 'da verilmektedir.

6.4.2.2. Çıktılar ve yorum

100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi fizibilite projesi verileri ve belirlenen sınır tenör seçenekleri için SINTEN alt programından elde edilen sınır tenör kararlarına bağlı değişkenlerle DINAM programı çalıştırıldığında Çizelge 6,11 'deki çıktılar alınmıştır.

Çizelge 6.10 : DINAM programında okutulan sınır tenör seçeneklerine (karar değişkenlerine) bağlı değişkenlerin sembolleri, birimleri ve değerleri.

Değişkenlerin simgesi	Sınır tenör seçeneği (karar değişkeni) sayısı-J				
	1	2	3	4	5
XC(J)	50.00	115.46	154.95	186.76	214.12
TKAP(J)	3360	4032	4704	5376	6048
GXC(J)	189.09	256.81	303.01	341.07	374.09
REZE(J)	21677740	13301270	9663006	7511575	6087518
DKORN(J)	0.070	0.367	0.655	0.958	1.275
KONK(J)	3360.0	2474.0	2096.8	1862.8	1698.4

Çizelge 6,11 'den de izlendiği gibi 5 yıllık ilk yatırım süresinden sonra üretime geçilmekte ve başlangıçta yüksek sınır tenörle (186.76 gr/ton), izleyen yıllarda ise azalan sınır tenörlerle (154.95 gr/ton, 115.46 gr/ton ve 50 gr/ton) çalışıldığında, tüm maden yatağında 14709280 ton cevher işletilmektedir.

Dinamik optimum sınır tenör kararları dizilimi sonucunda, %25 indirgeme oranıyla ($R=0.25$) toplam $5.4979 \cdot 10^9$ TL NBD elde edilmektedir.

Statik sınır tenör optimizasyonu sonucunda 115.464 gr/ton 'luk sınır tenör ile çalışılması halinde $3.31012 \cdot 10^9$ TL NBD elde edilebileceği saptanmıştı. Bu durumda işletme, statik sınır tenör politikası yerine dinamik sınır tenör politikası uyguladığında %66.094 ($2.18778 \cdot 10^9$ TL) daha fazla NBD elde edebilir.

Çizelge 6.11 : Dinamik sınır tenör optimizasyonu sonuçları.

YILLAR	TKAR(J) (ton/gun)	KD(J) (gr/ton)	OKD(J) (gr/ton)	KONK(J) (ton/gun)	KULREZ (ton)	Y.NBD (TL)	T.NBD (TL)
1	0	0.00	0.00	0.0	0	-3.7012E+09	-3.7012E+09
2	0	0.00	0.00	0.0	0	-3.0742E+09	-6.7754E+09
3	0	0.00	0.00	0.0	0	-1.8648E+10	-2.5424E+10
4	0	0.00	0.00	0.0	0	-3.2813E+10	-5.8238E+10
5	0	0.00	0.00	0.0	0	-1.4393E+10	-7.2629E+10
6	5376	186.76	341.07	1862.8	558840	8.9576E+09	-6.3672E+10
7	5376	186.76	341.07	1862.8	1117680	1.2751E+10	-5.0921E+10
8	5376	186.76	341.07	1862.8	1676520	1.0638E+10	-4.0283E+10
9	4704	154.95	303.01	2096.8	2305560	8.6598E+09	-3.1623E+10
10	4704	154.95	303.01	2096.8	2934600	7.1180E+09	-2.4505E+10
11	4032	115.46	256.81	2474.0	3676800	5.7316E+09	-1.8774E+10
12	4032	115.46	256.81	2474.0	4419000	4.7429E+09	-1.4031E+10
13	4032	115.46	256.81	2474.0	5161200	3.9055E+09	-1.0125E+10
14	4032	115.46	256.81	2474.0	5903400	3.2589E+09	-6.8662E+09
15	4032	115.46	256.81	2474.0	6645600	2.7245E+09	-4.1417E+09
16	3360	50.00	189.09	3360.0	7653600	2.2011E+09	-1.9406E+09
17	3360	50.00	189.09	3360.0	8661600	1.7804E+09	-1.6025E+08
18	3360	50.00	189.09	3360.0	9669600	1.3946E+09	1.2344E+09
19	3360	50.00	189.09	3360.0	10677600	1.0743E+09	2.4066E+09
20	3360	50.00	189.09	3360.0	11685600	9.8836E+08	3.3970E+09
21	3360	50.00	189.09	3360.0	12693600	8.3156E+08	4.2286E+09
22	3360	50.00	189.09	3360.0	13701600	6.9938E+08	4.9279E+09
23	3360	50.00	189.09	3358.9	14709200	5.6995E+08	5.4979E+09

(*) Burada KULREZ= I.yıla kadar konsantratörde işlenen cevher rezervini, Y.NBD= I.yılda elde edilen nakit akımının net bugünkü değerini, T.NBD= I.yıla kadar edilen nakit akımlarının toplam net bugünkü değerini göstermektedir.

6.5. Yatırım Riskliliğinde Sınır Tenör Kararlarının Etkilerinin Ölçülmesi

Sınır tenör karar seçeneklerine bağlı değişkenlerin değerleri ve optimizasyon koşulları değiştirilmeden risk analizleri yapılarak, yatırım riskliliğinde sınır tenör kararlarının etkileri ölçülebilir.

Sınır tenör kararlarında riskin etkilerinin ölçülebilmesi, yani sınır tenör kararlarının risklilik derecelerinin belirlenebilmesi için ise, yıllık nakit akımlarını etkileyen diğer değişken ve parametreler hakkında örnekleme yapılması gerekir. Bu örnekleme işleminin gerçek verilerden elde edilmesi oldukça güçtür. Bununla birlikte, bunların gelecekte alabilecekleri değerler hakkında olasılık tahminleri yapılarak, rassal örneklemleri mümkündür. Bu amaçla, bu çalışmada rassal örneklemeye uygun olan Monte Carlo benzetim yöntemi temelinde bir risk analizi modeli geliştirilmiştir. Aşağıdaki bölümlerde, bu modelin kurulması, işletilmesi ve akış diyagramı açıklandıktan sonra, modelin çözümünden elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

6.5.1. Risk analizi benzetim modelinin kurulması

Risk analizleri için benzetim modelinin kurulması çalışmalarında, öncelikle yıllık nakit akımlarını etkileyen değişkenlerin saptanması gerekir. Modelin dışsal değişkenlerinden karar verici tarafından kontrol edilebilenler, modelin girdi verilerini oluşturan parametrelerdir. Kontrol edilebilen bu değişkenlerin değerlerinin gelecekte değişmeyeceği, gelecekle ilgili belirsizlikler içermediği varsayılmaktadır. Karar verici tarafından kontrol edilemeyen ve aldığı değerlerle yıllık nakit akımlarını önemli derecede

etkileyen dışsal değişkenlerin gelecekte alacakları değerler ise, olasılıklı olarak belirlenir. Bu değişken ve parametrelerle, durum ve içsel değişkenler arasındaki matematiksel ilişkiler belirlendikten sonra, model benzetim örnekleme için hazır hale gelir.

Benzetim örnekleme belirli sayıda tekrarlanır. Her tekrarda yeni rassal sayılar seçilerek, dağılım parametreleri belirli dışsal değişkenler için rassal örnekleme yapılır. Modelin parametrelerine ve dışsal değişkenlerin rassal örneklenen değerlerine bağlı olarak, yıllık nakit akımları ve karlılık ölçütleri hesaplanır.

Risk analizleri için geliştirilen benzetim modellerinde en yaygın kullanılan karlılık ölçütleri NBD, İKO ve FMO 'dır. Bununla birlikte, yatırım proje seçeneklerinin karşılaştırılması halinde bu üç ölçüt birbirinden farklı sonuçlar verebildiğinden, karar vericinin amacına uygun olarak bir tek ölçütün tercih edilmesi gerekir. Bu çalışmada da, sınır tenör karar seçenekleri risklilik açısından karşılaştırılacağından, benzetim modelinde NBD karlılık ölçütünün hesaplanmasına karar verilmiştir.

Benzetim örneklemesinin belirli sayıda tekrarlanarak, her tekrarda yeni bir rassal karlılık ölçütünün belirlenmesinden sonra, karlılık ölçütlerinin olasılık dağılımları belirlenebilmektedir. Bu olasılık dağılımlarına bağlı olarak da, istatistiksel yöntemlerle risk ölçütlerinin hesaplanması mümkün olmaktadır.

6.5.1.1. Değişken ve parametrelerin saptanması

Modele dahil edilen dışsal değişkenlerden sınır tenör kararlarına bağlı olarak değerler alan ortalama tenör, işletilebilir cevher rezervi, üretim kapasitesi ve maden ömrü

gibi kontrol edilebilen değişkenlerin belirsizlik içermediği varsayılmaktadır. Ayrıca, ilk yatırım süresi, indirgeme oranı, yıllık çalışılan gün sayısı ve dekapaj malzemelerinin yoğunluğu gibi proje parametrelerinin de belirsizlik içermediği varsayılmaktadır.

Gelecekte alabileceği değerler hakkında nesnel veya öznel olarak olasılık tahminleri yapılan kontrol edilemeyen değişkenler ise şunlardır:

- Yatırım giderleri,
- İşletme sermayesi,
- Yıllık sabit üretim giderleri,
- Konsantratör değişken giderleri,
- Açık işletme değişken üretim giderleri,
- Toplam tesis (metal kurtarma) verimi,
- Yatırımın hurda değeri,
- Metal satış fiyatları.

Bu kontrol edilemeyen dışsal değişkenlerin benzetim modeli ile rassal örneklenebilmesi için, bunların olasılık dağılım tipleri ve parametreleri araştırılmaktadır.

Açıklamalarda kısalık sağlamak amacıyla, modelde yer alan kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen değişkenlerle, proje parametreleri için kullanılan sembollerin anlamları aşağıda verilmektedir.

Kontrol edilebilen değişken ve parametreler şunlardır:

NN	: Maden ömrü (ilk yatırım süresi dahil).
I	: I.yatırım veya üretim yılı (I=1,2,...,NN).
MM	: İlk yatırım süresi (yıl).
LA	: Yatırımların amortisman süresi (yıl).
LF	: Faiz ödeme süresi (yıl).
OXC(I)	: I.yılda işletilecek cevherlerin ortalama tenörü (gr/ton).

- KONK(I) : 1.yılda konsantratör cevher besleme kapasitesi (ton/gün).
 DKORN(I) : 1.yılda işletilecek cevherler için dekapaj oranı (m³/ton).

Kontrol edilemeyen değişken ve parametreler şunlardır:

- R : İndirgeme (faiz) oranı.
 YVO : Yıllık vergi oranı.
 YOG : Dekapaj malzemelerinin özgül ağırlığı (ton/m³).
 YFG : Yıllık çalışılan gün sayısı.
 DOL : 1 ABD Dolarının TL değeri.
 ORTP : Üretim öncesi yılın tahmini metal satış fiyatı ortalaması (cent/troyoz).
 FF : Metal satış fiyatları tahmin hataları aritmetik ortalaması (ln cent/troyoz).
 STD : Metal satış fiyatları tahmin hataları standart sapması (ln cent/troyoz).
 RK : Metal satış fiyatları regrasyon katsayısı (ln cent/troyoz).
 YAT(I) : 1.yıldaki yatırım giderleri (TL).
 SERM(I) : 1.yıldaki işletme sermayesi giderleri (TL).
 SGID : Sabit üretim giderleri (TL/yıl).
 KDG : Konsantratör değişken üretim giderleri (TL/ton).
 ADG : Açık işletme değişken üretim giderleri (TL/ton).
 TTR : Metal kurtarma verimi (toplam tesis randımanı).
 HD : Yatırımın hurda değeri (TL).
 MSF(I) : 1.yıldaki metal satış fiyatı (TL/gr).
 AMOR(I) : 1.yıldaki tahmini amortisman giderleri (TL).
 TFG(I) : 1.yıldaki tahmini faiz giderleri (TL).

Benzetim modelinde, yukarıda verilen kontrol edilebilen ve edilemeyen değişkenlerden etkilenen, onlara bağlı olarak değerler alan içsel ve durum değişkenleri için kullanılan sembollerin anlamları da şunlardır:

URG1(I) : 1.yıldaki toplam üretim giderleri (TL).
 SGE(I) : 1.yıldaki toplam satış gelirleri (TL).
 NAKG(I) : 1.yıldaki nakit girişleri (TL).
 NAKC(I) : 1.yıldaki nakit çıkışları (TL).
 NAKIT(I) : 1.yıldaki net nakit akımı (TL).
 VOKAR(I) : 1.yıldaki vergi öncesi kar (TL).
 VERGI(I) : 1.yıldaki vergi miktarı (TL).
 AMORT(I) : 1.yıldaki amortisman giderleri (TL).
 FG(I) : 1.yıldaki faiz giderleri (TL).

6.5.1.2. Kontrol edilemeyen dışsal değişkenlerin olasılık dağılımlarının belirlenmesi

Kontrol edilemeyen dışsal değişkenlerden R, YVO, YOG, YFG ve DOL'un fizibilite projesinde tahmin edilen değerleri için olasılık tahminleri yapmak mümkün olamamıştır. MSF(I) ların tahmininde kullanılan ORTP, FF, STD ve RK ise geçmiş yıllara ait gümüş metali satış fiyatları üzerinde yapılan çalışmalar sonucu saptanmıştır.

YAT(I), SERM(I), SGID, KDG, ADG, TTR ve HD için ise işletme uzmanlarının görüşleri doğrultusunda, fizibilite projesindeki nokta tahmin değerlerinin alt ve üst yüzde değişme oranları tahmin edilmiştir. Bu şekilde yapılan aralık tahminleriyle, bu değişkenleri enküçük, olası ve enbüyük değerleri (parametreleri) belirli üçgen dağılımlı değişkenler olarak modele dahil etmek mümkün olmuştur. Üçgen dağılımlı değişkenlerin parametreleri Çizelge 6,12 ' de verilmektedir.

Fizibilite projesinde ilk yatırım süresinin 5 yıl olduğu belirtilmekle birlikte, yatırımların 6 yılda tamamlanması planlanmaktadır. Projenin 1983-1986 yılları arası yatırımları tamamlanmış olduğundan, YAT(I) iki yıl için ayrı

Cizelge 6.12 : Üçgen dağılımlı değişkenler için tahmin edilen değişim aralık sınıfları ve olasılık dağılım parametrelerinin değerleri.

DEĞİŞKENLER		Değişim aralık sınırları		Dağılım parametre değerleri		
Simgesi	Birimi	Ait(%)	Üst(%)	En küçük (a)	Olası (k)	En büyük (b)
YAT(5)	10 ⁹ TL	-10.0	20.0	7843.50	8715.00	10458.00
YAT(6)	10 ⁹ TL	-10.0	20.0	3658.80	3962.00	4754.40
SERM(5)	10 ⁹ TL	-10.0	30.0	5110.20	5678.00	7381.40
SERM(6)	10 ⁹ TL	-10.0	30.0	1703.70	1893.00	2460.90
SGID	10 ⁹ TL	-10.0	30.0	1704.42	1893.80	2461.94
KDG	TL/Ton	-10.0	40.0	7196.463	7996.07	11194.500
ADG	TL/Ton	-10.0	30.0	516.379	573.754	745.880
TTR	%	-26.0	18.5	0.600	0.675	0.800
HD	10 ⁹ TL	-10.0	50.0	1350.00	1500.00	2250.00

ayrı ele alınmaktadır. SERM(1) olası değeri, fizibilite projesinde tahmin edilen değerdir. SGID olası değeri yardımcı üniteler, idari işler, açık işletme ve konsantratör personel giderleri, bakım-onarım giderleri, satış masrafları, genel üretim ve diğer giderlerin toplamından oluşmaktadır. ADG olası değeri yıllık işçilik, işletme malzemesi, yakıt, yağ ve enerji giderleri toplamının yıllık üretim ve dekapaj miktarına oranıyla hesaplanmaktadır. KDG olası değeri ise yıllık işçilik, işletme malzemesi, basınçlı hava, yağ, elektrik ve su giderleri toplamının konsantratöre beslenen yıllık cevher miktarına oranıyla hesaplanmaktadır.

TTR olası değeri, Alman Krupp firması tarafından yapılan analiz sonuçlarından alınmış olup, bu analizlerde cevherli formasyonların niteliğine göre metal kurtarma veriminin %50 ile %80 arasında değiştiği, cevherli formasyonların uygun bir şekilde karıştırılması halinde ortalama %67.5 olacağı saptanmaktadır⁽¹⁴⁾. HD olası değeri de, fizibilite projesinde tahmin edilen değerdir.

Geçmiş yıllara ait metal satış fiyatlarının değişimi-ne ve bu değişimde rassal olayların etkinliğine bağlı olarak, gelecekteki MSF(I)'lerini tahmin etmek mümkündür. Bu nedenle, bu çalışmada gümüş metali satış fiyatlarının (GMSF) 1955-1986 yılları arasında ABD borsalarındaki değişimi ele alınmış olup, ABD genel sanayi indeks rakamlarına göre düzeltilen 1986 yılı sabit değerleri kullanılmaktadır (Çizelge 6,13 ve Şekil 6,8). Bu verilere bağlı olarak gelecekteki MSF(I)'lerinin tahmini ve bu tahminlerde rassal olayların etkilerini araştırmak amacıyla öncelikle regrasyon-korelasyon analizleri yapılmıştır.

Regrasyon-korelasyon analizinde regrasyon denklemi, GMSF'lerinin normal veya logaritmik değerleri bağımlı değişken (Y), yıllar bağımsız değişken (X) olmak üzere;

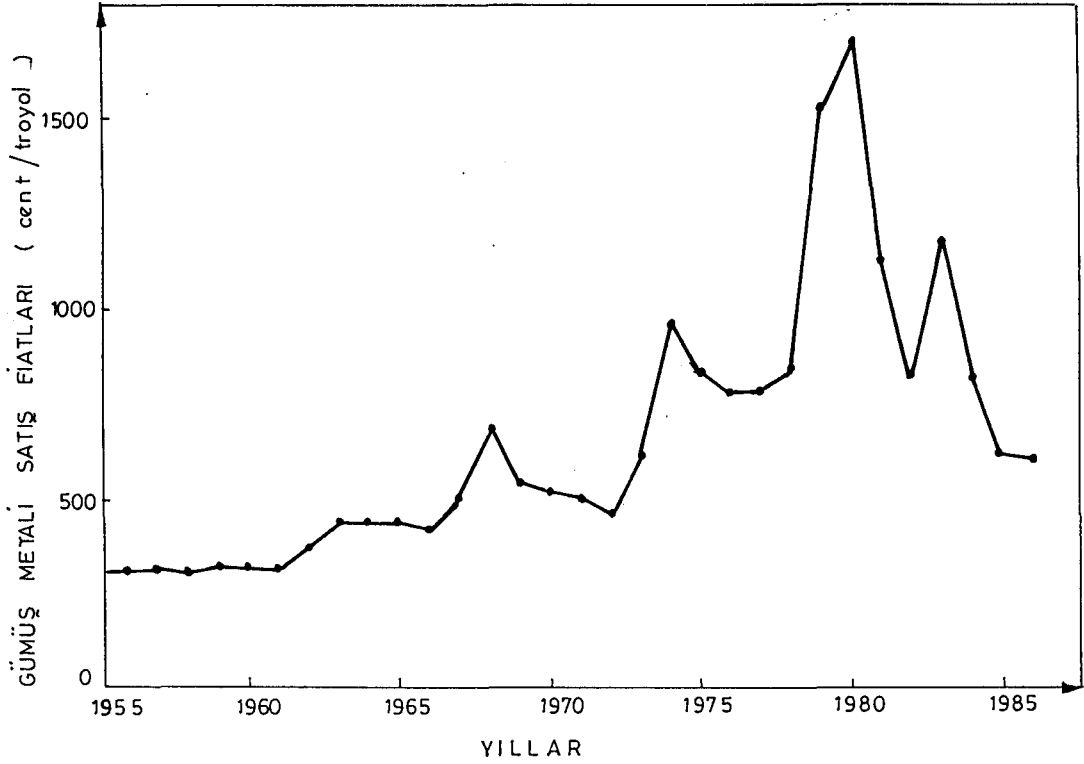
$$Y = a + b.X$$

eşitliğinde olduğu gibi oluşturulmaktadır. Burada, a= regrasyon sabitini, b= regrasyon katsayısını göstermektedir. Regrasyon denkleminin elde edilmesi için en küçük kareler yöntemi uygulanmaktadır. Normal ve logaritmik GMSF'leri için yapılan regrasyon-korelasyon analizleriyle hesaplanan a ve b katsayıları ile korelasyon katsayısı ve tahminlerin standart hatası Çizelge 6,14 'de verilmektedir.

(14) "Assesment and Preliminary of Gümüşköy Silver Project for Etibank", Krupp Industrie und Stahlbau, April 1980.

Cizelge 6.13 : ABD Borsalarında gerçekleşen gümüş metali cari satış fiyatlarının genel sanayi indeks sayılarına göre düzeltilmiş 1986 yılı sabit satış fiyatları.

YILLAR	ABD Genel Sanayi Index Sayilari	Gümüş Metali Cari Satış Fiyatları (cent/troyoz)	Gümüş Metali 1986 Yılı Sabit Fiyatları (cent/troyoz)
1955(1)	100.0	89.10	313.528
1956(2)	100.0	90.83	319.708
1957(3)	100.0	90.82	319.686
1958(4)	100.0	89.04	313.435
1959(5)	100.0	91.20	321.031
1960(6)	100.0	91.38	321.640
1961(7)	100.0	92.45	325.420
1962(8)	100.0	108.38	381.480
1963(9)	100.0	127.91	450.250
1964(10)	100.0	129.30	455.136
1965(11)	102.0	129.30	446.212
1966(12)	106.0	129.30	429.374
1967(13)	106.0	154.97	514.611
1968(14)	108.0	214.46	698.981
1969(15)	113.0	179.07	557.802
1970(16)	117.0	177.08	532.760
1971(17)	120.5	175.20	511.788
1972(18)	126.4	168.46	469.115
1973(19)	143.9	255.76	625.616
1974(20)	170.8	470.80	970.263
1975(21)	184.9	441.85	841.168
1976(22)	194.2	435.35	789.093
1977(23)	205.9	462.30	790.337
1978(24)	222.3	540.09	855.202
1979(25)	255.2	1109.38	1530.178
1980(26)	295.8	1433.21	1705.512
1981(27)	327.3	1051.84	1131.215
1982(28)	336.5	794.73	831.335
1983(29)	340.2	1144.13	1183.813
1984(30)	345.8	814.07	828.662
1985(31)	349.0	620.00	625.330
1986(32)	352.0	610.00	610.000



Şekil 6.8 : Gümüş metali satış fiyatlarının (GMSF) yıllara bağlı değişimi.

Çizelge 6.14 : Normal ve logaritmik GMSF'leri için yapılan regresyon-korelasyon analizi sonuçları.

	Normal GMSF'leri	Logaritmik(ln) GMSF'leri
Regrasyon sabiti (a)	207.194	5.65868
Regrasyon katsayısı (b)	27.2151	0.0430435
Korelasyon katsayısı (r)	0.73	0.8409
Standart hata (Sy)	235.348	0.255776

Çizelge 6,14 'den de görüleceği gibi GMSF'lerinin normal değerleri için $r=0.73$ iken, logaritmik değerleri için $r=0.8409$ 'dur. Bu nedenle GMSF'lerinin logaritmik bir trendle arttığı söylenebilir.

GMSF'lerinin yıllara bağlı olarak fonksiyonel değişiminde, yıllar ile GMSF'leri arasındaki ilişkinin derecesini gösteren korelasyon katsayısının tam (+1 veya -1) olmaması durumunda, bu katsayısının güvenilirliğinin test edilmesi gerekir. Korelasyon katsayısının güvenilirliğinde gözlem sayısı önemlidir. Gözlem sayısı arttıkça rassal nedenlerin etkisi azaldığından, korelasyon katsayısının güvenilirliği artar⁽¹⁵⁾ ve GMSF'leri ile yıllar arasındaki ilişki anlamlı olur.

GMSF'lerinin regrasyon-korelasyon analizinde 32 yıllık veriler kullanıldığından, korelasyon katsayısının güvenilirliğini test etmek için varyans analizi yapılmıştır. Logaritmik GMSF'lerinin korelasyon katsayısı daha büyük olduğundan, varyans analizi sadece bu değerler için yapılmıştır.

Varyans analizinde, açıklanan değişkenliğin $(\hat{\sigma}^2_{y-\bar{y}})$ açıklanmayan değişkenliğe $(\hat{\sigma}^2_{y-y'})$ oranı olan F değeri;

$$F = \frac{\hat{\sigma}^2_{y-\bar{y}}}{\hat{\sigma}^2_{y-y'}} = \frac{5.05428}{0.06978} = 72.4285$$

eşitliği ile hesaplanmıştır⁽¹⁶⁾. Değişkenler arasında ilişkinin olmadığını ifade eden H_0 , ve bunun seçeneği olan H_1 hipotezleri;

$$\begin{aligned} H_0 & : R = 0 \\ H_1 & : R \neq 0 \end{aligned}$$

(15)GÜRTAN,K., İstatistik ve Araştırma Metodları, İ.Ü. Yayınları, No:2941, İstanbul, 1982, s.529 .
 (16)GÜRTAN, a.g.e., s.804 .

ileri sürülmüştür. Güvenirlik sınırı $\alpha = 0.001$, açıklanan değişkenliğin serbestlik derecesi,

$$f_1 = k - 1 = 2 - 1 = 1$$

olup, açıklanmayan değişkenliğin serbestlik derecesi ise,

$$f_2 = n - k = 32 - 2 = 30$$

dur. α , f_1 ve f_2 değerlerine bağlı olarak F çizelgesinden(17);

$$F_{\alpha} = 13.29$$

bulunmuştur. Hesaplanan $F > F_{\alpha}$ olduğundan, H_0 hipotezi kabul edilmez ve H_1 hipotezi kabul edilir. Bu durumda, değişkenler arasında ilişkinin varolduğu ve $\alpha = 0.001$ güvenirlilik sınırına göre anlamlı olduğu söylenebilir.

Logaritmik GMSF'leri için korelasyon katsayısı anlamlı olduğundan, gelecek yıllar için GMSF'lerinin tahmininde regrasyon doğrusu ve bu doğrudan sapmaların (tahmin hatalarının) rassal örneklenmiş değerleri kullanılabilir. Korelasyon katsayısının anlamlı olmadığı durumlarda ise rassal yürüyüş yöntemi kullanılmaktadır(18).

Veri sayısının yeterince büyük olması halinde, tahmin hatalarının regrasyon doğrusu etrafındaki dağılımının normal dağılıma uyacağı kabul edilmektedir(19). Tahmin hatalarının regrasyon doğrusu etrafındaki dağılımının aritmetik ortalaması kuramsal olarak sıfırdır. Standart sapma ise değişkenler arasındaki ilişkinin derecesi azaldıkça büyür.

(17)GÜRTAN, a.g.e., s.814 .

