

**T.C.  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANA BİLİM DALI**

**ENERJİ YATIRIM PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE  
REEL OPSİYON YAKLAŞIMI**

Doktora Tezi

Hakan BİLİR

Ankara – 2012

**T.C.  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANA BİLİM DALI**

**ENERJİ YATIRIM PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE  
REEL OPSİYON YAKLAŞIMI**

Doktora Tezi

Hakan BİLİR

Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Güven SAYILGAN

Ankara - 2012

**T.C.**  
**ANKARA ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İŞLETME ANA BİLİM DALI**

**ENERJİ YATIRIM PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE**  
**REEL OPSİYON YAKLAŞIMI**

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Güven SAYILGAN

Tez Jürisi Üyeleri

**Adı ve Soyadı**

Prof. Dr. Güven SAYILGAN

Prof. Dr. Hasan ŞAHİN

Doç. Dr. Orhan ÇELİK

Doç. Dr. Kadir GÜRDAL

Doç. Dr. Yasemin Keskin BENLİ

**İmzası**

Tez Sınav Tarihi: 20.09.2012

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, benzerleri gibi, kollektif bir çabanın ürünüdür. Doktora programının başlangıcından, tezin teslim edilmesine değin geçen sürede desteğini esirgemeyen herkese ayrı ayrı teşekkürü borç bilirim.

Danışmanım ve tez değerlendirme jürisinin başkanı çok kıymetli hocam Prof. Dr. Güven SAYILGAN'a; hem tez izleme komitesi hem de tez değerlendirme jürisinin değerli üyeleri Prof. Dr. Hasan ŞAHİN ve hocam Doç. Dr. Kadir GÜRDAL'a ve tez değerlendirme jürisinin diğer değerli üyeleri hocam Doç Dr. Orhan ÇELİK ve Doç. Dr. Yasemin Keskin BENLİ'ye minnettarım.

Yakın ilgisi nedeniyle Metin Kilci'ye ve hiçbir konuda desteğini esirgemeyen İhsan Kulalı'ya teşekkürü borç bilirim. Tezin önemli bir bölümü, meslek hayatımın TPAO'da geçen sürecine rastlamaktadır. Bu nedenle hem tezin yazım aşamasındaki katkıları hem de TPAO'ya ait verilerin tezimde kullanılmasına sağlanan olanak nedeniyle başta Genel Müdür Mehmet UYSAL olmak üzere tüm TPAO çalışanlarına şükranlarımı sunarım. Mali İşler Dairesi'nden Fatih Boz ve Elif Günbatılı Erdem, Strateji Dairesi'nden Mehmet Ali Kaya ve Hüseyin Yakar'a yakın ilgileri nedeniyle ayrıca teşekkür ederim.

Çalışma esnasında başım her sıkıştığında yardımına koşan Harun Ulu'ya, katkıları nedeniyle Murat Çetinkaya ve Pelin Uyanık'a çok teşekkür ederim. Tezin yazım aşamasında aynı odayı paylaştığım Evrim Özgül Kazak'a her şey için minnettarım.

Eğitim hayatımı borçlu olduğum aileme; başta annem ve babam olmak üzere sonsuz şükranlarımı sunarım. Hiç kuşkusuz onlar olmasaydı böyle bir çalışma da olmazdı.

## İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR.....	3
TABLolar.....	4
ŞEKİLLER.....	6
GİRİŞ.....	7

### BİRİNCİ BÖLÜM YATIRIM PROJELERİNİN REEL OPSİYON YAKLAŞIMI İLE DEĞERLEMESİ

<b>1.1. YATIRIM PROJESİ DEĞERLEME BİLEŞENLERİ.....</b>	<b>10</b>
1.1.1. PROJEYE AİT BELİRSİZLİKLER	13
1.1.2. PROJE YAPISI	15
1.1.3. DEĞER HESAPLAMA	16
<b>1.2. OPSİYONLAR.....</b>	<b>19</b>
1.2.1. OPSİYONLARLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR	19
1.2.2. OPSİYON DEĞERLEMEDE TEMEL VARSAYIMLAR	25
1.2.2.1. Tek Fiyat Prensibi .....	25
1.2.2.2. Brownian Hareket ve Winer Süreci .....	27
1.2.3. OPSİYON DEĞERLEME MODELLERİ	29
1.2.3.1. Black –Scholes Modeli .....	30
1.2.3.2. Binom (Binomial) Modeli.....	34
1.2.3.3. Black – Scholes & Binom Modeli Karşılaştırması.....	38
<b>1.3. REEL OPSİYONLAR.....</b>	<b>41</b>
1.3.1. REEL OPSİYONLARIN YATIRIM PROJELERİNDE KULLANIMI	43
1.3.1.1. Geri Dönülmezlik .....	44
1.3.1.2. Belirsizlik.....	46
1.3.1.3. Esneklik .....	48
1.3.2. REEL OPSİYONLAR İLE FİNANSAL OPSİYONLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	51
1.3.3. REEL OPSİYONLAR İLE GELENEKSEL YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	57
1.3.3.1. İndirgenmiş Nakit Akım Yöntemlerinin Kısıtları.....	57
1.3.3.2. Genişletilmiş Net Bugünkü Değerin Elde Edilmesi .....	64
1.3.4. REEL OPSİYON DEĞERLEME YÖNTEMLERİ	82
1.3.4.1. Black – Scholes Opsiyon Fiyatlama Yöntemi.....	84
1.3.4.2. Binom (Binomial) Opsiyon Fiyatlama Yöntemi .....	89
1.3.4.2.1. Risk Yansız Olasılık Yaklaşımı .....	90
1.3.4.2.2. Kopya Portföy Yaklaşımı .....	98
1.3.5. REEL OPSİYON TÜRLERİ	103
1.3.5.1. Vazgeçme – Terk Etme Opsiyonu.....	105
1.3.5.2. Erteleme Opsiyonu.....	105
1.3.5.3. Değiştirme Opsiyonu.....	106
1.3.5.4. Genişleme / Küçülme Opsiyonu.....	106
1.3.5.5. Seçenekli Opsiyon.....	108
1.3.5.6. Kademe Opsiyonu.....	108

# İKİNCİ BÖLÜM

## ENERJİ YATIRIM PROJELERİNİN REEL OPSİYON YAKLAŞIMI İLE DEĞERLEMESİ

<b>2.1. ENERJİ PİYASALARI ve REEL OPSİYONLAR.....</b>	<b>110</b>
2.1.1. PETROL ve DOĞALGAZ PİYASALARININ ÖZELLİKLERİ	112
2.1.2. PETROL ve DOĞALGAZ YATIRIM PROJELERİNDE DEĞERİN HESAPLANMASI ve REEL OPSİYON FİYATLAMASI	117
2.1.3. PETROL ve DOĞALGAZ PİYASASI YATIRIM AŞAMALARI ve İLGİLİ REEL OPSİYONLAR	126
2.1.4. PETROL ve DOĞALGAZ FİYATLARININ TAKİP ETTİĞİ STOKASTİK SÜREÇ ve DEĞİŞKENLİK ANALİZİ	134
<b>2.2. PETROL ve DOĞALGAZ YATIRIM PROJELERİNDE REEL OPSİYON UYGULAMASI .....</b>	<b>149</b>
2.2.1. MONTE CARLO SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE REEL OPSİYON ANALİZİ: BATI RAMAN SP-3 PETROL SAHASI ÜRETİM PROJESİ DEĞERLEME	151
2.2.2. İDEAL YATIRIM ZAMANLAMASININ BELİRLENMESİ: KUZEY MARMARA DOĞALGAZ DEPOLAMA TESİSİ YATIRIM PROJESİ DEĞERLEME	164
2.2.3. OPSİYON TÜRLERİNİN PROJE DEĞERLEMeye ETKİLERİ: AKÇAKOCA DOĞALGAZ ÜRETİM PROJESİ DEĞERLEME	189
<b>SONUÇ .....</b>	<b>213</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>218</b>
<b>EK 1 .....</b>	<b>231</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>232</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>233</b>

## KISALTMALAR

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
AFT	:	Arbitraj fiyatlama modeli
AOSM	:	Ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti
AR-GE	:	Araştırma-geliştirme
BD	:	Bugünkü değer
BDF	:	Bugünkü değer faktörü
BOTAŞ	:	Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
C	:	Alım opsiyonu
CAPEX	:	Sermaye maliyeti ( <i>capital expenditures</i> )
CAPM	:	Finansal varlıkları fiyatlama modeli ( <i>capital asset pricing model</i> )
EPDK	:	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
exp	:	Logaritmik ( <i>exponential</i> )
FCF	:	Serbest nakit akışları ( <i>free cash flow</i> )
FVFM	:	Finansal varlıkları fiyatlama modeli
GBM	:	Geometrik Brownian Hareketi
GNBD	:	Genişletilmiş net bugünkü değer
IRR	:	İç karlılık oranı ( <i>internal rate of return</i> )
İNA	:	İndirgenmiş nakit akışları
İYZ	:	İdeal Yatırım Zamanlaması
KV	:	Kurumlar vergisi
LNG	:	Sıvılaştırılmış doğal gaz
NBD	:	Net bugünkü değer
NBDq	:	Değişen net bugünkü değer
NPV	:	Net bugünkü değer ( <i>net present value</i> )
NYMEX	:	New York Vadeli İşlemler Borsası
OECD	:	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
OPEC	:	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
P	:	Satım opsiyonu
TPAO	:	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
USD	:	Amerikan Doları
V	:	Varlık değeri
VÖK	:	Vergi öncesi kar
VSK	:	Vergi sonrası kar
WACC	:	Ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti ( <i>weighted average cost of capital</i> )

## TABLULAR

### BİRİNCİ BÖLÜM

		Syf.
Tablo	1.1. Proje değerlendirme yöntemlerinin risk yaklaşımı	17
Tablo	1.2. Opsiyon taraflarının yükümlülükleri	20
Tablo	1.3. Amerikan tipi bir opsiyonda alıcının ve satıcının olası işlemleri	22
Tablo	1.4. Opsiyonun değerini oluşturan faktörler	23
Tablo	1.5. Alım ve satım opsiyonlarının fiyatını etkileyen faktörler	25
Tablo	1.6. Opsiyon değerlendirme modelleri	29
Tablo	1.7. Black – Scholes ve binom modellerinin karşılaştırılması	39
Tablo	1.8. Çeşitli opsiyon portföyleri için risksiz opsiyon portföyleri	40
Tablo	1.9. Yönetimsel esnekliğin değeri	49
Tablo	1.10. Finansal opsiyon & reel opsiyon karşılaştırması	53
Tablo	1.11. Finansal ve reel opsiyonların değerini belirleyen faktörler	53
Tablo	1.12. Geleneksel İNA yöntemlerinin dezavantajları	59
Tablo	1.13. Yatırım fırsatı ve alım opsiyonu arasındaki eşleştirme	65
Tablo	1.14. Geleneksel NBD ve opsiyon değerinin aynı olma durumu	66
Tablo	1.15. Yatırım matrisinin Black –Scholes modeline dönüşümü	68
Tablo	1.16. Opsiyon uzayında opsiyon değerinin iki boyutlu gösterimi	69
Tablo	1.17. Opsiyon uzayının bölgelere ayrılması	70
Tablo	1.18. Bağımsız projelerin yatırım tercihleri açısından sınıflandırılması	71
Tablo	1.19. BS modeli kullanılarak opsiyon değerinin iki boyutlu hesaplanması	73
Tablo	1.20. ABC projesinin nakit akışının genel durumu	75
Tablo	1.21. ABC projesinin birinci aşamasına ilişkin nakit akışı	75
Tablo	1.22. ABC projesinin ikinci aşamasına ilişkin nakit akışı	75
Tablo	1.23. ABC projesinin ikinci aşamasına ilişkin nakit akışının opsiyona dönüşümü	76
Tablo	1.24. Black - Scholes modeli girdileri ile yatırım ilişkisi	84
Tablo	1.25. KLM projesinin ve ikiz menkul değerlerin nakit akışları	99
Tablo	1.26. KLM projesi erteleme ve ertelememe seçeneklerine ait karar ağacı	100
Tablo	1.27. KLM projesinin ödemelerinin opsiyon ile karşılaştırılması	102
Tablo	1.28. Reel opsiyon kategorileri	103
Tablo	1.29. Reel opsiyon türleri	104
Tablo	1.30. Reel opsiyon türlerinin özellikleri	104