(18)Rassal yürüyüş yöntemi için bkz. : RUDENNO,V., "Random Walk Models of Future Metals Prices", IMM-Transactions, April 1982, pp.A71-A74 ; RENWICK,F.B., Introduction to Investments and Finance, The MacMillan Comp., New York, 1971, pp.303-338 .

(19)SERPER,Ü., İstatistik, Filiz Kitabevi, İstanbul, 1981, s.282 ; GÜRTAN, a.g.e., s.562 .

Tahmin hataları dağılımının normalliği kanıtlandıktan ve standart sapması (standart hata) hesaplandıktan sonra GMSF'lerinin regresyon tahminlerinden sapmaların rassal örneklenmesi mümkün olabilir. Bu nedenle aşağıda, tahmin hataları dağılımının normalliği araştırılmaktadır.

Logaritmik GMSF'leri tahmin hataları dağılım parametreleri;

$$\text{Aritmetik ortalama } (\bar{X}) = -1.2219 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{Standart sapma } (\sigma) = 0.255776$$

olarak hesaplanmıştır.

Logaritmik GMSF'leri tahmin hataları dağılımının normal dağılıma uygunluğunu saptamak için Kolmogorov-Simirnov testi yapılmıştır. Kolmogorov-Simirnov testinde kullanılan istatistik;

$$\Delta = \max_i |F(X_i) - F'(X_i)|$$

dir(20). Burada;

$$F(X_i) = \int_{-\infty}^Z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}} \cdot dz$$

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$$

X_i = küçükten büyüğe sıralanmış i 'inci logaritmik GMSF değeri,

$$F'(X_i) = \frac{i}{N}$$

(20) BEYAZIT, M. ve OĞUZ, B.. Mühendisler için İstatistik, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1986, s.149 .

$N =$ örnekleme boyutu (=32),

dur. Logaritmik GMSF'leri tahmin hataları için;

$$\Delta = 0.18055$$

hesaplanmıştır. $N=32$ ve güvenirlik sınırı $\alpha = 0.20$ için Δ_{α} çizelgesinden(21);

$$\Delta_{0.20} = 0.186$$

elde edilmiştir. Logaritmik GMSF'leri tahmin hataları için;

$$\Delta = 0.18055 < \Delta_{0.20} = 0.186$$

olduğundan, bunların dağılımının normal olduğu söylenebilir.

Logaritmik GMSF'leri tahmin hataları normal dağılıma uyduğundan, tahmin hatalarının rassal örneklenmesinde bu dağılımın parametreleri kullanılabilir.

Yukarıda yapılan analizler sonucunda, MSF(1)'lerin tahmininde logaritmik GMSF'leri regresyon katsayısı ve tahmin hataları dağılım parametrelerine uygun, rassal örnekleme değerlerinin kullanımına karar verilmiştir. Bu konu, Bölüm 6.5.1.4. 'de daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

6.5.1.3. Rassal sayıların elde edilmesi

Rassal örneklemeelerde gerekli olan rassal sayıları türetebilmek için geliştirilmiş bir çok yöntem vardır, fakat bunların hiçbirinin tam olarak rassal sayı dizisi türettikleri kanıtlanamamıştır(22). Ayrıca, modelde bu

(21)BEYAZIT ve OĞUZ, a.g.e., s.151 .

(22)ŞENESEN,Ü., Riskli Yatırım Önerilerinin Değerlendirilmesi, I.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı:1214, İstanbul, 1982, s.105 .

yöntemleri kullanarak rassal sayı türetilmesi ve bunların rassal olup olmadıklarınının sınılanması oldukça fazla bilgisayar zamanı gerektirmektedir. Rassal sayılar çizelgesi değerlerini bilgisayar belleğine kaydederek daha sonra kullanılması işlemi de oldukça fazla bilgisayar bellek kapasitesi gerektirmektedir. Bu nedenle, rassal sayıların elde edilmesi çalışmalarında bilgisayarın RND arşiv fonksiyonu kullanılmıştır(23). RND arşiv fonksiyonu, rassal örneklemeler için her çağırılışında sıfır ile bir arasında tek-düze dağılmış rassal sayılar vermektedir.

6.5.1.4. Değişkenlerin rassal örneklenmesi

Risk analizi benzetim modelinin her çözümünde, elde edilen rassal sayılara ve dışsal değişkenlerin dağılım parametrelerine uygun olarak rassal örneklemeler yapılmaktadır.

MSF(I) 'lar dışındaki diğer değişkenlerin üçgen dağılım parametreleri belirlenmiş olduğundan, modelde bu parametrelere uygun örneklemeler yapılmaktadır. MSF(I) 'ları için ise öncelikle regrasyon tahminleri yapılmaktadır. Bu tahminlerde meydana gelebilecek hatalar ise, rassal örneklenmektedir. Tahmin hataları dağılımı normal olduğundan, modelde bu tahmin hataları, normal dağılımın özelliklerinden faydalanılarak rassal örneklenmektedir.

Modelde, üçgen dağılımlı dışsal değişkenlerin örneklenmesinde kullanılan, fakat daha önce açıklanmayan değişkenlerin anlamları aşağıda verilmektedir.

XX(S,P) : üçgen dağılımlı dışsal değişkenlerin parametre değerleri. Burada S parametre sayısını göstermekte olup, enküçük değer a=1, olası değer k=2,

(23)Model, MONROE EC8800 tipi bir bilgisayarda işletilmektedir.

enbüyük değer $b=3$ olmak üzere $S=3$ 'dür. P ise, üçgen dağılımlı dışsal değişkenlerin sayısını göstermekte olup Çizelge 6,12 'de verildikleri sıra ile tanımlanmaktadır ve $P=9$ 'dur.

$X(P)$: Üçgen dağılımlı dışsal değişkenler için hesaplanan örnekleme değeri.

Üçgen dağılımlı değişkenler için rassal örneklemede, önce RND arşiv fonksiyonundan bir rassal sayı çekilmekte ve bu sayı RAS olarak tanımlanmaktadır. Dağılımın parametrelerine göre de;

$$UK = (XX(2,P) - XX(1,P)) / (XX(3,P) - XX(1,P))$$

eşitliği ile UK değeri hesaplandıktan sonra, RAS ile karşılaştırılmaktadır. Eğer $RAS \leq UK$ ise,

$$X(P) = XX(3,P) - \text{SQR}((XX(3,P) - XX(1,P)) * (XX(3,P) - XX(2,P))) * (1 - RAS)$$

eşitliği; eğer $RAS < UK$ ise,

$$X(P) = XX(1,P) + \text{SQR}((XX(2,P) - XX(1,P)) * (XX(3,P) - XX(1,P))) * RAS$$

eşitliği kullanılarak $X(P)$ örnekleme değeri hesaplanmaktadır.

Üçgen dağılımlı değişkenler için $X(P)$ örnekleme yapıldıktan sonra;

$$YAT(5) = X(1)$$

$$YAT(6) = X(2)$$

$$SERM(5) = X(3)$$

$$SERM(6) = X(4)$$

$$SGID = X(5)$$

$$KDG = X(6)$$

$$ADG = X(7)$$

$$TTR = X(8)$$

$$HD = X(9)$$

atamaları yapılarak, ilgili değişkenlerin rassal değerleri belirlenmektedir.

AMORT(I) ve FG(I) 'lar ise geçmiş yıllarda gerçekleşen YAT(I) 'lara ve rassal örneklenen YAT(I) 'lara bağlı olarak belirlenmektedir. Bunun için, geçmiş yıllarda gerçekleşen YAT(I) 'lar ile rassal örneklenen YAT(I) 'lar toplanarak TYAT ve projede tahmin edilen yatırımların toplamı olan ILKYAT hesaplanmaktadır. Bunların birbirine oranı olan YO 'da,

$$YO = TYAT / ILKYAT$$

eşitliği ile bulunduktan sonra,

$$AMORT(I) = AMOR(I) * YO$$

$$FG(I) = TFG(I) * YO$$

ilişkileri ile amortisman ve faiz giderlerinin rassal örneklenmiş değerleri belirlenmektedir.

MSF(I) 'ların rassal örneklenmesinde öncelikle, logaritmik GMSF 'ları için regresyon tahminleri yapılmaktadır. Logaritmik GMSF 'larının regresyon tahmininde,

$$LNP = LOG(ORTP)$$

$$YY(I) = LNP + (RK * (I - MM))$$

eşitlikleri kullanılmaktadır. Üretim, ilk yatırımın tamamlandığı MM 'inci yıldan sonra başladığından, regresyon tahmininde RK ile (I-MM) çarpılmakta ve LNP ile toplanmaktadır.

Logaritmik GMSF 'larının regresyon tahminleri olan YY(I) 'ların hesaplanmasından sonra, tahmin hataları için rassal örnekleme yapılarak, MSF(I) 'lar belirlenmektedir. Tahmin hatalarının rassal örneklenmesinde ise öncelikle, RND arşiv fonksiyonundan elde edilen rassal sayı için Ahrens-Dieter yöntemi ile TRPN standart normal değeri

hesaplanmaktadır. Tahmin hataları dağılım parametreleri olan FF ile STD ve rassal sayılarla hesaplanan TRPN 'ye bağlı olarak da;

$$Y(I) = YY(I) + (TRPN*STD+FF)$$

eşitliği ile logaritmik GMSF 'ları rassal örneklenmektedir. Y(I) 'lara bağlı olarak da;

$$MSF(I) = EXP(Y(I))*DOL/3110.35$$

ilişkisi ile TL/gr olarak ifade edilen MSF(I)'lar hesaplanmaktadır. Burada, 1 troyoz=31.1035 gr ve 1 dolar=100 cent olduğundan, MSF(I) 'ları TL/gr olarak ifade edebilmek için EXP(Y(I)) ile DOL çarpıldıktan sonra, 31.1035x100=3110.35 sayısına bölünmektedir.

6.5.1.5. Değişkenler arası ilişkiler

Benzetim modelinde, olasılık dağılım parametreleri tahmin edilen dışsal değişkenler için rassal örneklemelemlerin yapılmasından sonra, yıllık nakit akımları belirlenebilmektedir. Bu bölümde, yıllık nakit akımlarının hesaplanmasında etkili olan dışsal değişkenler ile modelin içsel ve durum değişkenleri arasındaki fonksiyonel ilişkiler açıklanmaktadır.

Yıllık nakit akımları, nakit girişleri toplamından nakit çıkışları toplamının çıkarılmasıyla aşağıdaki eşitlikteki gibi hesaplanmaktadır.

$$NAKIT(I) = NAKG(I) - NAKC(I)$$

İlk yatırım süresi içinde ($I \leq MM$ ise),

$$NAKG(I) = 0$$

$$NAKC(I) = YAT(I) + SERM(I)$$

dır. Üretim başlangıcından ($I > MM$) madenin tükenmesine

kadar geçen yıllar (I=MM+1 'den NN'e) için ise nakit giriş ve çıkışları,

$$NAKG(I) = SGE(I) + AMORT(JM) + FG(JM)$$

$$NAKC(I) = URG(I) + YAT(I) + SERM(I) + VERGI(I)$$

eşitlikleriyle hesaplanmakta ve son üretim yılında (I=NN) nakit girişlerine, yatırımın hurda değeri de eklenmektedir.

$$NAKG(I) = NAKG(I) + HD$$

Amortisman ve faiz giderleri üretimin başlangıç yılından (I=MM+1) itibaren sözkonusudur. Bununla birlikte, amortisman giderleri LA, faiz giderleri ise LF kadar yıl için sözkonusu olduğundan;

$$JM = I - MM$$

tanımlanarak, bu giderlerin ilgili üretim yılında geçerli olması sağlanmaktadır.

Yıllık nakit girişlerini oluşturan satış gelirleri ise konsantratör kapasitesine, beslenen cevherlerin ortalama tenörüne, toplam tesis verimine, metal satış fiyatlarına ve yılda çalışılan gün sayısına bağlı olarak;

$$SGE(I) = KONK(I)*OXC(I)*TTR(I)*YFG*MSF(I)*KR$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Kullanılan kapasite oranını ifade eden KR, son üretim yılında kalan cevher rezervi miktarına (KAREZ) bağlı olarak;

$$KR = KAREZ / (KONK(I)*YFG)$$

eşitliği ile bulunmaktadır. Son üretim yıllarına kadar olan yıllarda ise KR=1 alınmaktadır.

Yıllık üretim giderleri ise sabit, konsantratör değişken ve açık işletme değişken giderleri ile ilişkili olarak;

$$URGI(I) = SGID + ((KONK(I) * KDG) + ((1 + DKORN(I) * KONK(I) * ADG)) * YFG * KR$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Amortisman ve faiz giderlerinin söz konusu olduğu yıllarda ise yıllık üretim giderlerine,

$$URGI(I) = URGI(I) + AMORT(JM)$$

$$URGI(I) = URGI(I) + FG(JM)$$

eşitliklerinde olduğu gibi amortisman ve faiz giderleri eklenerek, vergi öncesi kardan çıkarılması sağlanmaktadır.

Vergi öncesi kar,

$$VOKAR(I) = SGE(I) - URGI(I)$$

eşitliği ile bulunmakta ve bir önceki yılda (I-1) zarar varsa (VOKAR(I-1) < 0), bu zarar bulunulan yılın vergi öncesi karından çıkarılmaktadır.

Vergi öncesi kar ile yıllık vergi oranının çarpılmasıyla da vergi miktarı,

$$VERGI(I) = VOKAR(I) * YVO$$

eşitliğinde olduğu gibi bulunabilmektedir. Vergi öncesi kar negatifse, yani zarar söz konusu ise VERGI(I)=0 alınmaktadır.

Modelin dışsal değişkenlerinin rassal örneklenmesi sonucunda NAKIT(I) 'ların belirlenmesinden sonra, NBD(K) karlılık ölçütünün hesaplanması işlemine geçilmektedir. K' inci benzetim örnekleme sonucunda belirlenen NAKIT(I)'lara bağlı olarak,

$$NBD(K) = NBD(K) + (NAKIT(I) / ((1+R)**JM))$$

eşitliği ile NBD(K) hesaplanmaktadır. Örnekleme başlangıcında NBD(K)=0 alınmaktadır. Yukarıdaki eşitlikte de görüldüğü gibi I 'inci yılın nakit akımının MM 'inci yıldaki

bugünkü değerleri bulunarak NBD(K) hesaplanmaktadır. Son üretim yılında $KR < 1$ olması durumunda ise,

$$NBD(K) = NBD(K) + (NAKIT(I)/((1+R)**((JM-1+KR))))$$

eşitliği kullanılmaktadır.

6.5.1.6. NBD karlılık ölçütü olasılık dağılım parametrelerinin belirlenmesi

Risk analizi benzetim örnekleme işlemleriyle, KK adet NBD karlılık ölçütünün hesaplanmasından sonra, bunların olasılık dağılım parametreleri belirlenmektedir. Olasılık dağılım parametrelerinin belirlenmesinde uygulanan işlemler şunlardır :

- NBD(K) 'lar küçükten büyüğe doğru sıralanmakta,
 - NBD(K) 'ların enküçük (MIDE) ve enbüyük (MADE) değerlerine bağlı olarak Sturges kuralı ile sınıf aralıkları hesaplanmakta,
 - Hesaplanan sınıf aralığına uygun bir aralıkla NBD(K) 'lar sınıflandırılmakta ve her sınıfa düşen frekanslar belirlenmektedir.
 - Sınıflandırılmış frekans serisinin küçültülmüş değerleri kullanılarak sıfır etrafındaki ve aritmetik ortalama etrafındaki momentler hesaplanarak Sheppart düzeltmesi yapılmaktadır.
 - Momentler yardımıyla da NBD(K) dağılımlarının,
 - . Beklenen değeri (XORT),
 - . Standart sapması (SSAP),
 - . Varyasyon katsayısı (VAR),
 - . Çarpıklık değeri (ALFA3),
 - . Basıklık değeri (ALFA4),
- ve diğer dağılım ölçütleri hesaplanmaktadır.

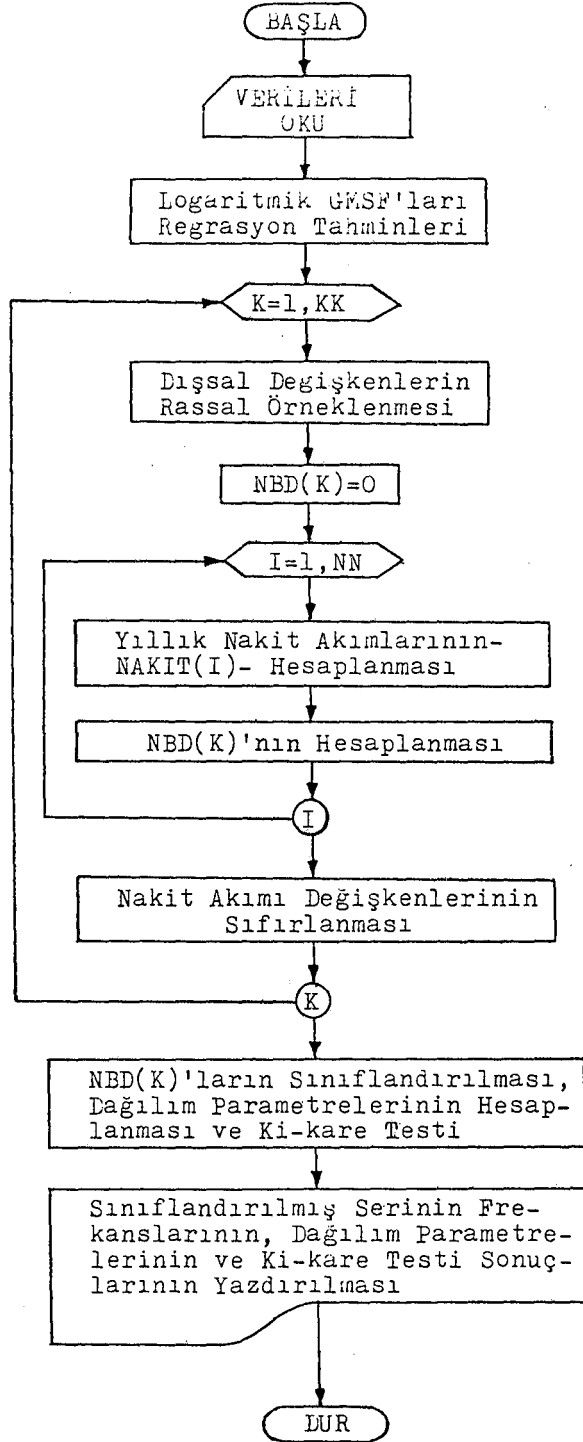
6.5.2. Modelin işleyişi ve akış diyagramı

Benzetim modelinin yapısını ve işleyişini genel olarak açıklayabilmek için Şekil 6,9 'da verilen akış diyagramı hazırlanmıştır.

Şekil 6,9 'dan da görüldüğü gibi benzetim boyutunun, proje parametrelerinin, dışsal değişkenlerinin olasılık dağılım parametrelerinin ve sınır tenör optimizasyonu sonucunda elde edilen verilerin okutulmasından sonra benzetim işlemine geçilmektedir. Benzetim işlemi $K=1$ 'den başlayarak KK 'kez tekrarlanmaktadır. Her tekrarda seçilen rassal sayılara bağlı olarak dışsal değişkenler rassal örneklenmektedir. Bunlara bağlı olarak da, maden ömrünce ($I=1$ 'den NN 'ye kadar) yıllık nakit akımları hesaplanmaktadır. İlk yatırım süresi ile üretim yıllarının toplamı olan NN , sınır tenör optimizasyonu kararlarına bağlı olarak değer almaktadır. Yıllık nakit akımlarının ($NAKİT(I)$) belirlenmesinden sonra $NBD(K)$ karlılık ölçütü hesaplanmaktadır. Bu işlemlerin tamamlanmasından sonra ise dışsal, içsel ve durum değişkenleri sıfırlanarak, yeni benzetim örnekleme için bilgisayar belleğinde boş alan yaratılmaktadır.

Benzetim işlemi KK 'kez tekrarlanarak $NBD(K)$ 'ların hesaplanmasından sonra, bunlar sınıflandırılmakta, dağılım parametreleri hesaplanmakta, Ki -kare testi yapılmakta ve sonuçlar yazdırılmaktadır.

Modelin BASIC dili ile yazılan RISK isimli bilgisayar programında (Ek-6) dışsal değişkenlerin örnekleme, $NBD(K)$ 'ların sınıflandırılması, dağılım parametrelerinin hesaplanması ve Ki -kare testi için alt programlar geliştirilmiştir. Ana programın işleyişi sırasında, bu alt programlar GOSUB deyimi ile göreve çağırılmaktadır.



Şekil 6.9 : Risk analizi benzetim modeli bilgisayar programının (RISK) akış diyagramı.

6.5.3. Modelin çözümü

Yukarıdaki bölümlerde açıklanan risk analizi benzetim modelinin çözümü için RISK isimli bilgisayar programı hazırlanmıştır (Ek-6). Model, statik ve dinamik sınır tenör kararları için ayrı ayrı çözülmüştür. Statik sınır tenör optimizasyonunda seçenek sayısı fazla olduğu için benzetim boyutu (KK) küçük tutulmuş olup, KK=250 alınmıştır. Bununla birlikte, statik optimum sınır tenör kararı için benzetim boyutu KK=1000 alınarak yeniden çözüm yapılmıştır. Dinamik optimizasyonla elde edilen sınır tenör kararları için de benzetim boyutu KK=1000 alınarak çözüm gerçekleştirilmiştir.

Aşağıdaki bölümlerde, sınır tenör kararları için modelin çözümünde okutulan veriler ile elde edilen çıktılar ve bunların yorumları açıklanmaktadır.

6.5.3.1. Verilerin okutulması

Modelin çözümü için, daha önceki bölümlerde değerleri açıklanan KK, PP, SS, MM, R, YFG, YOG, LA, LF ve YVD parametreleri okutulmaktadır. Bundan sonra ise YAT(I), AMOR(I) ve TFG(I) okutulmaktadır(24).

MSF(I) 'larının, regrasyon tahminleri ve bunlarda yapılabilecek tahmin hatalarının rassal örneklenerek saptanabilmesi için de RK, ORTP, STD, FF ve DOL parametrelerinin değerleri okutulmaktadır (Çizelge 6,15).

(24)Bu modelin işletiminde okutulan YAT(I) değerleri, daha önceki yıllarda (I=1,2,3,4) gerçekleşen yatırım değerleri olup, bunlar Çizelge 6,6 'da açıklanmıştır. AMOR(I) ve TFG(I) değişkenleri ise daha önceki bölümlerde AMORT(I) ve FG(I) sembolleri ile tanımlanmış olup değerleri Çizelge 6,7 'de verilmiştir.

Çizelge 6.15 : MSF(I) 'larının tahmininde ve tahmin hatalarının rassal örneklemeinde kullanılan parametrelerin değerleri.

Parametrenin sembolü	Değeri ve birimi	
RK	0.0430435	(ln cent/troyoz)
ORTP	1136.91	(cent/troyoz)
STD	0.255776	(ln cent/troyoz)
FF	0.0	(ln cent/troyoz)
DOL	795.0	(TL/Dolar)

Üçgen dağılımlı dışsal değişkenlerin dağılım parametreleri ise $XX(S,P)$ matrisi ile okutulmakta olup, bunların değerleri Çizelge 6,12 'de verilmiştir.

Sınır tenör kararlarına bağlı olarak değerler alan değişkenlerin, karar vericinin kontrolunda olduğu varsayıldığından, herbir sınır tenör kararı için modelin çözümünde, bu değişkenler ayrı ayrı okutulmaktadır. Statik sınır tenör kararları için modelin çözümünde okutulan değişkenlerin sembolleri ve değerleri Çizelge 6,16 'da verilmiştir. Bu değişkenlerin değerleri tüm üretim yılları için sabittir.

Dinamik optimizasyon sonucunda elde edilen sınır tenör kararları için risk analizi benzetim modelinin çözümünde okutulan değişkenlerin sembolleri ve değerleri de Çizelge 6,17 'de verilmiştir.

Cizelge 6.16 : Risk analizi benzetim modelinin statik sınır tenör kararları için çözümünde okutulan değişkenlerin değerleri.

TKAP(I) (ton/gun)	XC(I) (gr/ton)	OXC(I) (gr/ton)	KONK(I) (ton/gun)	DKORN(I) (m /ton)	REZE (10 ton)	NN (yil)
3360	50.00	189.09	3360.0	0.070	21.6777	27
4032	115.46	256.81	2474.0	0.367	13.3013	23
4704	154.95	303.01	2096.8	0.655	9.6630	21
5376	186.76	341.07	1862.8	0.958	7.5116	19
6048	214.12	374.09	1698.4	1.275	6.0875	17

Cizelge 6.17 : Risk analizi benzetim modelinin dinamik sınır tenör kararları için çözümünde okutulan değişkenlerin değerleri

YILLAR	TKAP(I) (Ton/Gun)	XC(I) (Gr/Ton)	OXC(I) (Gr/Ton)	KONK(I) (Ton/Gun)	DKORN(I) (m3/Ton)
6	5376	186.76	341.09	1862.8	0.958
7	5376	186.76	341.07	1862.8	0.958
8	5376	186.76	341.07	1862.8	0.958
9	4704	154.95	303.01	2096.8	0.655
10	4704	154.95	303.01	2096.8	0.655
11	4032	115.46	256.81	2474.0	0.367
12	4032	115.46	256.81	2474.0	0.367
13	4032	115.46	256.81	2474.0	0.367
14	4032	115.46	256.81	2474.0	0.367
15	4032	115.46	256.81	2474.0	0.367
16	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
17	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
18	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
19	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
20	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
21	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
22	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
23	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070

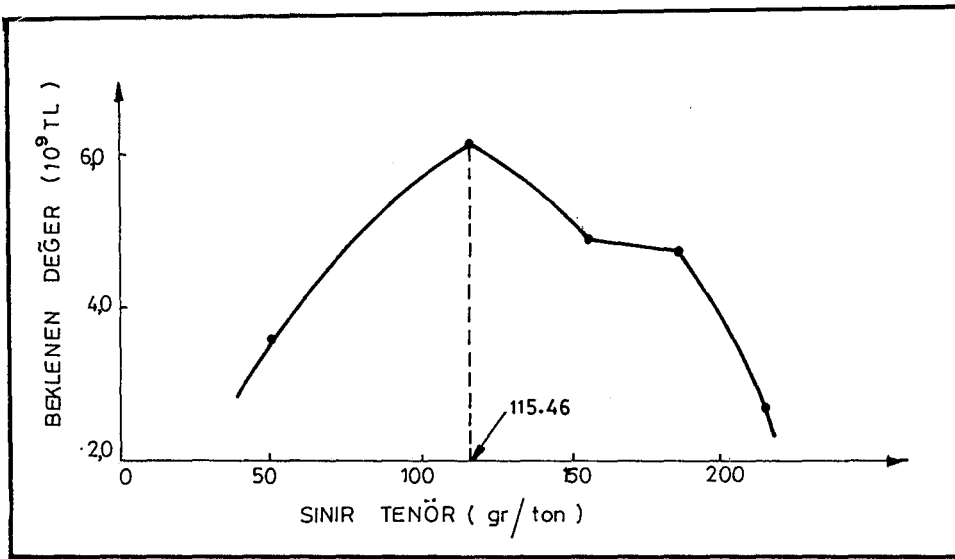
6.5.3.2. Çıktılar ve yorum

Risk analizi benzetim modelinin birbirinin seçeneği beş ayrı sınır tenör kararı için çözümlüyle elde edilen NBD(K) 'ların sınıflandırılmış frekans dağılımları, dağılım parametreleri ve Ki-kare testi sonuçları Ek-7 'da sıra ile verilmektedir. Bu statik sınır tenör karar seçenekleri için NBD(K) dağılımlarından hesaplanan risk ölçütleri de Çizelge 6,18 'de özetlenmiştir.

Çizelge 6.18 : Risk analizi benzetim modelinin statik sınır tenör karar seçenekleri için çözümlü ile elde edilen NBD dağılımı risk ölçütleri.

RISK ÖLÇÜTLERİ	STATİK SINIR TENÖR KARAR SEÇENEKLERİ (gr/ton)				
	50.00	115.46	154.95	186.76	214.12
Beklenen Değer (10^9 TL)	3.60	6.14	4.92	4.72	2.64
Standart Sapma (10^9 TL)	8.89981	9.43754	8.77270	9.69951	8.60215
Varyasyon Katsayısı	2.47217	1.53706	1.78387	2.05507	3.25839
Çeyrek Varyasyon Katsayısı	3.97450	2.25310	2.58870	3.06750	4.91230
Carpıklık Katsayısı	0.36730	0.28360	0.53640	0.36600	0.35590
Basıklık Katsayısı	3.27430	3.13680	3.85130	2.96940	3.39000
Genislik (10^9 TL)	55.0	60.0	55.0	55.0	55.0
En küçük NBD (10^9 TL)	-20.0	-20.0	-15.0	-20.0	-20.0
En büyük NBD (10^9 TL)	35.0	40.0	40.0	35.0	35.0

Statik sınır tenör karar seçenekleri için NBD(K)'ların dağılımından elde edilen beklenen değerler incelendiğinde görüleceği gibi, beklenen değeri enbüyük sınır tenör 115.46 gr/ton'dur. Sınır tenörlerdeki artışlara karşılık beklenen değerlerdeki artışlar, sınır tenörün 115.46 gr/ton olduğu değere kadar devam etmekte, fakat daha sonra azalmalar başlamaktadır (Şekil 6,10).

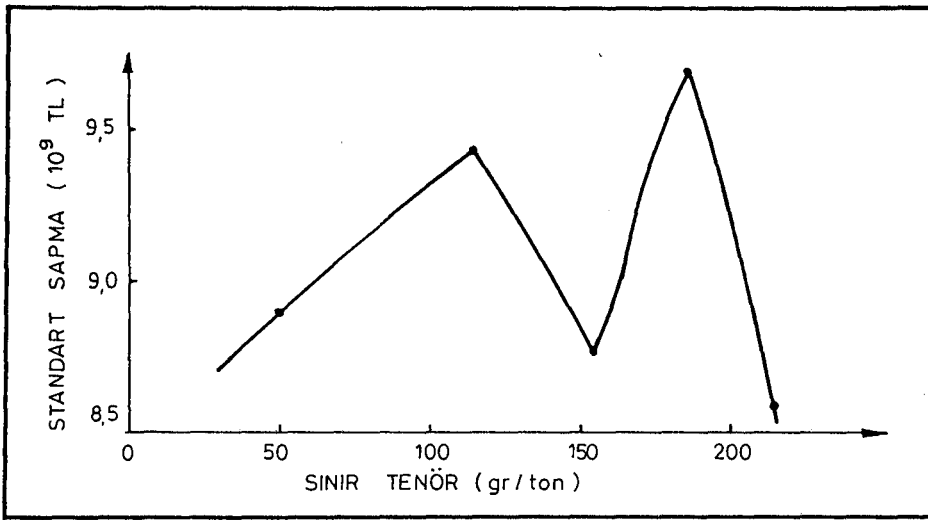


Şekil 6,10 : Statik sınır tenör-NBD beklenen değer ilişkisi.

NBD 'lerdeki dağılıklığı gösteren standart sapmalarda ise sınır tenör karar seçenekleri için birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. NBD standart sapması en düşük sınır tenör 214.12 gr/ton, standart sapması enbüyük sınır tenör ise 186.76 gr/ton'dur. Sınır tenörlerdeki artışlara karşılık, standart sapmalarda belirli bir fonksiyonel artış ve azalış görülmemektedir (Şekil 6,11).

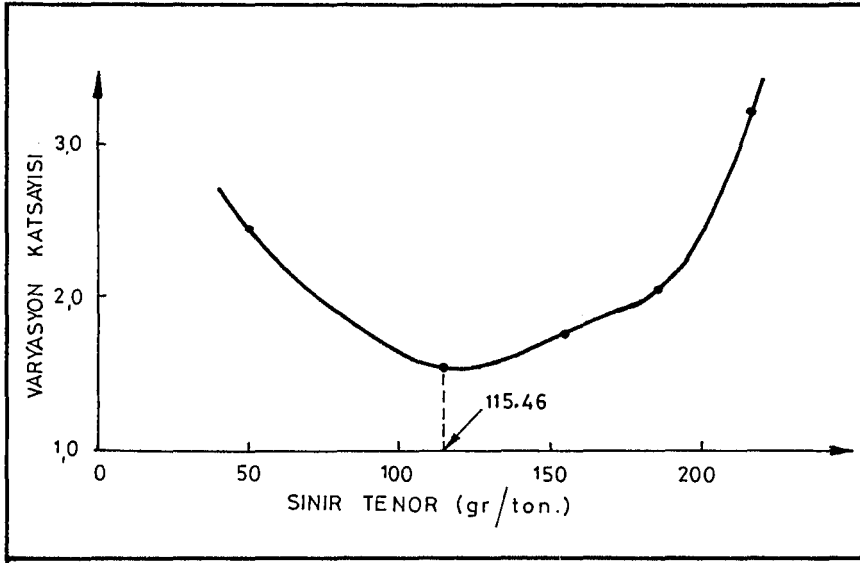
Statik sınır tenör karar seçenekleri için NBD'lerin beklenen değer ve standart sapmalarına göre karar vermek mümkün değildir. Beklenen değer ile standart sapma

birbirinden farklı sonuçlar vermektedir. Beklenen değer sınır tenörün 115.46 gr/ton olduğu seçenek için enbüyük olmakla birlikte, standart sapma sınır tenörün 214.12 gr/ton olduğu seçenek için enküçüktür. Bu durumda sağlıklı karar verebilmek için, diğer risk ölçütlerinin de dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 6.11 : Statik sınır tenör - NBD standart sapma ilişkisi.

NBD varyasyon katsayıları sınır tenörün 115.46 gr/ton olduğu seçenek için enküçük değeri, sınır tenörün 214.12 gr/ton olduğu seçenek için ise enbüyük değeri almaktadır. Sınır tenördeki artışlara bağlı olarak varyasyon katsayısı başlangıçta azalmakta, sınır tenörün 115.46 gr/ton olduğu durumda enküçük değeri almakta ve daha sonra ise hızla büyümektedir (Şekil 6,12). Bu durumda, varyasyon katsayısına bakılarak sınır tenörün 115.46 gr/ton olduğu seçenek ile en az riskli, sınır tenörün 214.12 gr/ton olduğu seçenek ile ise en fazla riskli sınır tenör kararı verilebilir.

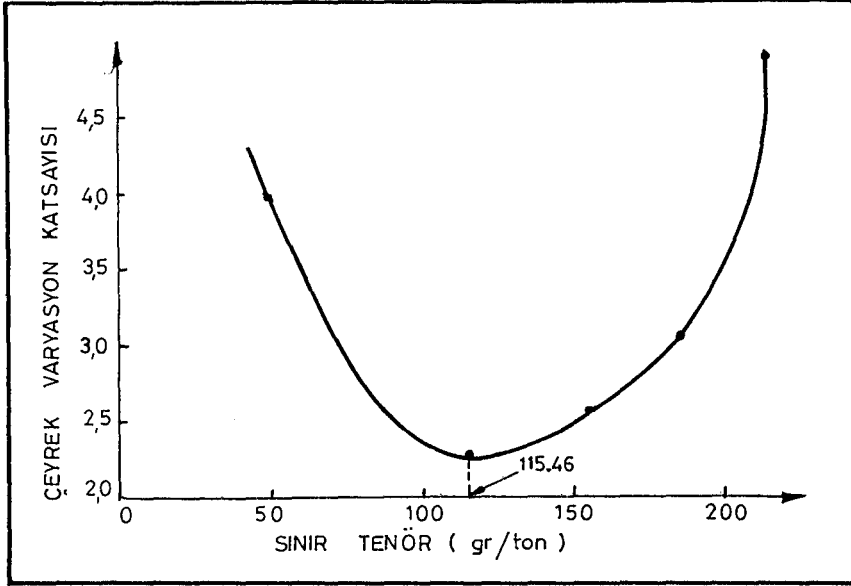


Şekil 6.12 : Statik sınır tenör - NBD varyasyon katsayısı ilişkisi.

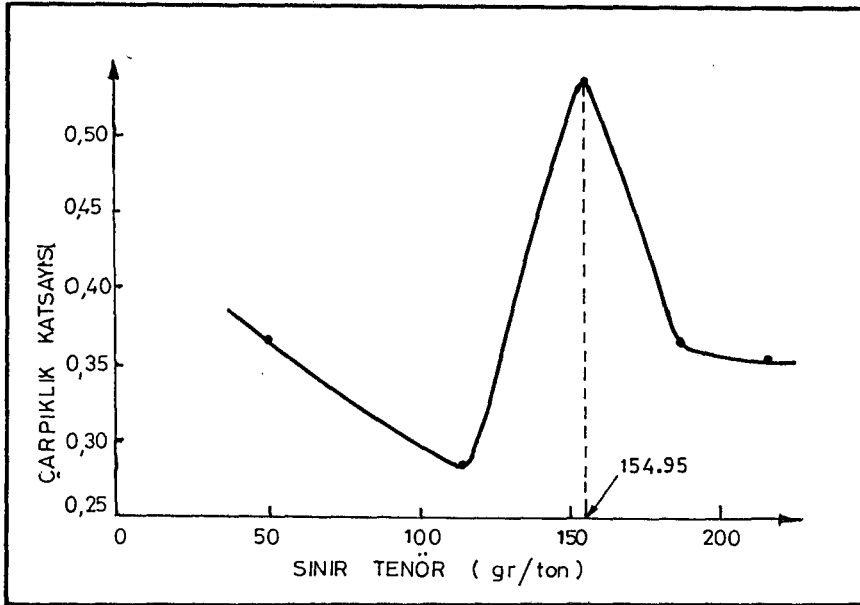
NBD çeyrek varyasyon katsayısı da sınır tenörün 115.46 gr/ton olduğu seçenek için en küçük değeri almaktadır. Sınır tenördeki artışlara bağlı olarak çeyrek varyasyon katsayısı da başlangıçta azalmakla birlikte, sınır tenörün 115.46 gr/ton olduğu değerden sonra hızla artmakta ve sınır tenör 214.12 gr/ton olduğunda en büyük değere ulaşmaktadır (Şekil 6,13). Çeyrek varyasyon katsayısı ile sınır tenör seçeneklerinin risklilik açısından değerlendirilmesi durumunda, sınır tenörün 115.46 gr/ton olduğu seçenek için en az riskli yatırım kararı verilebilir.

NBD frekans dağılımlarından hesaplanan çarpıklık ve basıklık katsayılarının sınır tenöre bağlı değişimleri Şekil 6,14 ve 6,15 'de sıra ile verilmiştir. Çarpıklık ve basıklık katsayıları sınır tenörün 154.95 gr/ton olduğu seçenek için en büyük değeri almaktadır. Bu nedenle, çarpıklık ve basıklık katsayılarına göre en az riskli sınır tenörün 154.95 gr/ton olduğu söylenebilir, fakat bu katsayıla-

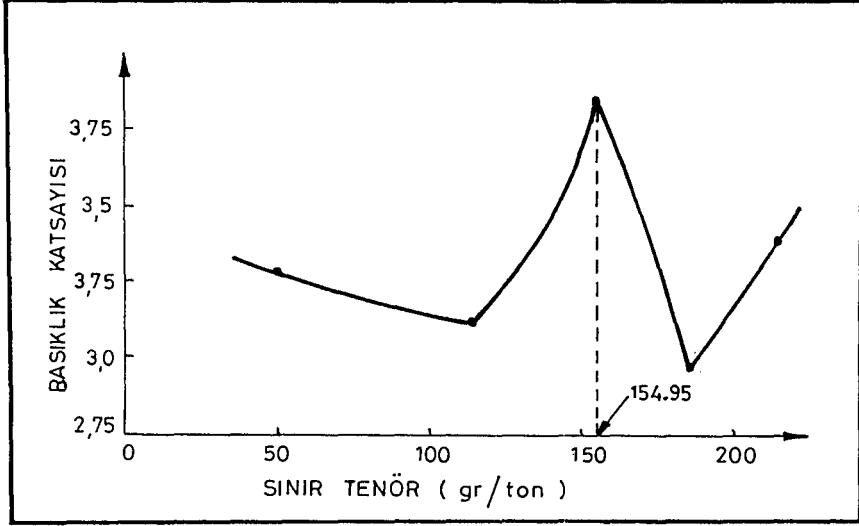
rın sınır tenöre bağılı değişimleri belirli bir fonksiyonel ilişki göstermemektedir.



Şekil 6.13 : Statik sınır tenör - NBD çeyrek varyasyon katsayısı ilişkisi.



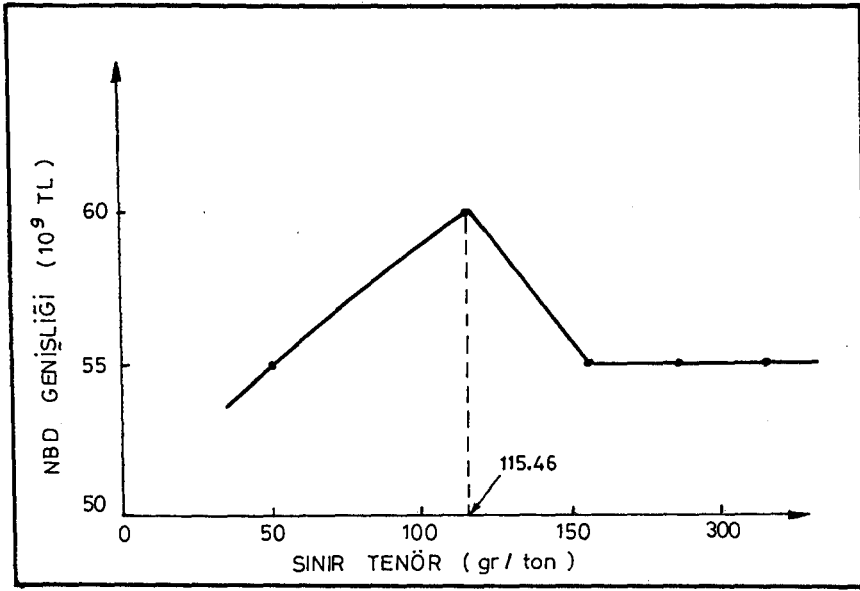
Şekil 6.14 : Statik sınır tenör - NBD çarpıklık katsayısı ilişkisi.



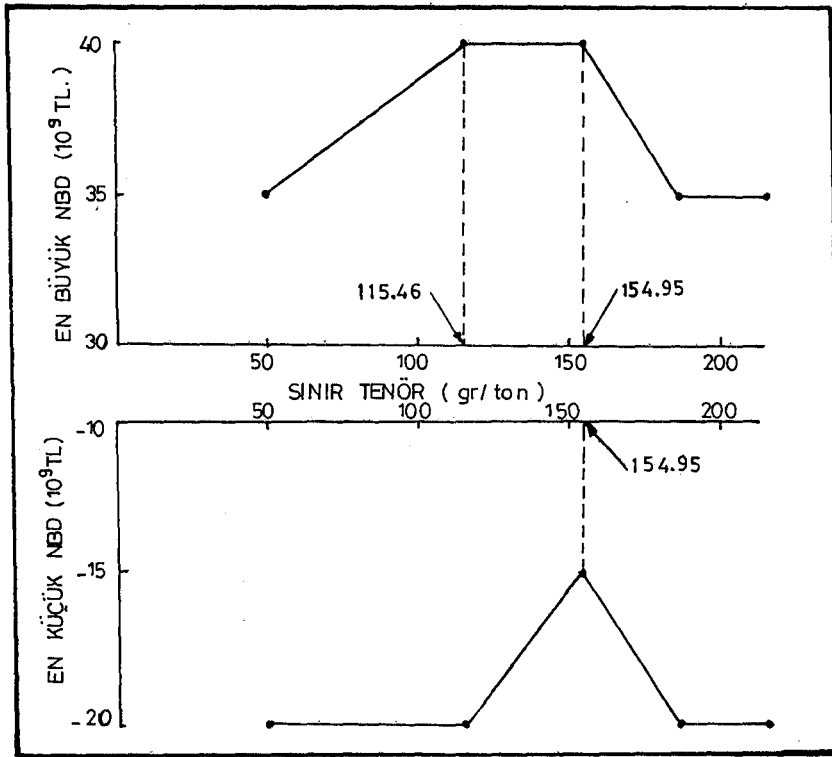
Şekil 6.15 : Statik sınır tenör - NBD basıklık katsayısı ilişkisi.

NBD frekans dağılımlarında enbüyük NBD ve enküçük NBD arasındaki farklardan oluşan genişlik ölçütü, sınır tenörün 115.46 gr/ton olduğu seçenek için enbüyüktür (Şekil 6,16), fakat sadece bu ölçüte göre de riskin enbüyük olduğunu söylemek mümkün değildir. Genişlik ölçütünü oluşturan enküçük NBD 'lere göre en az riskli sınır tenör seçeneği 154.95 gr/ton olmakla birlikte, enbüyük NBD 'lere göre en az riskli sınır tenör seçeneği 115.46 gr/ton veya 154.95 gr/ton 'dur (Şekil 6,17).

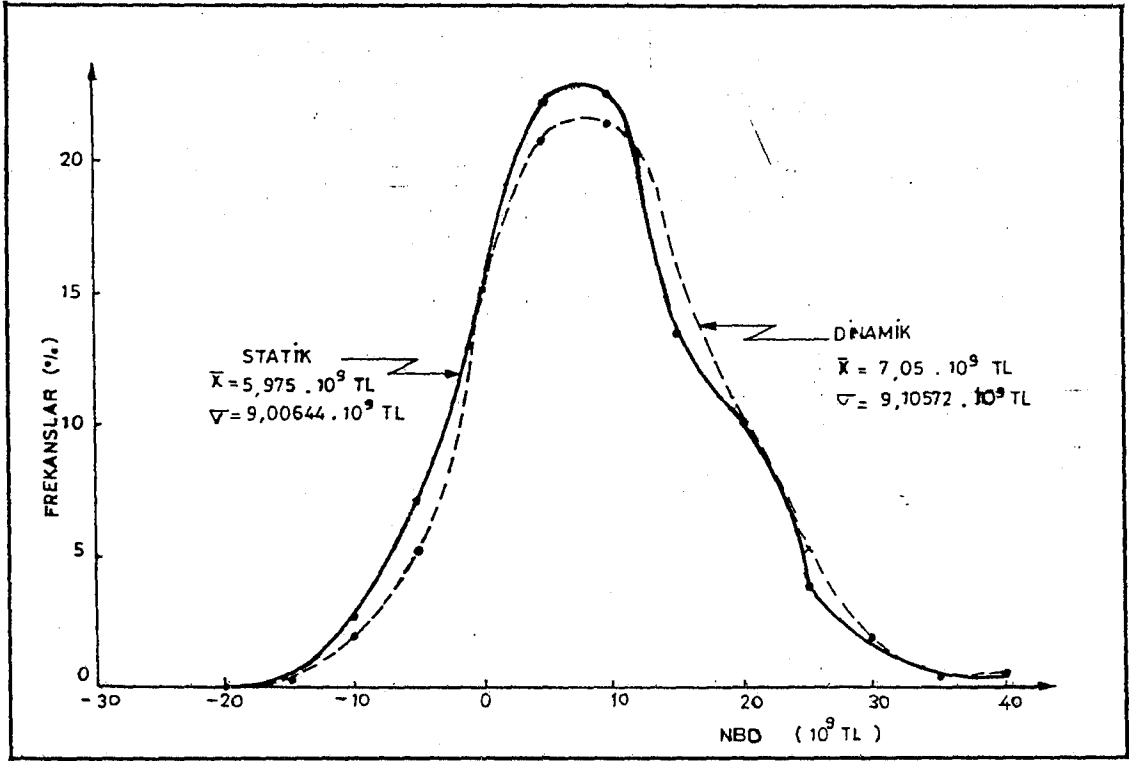
Optimum statik sınır tenör kararı (115.46 gr/ton) ile optimum dinamik sınır tenör kararları için benzetim boyutu $KK=1000$ alınarak modelin çözümü yapıldığında, Ek-8'de verilen NBD frekans dağılımları, dağılım parametreleri ve Ki-kare testi sonuçları elde edilmiştir. Statik ve dinamik optimizasyon sınır tenör kararları için elde edilen NBD frekans dağılımları Şekil 6,18'de görüldüğü gibidir.



Şekil 6.16 : Statik sınır tenör - NBD genişlik ölçütü ilişkisi.



Şekil 6.17 : Statik sınır tenör - enküçük ve enbüyük NBD arasındaki ilişki.



Şekil 6.18 : Statik ve dinamik optimizasyon sınır tenör kararları için elde edilen NBD frekans dağılımları.

Statik ve dinamik optimizasyon sınır tenör kararları için risk analizi benzetim örneklemeleri sonucunda elde edilen NBD frekans dağılımlarına bağlı olarak hesaplanan risk ölçütleri Çizelge 6,19 'da özetlenmiştir.

Çizelge 6,19 'dan da izlenebileceği gibi dinamik optimizasyon için elde edilen NBD beklenen değeri ve standart sapması, statik optimizasyon için elde edilenden büyüktür. Bu durumda, hangi sınır tenör optimizasyonu kararının daha riskli olduğunu söylemek mümkün değildir. Standart sapmanın beklenen değere oranı olan varyasyon katsayılarına göre ise,

Çizelge 6.19 : Statik ve dinamik sınır tenör optimizasyonu kararları için benzetim modelinin çözümü ile elde edilen NBD risk ölçütleri.

RISK ÖLÇÜTLERİ	STATİK OPTİMİZASYON SINIR TENÖR KARARI	DİNAMİK OPTİMİZASYON SINIR TENÖR KARARLARI
Beklenen Değer (10^9 TL)	5.975	7.050
Standart Sapma (10^9 TL)	9.00644	9.10572
Varyasyon Katsayısı	1.50735	1.29159
Çeyrek Varyasyon Katsayısı	2.16915	1.92744
Carpiklik Katsayısı	0.35150	0.35280
Basıklık Katsayısı	3.29980	3.20920
Genislik (10^9 TL)	60.0	60.0
En küçük NBD (10^9 TL)	-20.0	-20.0
En büyük NBD (10^9 TL)	40.0	40.0

statik optimizasyon sınır tenör kararının daha riskli olduğu söylenebilir. Çünkü, statik optimizasyon için varyasyon katsayısı 1.50735 iken, dinamik optimizasyon için 1.29159 'dur. Beklenen NBD'lerin dağılıklığının bir ölçüsü olan varyasyon katsayılarına göre dinamik optimizasyon sınır tenör kararları ile daha az riskli yatırım kararı verilebilir.

Çeyrek varyasyon katsayılarına göre de, dinamik optimizasyon ile daha az riskli bir yatırım kararı verilebilir. Çünkü, statik optimizasyon için elde edilen çeyrek varyasyon katsayısı 2.16915 iken dinamik optimizasyon için 1.92744 'dür.

Statik ve dinamik optimizasyon sınır tenör kararları için NBD dağılımlarından elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayıları, birbirine çok yakın değerler vermektedir. Ayrıca, çok küçük farklarla da olsa, çarpıklık katsayısına göre dinamik optimizasyon, basıklık katsayısına göre ise statik optimizasyon sınır tenör kararları daha az risklidir. Bu durumda, çarpıklık ve basıklık katsayıları ile karar vermek mümkün değildir.

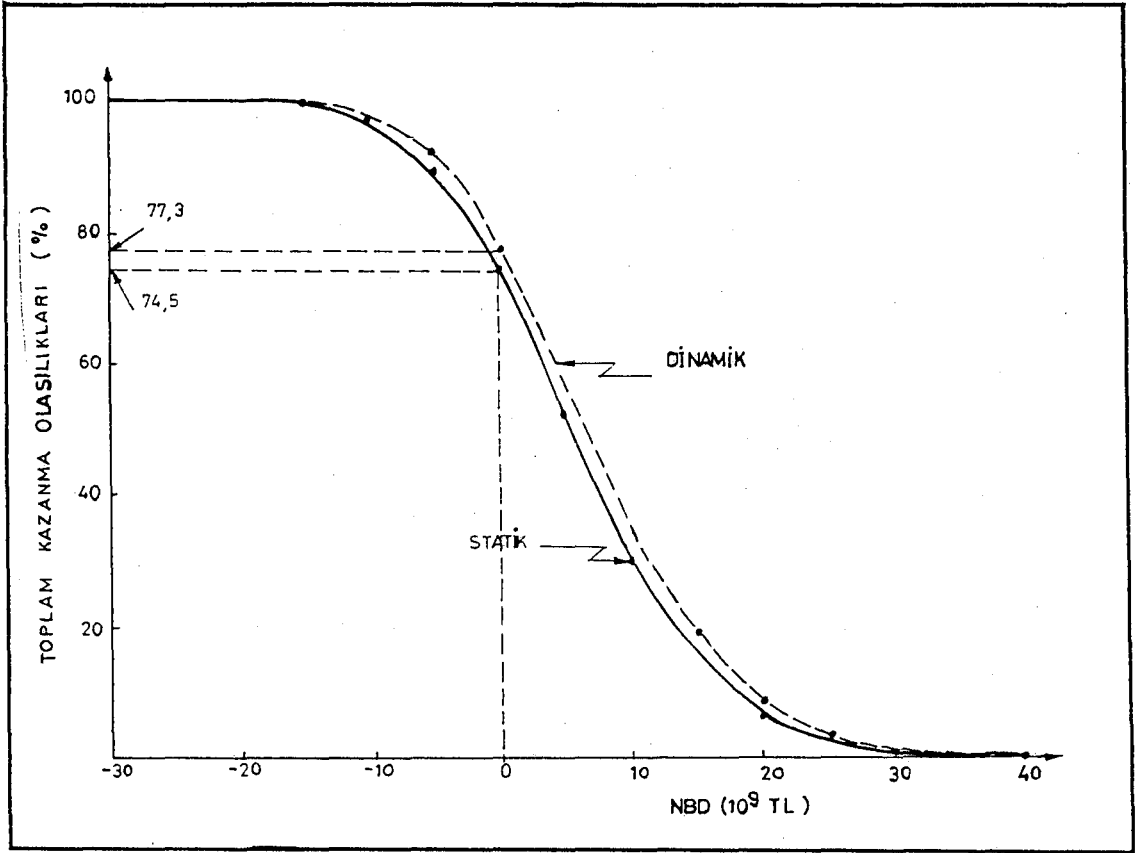
Statik ve dinamik optimizasyon sınır tenör kararları için NBD dağılımlarının genişlik, enküçük ve enbüyük NBD ölçütleri birbirine eşit olduğundan, bu ölçütlerle hangi sınır tenör kararının daha az riskli olduğunu söylemek de mümkün değildir.