### İKİNCİ BÖLÜM

Tablo	2.1. Finansal ve reel opsiyonların karşılaştırması	124
Tablo	2.2. Petrol ve doğalgaz sahalarına yönelik reel opsiyonlar	128
Tablo	2.3. Hidrokarbon saha geliştirme karar aşamaları	130
Tablo	2.4. Logaritmik getiriler yöntemine göre değişkenlik hesaplanması	146
Tablo	2.5. Batı Raman SP3- kuyusu proje değerlendirme bileşenleri	153
Tablo	2.6. Batı Raman SP-3 kuyusu için V.S.K. analizi	153
Tablo	2.7. Batı Raman SP-3 kuyusu için temel senaryo: NBD hesaplaması	154
Tablo	2.8. Batı Raman SP-3 kuyusu için duyarlılık analizi	156
Tablo	2.9. Batı Raman SP-3 kuyusu için toplam olasılık dağılımı	158
Tablo	2.10. Batı Raman SP-3 kuyusu için Monte Carlo simülasyon yöntemi sonuçları	158
Tablo	2.11. Batı Raman SP-3 kuyusu için nakit akışlarının değişkenliğinin ölçümü	162
Tablo	2.12. Batı Raman SP-3 kuyusu için Black - Scholes girdi parametreleri	162
Tablo	2.13. Doğalgaz depolama tesislerinin özellikleri	166



Tablo	2.14.	Kuzey Marmara depolama tesisi net nakit akışı: Temel senaryo	170
Tablo	2.15.	Kuzey Marmara depolama tesisi NBD hesaplaması	171
Tablo	2.16.	Kuzey Marmara depolama tesisi nakit akışlarının değişkenliğinin hesaplanması	172
Tablo	2.17.	Kuzey Marmara depolama tesisi için binom modeli parametrelerinin belirlenmesi	172
Tablo	2.18.	Kuzey Marmara depolama tesisi: İdeal yatırım zamanlaması için net nakit akışı	178
Tablo	2.19.	Kuzey Marmara depolama tesisi: Duyarlılık analizi parametreleri	179
Tablo	2.20.	Kuzey Marmara depolama tesisi: Opsiyon değerinin ve GNBD'in T'ye göre değişimi	180
Tablo	2.21.	Kuzey Marmara depolama tesisi: Değişkenliğin opsiyon değerine etkisi	182
Tablo	2.22.	Kuzey Marmara depolama tesisi: Getiri kısıtlılığının opsiyon değerine etkisi	183
Tablo	2.23.	Kuzey Marmara depolama tesisi: Risksiz getiri oranının opsiyon değerine etkisi	184
Tablo	2.24.	Kuzey Marmara depolama tesisi: Yatırım maliyetinin opsiyon değerine etkisi	185
Tablo	2.25.	Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Temel senaryo	190
Tablo	2.26.	Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Proje nakit akışlarının değişkenliğinin hesaplanması	192
Tablo	2.27.	Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Binom modeli parametrelerinin belirlenmesi	192
Tablo	2.28.	Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Fiyatın değişkenliğinin hesaplanması	196
Tablo	2.29.	Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Erteleme opsiyonu binom modeli parametrelerinin belirlenmesi	200
Tablo	2.30.	Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Genişleme opsiyonu binom modeli parametrelerinin belirlenmesi	202
Tablo	2.31.	Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Terk etme opsiyonu binom modeli parametrelerinin belirlenmesi	205
Tablo	2.32.	Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Seçenekli opsiyonun binom modeli parametrelerinin belirlenmesi	208
Tablo	2.33.	Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Kademe opsiyonun binom modeli parametrelerinin belirlenmesi	210

## ŞEKİLLER

### BİRİNCİ BÖLÜM

	Syf.
Şekil 1.1. Değerleme modelinin bileşenleri	12
Şekil 1.2. Proje belirsizlikleri	13
Şekil 1.3. Belirlilik & risk analizi gelişimi	18
Şekil 1.4. NBD hesaplaması	60
Şekil 1.5. İNA yöntemlerinin kısıtları	63
Şekil 1.6. İNA ve reel opsiyon indirgeme karşılaştırılması	79
Şekil 1.7. Geleneksel İNA yöntemleri ile reel opsiyon analizinin karşılaştırması	81
Şekil 1.8. Birleştirilmiş ve birleştirilmemiş ağaç çözümü	89
Şekil 1.9. Binom ağaçları ile değerlendirme prosedürü	92

### İKİNCİ BÖLÜM

Şekil 2.1. Bir petrol sahasının işletmeye alınmasının takvimi	119
Şekil 2.2. Petrol ve doğalgaz geliştirme safhası alt bileşenleri	129
Şekil 2.3. Batı Raman SP-3 kuyusu için Tornado diyagramı	155
Şekil 2.4. Batı Raman SP-3 kuyusu için olasılık dağılımı	157
Şekil 2.5. Batı Raman SP-3 kuyusu için toplam olasılık dağılımı	157
Şekil 2.6. Kuzey Marmara depolama tesisi: Opsiyon değerinin ve GNBD'nin T'ye göre değişimi	181
Şekil 2.7. Kuzey Marmara depolama tesisi: Avrupa tipi opsiyonun değeri	181
Şekil 2.8. Kuzey Marmara depolama tesisi: Değişkenliğin opsiyon değerine olan etkisi	182
Şekil 2.9. Kuzey Marmara depolama tesisi: Getiri kısıtlığının opsiyon değerine olan etkisi	184
Şekil 2.10. Kuzey Marmara depolama tesisi: Risksiz getiri oranının opsiyon değerine olan etkisi	185
Şekil 2.11. Kuzey Marmara depolama tesisi: Yatırım maliyetinin opsiyon değerine olan etkisi	186
Şekil 2.12. Kuzey Marmara depolama tesisi: Değişkenliğin opsiyonun değeri üzerinde yarattığı birim etki	187
Şekil 2.13. Kuzey Marmara depolama tesisi: Getiri kısıtlığının opsiyonun değeri üzerinde yarattığı birim etki	188
Şekil 2.14. Kuzey Marmara depolama tesisi: Değişkenliğin opsiyonun değeri üzerinde yarattığı birim etki	188