Karar vericinin, belirli bir NBD'in üzerindeki NBD'lerin gerçekleşme olasılıklarıyla ilgilenmesi durumunda, toplam kazanma olasılıklarını gösteren risk profillerinden de yararlanılabilir. Şekil 6,19'da statik ve dinamik optimizasyon sınır tenör kararları için belirli bir NBD'den daha büyük NBD'lerin toplam gerçekleşme (kazanma) olasılıklarına göre çizilen risk profilleri görülmektedir. Örneğin, karar verici yatırım karar değişkeni seçeneklerinin pozitif NBD ($NBD > 0$) yaratma olasılıklarıyla ilgilenmesi durumunda;

statik optimizasyon için $P(NBD > 0) = 74.5$

dinamik optimizasyon için $P(NBD > 0) = 77.3$

olduğundan, dinamik optimizasyon sınır tenör kararlarını tercih eder.



Şekil 6.19 : Statik ve dinamik optimizasyon sınır tenör kararları için elde edilen NBD dağılımlarına göre çizilen risk profilleri.

7. SONUÇLAR

Madencilik yatırım kararlarının riskliliğini doğal, teknolojik, ekonomik ve politik belirsizlik kaynakları ile karar vericinin kontrolunda olan karar değişkenlerinin aldıkları değerler önemli derecelerde etkiler. Bu nedenle, yatırım kararı vermeden önce, karar seçeneklerinin ve belirlilik koşulu ile optimum olan karar veya kararlar dizilimini gelecekteki koşullara uyumunu belirlemek, riskliliğini ölçmek gerekir.

Yatırım kararlarının riskliliğinin ölçülmesinde birçok risk ölçütünden yararlanmak mümkündür. Bu risk ölçütleri, yıllık nakit akımlarına bağlı olarak belirlenen karlılık ölçütlerinin olasılık dağılımlarından hesaplanabilmektedir. Bu nedenle de, yıllık nakit akımlarını etkileyen değişken ve parametrelerin gelecekteki değerleri hakkında rassal örneklemeler yaparak, yıllık nakit akımlarının ve karlılık ölçütlerinin rassal değerlerinin hesaplanması ve bunların olasılık dağılımlarının belirlenmesi gerekir.

Yıllık nakit akımlarını etkileyen değişken ve parametrelerin gelecekte alabilecekleri değerler, nesnel veya öznel tahminlerle belirlenebilmektedir. Bu tahminler, belirli olasılık dağılımları ile ifade edilmekte olup, bunların dağılım parametrelerine bağlı olarak da rassal örneklemeler yapmak mümkündür. Rassal örneklemelerde ise Monte Carlo benzetim yöntemi etkin bir şekilde kullanılabilir. Bu yöntem, gelecekteki nakit akımlarını ve karlılık ölçütlerini rassal olarak belirlemek için kullanılır. Monte Carlo benzetim yöntemi, gelecekteki nakit akımlarını ve karlılık ölçütlerini rassal olarak belirlemek için kullanılır. Monte Carlo benzetim yöntemi, gelecekteki nakit akımlarını ve karlılık ölçütlerini rassal olarak belirlemek için kullanılır.

Monte Carlo benzetim yöntemi ile rassal örneklemeler sonucunda, yıllık nakit akımları ve karlılık ölçütlerinin rassal değerleri hesaplanabilmekte ve olasılık dağılımları belirlenebilmektedir. Bu olasılık dağılımları yardımıyla da, risk ölçütleri hesaplanabilmektedir.

Risk ölçütlerinin hesaplanmasında birden fazla karlılık ölçütü dağılımının kullanılması da mümkündür, fakat bu durumda, birbirinden farklı yatırım kararlarının alınması sözkonusu olabilir. Bu nedenle karar verici, amacına en uygun karlılık ölçütünü risk analizi benzetim modeline dahil etmelidir.

Madencilik yatırımlarının karlılığını ve riskliliğini, karar vericinin kontrolunda olan üretim kapasitesi ve sınır tenör kararları önemli derecelerde etkilemektedir. Bununla birlikte, bu çalışmanın uygulama konusu olarak sadece sınır tenör kararları ele alınmıştır.

Maden yatağının rezerv-tenör dağılımına bağlı olarak, sınır tenör ile işletilebilir cevher rezervi, ortalama tenör ve maden yatağının tükenme ömrü arasında belirli fonksiyonel ilişkiler vardır. Bu nedenle de sınır tenör, madencilik yatırımlarının karlılığında etkili olan önemli bir karar değişkendir. Sınır tenörün alabileceği her bir değer, birer yatırım karar seçeneği niteliğindedir. Karar verici, amacına uygun bir karlılık ölçütü kullanarak, bu karar seçenekleri arasından, amacını optimize edecek bir seçim yapmak durumundadır. Bu amaçla da, sınır tenör kararlarına bağlı değişkenlerin ve kontrol edilemeyen diğer proje değişken ve parametreleri değerlerinin belirli olduğu varsayılarak, statik ve dinamik optimizasyon teknikleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada yapılan statik sınır tenör optimizasyonunda, NBD ve IKO karlılık ölçütleri kullanılarak optimum sınır tenör saptanmaktadır. NBD ve IKO karlılık ölçütlerinin birbirinden farklı sınır tenör seçeneklerini optimize etmesi durumunda ise, bu iki seçeneğin yıllık nakit akımları arasındaki farkların bugünkü değerlerini sıfır yapan Fisher karlılık oranı hesaplanmakta ve bu orana göre bir tercih yapılabilmektedir.

Dinamik sınır tenör optimizasyonunda ise NBD karlılık ölçütü kullanılarak, optimum kararlar dizilimi saptanmaktadır. Dinamik optimizasyon sonucunda elde edilen optimum kararlar dizilimi ile, statik optimizasyonla saptanan optimum sınır tenör kararından daha fazla NBD elde edilebilmektedir.

Statik ve dinamik sınır tenör optimizasyonlarında, sınır tenör ilişkilerini etkileyen işletme kısıtları da dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada da 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmesi üretim kapasitesi kısıtları dikkate alınmıştır. Ayrıca, gerekli verilerin yetersiz olduğu durumlarda da, bazı varsayımlar yapılmıştır. İşletme projelerinin incelenmesi sırasında saptanan kapasite kısıtları ve ileri sürülen varsayımlar nedeniyle de, gerek statik optimizasyonda karar seçeneklerinin herbiri için elde edilen NBD'ler arasında, gerekse statik ve dinamik optimizasyon yöntemleriyle saptanan optimum sınır tenör kararları ve kararlar dizilimi sonucunda elde edilen NBD'ler arasında, çok büyük farklar elde edilememiştir.

Statik ve dinamik yöntemlerle yapılan sınır tenör optimizasyonlarında, yıllık nakit akımlarını etkileyen değişken ve parametrelerin nokta tahmin değerleri kullanılmakta ve gelecekte alabilecekleri değerlerin belirli olduğu varsayımı yapılmaktadır. Gerçekte ise madencilik yatırım kararları risk ve belirsizlik koşullarında alınır ve her yatırım kararı belirli derecelerde risk içerir. Bu koşullarda yapılan optimizasyon çalışmaları sonuçlarının risklilik dereceleri belirlenerek, en az riskli yatırım kararının alınması mümkündür. Bu amaçlada, statik ve dinamik sınır tenör optimizasyonları sonrasında, sınır tenör kararlarının yatırım riskliliğine etkilerinin de ölçülmesi için risk analizleri yapılmaktadır.

Risk analizleri için Monte Carlo benzetim yöntemi temelinde bir model geliştirilmiştir. Risk analiz modeli, statik optimizasyonda ele alınan sınır tenör seçenekleri değerlerinin ve bunlara bağlı diğer değişkenlerin değerlerinin belirli olduğu varsayılarak, herbir sınır tenör seçeneği için ayrı ayrı çözülmüştür. Modelin çözümü sonucunda, rassal örneklenen karlılık ölçütleri dağılımından hesaplanan beklenen değer, varyasyon katsayısı ve çeyrek varyasyon katsayısı risk ölçütlerinin, sınır tenörlerdeki değişime bağlı olarak belirli değerler aldığı saptanmıştır. Beklenen değerlerin iyi bir risk ölçütü olmadığı bilindiğinden dolayı da, varyasyon ve çeyrek varyasyon katsayılarının en küçük olduğu sınır tenörlerin en az risk içerdiğine karar verilmiştir. Karlılık ölçütleri dağılımından hesaplanan diğer risk ölçütleri ise, sınır tenörlerdeki değişime bağlı olarak rassal değerler almaktadır. Bu nedenle de, sınır tenör kararlarının riskliliğinin ölçülmesinde, bu risk ölçütlerinin kullanımı hatalı sonuçlar verebilir.

Statik optimizasyonla elde edilen optimum sınır tenör kararı ile, dinamik optimizasyon sonucunda elde edilen sınır tenör kararlar dizilimi içinde risk analizi modeli çözüldüğünde ise, varyasyon ve çeyrek varyasyon katsayılarına göre, dinamik yöntemle saptanan optimum kararlar diziliminin daha az riskli olduğu söylenebilmektedir.

Risk analizi sonucunda elde edilen karlılık ölçütleri dağılımının, risk profilleri halinde de gösterimi mümkün olmaktadır. Risk profilleri yardımıyla da, karar vericinin amacına uygun olarak en az risk içeren sınır tenör kararının saptanması mümkün olabilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akgüç, D., 1970, Yatırım projelerinin teşebbüs yönünden değerlendirilmesi, Yatırım projelerinin hazırlanması ve değerlendirilmesi, Cilt-II, Devlet Yatırım Bankası Yayınları, Ankara, s.353-390 .
- Archer, S.H. and D'Ambrosio, C.A., 1966, Business finance : theory and management, The McMillan Comp., New York.
- Archer, S.H., 1970, The structure of management decision theory, Information for Decision Making (Ed. A. Rappaport), Prentice-Hall, New Jersey.
- Arıoğlu, E., 1981, Jeoloji mühendisleri için madencilik bilgisi ders notları, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- Arne, K.G., 1982, Basic concepts of mine financing, Mining Magazine, March 1982, pp.230-235 .
- Asutay, H., 1986, Etibank Kütahya-Gümüşköy 100.Yıl Gümüş Madeni açık işletme kapasite optimizasyonu, A.Ü. Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Bölümü, Eskişehir, 71 s. , (yayınlanmamış).
- Bahşi, G.C., 1978, Yatırım kararlarındaki belirsizlik sorununun yatırım hesaplarının klasik yöntemleri kapsamında incelenmesi, İ.Ü. İşletme Fak. Muhasebe Enst. Dergisi, Kasım 1978, s.25-32 .
- Bağırkan, Ş., 1974, Yatırım kararlarında risk unsurunun kullanılması, İ.İ.T.İ.A. Dergisi, İstanbul, S.1, s.177-192.
- Bayar, D., 1970, Maliyetlerin hesaplanmasında rizikonun önemi, E.İ.T.İ.A. Dergisi, Ocak 1970, s.50-66 .
- Beyazıt, M. ve Oğuz, B., 1986, Mühendisler için istatistik, İ.T.Ü. İnşaat Fak., Birsen Yayınevi, İstanbul, 187 s.
- Bircan, B., 1984, Karar verme ve tam belirsizlik ortamında uygulanan karar kriterleri, İ.Ü. İşletme Fak. Dergisi, İstanbul, C.13, S.2, s.27-55 .

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Blackwell, M.R.L., 1970, Some aspect of the evaluation and planning of The Bougainville Cooper Project, Decision Making in The Mineral Industry, Montreal, CIM, pp.261-269 .
- Bozok, S., 1977, işletme yönetiminde anahatları ile karar teorisi, E.İ.T.İ.A. Dergisi, C.9, S.2, s.105-125.
- Bratley, P., Fox, B.L. and Schage, L.E., 1983, A guide to simulation, Springer-Verlag, New York, 383 p.
- Brown, G.A., 1970, The evaluation of risk in mining venturues, CIM Transactions, V.73, pp.298-304.
- Büker, S., 1973, İşletmelerin finansal yönetimimde yatırım kararları ve Türkiye'deki uygulama, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:104/59, Ankara, 171 s.
- Bussey, L.E., 1978, The economic analysis of industrial projets, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 491 p.
- Büyükerşen, Y., Vergi tesirlerinin mikro iktisat analizi, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:71/37, 159 s.
- Caner, G., 1976 a, Madencilik yatırımları ve ekonomik değerlendirme teknikleri, MTA Yayınları, No:17, Ankara, 91 s.
- Caner, G., 1976 b, Maden işletme yöntemlerinin ekonomik açıdan karşılaştırılması ve enuygun (optimum) işletme politikasının saptanması, MTA Yayınları, No:18, Ankara, 27 s.
- Caner, G., 1983 a, Maden ekonomisi, MTA Yayınları, No:27, Ankara, 206 s.
- Caner, G., 1983 b, Maden arama çalışmalarının optimizasyonu, Madencilikte Risk ve Yatırım Finansmanı Konferans Metinleri. E.T.K.Bakanlığı, Ankara, s.1-4 .
- Caner, G., 1983 c, Madencilik yatırım projelerinde risk unsurunun değerlendirilmesi, Madencilikte Risk ve Yatırım Finansmanı Konferans Metinleri, E.T.K.Bakanlığı, Ankara, s.1-11 .

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Caner, G., 1983 d, Madencilik yatırım projelerinin belirsizlik faktörlerinin rantabilite üzerindeki etkilerinin ölçülmesi (duyarlılık analizi), Madencilikte Risk ve Yatırım Finansmanı Konferans Metinleri, E.T.K.Bakanlığı, Ankara, s.1-3 .
- Caner, G., 1983 e, Mineral (maden) kaynak ve rezervlerinin sınıflandırılması, MTA Yayınları, No:188, Ankara, 10 s.
- Carlisle, D., 1953, Maximum total recovery through mining high-grade and low-grade ore together is economically sound, CIM Bulletin, January 1953, pp.21-27 .
- Çelebi, N. ve Paşamehmetoğlu, A.G., 1986, Linyit açık işletmeleri için bir maliyet analiz modeli, Türkiye 5. Kömür Kongresi, Zonguldak, s.407-420 .
- Cemalcılar, I., Bayar, D., Askun, I.C. ve Öz-alp, S., 1979, İşletmecilik bilgisi, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:206, Eskişehir, 349 s.
- Chou, Y., 1963, Applied business and economic statistic, Holt, Rinehart and Winston Inc., New York, 656 p.
- Çömlekçi, N., 1975, İstatistik, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:118, Ankara, 380 s.
- Cooley, P.L., Roenfelot, R.L. and Modani, N.K., 1977, Interdependence of market risk measures, Journal of Business, July 1977, pp.356-363 .
- David, M., 1977, Geostatistical ore reserve estimation, Elsevier Scientific Publish Co., New York.
- Demirok, H., Apul, H.R., Özyurt, A. ve İnanç, Ü., 1984, Etibank 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmeleri Müessesesi Müdürlüğü Gümüş Madeni Açık İşletme Projesi (I.Revizyon), Kütahya, 132 s.
- Doğrusöz, H., 1971, Yatırım kararlarında optimizasyon problemleri ve çözüm metodları, MPM Konferansları, Ankara, s.149-161 .

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Douglass, E.J., 1971, How to make the most of a mining investment, Mining Engineering, October 1971, pp.64-67.
- Dowd, P., 1976, Application of dynamic and stochastic programming to optimize cutoff grades and production rates, IMM-Transactions, January 1976, pp.A22-A31 .
- Dran, J.J., 1975, Technique of risk analysis especially suitable for the small miner, AIME-Transactions, Vol.258, September 1975, pp.263-264 .
- Durmuş, A.H., 1977, Yeni yatırımlar için proforma bilançoların hazırlanması, i.i.T.i.A. Dergisi, S.1, s.211-232.
- Elbrond, J., Dubois, J.F., and Daoust, G., 1977, Rate of production and cutoff grade- a program system for teaching and experimentation, 15 th. APCOM Symposium, Brisbane, Australia, pp.13-19 .
- Ergin, H., 1983, Maden işletmelerinde üretim öncesi maliyetlerin muhasebeleştirilmesi, A.Ü. i.i.B.Fak. Yayınları, No:11, Eskişehir, 145 s.
- Fabrycky, W.J and Thuesen, G.J., 1980, Economic decision analysis, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 431 p.
- Francis, J.C., 1976, Investments: Analysis and Management, Mc Graw-Hill Book Comp., New York.
- Gönenli, A., 1976, İşletmelerde finansal yönetim, İ.Ü. Yayınları, No:2181, İstanbul, 590 s.
- Gürtan, K., 1982, İstatistik ve araştırma metodları, İ.Ü. Yayınları, No:2941, İstanbul, 831 s.
- Halaç, O., 1978, Kanitatif karar verme teknikleri, İ.Ü. Yayınları, No:2501, İstanbul, 691 s.
- Halaç, O., 1982, İşletmelerde simülasyon teknikleri, İ.Ü. Yayınları, No:2936, İstanbul, 278 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Halls, J.L., Bellum, D.P. and Lewis, C.K., 1969, Determination of optimum ore reserves and plant size by incremental financial analysis, IMM-Transactions, January 1969, pp.A20-A26 .
- Harris, D.P., 1970, Risk analysis in mineral investment decisions, AIIME-Transactions, Vol.247, September 1970, pp.193-201 .
- Hatipoğlu, Z.,1967, İşletme finansmanı, Hamle Matbaası, İstanbul.
- Hayes, R.H., 1975, Incorporating risk aversion into risk analysis, The Engineering Economist, Vol.20, No:2, pp.99-121 .
- Henning, U., 1963, Calculation of cutoff grade, Canadian Mining Journal, March 1963, pp.54-57 .
- Hertz, D.B., 1964, Risk analysis in capital investment, Harvard Business Review, January-February 1964, pp.95-106.
- Hiller, F.S., 1963, The derivation of probabilistic information for the evaluation of risky investments, Management Science, Vol.9, No:3, pp.443-457 .
- Hiller, F.S. and Liderman, G.S., 1974, Operation research, Holden-Day Inc., San Francisco, 800 p.
- Hodder, J.E. and Riggs, H.E., 1985, Pitfalls in evaluating risky projects, Harvard Business Review, January-February 1985, pp.128-135 .
- Holland, F.A., Watson, F.A. and Wilkinson, J.K., 1973, Statistical techniques improve decision-making, Chemical Engineering, December 24-1973, pp.61-66 .
- Holland, F.A., Watson, F.A. and Wilkinson, J.K., 1974 a, Probability techniques for estimates of profitability, Chemical Engineering, January 7-1974, pp.105-110 .

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Holland, F.A., Watson, F.A. and Wilkinson, J.K., 1974 b, How to evaluate working capital for a company, Chemical Engineering, August 5-1974, pp.101-106 .
- Jelen, F.C. and Black, J.H., 1983, Cost and optimization engineering, Mc Graw-Hill Book Comp., New York, 538 p.
- John, H.T., 1985, Cut-off grade calculations for an open-pit mine, CIM Bulletin, Vol.78, No:879, pp.73-75 .
- Jones, C., 1968, Economic analysis for mining ventures and projects, Surface Mining, AIMME, New York, pp.997-1013.
- Khane, R., 1978, Endüstriyel yapılabirlik etüdlerinin hazırlanması elkitabı, UNIDO, Ankara.
- Kaplan, S. and Barish, N.N., 1967, Decision-making allowing for uncertainty of future investment opportunities, Management Science, Vol.13, No:10, pp.B569-B577 .
- Kara, İ., 1984, Tamsayılı ve dinamik programlamaya giriş, A.Ü.Müh.Mim.Fak. Endüstri Bölümü, Eskişehir, 111 s.
- Kara, İ., 1985, Yöneylem araştırmasının yöntembilimi, A.Ü. Yayınları, No:96, Eskişehir, 117 s.
- Kara, İ., 1986, Yöneylem araştırması- dogrusal olmayan modeller, A.Ü. Yayınları, No:139, Eskişehir, 346 s.
- Karataş, C., 1977, Endüstri projelerini değerlendirme elkitabı, UNIDO, Ankara.
- Kaynak, Y., 1983, Madencilik araştırması, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.S., İstanbul, 237 s.
- Kenedy, B.A. and Wade, E.J., 1972, Feasibility studies for large open pit mines, World Mining, August 1972, pp.70-77 .
- Koçak, Y., 1987, Etibank Kütahya Gümüşköy 100.Yıl Konsantrasyon ve İzabe Tesisi Projesi Fizibilite Etüdü (VI.Revizyon), Ankara, 91 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Koch, G.S. and Link, R.F., 1970, Statistical analysis of geological data, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Kroeger, H.E., 1970, Use discounted cash-flow method, Modern Cost-Engineering Techniques, (Ed. by H. Popper), McGraw-Hill Book Comp., New York, pp.373-376 .
- Lane, K.F., 1964, Choosing the optimum cut-off grade, Quarterly of The Colorado School of Mines, Vol.59, No:4, pp.811-829 .
- Lillico, T.M., 1973, How to maximize return on capital when planning open pit mines, World Mining, June 1973, pp.26-31 .
- Lizotte, Y. and Elbrond, J., 1982, Choice of mine-mill capacities and production schedules using open-ended dynamic programming, CIM Bulletin, Vol.75, No:84, pp.154-163 .
- Loomba, N.P. and Turban, E., 1974, Applied programming for management, Holt, Rinehart and Winston Inc., New York, pp.358-433 .
- Mackenzie, B.W., 1970, Evaluating the economic of mine development, Canadian Mining Journal, December 1970, pp.43-46 .
- Mao, J.C.T., 1969, Quantitative analysis of financial decisions, The MacMillan Comp., New York, 625 p.
- Meriç, İ., 1975, Riskli yatırım projelerinin değerlendirilmesinde net şimdiki değer olasılık dağılımının analizi yöntemi, İ.Ü. İşletme Fak. Dergisi, Nisan 1975, s.121-137 .
- Meriç, İ., 1976, İşletmelerde riskli yatırım projelerinin değerlendirilmesinde beklenen minimum gelir yüzdesinin riske göre ayarlanması ve riskli gelirlere değerce eşit risksiz gelirlerin saptanması yöntemleri, İ.Ü. İşletme Fak. Muhasebe Enstitüsü Dergisi, Mayıs 1976, pp.65-70 .

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Meriç, İ., 1978, İşletmelerde yatırım kararları, ODTÜ Gelişme Dergisi, C.4, S.21, s.83-112 .
- Nasuf, E., 1983, Rezerv hesaplamalarında istatistiksel yöntemler ve bilgisayar uygulamaları, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 8.Kongresi, Ankara, s.201-212 .
- Naylor, T.H., Vernon, J.M. and Wertz, K.L., 1983, Managerial economics, McGraw-Hill Book Comp., New York, 443 p.
- Nilsson, D. and Aaro, B., 1985, Cut-off grades optimization, International Mining, July 1985, pp.28-33 .
- Noren, N.E., 1978, Mine development- some decision problems an optimization models, CIM Special Vol.12, pp.240-253 .
- O'Hara, T.A., 1980, Quick guides to the evaluation of orebodies, CIM Bulletin, February 1980,
- Okka, O., 1985, Mühendislik ekonomisi-II, G.Ü. Müh.Mim.Fak. Basımevi, Ankara, s.175-195 .
- O'Neil, T.J., 1982, Mine evaluation in a changing investment climate, Mining Engineering, November 1982, pp.1563-1566 .
- Özgen, M.C., 1970, Projenin yatırım tutarının hesaplanması, Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, C.2, Devlet Yatırım Bankası, Ankara, s.13-75 .
- Özpeker, İ., 1983, Maden yedek ve kaynaklarının bölümlendirilmesine ilişkin bir öneri, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 8.Kongresi, Ankara, s.231-250 .
- Öztunalı, D., 1973, Maden yatakları oluşumları ve değerlendirilmesi, Latin Matbaası, İstanbul, 311 s.
- Parker, H., 1979, The volume-variance relationship: a useful tool for mine planning, E/MJ, October 1979, pp.106-123.
- Parks, R.D., 1973, Examination and valuation of mineral property, Addison-Wesley Publishing Comp., New York, 507 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Pasieka, A.R. and Sotirow, G.V., 1985, Planning and operational cutoff grades on computerized net present value and net cash flow, CIM Bulletin, Vol.78, No:878, pp.47-54 .
- Payne, J.A., 1982, Introduction to simulation, McGraw-Hill Book Comp., New York, 324 p.
- Peker, A., 1979, Yönetim muhasebesi- 2. Kitap, İ.Ü. Yayınları, No:2553, İstanbul, 376 s.
- Petty, W.J. and Bird, M.M., 1975, The capital expenditure decision-making process of large corporations, The Engineering Economist, Vol.20, No:3, pp.159-172 .
- Pfleider, P. and Frevberger, C., 1969, Effect of different financing methods on the profitability of mining investment, A Decade of Digital Computing in the Mineral Industry, Ins. Min. Met. and Pet. Eng. Inc., New York, pp.255-274 .
- Phillips, D.T., Ravindran, A. and Solberg, J., 1976, Operation research principles and practice, John Wiley and Sons, New York, 585 p.
- Plouf, T.M., 1984, Mineral Industry's aid to financial planning and investment, E/MJ, June 1984, pp.41-46 .
- Porterfield, T.S., 1977, Yatırım kararları ve sermaye maliyeti, (Çev. Bülent Atuk), İ.T.Ü. Kütüphanesi, S.1094, İstanbul, 125 s.
- Potts, D., 1985, Guide to financing of mining projects, IMM-Transactions, July 1985, pp.A122-A134 .
- Renwick, F.B., 1971, Introduction to investments and finance, The MacMillan Comp., New York, 517 p.
- Riggs, J.L., 1968, Economic decision Models, McGraw-Hill Book Comp., New York, 401 p.
- Ross-Watt, D. and Mackenzie, B., 1979, A mining project evaluation technique incorporating the response of

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- mine management to the resolution of uncertainty, Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry, (Ed. by T.J. O'Neil), AIME, New York, pp.115-127 .
- Roman, R.J., 1971, Mine-mill production scheduling by dynamic programming, AIME-Transactions, Vol.250, pp. 258-261 .
- Royle, A.G., 1981, Optimization of assay- cutoff orebodies, IMM-Transactions, Vol.90, pp.A55-A60 .
- Rudenno, V., 1979, Determination of optimum cutoff grades, 16 th APCOM Symp., Tucson, Arizona.
- Rudenno, V., 1982, Random walk models of future metal prices, IMM-Transactions, April 1982, pp.261-268 .
- Saltoglu, S., 1976, Madenlerde hazırlık ve kazı işleri, İ.T.Ü. Kütüphanesi, S.1062, İstanbul, 366 s.
- Schapp, W., 1986, Principles of an adaptive concentrator cutoff grade policy, IMM-Transaction, Vol.95, pp.A15-A21 .
- Serper, D., 1981, İstatistik, Filiz Kitabevi, İstanbul, 451 s.
- Sezgin, İ., 1983, Maden arama ekonomisi ve maden aramada risk, Madencilikte Risk ve Yatırım Finansmanı Konferans Metinleri, E.T.K.B., Ankara, s.1-7 .
- Shamblin, J.E. and Stevens, G.T., 1974, Operational research a fundamental approach, McGraw-Hill Book Comp., New York.
- Slavich, D.M., 1982, Project evaluation- a key step to implementation, CIM Bulletin, Vol.75, No:84, pp.91-98 .
- Sloan, D.A., 1983, Mine management, Chapman and Hall, London, 495 p.
- Sobol, I.M., 1974, The Monte Carlo Method, The University of Chicago Press, Chicago, pp.1-30 .

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Sönmez, İ.H., 1983, Ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti ve sınırlı ömürlü yatırım projelerinin değerlendirilmesi, E.Ü. İ.İ.B.Fak. Dergisi, Mayıs 1983, s.115-130 .
- Sönmez, İ.H., 1984, Riskli yatırım projelerinin değerlendirilmesinde ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti ve finansal varlıkları fiyatlama modelinin kullanılması, E.Ü. İ.İ.B.Fak. Dergisi, Kasım 1984, s.125-135 .
- Strauss, S.D., 1978, Influences that determine metal prices, 8.Commonwealth Mining and Metallurgical Congress, Hongkong, pp.9-12 .
- Şenel, M., 1974, Doğrusal programlama metodu ile üretim planlaması ve bir tekstil işletmesinde uygulama, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:110/64, Ankara, 80 s.
- Şenel, M., 1983, Mali matematik, Bilim ve Teknik Kitabevi, Eskişehir, 202 s.
- Şenesen, Ü., 1982, Riskli yatırım önerilerinin değerlendirilmesi, İ.T.Ü. Kütüphanesi, S.1214, İstanbul, 134 s.
- Taylor, H.K., 1972, General background theory of cutoff grades, IMM-Transactions, Vol.81, pp.A160-A179 .
- Tecer, M., 1982, İşletme ekonomisi, Ekonomist Yayınevi, Ankara, 294 s.
- Tekok, O., 1973, Yatırım ve finanslama kararlarının finans fonksiyonu içerisindeki gelişimi, A.İ.T.İ.A. Yayınları, No:70, Ankara.
- Tekok, O., 1978, Finansal yönetim: finansal planlama- yatırım politikası, A.İ.T.İ.A., Ankara, 258 s.
- Tenker, L., 1970, Pazarlama teknikleri, politikası ve fiyatlandırma, Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, Devlet Yatırım Bankası, Ankara, s.203-225.
- Topçu, A., 1985, Sayısal ve alfanümerik vektörlerin bilgisayarda sıralama yöntemleri, A.Ü. Müh.Mim.Fak. Dergisi, C.2, S.2, Eskişehir, s.29-38.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Topuz, E., 1983, Maden yatırım projelerinde riskin tanımı ve ölçülmesi, Madencilikte Risk ve Yatırım Finansmanı Konferans Metinleri, E.T.K.B., Ankara, s.1-31 .
- Tulunay, Y., 1980, Matematik programlama ve işletme uygulamaları, İ.Ü. İşletme Fak. Yayınları, No:108, İstanbul, 621 s.
- Unutmaz, O., 1982, Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde üçgen dağılımların kullanılması, E.Ü. İ.İ.B.Fak. Dergisi, C.2, S.3, s.87-92 .
- Var, T., 1971, Yatırım projeleri ve belirsizlik, Madencilik Dergisi, C.10, S.1, s.49-52 .
- Wanless, R.M., 1983, Finance for mine management, Chapman and Hall Ltd., New York, 208 p.
- Wells, H.M., 1978, Optimization of mining engineering design in mineral valuation, Mining Engineering, December 1978, pp.1676-1684 .
- Wilke, F.L., 1986, Maden işletme ekonomisi, (Çev. İsmail Uğur), İ.T.Ü. Maden Fak., İstanbul, 166 s.
- Yücel, N., 1973, Monte Karlo Metodu, İ.T.Ü. Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü Yayınları, İstanbul .
- Yüzer, A.F., 1981, İşletme yönetiminde kar-zarar bütçesine olasılıklı yaklaşım, E.İ.T.İ.A. Yayınları, No:233/157, Eskişehir, 116 s.
- Zinn, C.D. and Lesso, W.G., 1977, A probabilistic approach to risk analysis in capital projects, The Engineering Economist, Vol.22, No:4, pp.239-260 .

MADENCİLİK YATIRIM KARARLARINDA
RISK ANALİZİ
VE SINIR TENÖR UYGULAMASI

Adnan Konuk

EKLER

- Ek.1 : Rezerv-Tenör Dağılımını Araştırmak Amacıyla Geliştirilen Bilgisayar Programı (LOGNORM).
- Ek.2 : LOGNORM'un İşletilmesi İçin Gerekli Verileri Hazırlayan Yardımcı Bilgisayar Programı (ADAT).
- Ek.3 : Sınır Tenör İlişkilerini Araştırmak ve Statik Sınır Tenör Optimizasyonu İçin Geliştirilen Bilgisayar Programı (SINTEOP).
- Ek.4 : Dinamik Sınır Tenör Optimizasyonu İçin Geliştirilen Bilgisayar Programı (DINAM).
- Ek.5 : DINAM'ın İşletilmesi İçin Gerekli Verileri Hazırlayan Yardımcı Bilgisayar Programı (DINA).
- Ek.6 : Risk Analizi Benzetim Modeli Bilgisayar Programı (RISK).
- Ek.7 : Statik Sınır Tenör Karar Seçenekleri İçin Elde Edilen Risk Analizi Sonuçları.
- Ek.8 : Statik ve Dinamik Optimizasyon Kararları İçin Elde Edilen Risk Analizi Sonuçları.

Ek.1 : Rezerv-Tenör Dağılımını Araştırmak Amacıyla Geliştirilen Bilgisayar Programı (LOGNORM).

```

10 OPEN "pr:" AS FILE 1
20 EXTEND
30 ; #1 CHR$(29*)
40 ! " *****"
50 ! " * "
60 ! " * REZERV TENOR DAGILIM PROGRAMI (LOGNORM) *"
70 ! " * "
80 ! " * Hazirlayan: Adnan Konuk (14/10/1987) *"
90 ! " * "
100 ! "*****"
110 OPTION BASE 0
120 DIM Ten(200), Rez(200), Dev(200), Tenac(100), Tenbc(100), Trezc(200), Tena(200), Tenb(200)
130 DIM Tenc(200), Rezc(200), Trez(200), Ortz(200), Ltan(200), Zal(50), Za2(50), Oz1(50)
140 DIM Oz2(50), Hada(50), Terez(50), Terk(50), Tena(50), Nbrez(50), U1(50), U12(50)
150 DIM U13(50), U14(50)
160 OPEN "kend:tdata" AS FILE 3
170 INPUT #3, N
180 FOR I=1 TO N
190 INPUT #3, Ten(I)
200 NEXT I
210 FOR I=1 TO N
220 INPUT #3, Rez(I)
230 NEXT I
240 FOR I=1 TO N
250 INPUT #3, Dev(I)
260 NEXT I
270 CLOSE 3
280 ! *****
290 ! TENDLERIN SIRALANMASI
300 ! *****
310 REM QUICK2
320 DIM L(205), R(205)
330 S1=1 : L(1)=1 : R(1)=N
340 L1=L(S1) : R1=R(S1) : S1=S1+1
350 L2=L1 : R2=R1
360 X=Ten((INT((L1+R1)/2)))
370 IF Ten(L2)>X THEN 400
380 L2=L2+1
390 GOTO 370
400 IF X=Ten(R2) THEN 430
410 R2=R2-1
420 GOTO 400
430 IF L2=R2 THEN 470
440 T=Ten(L2) : Ten(L2)=Ten(R2) : Ten(R2)=T : Tc=Rez(L2) : Rez(L2)=Rez(R2)
450 Rez(R2)=Tc : Ttt=Dev(L2) : Dev(L2)=Dev(R2) : Dev(R2)=Ttt
460 L2=L2+1 : R2=R2-1
470 IF L2=<R2 THEN 370

```

Ek.1 (devam ediyor)

```

480 IF L2)=R1 THEN 500
490 S1=S1+1 : L(S1)=L2 : R(S1)=R1
500 R1=R2
510 IF L1(R1) THEN 350
520 IF S1)0 THEN 340
530 ! SIRALAMA SONU
540 ! *****
550 ! MADEN YATABININ REZERV-TENOR DAGILIMININ ARASTIRILMASI
560 ! *****
570 ; #1 "MADEN YATABININ REZERV-TENOR DAGILIMI"
580 ; #1 "=====
590 GOSUB 1970
600 Toprez=0 : Ng=N
610 Mten=Ten(Ng) : Xten=Ten(1)
620 GOSUB 2050
630 FOR J=1 TO M
640   Ttrez=0
650   FOR I=1 TO Ng
660     Tenc(I)=Ten(I) : Rezo(I)=Rez(I)
670     GOSUB 2210
680   NEXT I
690   Toprez=Toprez+Ttrez(J)
700   ; #1 TAB(1) "*" TAB(3) Tenac(J) TAB(13) Tenbc(J) TAB(25) Trezc(J) TAB(41) "*"
710 NEXT J
720 FOR J=1 TO M
730   Tena(J)=Tenac(J) : Tenb(J)=Tenbc(J) : Trez(J)=Trezc(J)
740 NEXT J
750 ; #1 "x-----"
760 ; #1 "TOPLAM REZERV . . . . . =" ; Toprez
770 ; #1 STRING$(41,42)
780 ; #1 : ; #1 : ; #1
790 FOR I=1 TO Ng : Tenc(I)=0 : Rezo(I)=0 : NEXT I
800 FOR J=1 TO M
810   Tenac(J)=0 : Tenbc(J)=0 : Trezc(J)=0
820 NEXT J
830 Top=Toprez
840 A$="NORMAL" : B$="LOGNORMAL"
850 ! *****
860 ! DAGILIMIN PARAMETRELERININ HESAPLANMASI
870 ! *****
880 ; #1 "DAGILIMIN ISTATISTIKI PARAMETRELERI"
890 ; #1 "=====
900 GOSUB 2290
910 FOR J=1 TO M : Dvtx(J)=0 : U1(J)=0 : U2(J)=0 : U3(J)=0 : U4(J)=0 : NEXT J
920 Xort=M1*Sa+Xc
930 Ssap=Sa*SOR(Dmu2)
940 ; "CARPIKLIK KATSAYISI=" ; Alfa3
950 ; "BASIKLIK KATSAYISI =" ; Alfa4
960 INPUT "DAGILIMIN TIPI=" ; C$
970 IF C$=A$ GOTO 1300

```

Ek.1 (devam ediyor)

```

980 ! *****
990 ! LOGNORMAL DAGILIMIN PARAMETRELERI
1000 ! *****
1010 Vx=5sap/Xort
1020 IF Vx<1.2 GOTO 1250
1030 ! TENSORLERIN LOGARITMIK DAGILIMI
1040 ! *****
1050 FOR J=1 TO M : Tena(J)=0 : Tenb(J)=0 : Trez(J)=0 : NEXT J
1060 FOR I=1 TO N : Lten(I)=LOG(Ten(I)) : NEXT I
1070 Ng=N : Mten=Lten(Ng) : Xten=Lten(1)
1080 GOSUB 2050
1090 FOR J=1 TO M
1100   Ttrez=0
1110   FOR I=1 TO Ng
1120     Tenc(I)=Lten(I) : Rezo(I)=Rez(J)
1130     GOSUB 2210
1140   NEXT I : NEXT J
1150 FOR J=1 TO M
1160   Tena(J)=Tenac(J) : Tenb(J)=Tenbc(J) : Trez(J)=Ttrez(J)
1170   Tenac(J)=0 : Tenbc(J)=0 : Ttrez(J)=0
1180 NEXT J
1190 FOR I=1 TO Ng : Tenc(I)=0 : Rezo(I)=0 : NEXT I
1200 GOSUB 2290
1210 Alfa=M1*Sa+Xo : Beta=Sa*SQR(Dmu2)
1220 Xort=EXP(Alfa+((1/2)*(Beta^2)))
1230 Ssap=5QR((Xort^2)*(EXP(Beta^2)-1))
1240 GOTO 1270
1250 Beta=SQR(LOG((Ssap^2)/(Xort^2))+1))
1260 Alfa=LOG(Xort)-(1/2)*(Beta^2)
1270 ; #1 STRING$(55,45)
1280 ; #1 " | LOGARIT. ORTA. (ALFA)=";Alfa;TAB(40) "(ln gr/ton)" TAB(55) " |"
1290 ; #1 " | LOGARIT. S. SAP (BETA)=";Beta;TAB(40) "(ln gr/ton)" TAB(55) " |"
1300 ; #1 " | ARITMETIK ORTA. (XORT)=";Xort;TAB(40) "(gr/ton)" TAB(55) " |"
1310 ; #1 " | STANDART SAPMA (SSAP)=";Ssap;TAB(40) "(gr/ton)" TAB(55) " |"
1320 ; #1 " | CARPIKLIK DEG. (ALFA3)=";Alfa3;TAB(55) " |"
1330 ; #1 " | BASIKLIK DEG. (ALFA4)=";Alfa4;TAB(55) " |"
1340 ; #1 " | HIPOTEZ=";C$;" DAGILIM";TAB(55) " |"
1350 ; #1 STRING$(55,45)
1360 ; #1 : ; #1 : ; #1
1370 ! *****
1380 ! KIKARE TESTI
1390 ! *****
1400 ; #1 "KIKARE TESTI"
1410 ; #1 "======"
1420 ; #1
1430 ; #1 STRING$(55,42)
1440 ; #1 "* TENSOR ARAKLIKLARI   BERDEK.REZERV   TEORIK REZERV   *"
1450 ; #1 "   (gr/ton)                (ton)                (ton)                *"
1460 ; #1 STRING$(55,42)
1470 Kikal=0

```

Ek.1 (devam ediyor)

```

1480 IF D#=## GOTO 1550
1490 FOR J=1 TO M
1500   Za1(J)=(Tena(J)-Xort)/Ssap
1510   Za2(J)=(Tena(J)-Xort)/Ssap
1520   GOSUB 2640
1530 NEXT J
1540 GOTO 1600
1550 FOR J=: TO M
1560   Za1(J)=(LOG(Tena(J))-Alfa)/Beta
1570   Za2(J)=(LOG(Tena(J))-Alfa)/Beta
1580   GOSUB 2640
1590 NEXT J
1600 ; #1 STRING$(56,42)
1610 ; #1 : ; #1
1620 Mm=0
1630 FOR J=1 TO M
1640   IF Trez(J)=0 GOTO 1680
1650   Mm=Mm+1
1660   Terez(Mm)=Terez(J) ; Trez(tm)=Trez(J)
1670   GOTO 1690
1680   Trez(J+1)=Trez(J+1)+Trez(J)
1690 NEXT J
1700 FOR J=1 TO Mm
1710   Kikal=Kikal+((Trez(J)^2)/Terez(J))
1720 NEXT J
1730 Kika=((Kikal-Top)*100)/Top
1740 INPUT "GUVENIRLIK SINIRI=";Fz
1750 Sd=Nm-3
1760 A1=2.30737 ; A2=.27061 ; A3=.99229 ; A4=.04461
1770 Q=.5-ABS(Fz-.5)
1780 W=SQR(-2*LOG(Q)) ; W1=A1+A2*W ; W2=1+K*(A3+W*A4)
1790 C1=W-W1/W2 ; C1=C1*SGN(Fz-.5)
1800 A1=2/(9*Sd)
1810 W=1-A1+C1*SQR(A1)
1820 Kikar=Sd*(W^3)
1830 ; #1 "-----"
1840 ; #1 " | GUVENIRLIK SINIRI      (FZ)=";Fz;TAB(45) " |"
1850 ; #1 " | SERBESTLIK DERECESI    (SD)=";Sd;TAB(45) " |"
1860 ; #1 " | TEORIK KIKARE DEGERI    (KIKAR)=";Kika;TAB(45) " |"
1870 ; #1 " | GERCEK KIKARE DEGERI    (KIKAR)=";Kikar;TAB(45) " |"
1880 ; #1 "-----"
1890 IF Kika(=Kikar GOTO 1930
1900 ; #1 " | HIPOTEZ KABUL EDILEMEZ";TAB(45) " |"
1910 ; #1 "-----"
1920 GOTO 1950
1930 ; #1 " | HIPOTEZ KABUL EDILEBILIR ";TAB(45) " |"
1940 ; #1 "-----"
1950 STOP
1960 END

```

Ek.1 (devam ediyor)

```

1970 ! *****
1980 ! ALT PROGRAM-1(BASLIK YAZDIRMA)
1990 ! *****
2000 ; #1 STRING$(41,42)
2010 ; #1 "* TENDR ARALIKLARI          TONAJ          *"
2020 ; #1 " (GR/TON)                  (TON)          *"
2030 ; #1 STRING$(41,42)
2040 RETURN
2050 ! *****
2060 ! ALT PROGRAM-2(SINIF ARALIKLARI VE SINIRLARI)
2070 ! *****
2080 Saa=0 : Sa=0 : Ia=0
2090 Saa=(Mten-Kten)/(1+3.322*LOG10(Ng))
2100 ; "HESAPLANAN SINIF ARALIGI=";Saa
2110 INPUT "SINIF ARALIGI=";Sa
2120 ; "EN KUCUK TENDR          =" ;Kten
2130 INPUT "ALT SINIR=";Ia
2140 J=0 : M=0 : T1=0 : T1=Ia
2150 J=J+1
2160 Tenac(J)=Ia : T1=T1+Sa : Tenbc(J)=T1 : Ia=T1
2170 IF Tenbc(J)=Mten GOTO 2190
2180 GOTO 2150
2190 M=J
2200 RETURN
2210 ! *****
2220 ! ALT PROGRAM-3(FREKANGLAR)
2230 ! *****
2240 IF Tenc(1)<Tenac(J) GOTO 2280
2250 IF Tenc(1)=Tenbc(J) GOTO 2280
2260 Ttrez=Ttrez+Rezc(1)
2270 Trezc(J)=Ttrez
2280 RETURN
2290 ! *****
2300 ! ALT PROGRAM-4 (ISTATISTIKI PARAMETRELERIN HESAPLANMASI)
2310 ! *****
2320 FOR J=1 TO M
2330 OrtX(J)=(Tena(J)+Tenb(J))/2
2340 NEXT J
2350 Kk=INT(M/2) : Kkk=(M/2)-Kk
2360 IF Kkk=0 GOTO 2390
2370 K=Kk+1
2380 GOTO 2400
2390 K=Kk
2400 Xo=OrtX(K)
2410 FOR J=1 TO M
2420 U1(J)=(OrtX(J)-Xo)/Sa
2430 U12(J)=U1(J)^2
2440 U13(J)=U1(J)^3
2450 U14(J)=U1(J)^4
2460 NEXT J

```

Ek.1 (devam ediyor)

```

2470 Topr=0 : Nu=0 : Nu2=0 : Nu3=0 : Nu4=0
2480 FOR J=1 TO N
2490   Nu=Nu+U1(J)*Trez(J)
2500   Nu2=Nu2+U2(J)*Trez(J)
2510   Nu3=Nu3+U3(J)*Trez(J)
2520   Nu4=Nu4+U4(J)*Trez(J)
2530   Topr=Topr+Trez(J)
2540 NEXT J
2550 M1=Nu/Topr : M2=Nu2/Topr : M3=Nu3/Topr : M4=Nu4/Topr
2560 Mu2=M2-(M1^2)
2570 Mu3=M3-(3*M1*M2)+(2*(M1^3))
2580 Mu4=M4-(4*M1*M3)+(6*(M1^2)*M2)-(3*(M1^4))
2590 Dmu2=Mu2-(1/12) : Dmu3=Mu3
2600 Dmu4=Mu4-(.5*Mu2)+(7/270)
2610 Alfa3=Dmu3/((SQRT(Dmu2))^3)
2620 Alfa4=Dmu4/((SQRT(Dmu2))^4)
2630 RETURN
2640 ! *****
2650 ! ALT PROGRAM-5 (XIKARE TESTI)
2660 ! *****
2670 Xx=Za1(J) : GOSUB 2730 : Oz1(J)=An1
2680 Xx=Za2(J) : GOSUB 2730 : Oz2(J)=An1
2690 Hsda(J)=Oz2(J)-Oz1(J)
2700 Terez(J)=Topr*Hsda(J)
2710 ; #1 TAB(1) "*" TAB(3) Tena(J) TAB(13) Temb(J) TAB(25) Trez(J) TAB(40) Terez(J) TAB(55) "*"
2720 RETURN
2730 ! *****
2740 ! ALT PROGRAM-6 (STANDART NORMAL EGRI ALTINDAKI ALANLARIN HESABI)
2750 ! *****
2760 Zz=Xx
2770 IF Zz<0 THEN Zz=-Zz
2780 T=1/(1+.2316419*Zz)
2790 Phi=T*(.31938153+T*(-.356563782+T*(1.781477937+T*(-1.821255978+T*1.327274429))))
2800 E2=0
2810 IF Zz<=6 THEN E2=EXP(-Zz*Zz/2)*.3989422803
2820 Phi=i-E2*Phi
2830 IF Xx)=0 GOTO 2850
2840 Phi=i-Phi
2850 RETURN

```

Ek.2 : LOGNORM'un İşletilmesi İçin Gerekli Verileri Hazırlayan Yardımcı Bilgisayar Programı (ADAT).

```

10 OPEN "pr:" AS FILE 1
20 EXTEND
30 ; #1 CHR$(29%)
40 ! " *****"
50 ! " * "
60 ! " *          ADAT VERI PROGRAMI "
70 ! " * "
80 ! " * Hazirlayan: Adnan Konuk   (14/10/1987) "
90 ! " * "
100 ! " *****"
110 DIM Ten(205), Rez(205), Cev(205)
120 READ N
130 FOR I=1 TO N
140   READ Ten(I)
150 NEXT I
160 FOR I=1 TO N
170   READ Rez(I)
180 NEXT I
190 FOR I=1 TO N
200   READ Cev(I)
210 NEXT I
220 PREPARE 'KEND:TDATA' AS FILE 3
230 ; #3 N
240 FOR I=1 TO N
250   ; #3 Ten(I)
260 NEXT I
270 FOR I=1 TO N
280   ; #3 Rez(I)
290 NEXT I
300 FOR I=1 TO N
310   ; #3 Cev(I)
320 NEXT I
330 REM N
340 DATA 199
350 REM TEN(I)
360 DATA 448.6, 157.5, 123.75, 21.14, 235.4, 37.5, 194.68, 180, 68.5, 56.3, 120, 127.5, 43.75
370 DATA 72.5, 56.92, 200, 720, 55.1, 20, 21.4, 290.9, 133.5, 90, 315, 333.7, 790, 492.8, 279.6
380 DATA 375, 428.7, 340, 412.5, 102, 110.5, 145, 790, 207.5, 271, 160, 532.5, 351, 226.9, 73.1
390 DATA 92.5, 515, 737.5, 300, 68.5, 70, 50, 295, 23.63, 52.5, 65, 75, 145.4, 30, 50, 10, 121.6
400 DATA 120.2, 72, 130, 287.5, 170, 105, 742.5, 12.5, 32.5, 83, 55, 52.5, 22.5, 58.2, 25, 247.6
410 DATA 40, 312.5, 807.5, 55, 87.5, 27.5, 135, 215.9, 69.3, 92.5, 233.9, 190, 77.5, 225, 305
420 DATA 134.6, 45.2, 243.5, 1473.3, 125, 207.5, 107.5, 112.8, 52.5, 55.6, 60, 7.5, 115.5, 16
430 DATA 95, 351.5, 35, 200, 112.3, 62.5, 50.7, 16.5, 24.2, 35, 700, 272.3, 12.5, 73.1, 70, 109.6
440 DATA 43.5, 64.25, 31.8, 10, 230.7, 122.5, 137.5, 167.5, 42.5, 50, 120, 122.5, 77.5, 12.5
450 DATA 300, 32.5, 171.7, 80, 131.4, 200, 314.2, 78.7, 216.6, 426.8, 48.6, 433.7, 95, 57, 103.1
460 DATA 50, 75, 545, 67.1, 55, 215, 69.7, 558, 124.3, 92.2, 250, 137.1, 55, 143.1, 102.2, 10, 82.6
470 DATA 142.3, 327.4, 80, 65.9, 648, 192.4, 143.4, 411, 41.7, 540, 96.2, 365.5, 338.8, 76.3
480 DATA 125, 311.3, 100, 165.6, 100.3, 450, 100, 55, 74.4, 105, 81.3, 563.8, 122.6, 307.5, 63.5, 111, 118, 50
490 DATA 83.5, 111, 118, 60

```

Ek.2 (devam ediyor)

```

500 REM REZ(I)
510 DATA 225500,379250,112500,112500,245000,173415,231220,144512.5,202317.5,36707.5
520 DATA 130061,76245,533715,127075,304980,76245,101660,406540,163170,409510
530 DATA 179487,163170,59052.5,130433,214107.5,73830,34455,39375,24610,268870,57615
540 DATA 76820,38410,38410,28807.5,86422.5,57615,34490,11522.5,116899,99810
550 DATA 349335,99810,24952.5,78700,78700,132412.5,66206,66206,264825,16031,485809
560 DATA 156712.5,62685,62685,109599,138000,41400,124200,220000,151800,280700
570 DATA 70175,56140,48058,35735,203321,28815,12967,46104,20170.5,61952,191620,724275
580 DATA 27750,124875,56887.5,72150,83257.5,94358.5,22202,491112.5,56812.5
590 DATA 90900,95950,96390,232713,56457,55000,43238,86620,97216,396576,96281,57169
600 DATA 95281,57169,15884,235616,105895,119132,45005,80784,176256,122400,501840
610 DATA 144432,44064,39168,153000,72216,184824,244927.5,461040,28815,57630,144075
620 DATA 192436,225254,125307,286416,142000,224000,196000,142000,462000,21053,52991
630 DATA 55000,110000,27500,137500,27500,44370,44370,41412,17748,70992,17748,202125
640 DATA 259875,98175,153772.5,425477.5,217927.5,166040,212400,53100,132750,127440
650 DATA 31860,66375,66825,133650,28957.5,59925,63920,76200,52578,38862,30480,106680
660 DATA 30480,53340,60960,19050,108204,96774,51814,19064,62079,44971,37150
670 DATA 161300,79501.5,38731.5,74065.5,86296.5,84341,62787.5,157437,42171,13252.5
680 DATA 10862.5,184662.5,158592.5,23689,12756,22778,106602,34623,533000,141224
690 DATA 178580.5,73800,152212.5,11992.5,11070,27675
700 REM CEV(I)
710 DATA 1,4,4,4,4,1,4,4,5,4,4,1,3,2,3,5,4,5,1,3,4,5,1,1,3,2,4,5,4,1,5,4,5,5,5,4
720 DATA 4,4,3,1,1,4,4,5,1,1,1,4,4,5,1,2,3,2,5,4,3,2,4,5,4,5,6,5,1,4,1,1,5
730 DATA 4,3,2,3,3,5,4,4,4,1,4,4,3,5,4,2,1,5,4,5,4,5,6,5,6,5,6,1,6,4,5,4,1,3,2
740 DATA 3,4,5,4,4,5,5,2,3,5,4,3,5,4,6,5,1,2,3,3,5,1,5,4,5,4,5,6,1,5,1,4,4,2,1,2
750 DATA 3,1,1,4,4,1,4,4,4,5,4,1,4,6,1,4,1,2,3,4,4,4,4,4,5,4,4,1,2,4,2,4,4,1,2,4
760 DATA 4,1,4,4,4,1,4,2,4,1,2,4,2,4,3,4,4,1,2,4,2,3