## GİRİŞ

Yatırım projelerinin seçimi, firmaların gelecekteki nakit akışlarını ve dolayısıyla firma değerini etkileyen en önemli kararların başında gelmektedir. Yatırım projeleri değerlendirme sürecinin başarısı, kullanılan verilerin ve seçilen yöntemin doğruluğuna bağlıdır. Değerlemede kullanılan yöntemlerin özellikle belirsizlik ve riskleri ele alış biçimine göre ayrışması sonuçların da farklılaşmasına neden olmaktadır.

Geleneksel proje değerlendirme yöntemleri, özellikle projelerin sahip olduğu esnekliği dikkate almamaları nedeniyle eleştirilmektedir. Geleneksel yöntemlerde nakit akışlarını indirgemedeki kullanılan iskonto oranının sabit olarak kabul edilmesi, koşullar değişse dahi değerlemenin statik kalmasına neden olmaktadır. Yatırım projeleri geleneksel yöntemlerin aksine dinamik bir yapıya sahiptir. Geleneksel proje değerlendirme yöntemlerinin esnek olmayan ve değişikliklere cevap veremeyen bir yapıya sahip olması alternatif arayışlarında opsiyon yöntemini öne çıkartmaktadır.

Finansal enstrümanlar üzerinde şekillen opsiyonların yükümlülük olmaksızın bir hak yaratabilme özelliği, riskten korunmak isteyen yatırımcılar için oldukça caziptir. Opsiyon teorisinin sınırları, yatırım fırsatlarının da yükümlülük olmaksızın bir hak olarak formüle edilebilmesiyle, emtiaları da kapsayacak şekilde genişlemiştir. Reel opsiyon olarak adlandırılan bu yeni yaklaşım ışığında, “geri dönülmezlik, belirsizlik ve esneklik” kavramları yatırım kararlarının değerlemesini kritik bir biçimde değiştirmektedir. Geleneksel yöntemlerde belirsizlik bir musibet gibi algılanırken, opsiyon fiyatlama modeli, belirsizliği bir lütuf gibi görmektedir. Bir projenin opsiyon değeri belirsizliğin artması ile birlikte artmaktadır.

Günümüzde enerji piyasaları ekonomik büyümenin en önemli itici gücünü oluşturmaktadır. Nüfus ve büyümede görülen artışa paralel bir biçimde gelişen talebe cevap verebilmek için sektörde önemli derecede yatırıma ihtiyaç duyulmaktadır. Yenilebilir enerji kaynaklarının gelişimine rağmen, birincil enerji kaynakları olarak adlandırılacak petrol, doğal gaz ve kömür ise halen bu alanda başı çekmektedir. Elektrik üretiminin önemli bir bölümünün de, söz konusu kaynaklara bağlı olarak gerçekleştirilmesi, birincil enerji kaynaklarına duyulan yatırım ihtiyacını net bir biçimde ortaya koymaktadır. Türkiye'nin de ihtiyacının çok büyük bir bölümünü ithalat yolu ile sağladığı birincil enerji kaynaklarından petrol ve doğalgaza yönelik arama ve geliştirme faaliyetleri büyük ölçekli finansal kaynaklara gereksinim göstermektedir. Bu durum sektöre yönelik yatırımların değerlendirilmesinde kullanılacak yöntemlerin seçimini kritik hale getirmektedir. Reel opsiyon yaklaşımının petrol ve doğalgaz sektörü arama ve geliştirme aşamalarındaki esneklikleri dikkate alması, yöntemin bu alandaki yatırım değerlemelerinde uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Yüksek miktarda yatırıma ihtiyaç duyan bu alanlar bakımından, belirsizliğin bir musibet olarak görülmeğe ziyade fırsat olarak hesaplamalara dahil edilmesi ek değerlerin yaratılmasına katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, reel opsiyon yaklaşımının yarattığı ek değerlerin petrol ve doğalgaz yatırım projeleri özelinde ortaya konulması ile birlikte değerlendirilmesinde dikkat edilmesi gereken konuların açıklığa kavuşturulması amaçlanmaktadır. Bu çerçevede Çalışma'da petrol ve doğal gaz piyasaları yatırım projelerinin değerlendirilmesine yönelik detaylı analizlere yer verilmiştir.

Proje değerlendirme yöntemlerinin sonuçlarının doğruluğu kadar pratikte uygulanabilir olması da büyük bir önem taşımaktadır. Çalışmanın önemini, anlatılan yöntemlerin pratik hayatta uygulanabilmesine yardımcı olacak süreçleri olabildiğince detaylı bir biçimde ortaya koymak olarak tanımlamak mümkündür. Bu durum proje değerlemeye konu temel senaryonun

oluşturulmasından, reel opsiyon analizinin en önemli parametrelerinin hesaplanmasına değin tüm adımların örnekler ile ortaya konulmasını kapsamaktadır. Yaklaşımın, geleneksel değerlerin göz ardı etmiş olduğu ek değeri ortaya çıkartarak yatırım kararlarının artmasına neden olabilecek olması, yöntemin benimsenmesinin önemini daha da artırmaktadır. Türkiye’de ciddi yatırıma ihtiyaç gösteren petrol ve doğal gaz piyasalarının reel opsiyon analizine uygunluk göstermesi çalışmanın motivasyon kaynağını oluşturmaktadır.

Çalışma iki bölümden meydana gelmektedir. İlk bölümde öncelikle yatırım projesi değerlendirme bileşenleri açıklanmaktadır. Bölümün devamında opsiyonlara yönelik genel bilgilere ve değerlendirme modellerine yer verilmektedir. Reel opsiyonların yatırım projelerinde kullanım nedenleri, finansal opsiyonlardan ve geleneksel yöntemlerden farklılıkları da bu bölümde ele alınmaktadır. Bu bölümde son olarak reel opsiyon değerlendirme yöntemleri ve reel opsiyon türleri hakkındaki bilgiler yer almaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise, enerji sektörü yatırım projeleri petrol ve doğal gaz piyasaları özelinde ele alınmıştır. Bu anlamda öncelikle petrol ve doğalgaz piyasalarının genel özellikleri ile bu alandaki yatırım aşamalarının ilgili reel opsiyonlara dönüştürülmesi süreci açıklanmaktadır. Bu bölümde ayrıca petrol ve doğalgaz fiyatlarının takip ettiği süreç ve değişkenlik analizine de yer verilmektedir. Bölümün sonunda ise, daha önce teorisine yer verilen reel opsiyon analizinin uygulamasına yönelik örnekler yer almaktadır. Bu çerçevede petrol ve doğalgaz sahalarına yönelik üretim projeleri ile doğalgaz depolama tesisi yatırım projesinin değerlemesi reel opsiyon analizi ile gerçekleştirilmiştir.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### YATIRIM PROJELERİNİN REEL OPSİYON YAKLAŞIMI İLE DEĞERLEMESİ

Sermaye bütçeleme tekniği (*capital budgeting techniques*) olarak bilinen yatırım kararı, yatırım projelerinin seçimini ifade etmektedir (Yıldırım, 2007: 4). Yatırım kavramı, genel anlamda yarınki tüketim için bugünkü tüketimden vazgeçmeyi ifade etmektedir (Safarov, 2009: 3). İşletme açısından yatırım, işletmeye uzun süre gelir (nakit girişi) sağlayacak her türlü harcamadır. Bu tanıma göre, faaliyetlerin yürütülmesi için zorunlu olan arazi, araç-gereçler ve donanım gibi sürekli kullanım elemanlarının tedariki için yapılan harcamalar, yatırım kapsamına girmektedir. Ancak mikro açıdan yatırım, işletmenin amacını oluşturan faaliyetleri sürdürmek, belli bir anda işletmenin varlığını, rekabet gücünü korumak veya geliştirmek üzere, işletmenin sürekli bir şekilde sahip olmak zorunda olduğu unsurlar ve özellikle dayanıklı malların tedariki için yapılan harcamalardır. Yatırım kararları firmaların nakit akışlarını doğrudan etkilemeleri nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Ayrıca yatırımlar için harcanan sermaye tutarı, işletmenin tüm sermaye harcamaları içerisinde hem çok yüksek bir paya hem de geri dönüş süresi en uzun olma özelliğine sahiptir. Firmaların önündeki alternatifler arasından en uygun olanının seçilebilmesi, değerlendirme işlemin büyük bir titizlikle yapılmasını gerektirmektedir (Mecit ve Atılğan, 2007: 200).

#### 1.1. YATIRIM PROJESİ DEĞERLEME BİLEŞENLERİ

İşletmeler her büyük kaynak dağıtım kararı öncesinde, işlemin değeri ile ilgili olarak bir takım hesaplamalar yapmaktadır. Değerlemenin anlaşılması, işletmenin kaynak dağılım kararlarına anlamlı bir katkı getirebilmenin önkoşulunu oluşturmaktadır (Claeys ve Walkup, 1999: 135). İşletmelerin çeşitli yatırımlar arasından seçim yapmak ve karar vermek amacıyla yürüttükleri süreç, yatırım değerlendirme olarak adlandırılmaktadır (Demireli ve Kurt, 2006: 121). Değer kavramı, gelecekteki net karlılığı temsil eden, zamana göre indirgenmiş nakit akışlarının

büyükliğini ifade etmektedir. Değerleme fikri, varlığın gerçek değerini yansıtan fiyatın belirlenebilmesini amaçlamaktadır. Geleneksel olarak varlık değerlendirme ile ilgili olarak “piyasa”, “maliyet ve “gelir” yaklaşımları mevcuttur. Piyasa yaklaşımı, pazardaki karşılaştırılabilir varlıkların fiyatının araştırılarak, piyasanın pazar fiyatında dengeye ulaşacağını varsaymaktadır. Maliyet yaklaşımı varlığın gelecek karlılığını dikkate alarak yeniden üretilebilmesi veya yenilenmesi için gereken maliyetlerin araştırılmasını dikkate almaktadır. Gelir yaklaşımı ise varlığın gelecekte yaratacağı nakit akışlarının karlılığının şimdiki değere indirgenmesi ile elde edilmektedir (Mun, 2002: 55–56).