```

Ek.3 : Sınır Tenör İlişkilerini Araştırmak ve Statik Sınır Tenör OPTimizasyonu İçin Geliştirilen Bilgisayar Programı (SINTEOP).

```

10 OPEN "pr:" AS FILE 1
20 ; #1 CHR$(29%)
30 OPTION BASE 0
40 EXTEND
50 ! " *****"
60 ! " *"
70 ! " * STATİK SINIR TENOR OPTİMİZASYONU (SINTEOP) *"
80 ! " *"
90 ! " * (KONSANTRATOR METAL ÜRETİMİ SABİT) *"
100 ! " *"
110 ! " * Hazırlayan: Adnan KONUK 20/10/1987 *"
120 ! " *"
130 ! " *****"
140 DIM Ni(10),Nn(10),Ikol(10),Nakit(30,10),Y(30),Msf(30),Vokar(30,10),Vergi(30,10)
150 DIM Amort(30),Fg(30),Nakc(30,10),Nakg(30,10)
160 DIM Yat(30),Serm(30),Sge(30,10),Urgi(30,10),Nbd(10),Nkt(10),Nak(30)
170 ! *****
180 ! VERİLERİN OKUTULMASI
190 ! *****
200 READ M, Mn, La, Lf
210 READ Sgls, Kdg, Adg, Ttr, R, Yvo, Ortp, Rk, Dol, Hd
220 FOR I=1 TO Mn
230 READ Yat(I)
240 NEXT I
250 FOR I=1 TO La : READ Amort(I) : NEXT I
260 FOR I=1 TO Lf : READ Fg(I) : NEXT I
270 FOR I=1 TO Mm : READ Serm(I) : NEXT I
280 GOSUB 2390
290 ! *****
300 ! MADEN ÖMRÜ
310 ! (ÇOK YATIRIM SÜRESİ DAHİL)
320 ! *****
330 FOR J=1 TO N
340 Ni(J)=M*Mn(J)
350 Nn(J)=INT(Ni(J))
360 IF Nn(J) < Ni(J) THEN Nn(J)=Nn(J)+1
370 NEXT J
380 ; #1 STRING$(33,42)
390 ; #1 "STATİK SINIR TENOR OPTİMİZASYONU"
400 ; #1 "(KONSANTRATOR METAL ÜRETİMİ SABİT)"
410 ; #1 STRING$(33,42)
420 ; #1 ; ; #1 ; ; #1
430 ; #1 "KARLILIK ÖLÇÜTLERİ DİZELGESİ "
440 ; #1 "===== "
450 ; #1

```

Ek.3 (devam ediyor)

```

460 ; #: STRING$(55,42)
470 ; #: " * TKAP(J) XC(J) OXC(J) MN(J) NBD(J) IKO(J) *"
480 ; #1 " * (TON/DUN) (GR/TON) (GR/TON) (YIL) (TL) (%) *"
490 ; #1 STRING$(65,42)
500 ! *****
510 ! METAL SATIS FIYATLARININ TAHMINI
520 ! *****
530 FOR J=1 TO N
540 Y(0)=LOG(Drop)
550 FOR I=1 TO Nn(J)
560 Jm=I-M
570 IF I<=M GOTO 600
580 Y(I)=Y(0)+(R)*Jm
590 Msf(I)=(EXP(Y(I))*Dol)/3110.35
600 NEXT I
610 ! *****
620 ! NAKIT AKIMLARI VE KARLILIK
630 ! GICUTLERININ HESAPLANMASI
640 ! *****
650 Nbd(J)=0 : Nkt(J)=0 : Kr=1
660 FOR I=1 TO Nn(J)
670 Jm=I-M
680 IF I>M GOTO 710
690 Nakt(I,J)=Yat(I)+Serm(I) : Nakt(I,J)=0
700 GOTO 890
710 IF I<>Nn(J) GOTO 750
720 IF Nn(J) \= N1(J) GOTO 750
730 Kr=N1(J)-(I-1)
740 IF Kr=0 THEN Kr=1
750 Urgi(I,J)=Sgid+((Konk(J)*Kdg)+((Konk(J)+Konk(J)*Dkorn(J)*Yog)*Adg))*Yfg*Kr
760 IF Jm<=La THEN Urgi(I,J)=Urgi(I,J)+Amort(Jm)
770 IF Jm<=Lf THEN Urgi(I,J)=Urgi(I,J)+Fg(Jm)
780 Sge(I,J)=Konk(J)*Yfg*Oxc(J)*Ttr*Msf(I)*Kr
790 Vokar(I,J)=Sge(I,J)-Urgi(I,J)
800 IF Jm<1 GOTO 820
810 GOTO 830
820 IF Vokar(I-1,J) <> 0 THEN Vokar(I,J)=Vokar(I,J)+Vokar(I-1,J)
830 Vergi(I,J)=Vokar(I,J)*Yvo
840 IF Vokar(I,J) <> 0 THEN Vergi(I,J)=0
850 Nakt(I,J)=Sge(I,J)+Amort(Jm)+Fg(Jm)
860 Nakt(I,J)=Urgi(I,J)+Vergi(I,J)
870 IF I<=M THEN Nakt(I,J)=Nakt(I,J)+Yat(I)+Serm(I)
880 IF I<=Nn(J) THEN Nakt(I,J)=Nakt(I,J)+Hd
890 Nakt(I,J)=Nakt(I,J)-Nakt(I,J)
900 IF Kr<1 GOTO 930
910 Nbd(J)=Nbd(J)+(Nakt(I,J)/((1+R)^Jm))
920 GOTO 940

```

Ek.3 (devam ediyor)

```

930   Nbd(J)=Nbd(J)+Nakit(I,J)/((1+R)^(Jm-1+Kr))
940   Nkt(J)=Nkt(J)+Nakit(I,J)
950   NEXT I
960   GOSUB 1490
970   ; #1 USING "*" #####   ##.##   ##.##   ##.## " Tkap(J),Xc(J),Oxc(J),Mn(J);
980   ; #1 USING "   ##.####^^^  #.#####  *" Nbd(J),Iko(J)
990   NEXT J
1000 ; #1 STRING$(69,42)
1010 ! *****
1020 ! OPTIMUM SINIR TENDRON
1030 ! ARASTIRILMASI
1040 ! *****
1050 Endb=Nbd(1) : Ei=1 : Eiko=Iko(1) : Fi=1
1060 FOR J=2 TO N
1070   IF Nbd(J)=Endb GOTO 1090
1080   Endb=Nbd(J) : Ei=J
1090   IF Iko(J)=Eiko GOTO 1110
1100   Eiko=Iko(J) : Fi=J
1110 NEXT J
1120 IF Ei<Fi GOTO 1160
1130 IF Ei=Fi GOTO 1200
1140 J=Fi : Ti=Ei
1150 GOTO 1170
1160 J=Ei : Ti=Fi
1170 Nkt(J)=0
1180 FOR I=1 TO Mn(J)
1190   Nakit(I,J)=Nakit(I,J)-Nakit(I,Ti)
1200   Nkt(J)=Nkt(J)+Nakit(I,J)
1210 NEXT I
1220 GOSUB 1700
1230 Rf=Rr
1240 IF Rf=10 GOTO 1260
1250 IF Rf<R GOTO 1280
1260 J=Ei
1270 GOTO 1290
1280 J=Fi
1290 ; #1 : ; #1
1300 ; #1 "OPTIMIZASYON SONUCLARI"
1310 ; #1 "=====
1320 ; #1
1330 ; #1 STRING$(60,45)
1340 ; #1 "1 SINIR TENDR           (XC(J)  =";Xc(J) TAB(50) " Gr/Ton" TAB(60) "1"
1350 ; #1 "1 ORTALAMA TENDR       (OXC(J)  =";Oxc(J) TAB(50) " Gr/Ton" TAB(60) "1"
1360 ; #1 "1 TUKENME KAPASITESI   (TKAP(J) =";Tkap(J) TAB(50) " Ton/Gun" TAB(60) "1"
1370 ; #1 "1 KONSANTRATOR KAPASI. (KONK(J) =";Konk(J) TAB(50) " Ton/Gun" TAB(60) "1"
1380 ; #1 "1 ISLET. CEVHER REZERVİ (REZE(J) =";Reze(J) TAB(50) " Ton" TAB(60) "1"
1390 ; #1 "1 DEKAPAJ DRANI        (DKORN(J)=";Dkorn(J) TAB(50) " m3/Ton" TAB(60) "1"

```

, Ek.3 (devam ediyor)

```

1400 ; #1 "I NET BUGUNKU DEGER      (Nbd(J)  =";Nbd(J) TAB(50) " TL " TAB(60) "I"
1410 ; #1 "I IC KARLILIK ORANI      (IKo(J)  =";Iko(J);TAB(60) "I"
1420 ; #1 "I INDIRGEME ORANI       (R)     =";R;TAB(60) "I"
1430 ; #1 "I FISHER ORANI          (RF)    =";RF;TAB(60) "I"
1440 ; #1 STRING$(60,45)
1450 STOP
1460 ! ALT PROGRAM-2
1470 ; #1 STRING$(32,60)
1480 RETURN
1490 ! *****
1500 ! IKO(IC KARLILIK ORANI) ALT PROGRAMI
1510 ! *****
1520 Id=0 : Is=0
1530 FOR I=1 TO Nk(J)
1540 IF Is=0 GOTO 1650
1550 IF Id=0 GOTO 1690
1560 IF Nakit(I,J)=0 GOTO 1610
1570 Id=Id+1
1580 GOTO 1610
1590 IF Nakit(I,J)0 GOTO 1610
1600 Is=Is+1
1610 NEXT I
1620 Ar=0
1630 GOSUB 1700
1640 GOTO 1650
1650 Ar=10
1660 Iko(J)=Ar
1670 RETURN
1680 ! *****
1690 ! BINARY (ARAMA YONTEMI ILE VERILEN
1700 ! ARALIKTA POLINOM KOKLERININ
1710 ! BULUNMASI) ALT PROGRAMI
1720 ! *****
1730 IF BSN(Nkt(J))1 GOTO 1770
1740 IF Nkt(J)=0 GOTO 1790
1750 A=1 : B=2
1760 GOTO 1830
1770 A=2 : B=1
1780 GOTO 1830
1790 Ar=0 : RETURN
1800 REM bir fonksiyonun gercek kokleri (BINARY)
1810 REM Y(X)=0 fonksiyonunun (A,B)
1820 REM analizindeki gercek koklerinin hesabi (BINARY arama)
1830 REM ARASA: aralik sayisi
1840 REM ADIM:adim sayisi (binary aramada)
1850 IF A>B THEN PRINT "verilen aralik hatali !" : RETURN
1860 ArasaX=5X
1870 AdimX=10X
1880 W$="YOK" : Wc=A : WmX=ArasaX
1890 IF A=B THEN WmX=1X

```

Ek.3 (devam ediyor)

```

1900 D=(B-A)/Arasa%
1910 W1X=0
1920 FOR KX=1X TO WmX
1930 Wx=W1 : GOSUB 2290
1940 F1=SGN(WF)
1950 W2=A+KX*D
1960 Wx=W2 : GOSUB 2290
1970 F2=SGN(WF)
1980 IF F1*F2=-1 GOTO 2070
1990 IF F1*F2=1 GOTO 2250
2000 IF F1=0 GOTO 2020
2010 GOTO 2040
2020 W1X=W1X+1X
2030 Rr=W1-1 : W#="VAR" : IF W#="VAR" THEN GOTO 2280
2040 W1=W1+.001
2050 GOTO 2250
2060 REM binary arasa
2070 FOR JX=1X TO AdinX
2080 B=.5*(W1+W2)
2090 Wx=B : GOSUB 2290
2100 F3=SGN(WF)
2110 IF F3=0 GOTO 2230
2120 IF F3=1 GOTO 2160
2130 IF F3=0 GOTO 2210
2140 IF F1>0 GOTO 2190
2150 GOTO 2250
2160 IF F1=-1 GOTO 2190
2170 IF F2=-1 GOTO 2210
2180 GOTO 2150
2190 W2=B
2200 GOTO 2220
2210 W1=B
2220 NEXT JX
2230 W1X=W1X+1X
2240 Rr=B-1 : W#="VAR" : IF W#="VAR" THEN GOTO 2280
2250 W1=W2
2260 NEXT KX
2270 IF W#="YOK" THEN Rr=10
2280 RETURN
2290 Wni=Nn(J)
2300 Wf=0
2310 FOR Ii=1 TO Nn(J)
2320 Wnn=Wni-Ii
2330 IF Wnn=0 GOTO 2360
2340 Wf=Wf+Nakit(Ii,J)*Wx^Wnn
2350 GOTO 2370
2360 Wf=Wf+Nakit(Ii,J)
2370 NEXT Ii
2380 RETURN

```

Ek.3 (devam ediyor)

```

2392 ! *****
2400 ! SINIR TENDR-TONAJ ILISKISI (SINTEN)
2410 ! ALT PROGRAMI
2420 ! *****
2430 INPUT "SINIR TENDR SECENEK SAYISI(N)=";N
2440 DIM Xc(N), Tkap(N), Zc(N), Tc(N), Reze(N), Fz(N), Zcb(N), Dxc(N), Fzb(N), Mc(N)
2450 DIM Dkorn(N), Konk(N), Gtm(N), Torn(N), Ym(N), Mn(N)
2460 READ Alfa, Beta, Xort, Rez, Yfg, Yog, Dek
2470 INPUT "BASLANGIC SINIR TENDR=";Xc(1)
2480 INPUT "BASLANGIC TUKENME KAP=";Tkap(1)
2490 INPUT "TUKENME KAPAS. ARALIGI=";Ra
2500 ; #1 STRING$(30, 42)
2510 ; #1 "SINIR TENDR TONAJ ILISKISI  "
2520 ; #1 STRING$(30, 42)
2530 ; #1 : ; #1 : ; #1 : ; #1
2540 ! *****
2550 ! KONSANTRATOR METAL URETIMI SABIT
2560 ! *****
2570 Qm=Xort*Rez
2580 J=1
2590 Zc(J)=(LOG(Xc(J))-Alfa)/Beta : Xx=Zc(J)
2600 GOSUB 2920 : Fz(J)=Phi
2610 Tc(J)=1-Fz(J)
2620 Reze(J)=Rez*Tc(J)
2630 Zcb(J)=Zc(J)-Beta : Xx=Zcb(J)
2640 GOSUB 2920 : Fzb(J)=Phi
2650 Dxc(J)=(Xort/Tc(J))*(1-Fzb(J))
2660 Mc(J)=(Dxc(J)*Tc(J))/Xort
2670 Dkorn(J)=((Rez+Dek-Reze(J))/Yog)/Reze(J)
2680 Konk(J)=Tkap(J)
2690 Qym=Dxc(J)*Konk(J)*Yfg
2700 Ym(J)=Qym/(1.E+06)
2710 Gtm(J)=(Reze(J)/(Tkap(J)*Yfg))*Qym
2720 Mn(J)=Reze(J)/(Konk(J)*Yfg)
2730 FOR J=2 TO N
2740   Tkap(J)=Tkap(J-1)+Ra
2750   Gtm(J)=(Reze(1)/(Tkap(J)*Yfg))*Qym
2760   Mc(J)=Gtm(J)/Qm
2770   Fzb(J)=1-Mc(J)
2780   Phi=Fzb(J) : GOSUB 3050 : Zcb(J)=Vnorm
2790   Zc(J)=Zcb(J)+Beta : Xx=Zc(J)
2800   GOSUB 2920 : Fz(J)=Phi
2810   Tc(J)=1-Fz(J)
2820   Xc(J)=EXP(Zc(J)*Beta+Alfa)
2830   Dxc(J)=(Mc(J)/Tc(J))*Xort
2840   Konk(J)=Qym/(Dxc(J)*Yfg)

```

Ek.3 (devam ediyor)

```

2850 Reze(J)=Rez*Tc(J)
2860 Dkorr(J)=((Rez*Dek-Reze(J))/Yog)/Reze(J)
2870 Ym(J)=Qym/(1.E+06)
2880 Mn(J)=Reze(J)/(Konk(J)*Yfg)
2890 NEXT J
2900 GOSUB 3300
2910 RETURN
2920 ! *****
2930 ! FNORM ALT PROGRAMI (STANDART NORMAL EGRI ALTINDAKI ALANLARIN HESAPLANMASI)
2940 ! *****
2950 Zz=Xx
2960 IF Zz<0 THEN Zz=-Zz
2970 T=1/(1+.2316419*Zz)
2980 Phi=T*(.31938153+T*(-.356563782+T*(1.781477937+T*(-1.821255978+T*1.330274429))))
2990 E2=0
3000 IF Zz<=6 THEN E2=EXP(-Zz*Zz/2)*.3989422803
3010 Phi=1-E2*Phi
3020 IF Xx=>0 GOTO 3040
3030 Phi=1-Phi
3040 RETURN
3050 ! *****
3060 ! VNRM ALT PROGRAMI (STANDART NORMAL DEGER HESABI)
3070 ! *****
3080 Plim=1.E-18
3090 P0=-.32232431088 ; P1=-1 ; P2=-.342242088547 ; P3=-2.04231210245E-02
3100 P4=-4.53642210148E-05
3110 Q0=9.9349462606E-02 ; Q1=.588581570495 ; Q2=.531103462366 ; Q3=.10353775285
3120 Q4=3.8560700634E-03
3130 Ifault=0
3140 P=Phi
3150 IF P>.5 THEN P=1-P
3160 IF P)=Plim GOTO 3200
3170 Vtemp=0
3180 IF A<0 GOTO 3250
3190 GOTO 3220
3200 Y=SQR(-LOG(P*P))
3210 Vtemp=Y+((((Y*P4+P3)*Y+P2)*Y+P1)*Y+P0)/((((Y*Q4+Q3)*Y+Q2)*Y+Q1)*Y+Q0)
3220 IF Phi<.5 THEN Vtemp=-Vtemp
3230 Vnorm=Vtemp
3240 RETURN
3250 Ifault=6
3260 Vnorm=Vtemp
3270 ; "PHI HATALI !"
3280 RETURN

```

Ek.3 (devam ediyor)

```

3290 ! *****
3300 ! SONUCLARIN YAZDIRILMASI
3310 ! *****
3320 ; #1 STRING$(30,51)
3330 ; #1 "KONSANT. METAL URETIMI SABIT "
3340 ; #1 STRING$(30,51)
3350 ; #1 ; ; #1
3360 ; #1 STRING$(96,42)
3370 ; #1 "* TKAP(J) XC(J) OXC(J) TC(J) MC(J) KONK(J) ";
3380 ; #1 "REZE(J) DKORN(J) MN(J) *"
3390 ; #1 "* (TON/GUN) (GR/TON) (GR/TON) (TON/GUN) ";
3400 ; #1 " (TON) (KZ/TON) (YIL) *"
3410 ; #1 STRING$(96,42)
3420 FOR J=1 TO N
3430 ; #1 USING "*" ###.## ##.## #.### " Tkap(J),Xc(J),Oxc(J),Tc(J);
3440 ; #1 USING "#.### ###.# ##### #.###" Mc(J),Konk(J),Reze(J),Dkorn(J);
3450 ; #1 USING " ##.## *" Mn(J)
3460 NEXT J
3470 ; #1 STRING$(96,42)
3480 ; #1 ; ; #1
3490 RETURN
3500 REM M
3510 DATA 5
3520 REM MM
3530 DATA 6
3540 REM LA
3550 DATA 12
3560 REM LF
3570 DATA 9
3580 REM SGID
3590 DATA 1.8938e+9
3600 REM KDB
3610 DATA 7996.07
3620 REM ADS
3630 DATA 573.754
3640 REM TTR
3650 DATA .675
3660 REM R
3670 DATA .25
3680 REM YVO
3690 DATA .537
3700 REM DRTP
3710 DATA 1136.91
3720 REM RK
3730 DATA 4.30435E-2
3740 REM DOL
3750 DATA 795

```

Ek.3 (devam ediyor)

```
3760 REM HD
3770 DATA 1.5E+9
3780 REM YAT(I)
3790 DATA 1.516E+9,1.574E+9,11.935E+9,26.250E+9,8.715E+9,3.962E+9
3800 REM AMORT(I)
3810 DATA 5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9
3820 DATA 5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,3.382E+9
3830 REM FG(I)
3840 DATA 0,1.968E+9,1.023E+9,1.484E+9,1.147E+9,.701E+9,.467E+9,.101E+9,.028E+9
3850 REM SERM(I)
3860 DATA 0,0,0,0,5.678E+9,1.893E+9
3870 REM ALFA
3880 DATA 4.8223
3890 REM BETA
3900 DATA .79109
3910 REM XORT
3920 DATA 169.901
3930 REM REZ
3940 DATA 24772740
3950 REM YFG
3960 DATA 300
3970 REM YOG
3980 DATA 2.5
3990 REM DEK
4000 DATA 720294
```

Ek.4 : Dinamik Sınır Tenör Optimizasyonu İçin Geliştirilen
Bilgisayar Programı (DINAM).

```

10 OPEN "prt" AS FILE 1
20 ; #1 CHR$(29%)
30 EXTEND
40 ; #1 " *****"
50 ; #1 " * " * "
60 ; #1 " * DİNAMİK PROGRAMLAMA İLE * "
70 ; #1 " * SINIR TENÖR OPTİMİZASYONU * "
80 ; #1 " * (DİNAM) * "
90 ; #1 " * "
100 ; #1 " * Hazırlayan: Adnan Konuk * "
110 ; #1 " * 21/10/1987 * "
120 ; #1 " * "
130 ; #1 " *****"
140 DIM Yat(30), Dxc(5), Xc(5), Reze(5), Dkorn(5), Konk(5), Tkap(5), K1(27), K2(27)
150 DIM P(27), Kapa(27, 54), Serm(30)
160 DIM Mkar(54, 5), Opkar(27), W(27), Krez(27), Kap(27), Kons(27), F(27, 54), Jj(27, 54)
170 DIM Y(30), Msf(30), Vokar(27, 54), Vokr(54, 5), Amort(30), Fg(30)
180 ! *****
190 ! VERİLERİN OKUTULMASI
200 ! *****
210 READ Adg, Kdg, Sgid, Ttr, R, Ortp, Rk, Do1
220 READ N, M, Mm, Ra, Yog, Yfg, Mn, Hd, Yvo, La, Lf
230 FOR I=1 TO Mm : READ Yat(I) : NEXT I
240 FOR I=1 TO Mm : READ Serm(I) : NEXT I
250 FOR I=1 TO La : READ Amort(I) : NEXT I
260 FOR I=1 TO Lf : READ Fg(I) : NEXT I
270 OPEN "DIN" AS FILE 3
280 FOR J=1 TO N : INPUT #3, Tkap(J) : NEXT J
290 FOR J=1 TO N : INPUT #3, Xc(J) : NEXT J
300 FOR J=1 TO N : INPUT #3, Dxc(J) : NEXT J
310 FOR J=1 TO N : INPUT #3, Reze(J) : NEXT J
320 FOR J=1 TO N : INPUT #3, Dkorn(J) : NEXT J
330 FOR J=1 TO N : INPUT #3, Konk(J) : NEXT J
340 CLOSE 3
350 T#="1986-10-30 00:00:00"
360 SET TIME T#
370 ; #1 BLU T#
380 GOSUB 1500
390 ! *****
400 ! METAL SATIS FİYATLARI
410 ! *****
420 Y(M)=LOB(Ortp)
430 FOR I=(M+1) TO Mn
440 Y(I)=Y(M)+(R)*I*(I-M)
450 Msf(I)=(EXP(Y(I))*Do1)/3110.35
460 ; RED Msf(I)
470 NEXT I

```

Ek.4 (devam ediyor)

```

480 ! *****
490 ! KADEMELEERDEKI DURUMLARIN BELIRLENMESI
500 ! *****
510 K1(M)=0 ; K2(M)=0
520 Rez=INT(Reze(I)/Yfg)
530 FOR I=M+1 TO Nn
540   K1(I)=K1(I-1)+Tkap(I)/Ra
550   K2(I)=K2(I-1)+Tkap(N)/Ra
560   IF K1(I)=INT(Rez/Ra) GOTO 600
570   IF K2(I)=INT(Rez/Ra) GOTO 630
580   P(I)=K2(I)-K1(I)+1
590   GOTO 640
600   K1(I)=INT(Rez/Ra)+1 ; K2(I)=INT(Rez/Ra)+1
610   P(I)=K2(I)-K1(I)+1
620   GOTO 640
630   K2(I)=INT(Rez/Ra)+1 ; P(I)=K2(I)-K1(I)+1
640   ; RED K1(I), RED K2(I), RED P(I)
650 NEXT I
660 ! *****
670 ! KADEME KARARLARI OPTIMIZASYONU
680 ! *****
690 FOR I=M+1 TO Nn : Ii=I-1
700   FOR Py=1 TO P(I)
710     Kapa(I,Py)=(K1(I)+Py-1)*Ra
720     FOR J=1 TO N
730       IF I=M+1 GOTO 910
740       Kapi=Kapa(I,Py)-Tkap(J)
750       IF Kapi=0 GOTO 950
760       FOR Pk=1 TO P(Ii)
770         IF Kapi()Kapa(Ii,Pk) GOTO 830
780         Kap2=Tkap(J)
790         IF Kapa(I,Py))Rez THEN Kap2=Rez-Kapi
800         GOSUB 1570
810         Mkar(Py,J)=Nak+F(Ii,Pk)
820         GOTO 850
830       NEXT Pk
840       GOTO 950
850     NEXT J
860     GOSUB 1800
870   NEXT Py
880   GOSUB 1930
890 NEXT I
900 GOTO 970
910 Kapi=Kapa(I,Py) : Kap2=Tkap(J)
920 IF Kapi()Tkap(J) GOTO 950
930 GOSUB 1570
940 Mkar(Py,J)=Nak : GOTO 850
950 Mkar(Py,J)=0 : GOTO 850