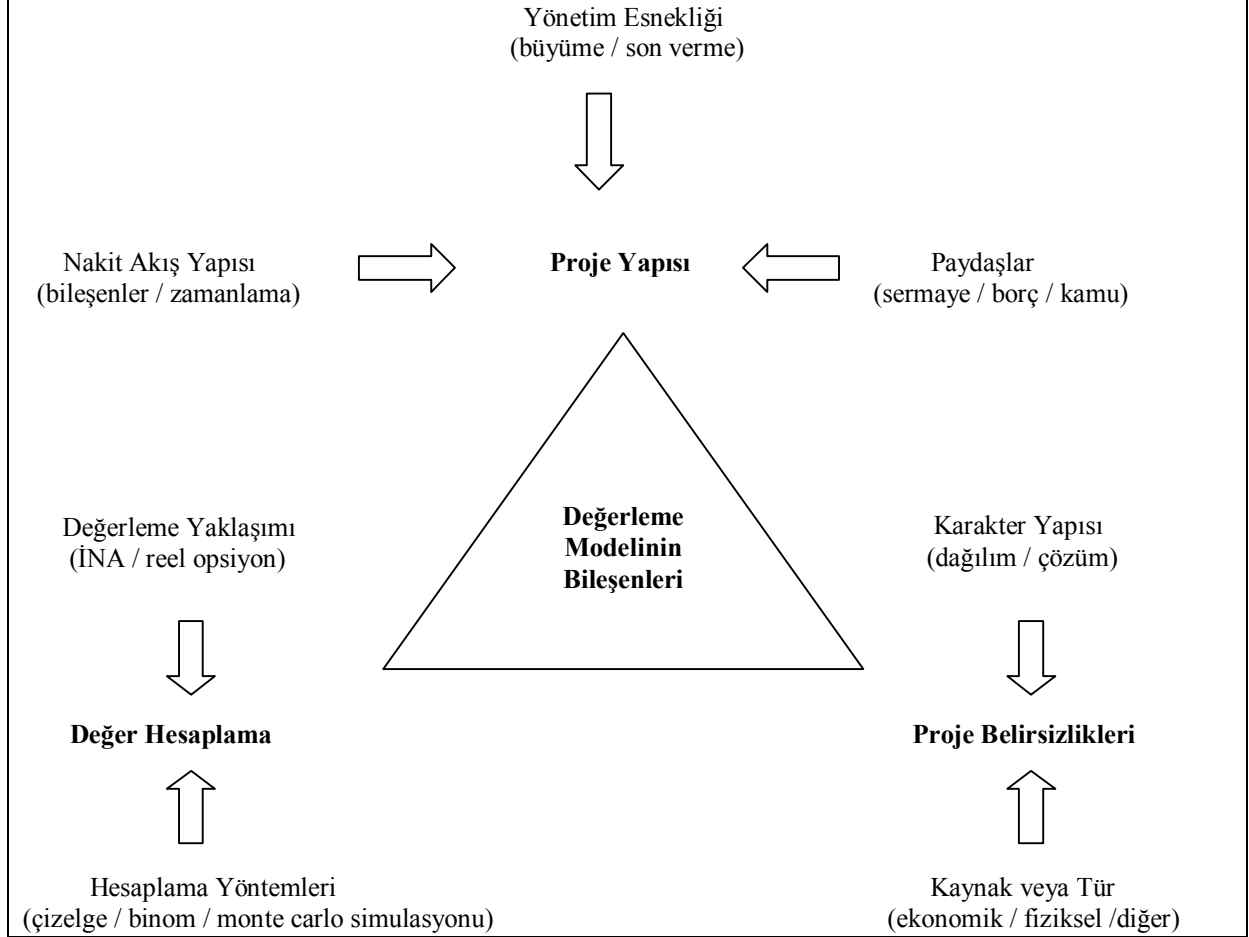
Sermaye bütçelemesi, işletmelerin stratejileri doğrultusunda, piyasalarda rekabet üstünlüğü kazanarak pay sahiplerinin refahını artırabilecek projelerin ortaya konulmasını, projelerin değerlemesini ve en uygun olan proje ya da projelerin seçilmesini kapsayan bir süreçtir. Proje değerlendirme, yatırımın finansal ve stratejik değerinin belirlenmesine yönelik analitik bir süreçtir (Alper ve Anbar, 2011: 50). Değerleme işleminin temel sonucu yatırımdan elde edilen faydaların ölçülmesidir. Söz konusu fayda net bugünkü değer<sup>1</sup> (NBD) – (*net present value*) olarak adlandırılmakta ve risk dahil olmak üzere firmaların yapmış oldukları yatırımlardan elde edilen ekonomik kazancı göstermektedir. Proje değerlendirme işlemlerinde hesaplamalar genellikle indirgenmiş nakit akışları yöntem(ler)i (İNA) – (*discounted cash flow*) ile yapılmaktadır (Samis, 2003: 2). Değerlemenin esasını teşkil eden İNA yöntemi oldukça objektif olmakla birlikte, değişen koşulları dikkate almaması nedeniyle statik olması ve farklı risk kategorilerini tek bir iskonto oranı ile değerlemesi nedeniyle hatalı sonuçlara yol açabilmektedir (Guj, 2006a: 99). Günümüzde ise bu yöntemin alternatifi olarak reel opsiyon (*real option*) yaklaşımı öne çıkmaktadır. Model, İNA yöntemi ile aynı teorik temele

---

<sup>1</sup> Bir projenin net bugünkü değeri, ekonomik ömür boyunca elde edilecek nakit akışlarının bugüne indirgenmesi ile bulunmaktadır. Net bugünkü değeri pozitif olan projelere yatırım yapıldığında firmanın değeri artmaktadır (Bal, 2011: 22).

dayanmakla birlikte, ilerleyen aşamalarında daha detaylı açıklanacağı üzere, İNA yönteminin pek çok sınırlamasını ortadan kaldırmaktadır (Samis, 2003: 2).

**Şekil 1.1 Değerleme modelinin bileşenleri**



**Kaynak: Samis (2003, 3)**

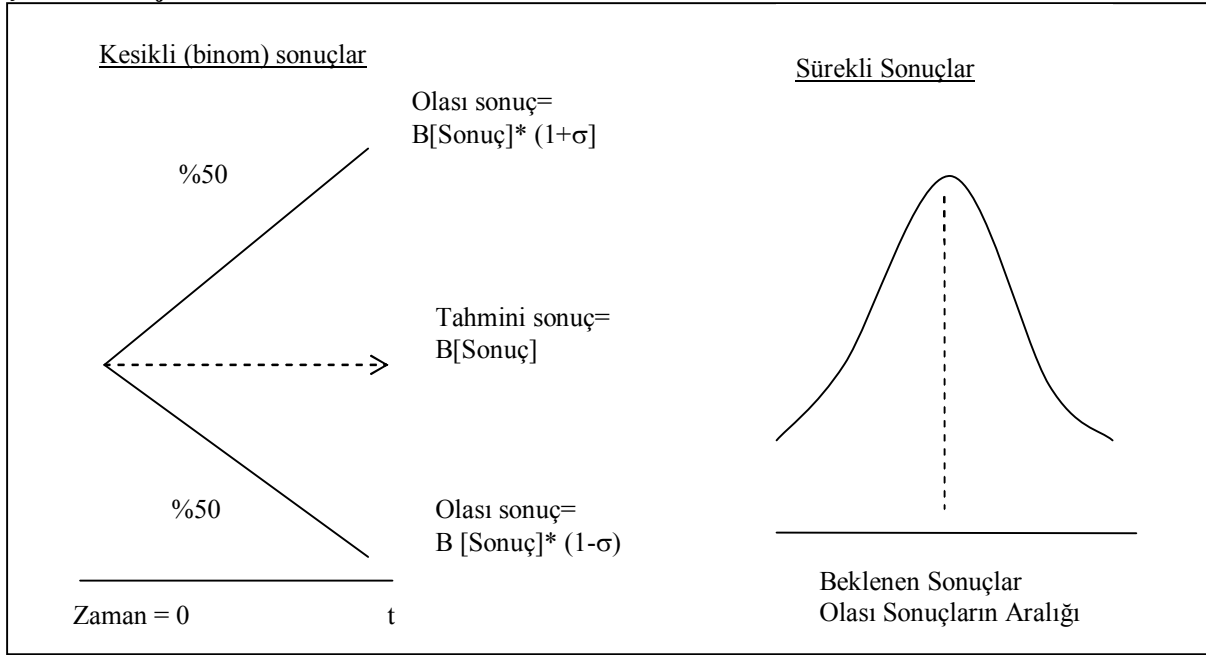
Şekil 1.1.'den görüldüğü üzere, değerlendirme modelinin ilk bileşeni projeye ait belirsizliklerdir. Söz konusu belirsizlikler fiyat, maliyet, siyasi gelişmeler, düzenleyici faktörler, faiz oranları gibi bir çok nedenden kaynaklanabilmektedir. Modelin ikinci bileşeni proje yapısıdır. Değerin atfedildiği nakit akışları riske ve zamana bağlıdır. Dolayısıyla değeri hesaplamada kullanılan yöntem, riskin ve zamanın nasıl işleme dahil edileceğini de belirlemektedir. Uygun yöntemin seçimi ise eldeki mevcut bilgiler çerçevesinde yerine getirilmektedir. Modelin son bileşeni ise değer hesaplamada kullanılan sayısal yöntemlerdir (Samis, 2003: 3).



### 1.1.1. PROJEYE AİT BELİRSİZLİKLER

Belirsizlik, gerçek sonuçlar ile beklenen veya tahmin edilen değerler<sup>2</sup> arasındaki olası farklılıkların ölçülmesini ifade etmektedir. Projenin belirsizlikler içermesi, tahmini sonuçlar ile projenin tasarlanmasını ve değerlendirme modelinin kullanılmasını gerektirmektedir. Belirsizlik, kesikli (*discrete*) ve sürekli (*continuous*) olasılık dağılımları ile tanımlanmaktadır. Bu durum Şekil 1.2’de gösterilmeye çalışılmıştır.

Şekil 1.2 Proje belirsizlikleri



Kaynak: Samis (2003, 5)

Belirsizliğin çözümlenmesi, öğrenme ve bilgilerin güncellenmesini yansıttığı için, proje değerlemenin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. İlerleyen aşamalarda yeni bilgilerin elde edilmesi, projenin ve olası sonuçların değişmesine neden olmaktadır. Söz konusu bilgilerin birçok kaynaktan elde edilmesi mümkündür. Yeni bilginin en önemli etkisi, olası gelecek sonuçlara atfedilen olasılıkların değişmesi yoluyla proje belirsizliğinin kısmi de olsa

<sup>2</sup> Riskin ölçümü için gerekli olan olasılığı, olayların olma şansı, olasılık dağılımını ise her bir olay için tayin edilen olasılıkların listelenmesi olarak adlandırmak mümkündür (Brigham, 1995: 152). Beklenen değer ise olası getirilerin ortalamasını ifade etmektedir (Quiry ve diğerleri, 2005: 393). Beklenen değer hesaplamasının formülü aşağıdaki gibidir. Formülde yer alan,  $E(r)$  ifadesi, beklenen değeri,  $p$  ifadesi olasılığı ve  $r$  ifadesi ise getiriyi ifade etmektedir.

$$E(r) = p_1r_1 + p_2r_2 + \dots + p_nr_n$$

$$E(r) = \sum_{i=1}^n P_i r_i$$

özölmesine yardımcı olmasından kaynaklanmaktadır. Ekonomik olaylar, sektör haberleri ve proje ıktıları geleceğe ilişkin beklentilerimizin değişmesine neden olmaktadır. Bu durumda olasılık dağılımının ve öğrenme olasılığının hesaba katılmaması halinde, belirsizliklerin modelimize dahil edilmesi de mümkün olmayacaktır (Samis, 2003: 6 – 7).

Bir yatırım projesine ait çok sayıda belirsizlikten bahsetmek mümkündür. Fiyat gibi önemli ölçüde verinin mevcut olduğu söz konusu belirsizliklerin bazılarının istatistiksel yöntemler ile analiz edilmesi gerekmektedir. Söz konusu belirsizlikleri ekonomik (girdi/çıktı maliyetleri, faiz oranları, döviz kuru vb.), fiziksel çevre (jeolojik, çevresel), operasyonel ve teknolojik (girdi ve üretim birimleri, araştırma – geliştirme, süreç etkinlikleri) ve politik (vergi, mevzuat, sendika) şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Söz konusu belirsizliklerin bazıları modellenenirirken, politik risk benzeri süreçleri tahmin etmek oldukça zordur (Samis, 2003: 4). Yatırım değerlemeye yönelik teoriler, gelecek pazar koşullarına yönelik belirsizlik altında, şirket yöneticilerinin yeni yatırım projelerine nasıl karar vereceği sorusunu cevaplamaya çalışmaktadır (Dixit ve Pindyck, 1995: 105).

Değerleme konusundaki en iyi yaklaşımlar hiç kuşkusuz içerisinde belirsizliği dikkate alabilmeli ve daha iyi stratejiler için aktif karar alabilmeyi içermelidir. Finansal açıdan bir işletme stratejisi statik nakit akışları serisinden daha çok opsiyon serilerini andırmaktadır. Bir stratejiyi yönetebilmek, sırasıyla birçok önemli kararı alabilmeyi gerektirmektedir. Söz konusu kararlardan bazıları hemen alınırken, diğerlerini erteleyebilmek optimal çözüme ulaşmak bakımından gereklilik arz etmektedir (Luehrman, 1998b: 89).