```

Ek.4 (devam ediyor)

```

950 ; *****
970 ; OPTIMUM KARARLAR DIZILIMININ
980 ; SAPTANMASI
990 ; *****
1000 Tyat=0
1010 FOR I=1 TO M
1020   Jm=I-M
1030   Tyat=Tyat-((Yat(I)+Berm(I))/((1+R)^Jm))
1040   Opkar(I)=Tyat : W(I)=0 : Krez(I)=0 : Kap(I)=0 : Kons(I)=0
1050 NEXT I
1060 X1=1 : X2=0 : X3=X+1
1070 Okar=F(X3,1)
1080 FOR I=X+1 TO Nn
1090   FOR Py=1 TO P(L)
1100     IF Okar=F(I,Py) GOTO 1120
1110     Okar=F(I,Py) : X1=I : X2=Py
1120   NEXT Py
1130 NEXT I
1140 N=X1
1150 Opkar(X1)=Okar : W(X1)=Jj(X1,X2) : Kap(X1)=Tkap(W(X1))
1160 IF Kapa(X1,X2) Rez GOTO 1190
1170 Krez(X1)=Kapa(X1,X2)*Yfg : Kons(X1)=Konk(W(X1))
1180 GOTO 1200
1190 Krez(X1)=Reze(I) : Kons(X1)=I-((Kapa(X1,X2)-Rez)/(Tkap(W(X1))*Yfg))*Konk(W(X1))
1200 I1=X1-1 : IF I1=X GOTO 1250
1210 X1=I1 : X2=X2+1-W(X1+1)
1220 Opkar(X1)=F(X1,X2) : W(X1)=Jj(X1,X2) : Kap(X1)=Tkap(W(X1))
1230 Krez(X1)=Kapa(X1,X2)*Yfg : Kons(X1)=Konk(W(X1))
1240 GOTO 1200
1250 Op=0 : Kurez=0
1260 ; #1 STRING$(100,45)
1270 ; #1 " YILLAR   TKAP(J)   XC(J)   OXC(J)   KONK(J)   ";
1280 ; #1 " KULREZ       Y.NBD       T.NBD   "
1290 ; #1 "           (ton/gun) (gr/ton) (gr/ton) (ton/gun) ";
1300 ; #1 "           (TL)       (TL)       "
1310 ; #1 STRING$(100,45) : Kurez=0
1320 FOR I=1 TO N1
1330   J=W(I) : IF J=X GOTO 1370
1340   Op=Opkar(I) : IF I=1 GOTO 1360
1350   Yop=Opkar(I) : GOTO 1410
1360   Yop=Opkar(I)-Opkar(I-1) : GOTO 1410
1370   Op=Opkar(I)+Opkar(M)
1380   IF I=X+1 GOTO 1400
1390   Yop=Opkar(I) : GOTO 1410
1400   Yop=Opkar(I)-Opkar(I-1)
1410   Kurez=Kurez+Kons(I)*Yfg

```

Ek.4 (devam ediyor)

```

1420 ; #1 USING " : ##      ###      ##.##      ##.##      " I,Kap(I),Xc(J),Dxc(J);
1430 ; #1 USING "      ###.#      " Kons(I);
1440 ; #1 USING "#####      ##.###^####      ##.###^####      !" Kurez, Yop, Op
1450 NEXT I
1460 ; #1 STRING$(100,45)
1470 ; #1 BLU TIME#
1480 STOP
1490 ! *****
1500 ! MADEN DMRU ALT PROGRAMI
1510 ! *****
1520 Nn=INT(Mn)
1530 IF Nn<Mn THEN Nn=Nn+1
1540 Nn=Nn+K
1550 RETURN
1560 ! *****
1570 ! NAKIT AKIMLARI ALT PROGRAMI
1580 ! *****
1590 Kr=Kap2/Tkap(J) ; Jm=I-M
1600 Urgi=Sgid+(Kdg+(1+Dkorn(J)*Yog)*Adg)*Konk(J)*Yfg*Kr
1610 IF Jm=La THEN Urgi=Urgi+Amort(Jm)
1620 IF Jm=Lf THEN Urgi=Urgi+Fg(I)
1630 Sge=Konk(J)*Dxc(J)*Yfg*Ttr*Msf(I)*Kr
1640 Vkar=Sge-Urgi
1650 IF Jm=1 GOTO 1670
1660 GOTO 1680
1670 IF Vkar(Ii,Pk) <= THEN Vkar=Vkar+Vkar(Ii,Pk)
1680 Ver=Vkar*Yvo ; IF Vkar <= THEN Ver=0
1690 Nakg=Sge+Amort(Jm)+Fg(Jm)
1700 Nako=Urgi+Yat(I)+Serm(I)+Ver
1710 IF Kapa(I,Py) < Rez GOTO 1730
1720 Nakg=Nakg+Hd
1730 Nakit=Nakg-Nako
1740 IF Kr<1 GOTO 1770
1750 Nak=Nakit/((1+R)^Jm) ; Vokr(Py,J)=Vkar
1760 GOTO 1780
1770 Nak=Nakit/((1+R)^(Jm-1+Kr)) ; Vokr(Py,J)=Vkar
1780 RETURN
1790 ! *****
1800 ! DURUMLARDA KARAR OPTIMIZASYONU
1810 ! *****
1820 J=1
1830 Kmax=Mkar(Py,J) ; Vmax=Vokr(Py,J)
1840 FOR S=2 TO N
1850 IF Kmax < Mkar(Py,S) GOTO 1870
1860 GOTO 1880
1870 J=S ; Kmax=Mkar(Py,S) ; Vmax=Vokr(Py,S)
1880 NEXT S

```

Ek.4 (devam ediyor)

```

1890 F(I,Py)=Kmax : Jj(I,Py)=J : Vokar(I,Py)=Vmax
1900 ; "F(";I;";";Py;)"=";F(I,Py);"JJ(";I;";";Py;)"=";Jj(I,Py)
1910 RETURN
1920 ! *****
1930 ! DURUM DEGISKENLERININ
1940 ! SIFIRLANMASI
1950 ! *****
1960 FOR Py=1 TO P(I)
1970   FOR J=1 TO N
1980     Mkar(Py,J)=0 : Vokr(Py,J)=0
1990   NEXT J : NEXT Py
2000 RETURN
2010 DATA 573.754,7996.07,1.0938E+9,.675,.25,1136.91,4.30435E-2,795
2020 DATA 5,5,6,672,2.5,300,21.51,1.5E+9,.537,12,9
2030 DATA 1.516E+9,1.574E+9,11.935E+9,26.25E+9,8.715E+9,3.962E+9
2040 DATA 0,2,0,0,5.678E+9,1.893E+9
2050 DATA 5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9
2060 DATA 5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,3.382E+9
2070 DATA 0,1.968E+9,1.823E+9,1.484E+9,1.147E+9,.701E+9,.457E+9,.101E+9,.028E+9

```

Ek.5 : DINAM'ın İşletilmesi İçin Gerekli Verileri Hazırlayan Yardımcı Bilgisayar Programı (DINA).

```

10 OPEN "pny" AS FILE 1
20 EXTEND
30 : "*****"
40 : "*"
50 : "*" DINA VERI PROGRAMI "*"
60 : "*"
70 : "*" Hazırlayan: Adnan Konuk (21/10/1987) "*"
80 : "*"
85 : "*****"
90 DIM Dxc(10), Xc(10), Reze(10), Dkorm(10), Konk(10), Tkap(10)
100 READ N :
110 FOR J=1 TO N : READ Tkap(J) : NEXT J
120 FOR J=1 TO N : READ Xc(J) : NEXT J
130 FOR J=1 TO N : READ Dxc(J) : NEXT J
140 FOR J=1 TO N : READ Reze(J) : NEXT J
150 FOR J=1 TO N : READ Dkorm(J) : NEXT J
160 FOR J=1 TO N : READ Konk(J) : NEXT J
170 PREPARE "DIN" AS FILE 3
180 FOR J=1 TO N : ; #3 Tkap(J) : NEXT J
190 FOR J=1 TO N : ; #3 Xc(J) : NEXT J
200 FOR J=1 TO N : ; #3 Dxc(J) : NEXT J
210 FOR J=1 TO N : ; #3 Reze(J) : NEXT J
220 FOR J=1 TO N : ; #3 Dkorm(J) : NEXT J
230 FOR J=1 TO N : ; #3 Konk(J) : NEXT J
240 DATA 5
250 REM DATA TÜKENME KAPASİTESİ
260 DATA 3360,4032,4704,5376,6048
270 REM DATA SINIR TENDRLER
280 DATA 50,115.46,154.95,186.76,214.12
290 REM DATA ORTALAMA TENDRLER
300 DATA 189.09,256.81,303.01,341.07,374.09
310 REM DATA REZERVLER
320 DATA 2167740,13301270,9663006,7511575,6287518
330 REM DATA DEKAPAJ ORANLARI
340 DATA .070,.367,.655,.958,1.275
350 REM DATA KONSANTRATOR KAPASİTESİ
360 DATA 3360,2474.2,2036.8,1862.8,1698.4

```

Ek.6 : Risk Analizi Benzetim Modeli Bilgisayar Programı
(RISK).

```

10 OPEN "pr:" AS FILE 1
20 ; #1 CHR$(29%)
30 EXTEND
40 ! " *****"
50 ! " * * "
60 ! " * RISK ANALIZI PROGRAMI (RISK) * "
70 ! " * * "
80 ! " * Hazirlayan: Adnan Konuk 23/2/1987 * "
90 ! " * * "
100 ! " *****"
110 DIM Xx(5%,13%),X(13%),Y(30%),Urgi(30%),Sge(30%),Yat(30%),Vy(30%),Serm(30%)
120 DIM Nakg(30%),Nakc(30%),Nakit(30%),Msf(30%),Fg(30%),Tfg(30%),Vokar(30%),Vergi(30%)
130 DIM Nbd(1000%),Aa(1000%),Uk(13%),Amort(30%),Amor(30%)
140 DIM Ait(50%),Ust(50%),Fr(50%),Ortx(50%),Ui(50%),Ui2(50%),Ui3(50%),Ui4(50%)
150 DIM Za1(50%),Za2(50%),Oz1(50%),Oz2(50%),Hsda(50%),Tfr(50%)
160 DIM Konk(30%),Dkorn(30%),Oxc(30%),Xc(30%),Tkap(30%),Lw%(30%),Rw%(30%)
170 ! VERILERIN OKUTULMASI:
180 ! =====
190 ! SIMBELLER:
200 ! -----
210 READ Kk%,Pp%,Ss%,Mm%,R,Ycg,Yog,Dol,Ortp,Std,FF,Rk,La%,Lf%,Yvo
220 Iyat=0
230 FOR Ix=1% TO Mm%-1% : READ Yat(Ix) : Iyat=Iyat+Yat(Ix) : NEXT Ix
240 FOR Sx=1% TO Ss%
250 FOR Px=1% TO Pp%
260 READ Xx(Sx,Px)
270 NEXT Px
280 NEXT Sx
290 FOR Ix=1% TO La% : READ Amor(Ix) : NEXT Ix
300 FOR Ix=1% TO Lf% : READ Tfg(Ix) : NEXT Ix
310 Ilyat=Iyat+Xx(2%,1%)+Xx(2%,2%)
320 A$="DINAMIK" : B$="STATIK"
330 INPUT "OPTIMIZASYON ISMI=";C$
340 IF C$=A$ GOTO 760
350 ; #1 "*****"
360 ; #1 "* STATIK OPTIMIZASYON ICIN *"
370 ; #1 "* RISK ANALIZI * "
380 ; #1 "*****"
390 ; #1 "VERILER"
400 ; #1 "======"
410 ; #1 STRING$(61,45)
420 INPUT "TUKENME KAPASITESI =" ;Tkap(Mm%+1%)
430 ; #1 "! TUKENME KAPASITESI (TKAP(I)) =" ;Tkap(Mm%+1%);TAB(51) "(Ton/Bun)" TAB(61) "!"
440 INPUT "SINIR TENOR =" ;Xc(Mm%+1%)
450 ; #1 "! SINIR TENOR (XC(I)) =" ;Xc(Mm%+1%);TAB(51) "(Gr/Ton)" TAB(61) "!"

```

Ek.6 (devam ediyor)

```

460 INPUT "ORTALAMA TENDR      =" ;Oxc (Mm%+1%)
470 ; #1 "I ORTALAMA TENOR      (OXC(I)) =" ;Oxc(Mm%+1%);TAB(51) "(Gr/Ton)" TAB(61) "I"
480 INPUT "KONSANT.KAPASITESI =" ;Konk(Mm%+1%)
490 ; #1 "I KONSANT.KAPASITESI (KONK(I)) =" ;Konk(Mm%+1%);TAB(51) "(Ton/Gun)" TAB(61) "I"
500 INPUT "DEKAPAJ ORANI       =" ;Dkorn(Mm%+1%)
510 ; #1 "I DEKAPAJ ORANI       (DKORN(I))=" ;Dkorn(Mm%+1%);TAB(51) "(Y3/Ton)" TAB(61) "I"
520 INPUT "DEVHER REZERVİ      =" ;Reze
530 ; #1 "I DEVHER REZERVİ      (REZE)   =" ;Reze;TAB(51) "(ton)" TAB(61) "I"
540 ! *****
550 ! MADEN OKRU
560 ! *****
570 Nn%=0 : Krez=0 : Karez=0
580 L%=Mm%
590 LX=L%+1%
600 Krez=Krez+(Konk/Mm%+1%)*Ycg)
610 IF Krez=Reze GOTO 670
620 IF Krez<Reze GOTO 590
630 Nn%=L%
640 Karez=Krez-(Konk/Mm%+1%)*Ycg)
650 Karez=Reze-Karez
660 GOTO 680
670 Nn%=L%
680 ; #1 "I MADEN OKRU          (N%)      =" ;Nn%;TAB(51) "(YIL)" TAB(61) "I"
690 ; #1 STRING$(61,45)
700 FOR I%=Mm%+2% TO Nn%
710 Tkap(I%)=Tkap(I%-1%) ; Xc(I%)=Xc(I%-1%)
720 Oxc(I%)=Oxc(I%-1%) ; Konk(I%)=Konk(I%-1%)
730 Dkorn(I%)=Dkorn(I%-1%)
740 NEXT I%
750 GOTO 990
760 ; #1 "*****"
770 ; #1 "* DİNAMİK OPTİMİZASYON İÇİN *"
780 ; #1 "* RISK ANALİZİ          *"
790 ; #1 "*****"
800 ; #1 "VERİLER:"
810 ; #1 "====="
820 OPEN "RIS" AS FILE 3
830 INPUT #3,Nn%
840 FOR I%=Mm%+1% TO Nn% : INPUT #3,Tkap(I%) : NEXT I%
850 FOR I%=Mm%+1% TO Nn% : INPUT #3,Xc(I%) : NEXT I%
860 FOR I%=Mm%+1% TO Nn% : INPUT #3,Oxc(I%) : NEXT I%
870 FOR I%=Mm%+1% TO Nn% : INPUT #3,Konk(I%) : NEXT I%
880 FOR I%=Mm%+1% TO Nn% : INPUT #3,Dkorn(I%) : NEXT I%
890 CLOSE 3
900 ; #1 STRING$(54,45)
910 ; #1 "YILLAR  TKAP(I)  XC(I)  OXC(I)  KONK(I)  DKORN(I)"
920 ; #1 "          (Ton/Gun) (Gr/Ton) (Gr/Ton) (Ton/Gun) (m3/Ton)"

```

Ek.6 (devam ediyor)

```

930 ; #1 STRING$(54,45)
940 FOR I%=Mm%+1% TO Nn%
950 ; #1 USING " ##      ###      ##.## " I%,Tkap(I%),Xc(I%);
960 ; #1 USING "###.##      ##.## " Dxc(I%),Konk(I%),Dkorn(I%)
970 NEXT I%
980 ; #1 STRING$(54,45)
990 T$="1986-12-20 00:00:00"
1000 SET TIME T$
1010 ; BLU T$
1020 ! RANDOMIZE
1030 ! *****
1040 ! LOGARITMIK DMSF'LARI REGRASYON TAHMİNLERİ
1050 ! *****
1060 Lnp=LOG(Drtp)
1070 FOR I%=Mm%+1% TO Nn%
1080 Yy(I%)=Lnp+(Rk*(I%-Mm%))
1090 NEXT I%
1100 ! *****
1110 ! BENZETİM BAŞLANGICI
1120 ! *****
1130 FOR K%=1% TO Kk%
1140 ! *****
1150 ! DISSAL DEĞİŞKENLERİN RASTGELE ÜRNEKLENMESİ
1160 ! *****
1170 GOSUB 1790
1180 GOSUB 1940
1190 ! *****
1200 ! YILLIK NAKİT AKIMLARININ HESAPLANMASI
1210 ! *****
1220 Nbd(K%)=0
1230 FOR I%=1% TO Nn%
1240 Jm%=I%-Mm% ; Kr=1
1250 IF I%<Mm% GOTO 1280
1260 Nakc(I%)=Yat(I%)+Serm(I%) ; Nakg(I%)=0
1270 GOTO 1440
1280 IF C*=A$ GOTO 1320
1290 IF I%<Nn% GOTO 1320
1300 IF Karez=0 GOTO 1320
1310 Kr=Karez/(Konk(I%)*Ycg)
1320 Urgi(I%)=Sgid+((Konk(I%)*Kdg)+((1+Dkorn(I%)*Ycg)*Konk(I%)*Ddg))*Ycg*Kr
1330 IF Jm%=(La% THEN Urgi(I%)=Urgi(I%)+Amort(Jm%)
1340 IF Jm%=(Lf% THEN Urgi(I%)=Urgi(I%)+Fg(Jm%)
1350 Sge(I%)=Konk(I%)*Dxc(I%)*Tbr*Ycg*Ysf(I%)*Kr
1360 Vokar(I%)=Sge(I%)-Urgi(I%)
1370 IF Jm%>1% GOTO 1390
1380 GOTO 1400
1390 IF Vokar(I%-1%)<0 THEN Vokar(I%)=Vokar(I%)+Vokar(I%-1%)

```

Ek.6 (devam ediyor)

```

1400 Vergi(I%)=Vokar(I%)*Yvo : IF Vokar(I%)=0 THEN Vergi(I%)=0
1410 Nakg(I%)=Sge(I%)+Amort(Jm%)+Fg(Jm%)
1420 Nake(I%)=Urgi(I%)+Yat(I%)+Serm(I%)+Vergi(I%)
1430 IF I%=Nm% THEN Nakg(I%)=Nakg(I%)+Hd
1440 Nakit(I%)=Nakg(I%)-Nake(I%)
1450 IF Kr=1 GOTO 1480
1460 Nbd(K%)=Nbd(K%)+(Nakit(I%)/((1+R)^Jm%))
1470 GOTO 1490
1480 Nbd(K%)=Nbd(K%)+Nakit(I%)/((1+R)^(Jm%-I%+Kr))
1490 NEXT I%
1500 ; "N.BUG.DEG. (";K%;"")=";Nbd(K%)
1510 ! *****
1520 ! NAKIT AKIMI DEGISKENLERININ SIFIRLANMASI
1530 ! *****
1540 FOR I%=1% TO Nm%
1550 IF I%=Nm% GOTO 1580
1560 Nak(I%)=0 : Nakit(I%)=0 : Nakg(I%)=0
1570 GOTO 1600
1580 Nakit(I%)=0 : Nake(I%)=0 : Nakg(I%)=0 : Sge(I%)=0 : Urgi(I%)=0 : Maf(I%)=0
1590 Y(I%)=0 : Serm(I%)=0 : Yat(I%)=0 : Vokar(I%)=0 : Vergi(I%)=0
1600 Amort(I%)=0 : Fg(I%)=0
1610 NEXT I%
1620 NEXT K%
1630 ; BLU TIME$
1640 ; #1 "NET BUG.DEBERLERIN DASILIMI"
1650 ; #1 "=====
1660 ; #1 ; ; #1
1670 ! *****
1680 ! NBD'LERIN SINIFLANDIRILMASI , DASILIM PARAMETRELERININ HESAPLANMASI VE KINARE TESTI
1690 ! *****
1700 FOR K%=1% TO Kk%
1710 Aa(K%)=Nbd(K%)
1720 NEXT K%
1730 GOSUB 2030
1740 Mide=Aa(1%) : Made=Aa(Kk%)
1750 GOSUB 2270
1760 STOP
1770 END
1780 ! *****
1790 ! UJGEN DASILIMLI DEGISKENLER
1800 ! *****
1810 FOR P%=1% TO Pp%
1820 Ras=RND(1) : SOSUB 3930
1830 NEXT P%
1840 Yat(5%)=X(1%) : Yat(6%)=X(2%)
1850 Serm(5%)=X(3%) : Serm(6%)=X(4%)
1860 Sgid=X(5%) : Kdg=X(6%) : Adg=X(7%)
1870 Ttr=X(8%) : Hd=X(9%)

```

Ek.6 (devam ediyor)

```

1880 Tyat=Iyat+X(1%)+X(2%)
1890 Yo=Tyat/ilkyat
1900 FOR I%=1% TO La% : Amort(I%)=Amor(I%)*Yo : NEXT I%
1910 FOR I%=1% TO La% : Fg(I%)=Fg(Y%)*Yo : NEXT I%
1920 RETURN
1930 ! *****
1940 ! NORMAL DAGILIMLI DEBISKENLER
1950 ! *****
1960 FOR I%=%m%+1% TO %n%
1970   GOSUB 3620
1980   Y(I%)=Yy(I%)+(Trpn*Std+Ff)
1990   Msf(I%)=(EXP(Y(I%))*Dol)/3110.35
2000 NEXT I%
2010 RETURN
2020 ! *****
2030 ! QUICK2 SIRALAMA PROGRAMI
2040 ! *****
2050 S1%=1% : Lw%(S1%)=1% : Rw%(S1%)=K%
2060 Lw1%=Lw%(S1%) : Rw1%=Rw%(S1%) : S1%=S1%-1%
2070 Lw2%=Lw1% : Rw2%=Rw1%
2080 Xw=Aa(INT((Lw1%+Rw1%)/2%))
2090 IF Aa(Lw2%)=Xw THEN 2120
2100 Lw2%=Lw2%+1%
2110 GOTO 2090
2120 IF Xw=Aa(Rw2%) THEN 2150
2130 Rw2%=Rw2%-1%
2140 GOTO 2120
2150 IF Lw2%>Rw2% THEN 2180
2160 Tw=Aa(Lw2%) : Aa(Lw2%)=Aa(Rw2%) : Aa(Rw2%)=Tw
2170 Lw2%=Lw2%+1% : Rw2%=Rw2%-1%
2180 IF Lw2%=>Rw2% THEN 2090
2190 IF Lw2%=Rw1% THEN 2210
2200 S1%=S1%+1% : Lw%(S1%)=Lw2% : Rw%(S1%)=Rw1%
2210 Rw1%=Rw2%
2220 IF Lw1%<Rw1% THEN 2070
2230 IF S1%>0% THEN 2060
2240 ! QUICK2 SONU
2250 RETURN
2260 ! *****
2270 ! DAGILIMIN ARASTIRILMASI VE PARAMETRELERIN HESAPLANMASI
2280 ! *****
2290 ! SINIF SINIRLARI
2300 ! =====
2310 Saa=(Made-Mide)/(1+3.322*LOG10(K%))
2320 ; "HESAPLANAN SINIF ARALIGI=";Saa
2330 INPUT "SINIF ARALIGI=";Sa
2340 ; "MINIMUM DEGER      =";%Mide
2350 INPUT "ALT SINIR =";%Ia

```

Ek.6 (devam ediyor)

```

2360 JX=0
2370 T1=Ia
2380 JX=JX+1
2390 Alt(JX)=Ia
2400 T1=T1+Sa
2410 Ust(JX)=T1
2420 Ia=T1
2430 IF Ust(JX)=Made GOTO 2450
2440 GOTO 2380
2450 L1X=JX
2460 ! FREKANLAR
2470 ! =====
2480 ; #1 STRING$(41,45)
2490 ; #1 "I SINIF ARALIKLARI           FREKANLAR I"
2500 ; #1 "I (Alt)           (Ust)           (nX)           I"
2510 ; #1 STRING$(41,45)
2520 SsX=1X
2530 FOR LX=1X TO L1X
2540 IF SsX>KkX GOTO 2650
2550 TopX=0X
2560 FOR IX=SsX TO KkX
2570 IF Ra(IX)=Ust(LX) GOTO 2600
2580 TopX=TopX+1X
2590 NEXT IX
2600 Fr(LX)=TopX
2610 SsX=SsX+Fr(LX)
2620 ; #1 USING "I" ###.##^### ##.##^### ### I" Alt(LX),Ust(LX),Fr(LX)
2630 NEXT LX
2640 ; #1 STRING$(41,45)
2650 ! STANDART SAPMA VE ORTALAMA
2660 ! =====
2670 ; #1
2680 FOR LX=1X TO L1X
2690 OrtX(LX)=(Alt(LX)+Ust(LX))/2
2700 NEXT LX
2710 K1=INT(L1X/2)
2720 K11=(L1/2)-K1
2730 IF K11=0 GOTO 2760
2740 KX=K1+1
2750 GOTO 2770
2760 KX=K1
2770 Xo=OrtX(KX)
2780 FOR LX=1X TO L1X
2790 U1(LX)=(OrtX(LX)-Xo)/Sa : U2(LX)=U1(LX)^2 : U3(LX)=U1(LX)^3 : U4(LX)=U1(LX)^4
2800 NEXT LX
2810 Topf=0 : Nu=0 : Nu2=0 : Nu3=0 : Nu4=0

```

Ek.6 (devam ediyor)

```

2820 FOR LX=1% TO L1%
2830 Nu=Nu+Ui(LX)*Fr(LX) : Nu2=Nu2+Ui2(LX)*Fr(LX) : Nu3=Nu3+Ui3(LX)*Fr(LX)
2840 Nu4=Nu4+Ui4(LX)*Fr(LX)
2850 Topf=Topf+Fr(LX)
2860 NEXT LX
2870 M1=Nu/Topf : M2=Nu2/Topf : M3=Nu3/Topf : M4=Nu4/Topf
2880 Mu2=M2-(M1^2)
2890 Mu3=M3-(3*M1*M2)+(2*(M1^3))
2900 Mu4=M4-(4*M1*M3)+(5*(M1^2)*M2)-(3*(M1^4))
2910 Dmu2=Mu2-(1/12) : Dmu3=Mu3 : Dmu4=Mu4-(.5*Mu2)+(7/270)
2920 Xort=M1*Sa+Xo
2930 Ssap=Sa*SOR(Dmu2)
2940 Alfa3=Dmu3/((SOR(Dmu2))^3)
2950 Alfa4=Dmu4/((SOR(Dmu2))^4)
2960 Var=SSap/Xort
2970 ; #1 "DAGILIMIN PARAMETRELERI"
2980 ; #1 "-----"
2990 ; #1 STRING$(52,45)
3000 ; #1 "I BEKLENEN DEGER (XORT) =";Xort TAB(46) "(TL)" TAB(52) "I"
3010 ; #1 "I STANDART SAPMA (SSAP) =";Ssap TAB(46) "(TL)" TAB(52) "I"
3020 ; #1 "I VARYASYON KATSAYISI (VAR) =";Var TAB(52) "I"
3030 ; #1 "I CARPIKLIK DEGERI (ALFA3) =";Alfa3 TAB(52) "I"
3040 ; #1 "I BASIKLIK DEGERI (ALFA4) =";Alfa4 TAB(52) "I"
3050 ; #1 "I EN KUCUK DEGER (MIDE) =";Mide TAB(45) "(TL)" TAB(52) "I"
3060 ; #1 "I EN BUYUK DEGER (MADE) =";Made TAB(46) "(TL)" TAB(52) "I"
3070 ; #1 STRING$(52,45)
3080 ! *****
3090 ! KIKARE TESTI
3100 ! *****
3110 ; #1
3120 ; #1 "KIKARE TESTI:"
3130 ; #1 "-----"
3140 FOR JX=1% TO L1%
3150 Za1(JX)=(A1t(JX)-Xort)/Ssap
3160 Za2(JX)=(Ust(JX)-Xort)/Ssap
3170 Z1=Za1(JX) : GOSUB 4020 : Oz1(JX)=Phi
3180 Z1=Za2(JX) : GOSUB 4020 : Oz2(JX)=Phi
3190 Hsda(JX)=Oz2(JX)-Oz1(JX)
3200 NEXT JX
3210 Kikal=0
3220 M1%=0
3230 FOR JX=1% TO L1%
3240 Tfr(JX)=(KX*Hsda(JX)
3250 NEXT JX

3260 FOR JX=1% TO L1%
3270 IF Fr(JX)=0 GOTO 3310
3280 M1%=M1X+1%

```

Ek.6 (devam ediyor)

```

3290 Tfr(M1X)=(fFr(JX) : Fr(M1X)=Fr(JX)
3300 GOTO 3320
3310 Fr(JX+1X)=Fr(JX+1X)+Fr(JX)
3320 NEXT JX
3330 FOR JX=1X TO M1X
3340 Kikat=Kikat+((Fr(JX)^2)/Tfr(JX))
3350 NEXT JX
3360 Kika=Kikat-KkX
3370 INPUT "GUVENIRLIK SINIRI=";Fz
3380 Sd=M1X-3X
3390 A1=2.30737 : A2=.27061 : A3=.59229 : A4=.04481
3400 Q=.5-ABS(Fz-.5)
3410 W=SQR(-2*LOG(Q))
3420 W1=A1+A2*W : W2=1+W*(A3+W*A4)
3430 C=W-W1/W2 : C=C*SQR(Fz-.5)
3440 A1=2/(9*Sd)
3450 W=1-A1+C*SQR(A1)
3460 Kikar=Sd*(W^3)
3470 ; #1 STRING$(52,45)
3480 ; #1 " | GUVENIRLIK SINIRI (FZ) =" ; Fz ; TAB(52) " | "
3490 ; #1 " | SERBESTLIK DEREJESI (SD) =" ; Sd ; TAB(52) " | "
3500 ; #1 " | TEDRIS KIKARE DEGERI (KIKa) =" ; Kika ; TAB(52) " | "
3510 ; #1 " | GERCEK KIKARE DEGERI (KIKAR) =" ; Kikar ; TAB(52) " | "
3520 ; #1 STRING$(52,45)
3530 IF Kika=(Kikar GOTO 3570
3540 ; #1 " | NORMAL DAGILIMA UYGUN DEBIL" TAB(52) " | "
3550 ; #1 STRING$(52,45)
3560 GOTO 3590
3570 ; #1 " | NORMAL DAGILIMA UYGUN" TAB(52) " | "
3580 ; #1 STRING$(52,45)
3590 Fz=0 : Za=0
3600 RETURN
3610 ! *****
3620 ! AHRENS VE DIETER STANDART NORMAL DEGER ALT PROGRAMI
3630 ! *****
3640 U=RND(1)
3650 Uo=RND(1)
3660 IF U=.919544 GOTO 3700
3670 REM A ALANI
3680 Trpn=2.48376*(Uo+U*.825339)-2.11403
3690 RETURN
3700 IF U(.965487 GOTO 3750
3710 REM B ALANI
3720 Trp=SQR(4.46911-2*LOG(RND(1)))
3730 IF (Trp*RND(1))>2.11403 GOTO 3720
3740 GOTO 3880
3750 IF U(.949991 GOTO 3800

```

Ek.6 (devam ediyor)

```

3760 REM C ALANI
3770 Trp=1.8404+RND(1)*.273629
3780 IF (.398942*EXP(-Trp*Trp/2)-.443299+Trp*.209694)((RND(1)*4.27026E-02) GOTO 3770
3790 GOTO 3800
3800 IF U(.925852 GOTO 3850
3810 REM D ALANI
3820 Trp=.28973+RND(1)*1.55067
3830 IF (.398942*EXP(-Trp*Trp/2)-.443299+Trp*.209694)((RND(1)*1.59745E-02) GOTO 3820
3840 GOTO 3800
3850 REM E ALANI
3860 Trp=RND(1)*.28973
3870 IF (.398942*EXP(Trp*Trp/2)-.382545)((RND(1)*1.63977E-22) GOTO 3860
3880 IF Uo).5 GOTO 3900
3890 Trp=-Trp
3900 Trpn=Trp
3910 RETURN
3920 ! *****
3930 ! UCBEN DAGILIM DENEKLEME ALT PROGRAMI
3940 ! *****
3950 Uk=(Xx(2%,P%) - Xx(1%,P%))/(Xx(3%,P%) - Xx(1%,P%))
3960 IF Ras(=Uk GOTO 3990
3970 X(P%)=Xx(3%,P%) - SQR((Xx(3%,P%) - Xx(1%,P%))*(Xx(3%,P%) - Xx(2%,P%))*(1%-Ras))
3980 GOTO 4000
3990 X(P%)=Xx(1%,P%) + SQR((Xx(2%,P%) - Xx(1%,P%))*(Xx(3%,P%) - Xx(1%,P%))*Ras)
4000 RETURN
4010 ! *****
4020 ! STANDART NORMAL EGRI ALTINDAKI ALANLARI HESAPLAYAN ALT PROGRAM
4030 ! *****
4040 Zz=Zi
4050 IF Zz<0 THEN Zz=-Zz
4060 T=1/(1+.2316419*Zz)
4070 Phi=T*(.31938153+T*(-.356563782+T*(1.781477937+T*(-1.821255978+T*1.330274429))))
4080 E2=0
4090 IF Zz<=6 THEN E2=EXP(-Zz*Zz/2)*.3989422802
4100 Phi=i-E2*Phi
4110 IF Z1)=0 GOTO 4130
4120 Phi=i-Phi
4130 RETURN
4140 DATA 250,9,3,5,.25,300,2.5,795,1136.91,.255776,0,4.30435E-2,12,9,.537
4150 REM YAT(I)
4160 DATA 1.516E+9,1.574E+9,11.935E+9,26.25E+9
4170 REM XX(s%,p%)
4180 DATA 7.8435E+9,3.6558E+9,5.1102E+9,1.7037E+9,1.70442E+9,7196.463,516.3786,.5,1.35E+9
4190 DATA 8.715E+9,3.962E+9,5.678E+9,1.893E+9,1.8938E+9,7996.07,573.754,.675,1.5E+9
4200 DATA 10.458E+9,4.7544E+9,7.3814E+9,2.4609E+9,2.46194E+9,11194.498,745.8802,.8,2.25E+9
4210 REM AMDR(I)
4220 DATA 5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9,5.13E+9
4230 DATA 5.13E+9,5.13E+9,3.382E+9
4240 REM TFG(I)
4250 DATA 0,1.968E+9,1.823E+9,1.484E+9,1.147E+9,.701E+9,.467E+9,.101E+9,.028E+9

```

Ek.6 (devam ediyor)

```

10 OPEN "pr:" AS FILE 1
20 EXTEND
30 ; #1 CHR$(29%)
40 ! " *****"
50 ! " * "
60 ! " *          RIS VERI PROGRAMI *
70 ! " * Hazirlayan: Adnan Konuk 23/2/1987 *
80 ! " * "
90 ! " *****"
100 READ Nn%,Mn%
110 DIM Tkap(Nn%),Xc(Nn%),Oxc(Nn%),Konk(Nn%),Dkorn(Nn%)
120 FOR I%=Mn%+1% TO Nn% : READ Tkap(I%) : NEXT I%
130 FOR I%=Mn%+1% TO Nn% : READ Xc(I%) : NEXT I%
140 FOR I%=Mn%+1% TO Nn% : READ Oxc(I%) : NEXT I%
150 FOR I%=Mn%+1% TO Nn% : READ Konk(I%) : NEXT I%
160 FOR I%=Mn%+1% TO Nn% : READ Dkorn(I%) : NEXT I%
170 PREPARE 'RIS' AS FILE 3
180 ; #3 Nn%
190 FOR I%=Mn%+1% TO Nn% : ; #3 Tkap(I%) : NEXT I%
200 FOR I%=Mn%+1% TO Nn% : ; #3 Xc(I%) : NEXT I%
210 FOR I%=Mn%+1% TO Nn% : ; #3 Oxc(I%) : NEXT I%
220 FOR I%=Mn%+1% TO Nn% : ; #3 Konk(I%) : NEXT I%
230 FOR I%=Mn%+1% TO Nn% : ; #3 Dkorn(I%) : NEXT I%
240 DATA 23,5
250 REM DATA TUKENME KAPASITESI
260 DATA 5376,5376,5376,4704,4704,4032,4032,4032,4032,4032
270 DATA 3360,3360,3360,3360,3360,3360,3360,3360
280 REM DATA SINIR TENDR
290 DATA 186.76,186.76,186.76,154.95,154.95,115.46,115.46,115.46,115.46,115.46
300 DATA 50,50,50,50,50,50,50,50
310 REM DATA ORTALAMA TENDR
320 DATA 341.09,341.07,341.07,303.01,303.01,256.81,256.81,256.81,256.81,256.81
330 DATA 189.09,189.09,189.09,189.09,189.09,189.09,189.09,189.09,189.09
340 REM DATA KONSANTRATOR KAPASITESI
350 DATA 1862.8,1862.8,1862.8,2096.8,2096.8,2474,2474,2474,2474,2474
360 DATA 3360,3360,3360,3360,3360,3360,3360,3360
370 REM DATA DEKAPAJ DRANLARI
380 DATA .958,.958,.958,.655,.655,.367,.367,.367,.367,.367
390 DATA .07,.07,.07,.07,.07,.07,.07,.07

```

Ek.7 : Statik Sınır Tenör Karar Seçenekleri İçin Elde Edilen Risk Analizi Sonuçları.

VERİLER

TIKENME KAPASİTESİ	(TKAP(I)) = 3360	(Ton/Gun)
SINIR TENÖR	(XC(I)) = 50	(Gr/Ton)
ORTALAMA TENÖR	(OXC(I)) = 189.09	(Gr/Ton)
KONSANT.KAPASİTESİ	(KONK(I)) = 3360	(Ton/Gun)
DEKAPAJ ORANI	(DKDRN(I)) = .07	(M3/Ton)
CEVHER REZERVİ	(REZE) = 2.16777E+07	(ton)
MADEN ÖMRÜ	(NN) = 27	(YIL)

NET BUG. DEĞERLERİN DAĞILIMI

SINIF ARALIKLARI	FREKANSLAR
(Alt) (Ust)	(nX)
-200.00E+08 -150.00E+08	5
-150.00E+08 -100.00E+08	6
-100.00E+08 -500.00E+07	26
-500.00E+07 -102.40E+01	54
-102.40E+01 500.00E+07	58
500.00E+07 100.00E+08	48
100.00E+08 150.00E+08	26
150.00E+08 200.00E+08	14
200.00E+08 250.00E+08	9
250.00E+08 300.00E+08	3
300.00E+08 350.00E+08	1

DAĞILIMIN PARAMETRELERİ

BEKLENELEN DEĞER	(XORT) = 3.6E+09	(TL)
STANDART SAPMA	(SSAP) = 8.89981E+09	(TL)
VARYASYON KATSAYISI	(VAR) = 2.47217	
CARPIKLIK DEĞERİ	(ALFA3) = .36729	
BASIKLIK DEĞERİ	(ALFA4) = 3.27426	
EN KÜÇÜK DEĞER	(MIDE) = -1.78884E+10	(TL)
EN BÜYÜK DEĞER	(MADE) = 3.2568E+10	(TL)

KIKARE TESTİ:

GUVENİRLİK SINIRI	(FZ) = .95
SERBESTLİK DERESESİ	(SD) = 8
TEORİK KIKARE DEĞERİ	(KIKA) = 12.8202
GERÇEK KIKARE DEĞERİ	(KIKAR) = 15.4871
NORMAL DAĞILIMA UYGUN	

Ek.7 (devam ediyor)

VERILER

I	TUKENME KAPASITESI	(TKAP(I)) = 4032	(Ton/Bun)	I
I	SINIR TENOR	(XC(I)) = 115.46	(Gr/Ton)	I
I	ORTALAMA TENOR	(OXC(I)) = 256.81	(Gr/Ton)	I
I	KONSANT.KAPASITESI	(KONK(I)) = 2474	(Ton/Bun)	I
I	DEKAPAJ ORANI	(DKORN(I))= .367	(M3/Ton)	I
I	CEVHER REZERVİ	(REZE) = 1.33013E+07	(ton)	I
I	MADEN ÖMRÜ	(NN) = 23	(YIL)	I

NET BÜG. DEĞERLERİN DAĞILIMI

I	SINIF ARALIKLARI	FREKANSLAR	I
I	(Alt)	(n%)	I
I	-200.00E+08 -150.00E+08	1	I
I	-150.00E+08 -100.00E+08	10	I
I	-100.00E+08 -500.00E+07	17	I
I	-500.00E+07 -102.40E+01	36	I
I	-102.40E+01 500.00E+07	54	I
I	500.00E+07 100.00E+08	52	I
I	100.00E+08 150.00E+08	34	I
I	150.00E+08 200.00E+08	31	I
I	200.00E+08 250.00E+08	6	I
I	250.00E+08 300.00E+08	6	I
I	300.00E+08 350.00E+08	2	I
I	350.00E+08 400.00E+08	1	I

DAĞILIMIN PARAMETRELERİ

I	BEKLENEN DEĞER	(XORT) = 6.14E+09	(TL)	I
I	STANDART SAPMA	(SSAP) = 9.43754E+09	(TL)	I
I	VARYASYON KATSAYISI	(VAR) = 1.53706		I
I	ÇARPIKLIK DEĞERİ	(ALFA3)= .283627		I
I	BASIKLIK DEĞERİ	(ALFA4)= 3.13677		I
I	EN KUCUK DEĞER	(MIDE) = -1.64907E+10	(TL)	I
I	EN BÜYÜK DEĞER	(MADE) = 3.61262E+10	(TL)	I

KIKARE TESTİ:

I	GUVENIRLIK SINIRI	(FZ) = .95		I
I	SERBESTLIK DERECESI	(SD) = 9		I
I	TEORIK KIKARE DEĞERİ	(KIKA) = 12.4103		I
I	SERCEK KIKARE DEĞERİ	(KIKAR) = 16.9003		I
I	NORMAL DAĞILIMA UYGUN			I

Ek.7 (devam ediyor)

VERİLER

TUKENME KAPASİTESİ	(TKAP(I)) = 4704	(Ton/Gun)
SINIR TENDR	(XC(I)) = 154.95	(Gr/Ton)
ORTALAMA TENDR	(OXC(I)) = 303.01	(Gr/Ton)
KONSANT.KAPASİTESİ	(KONK(I)) = 2096.8	(Ton/Gun)
DEKAPAJ ORANI	(DKORN(I))= .655	(M3/Ton)
CEVHER REZERVİ	(REZE) = 9.66301E+06	(ton)
MADEN ÖMRÜ	(NN) = 21	(YIL)

NET BÜG. DEĞERLERİN DAĞILIMI

SINIF ARALIKLARI		FREKANSLAR
(Alt)	(Ust)	(%)
-150.00E+08	-100.00E+08	10
-100.00E+08	-500.00E+07	21
-500.00E+07	-102.40E+01	36
-102.40E+01	500.00E+07	69
500.00E+07	100.00E+08	49
100.00E+08	150.00E+08	39
150.00E+08	200.00E+08	12
200.00E+08	250.00E+08	9
250.00E+08	300.00E+08	1
300.00E+08	350.00E+08	3
350.00E+08	400.00E+08	1

DAĞILIMIN PARAMETRELERİ

BEKLENEN DEĞER	(XORT) = 4.92E+09	(TL)
STANDART SAPMA	(SSAP) = 8.7727E+09	(TL)
VARYASYON KATSAYISI	(VAR) = 1.78307	
CARPIKLIK DEĞERİ	(ALFA3) = .538356	
BASIKLIK DEĞERİ	(ALFA4) = 3.85125	
EN KÜÇÜK DEĞER	(MIDE) = -1.47105E+10	(TL)
EN BÜYÜK DEĞER	(MADE) = 3.74056E+10	(TL)

KIKARE TESTİ:

GUVENİRLİK SINIRI	(FZ) = .95	
SERBESTLİK DERECEİ	(SD) = 8	
TEORİK KIKARE DEĞERİ	(KİKA) = 39.6108	
GERÇEK KIKARE DEĞERİ	(KİKAR) = 15.4871	
NORMAL DAĞILIMA UYGUN DEĞİL		

Ek.7 (devam ediyor)

VERILER

	TUKENME KAPASITESI (TKAP(I)) = 5376	(Ton/Gun)
	SINIR TENDR (XC(I)) = 186.76	(Br/Ton)
	ORTALAMA TENDR (OXC(I)) = 341.07	(Br/Ton)
	KONSANT. KAPASITESI (KDKN(I)) = 1862.8	(Ton/Gun)
	DEKAPAJ ORANI (DKORN(I)) = .958	(M3/Ton)
	CEVHER REZERVİ (REZE) = 7.51158E+06	(ton)
	MADEN ÖMRÜ (NN) = 19	(YIL)

NET BUG. DEGERLERIN DAGILIMI

	SINIF ARALIKLARI		FREKANSLAR
	(Alt)	(Ust)	(nX)
	-200.00E+08	-150.00E+08	3
	-150.00E+08	-100.00E+08	10
	-100.00E+08	-500.00E+07	26
	-500.00E+07	-102.40E+01	42
	-102.40E+01	500.00E+07	53
	500.00E+07	100.00E+08	50
	100.00E+08	150.00E+08	33
	150.00E+08	200.00E+08	12
	200.00E+08	250.00E+08	11
	250.00E+08	300.00E+08	9
	300.00E+08	350.00E+08	1

DAGILIMIN PARAMETRELERI

	BEKLENEN DEGER (XORT) = 4.72E+09	(TL)
	STANDART SAPMA (SSAP) = 9.69991E+09	(TL)
	VARYASYON KATSAYISI (VAR) = 2.05507	
	CARPIKLIK DEGERI (ALFA3) = .36603	
	BASIKLIK DEGERI (ALFA4) = 2.96941	
	EN KUCUK DEGER (MIDE) = -1.94331E+10	(TL)
	EN BUYUK DEGER (MADE) = 3.20525E+10	(TL)

KIKARE TESTI:

	GUVENIRLIK SINIRI (FZ) = .95	
	SERBESTLIK DERECESI (SD) = 8	
	TEORIK KIKARE DEGERI (KIKAI) = 16.7373	
	GERCEK KIKARE DEGERI (KIKAR) = 15.4871	
	NORMAL DAGILIMA UYGUN DEGIL	

Ek.7 (devam ediyor)

VERILER

TUKENME KAPASITESI (TKAP(I))	= 6048	(Ton/Gun)
SINIR TENDR (XC(I))	= 214.12	(Gr/Ton)
ORTALAMA TENDR (OXC(I))	= 374.09	(Gr/Ton)
KONSANT.KAPASITESI (KONK(I))	= 1698.4	(Ton/Gun)
DEKAPAJ DRANI (DKORN(I))	= 1.275	(M3/Ton)
CEVHER REZERVİ (REZE)	= 6.08752E+06	(ton)
MADEN ÖMRÜ (NN)	= 17	(YIL)

NET BUG. DEGERLERIN DAGILIMI

SINIF ARALIKLARI	FREKANSLAR
(Alt) (Ust)	(n%)
-200.00E+08 -150.00E+08	3
-150.00E+08 -100.00E+08	14
-100.00E+08 -500.00E+07	29
-500.00E+07 -102.40E+01	50
-102.40E+01 500.00E+07	62
500.00E+07 100.00E+08	47
100.00E+08 150.00E+08	24
150.00E+08 200.00E+08	14
200.00E+08 250.00E+08	5
250.00E+08 300.00E+08	0
300.00E+08 350.00E+08	2

DAGILIMIN PARAMETRELERI

BEKLENEN DEGER (XORT)	= 2.64E+09	(TL)
STANDART SAPMA (SSAP)	= 8.60215E+09	(TL)
VARYASYON KATSAYISI (VAR)	= 3.25839	
CARPIKLIK DEGERI (ALFA3)	= .355902	
BASIKLIK DEGERI (ALFA4)	= 3.38995	
EN KUCUK DEGER (MIDE)	= -1.78787E+10	(TL)
EN BUYUK DEGER (MADE)	= 3.3891E+10	(TL)

KIKARE TESTI:

GUVENIRLIK SINIRI (FZ)	= .95
SERBESTLIK DERECESI (SD)	= 7
TEORIK KIKARE DEGERI (KIKR)	= 25.1809
GERCEK KIKARE DEGERI (KIKAR)	= 14.0449
NORMAL DAGILIMA UYGUN DEGIL	

Ek.8 : Statik ve Dinamik Optimizasyon Kararları İçin Elde Edilen Risk Analizi Sonuçları.

VERİLER

TÜKENME KAPASİTESİ	(TKAP(I)) = 4032	(Ton/Gun)	
SINIR TENDR	(XC(I)) = 115.46	(Gr/Ton)	
ORTALAMA TENDR	(OXC(I)) = 256.81	(Gr/Ton)	
KONSANT.KAPASİTESİ	(KONK(I)) = 2474	(Ton/Gun)	
DEKAPAJ ORANI	(DKORN(I))= .367	(M3/Ton)	
CEVHER REZERVİ	(REZE) = 1.33013E+07	(ton)	
MADEN ÖMRÜ	(NN) = 23	(YIL)	

NET BUG. DEĞERLERİN DAĞILIMI

SINIF ARALIKLARI	FREKANSLAR	
(Alt) (Üst)	(n%)	
-200.00E+08 -150.00E+08	4	
-150.00E+08 -100.00E+08	27	
-100.00E+08 -500.00E+07	71	
-500.00E+07 -102.40E+01	153	
-102.40E+01 500.00E+07	222	
500.00E+07 100.00E+08	225	
100.00E+08 150.00E+08	134	
150.00E+08 200.00E+08	101	
200.00E+08 250.00E+08	38	
250.00E+08 300.00E+08	16	
300.00E+08 350.00E+08	4	
350.00E+08 400.00E+08	5	

DAĞILIMIN PARAMETRELERİ

BEKLENEN DEĞER	(XORT) = 5.975E+09	(TL)	
STANDART SAPMA	(SSAP) = 9.00644E+09	(TL)	
VARYASYON KATSAYISI	(VAR) = 1.50735		
ÇARPILIK DEĞERİ	(ALFA3) = .351519		
BASIKLIK DEĞERİ	(ALFA4) = 3.29979		
EN KÜÇÜK DEĞER	(MIDE) = -1.06420E+10	(TL)	
EN BÜYÜK DEĞER	(MADE) = 3.88528E+10	(TL)	

KIKARE TESTİ:

GÜVENİRLİK SINIRI	(FZ) = .95	
SERBESTLİK DEREJESİ	(SD) = 9	
TEORİK KIKARE DEĞERİ	(KIKA) = 51.1875	
GERÇEK KIKARE DEĞERİ	(KIKAR) = 16.9003	
NORMAL DAĞILIMA UYGUN DEĞİL		

Ek.8 (devam ediyor)

VERILER:

=====

YILLAR	TKAP(I) (Ton/Gun)	XC(I) (Gr/Ton)	GYC(I) (Gr/Ton)	KDKN(I) (Ton/Gun)	DKDKN(I) (m3/Ton)
6	5376	186.76	341.09	1862.8	0.958
7	5376	186.76	341.07	1862.8	0.958
8	5376	186.76	341.07	1862.8	0.958
9	4704	154.95	303.01	2096.8	0.655
10	4704	154.95	303.01	2096.8	0.655
11	4032	115.46	256.81	2474.0	0.367
12	4032	115.46	256.81	2474.0	0.367
13	4032	115.46	256.81	2474.0	0.367
14	4032	115.46	256.81	2474.0	0.367
15	4032	115.46	256.81	2474.0	0.367
16	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
17	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
18	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
19	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
20	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
21	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
22	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070
23	3360	50.00	189.09	3360.0	0.070

NET BUS. DEGERLERIN DAGILIMI

=====

SINIF ARALIKLARI (Alt)	(Ust)	FREKANSLAR (nX)
-200.00E+08	-150.00E+08	3
-150.00E+08	-100.00E+08	20
-100.00E+08	-500.00E+07	52
-500.00E+07	-102.40E+01	152
-102.40E+01	500.00E+07	208
500.00E+07	100.00E+08	214
100.00E+08	150.00E+08	162
150.00E+08	200.00E+08	105
200.00E+08	250.00E+08	53
250.00E+08	300.00E+08	19
300.00E+08	350.00E+08	6
350.00E+08	400.00E+08	6

Ek.8 (devam ediyor)

DAGILIMIN PARAMETRELERI

BEKLENEN DEGER	(XDRT) = 7.05E+09	(TL)	
STANDART SAPMA	(SSAP) = 9.10572E+09	(TL)	
VARYASYON KATSAYISI	(VAR) = 1.29159		
CARPIKLIK DEGERI	(ALFA3) = .352768		
BASIKLIK DEGERI	(ALFA4) = 3.20918		
EN KUCUK DEGER	(MIDE) = -1.73963E+10	(TL)	
EN BUYUK DEGER	(MADE) = 3.99451E+10	(TL)	

KIKARE TESTI:

GUVENIRLIK SINIRI	(FZ) = .95	
SERBESTLIK DEREJESI	(SD) = 9	
TEORIK KIKARE DEGERI	(KIKA) = 42.9476	
GERCEK KIKARE DEGERI	(KIKAR) = 16.9003	
NORMAL DAGILIMA UYGUN DEGIL		

ÖZGEÇMİŞ

1959 yılında Nazilli'de doğan Adnan Konuk, ilk öğrenimini İzmir'de, orta öğrenimini Sakarya'da tamamladıktan sonra 1976 yılında Zonguldak Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Maden Mühendisliği bölümüne girmiştir. 1980 yılında Maden Mühendisi olarak mezun olduktan sonra, 1980-1982 yıllarında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesinde Maden İşletme dalında yüksek lisans eğitimi yapmıştır.

1980 yılında Eskişehir Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Maden Fakültesi'ne Asistan olarak girmiş ve 1986 yılında Öğretim Görevliliğine atanmıştır. Halen Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde aynı görevini sürdürmekte olup, askerliğini yapmış, evli ve bir çocuk babasıdır.