### **1.1.2. PROJE YAPISI**

Proje yapısının ilk bileşenini, projenin nakit akışlarının kompozisyonu ve zamanlaması oluşturmaktadır. Bağımsız bir projenin nakit akışları; “gelirler, faaliyet giderleri ve sermaye (yatırım) maliyetinden (CAPEX)<sup>3</sup>” meydana gelmektedir. Söz konusu bileşenlerin kendi arasındaki ilişkiler nakit akışının yapısı bakımından önem taşımaktadır. Örneğin değişken (operasyonel) maliyetin yüksek olduğu bir projedeki nakit akışları daha değişken ve riskli bir karakter arz etmektedir. Benzer şekilde ilk yatırım maliyetinin yüksek olduğu projeler de yüksek risk barındırmaktadır. Proje yapısının ikinci bileşenini yönetim esnekliği oluşturmaktadır. Esneklik, pek çok zaman diliminde proje değerini maksimize eden alternatifin seçilebilmesini olanaklı hale getirmektedir (Samis, 2003: 9-10). Projelerin barındırdığı esneklik; vazgeçme, erteleme, aşamalandırma, genişleme/küçülme, değiştirme ve büyüme gibi çok çeşitli şekillerde olabilmekte ve bu esneklikler projelerde değişik opsiyonlar oluşturarak projenin değerini etkileyebilmektedir. Esnekliğin değeri, belirsizliğin derecesi ve yönetimin reaksiyon fırsatları ile ilişkilidir. Belirsizlik yüksek ve yönetim yeni bilgiler doğrultusunda reaksiyon gösterebiliyorsa, esnekliğin değeri de yüksek olacaktır. Aksi durumda, belirsizlik düşük ve yöneticilerin gelecekteki kararlarını değiştirecek yeni bilgiler elde etmeleri zayıf veya yöneticiler elde edebilecekleri yeni bilgiler doğrultusunda hareket serbestisine sahip değillerse, esnekliğin değeri de düşük olacaktır (Alper ve Anbar, 2011: 51). Esnekliğin yönetime sağladığı olanakları; “geliştirme, kapasite artırma, son verme, bekleme, teknolojik gelişme vb” şeklinde sıralamak mümkündür (Samis, 2003: 11).

Proje yapısının son bileşeni finansman, çeşitli paydaşların projeye nasıl katkıda bulunabileceklerini tanımlamaktadır. Proje değerlendirme amaçları bakımından en temel üç paydaşı; “hissedarlar, proje kreditorleri ve hükümet” olarak sıralamak mümkündür. Söz

---

<sup>3</sup> Yatırım giderlerine karşılık gelmek üzere kullanılan CAPEX (*capital expenditure*) kavramı, işletmelerin elde etme ya da inşa etme yoluyla aktiflerine kazandırdıkları binalar, makine ve teçhizat, santraller gibi fiziksel altyapılar (sabit kıymetler) için yapılan harcamaları dikkate almaktadır.

konusu paydaşların rolleri finansal sözleşmede tanımlanmakta ve bu çerçevede her bir paydaşın katkısı ve kazancı belirlenmektedir (Samis, 2003: 13). Yatırımcılar projenin potansiyel finansal performansı ve geri dönüşü ile ilgilenirken, kreditorler proje nakit akışlarının ana para ve faiz ödeme kapasitesi, hükümet ise projenin parasal olan ve olmayan ekonomik performansı ile ilgilenmektedir (Guj, 2006a: 99).

### **1.1.3. DEĞER HESAPLAMA**

Proje değerlemenin son bileşeni değer hesaplama iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde risk ve zamanlamanın nasıl ele alınacağı belirlenmektedir. İkinci bölüm de ise sayısal yaklaşımlar kullanılarak değer hesaplanmaktadır. Finansal ekonomi değer hesaplama konusunda birbirleri ile rekabet halinde olan “İNA” ve “reel opsiyon” yöntemlerini öne çıkartmaktadır (Samis, 2003: 14). İki yöntem arasındaki temel farklılık; riskli nakit akışlarının nasıl değerlendirildiğinde yatmaktadır. Geleneksel yöntemlerde firmalar genellikle riski, nakit akışlarının indirildiği iskonto oranları içerisinde değerlendirmektedir. Söz konusu oran, riske göre uyarlanmış iskonto oranı (*risk adjusted discount rate*) olarak adlandırılmaktadır. Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde genellikle kullanılan, hissedarların beklentilerini yansıtan, firmanın ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti (AOSM) oranı<sup>4</sup>; “firmanın sermaye yapısı, vergi oranı, borçlanma oranı, firma hisselerinin beklenen getirisi gibi” faktörler dikkate alınarak hesaplanmaktadır (Smith ve McCardle, 1999: 8).

---

<sup>4</sup> İNA yöntemi için sermayenin fırsat maliyetinin anlaşılması temel bir gerekliliktir. Firmalar yatırımlarının finansmanını, “kreditorler ve hissedarlar” olmak üzere iki gruptan sağlamaktadır. Firmalar söz konusu gruplardan borçlarını ve öz sermayelerini (*equity capital*) temin etmektedir. Her iki grup da, katlandıkları risk ölçüsünde, belirli bir getiri oranı beklemektedir. Borç verenler sabit ödemelerin yanı sıra söz konusu ödemeler gerçekleşmez ise firmanın tasfiyesini veya iflasını talep edebilmektedir. Diğer taraftan hissedarlar ise, firmanın diğer bütün ödemelerinin yapılmasından sonra kalan nakit akışlarını almaktadırlar. Sonuç olarak, borcun daha az riskli olması nedeniyle, borç verenlere ödenen faizler, sermayenin gerekli getiri oranından (*required rate of return*) daha azdır. Firma tarafından üstlenilen proje, “kreditorlerin gerekli getiri oranı, borçlanılan miktarın ödenmesi ve hissedarlara beklenen temettünün dağıtılmasını” karşılayacak yeterli nakit akışını sağlamalıdır. Bu anlamda yalnızca bu miktarlardan daha fazla miktardaki nakit akışı hissedarların refahına katkıda bulunabilecektir. Nakit akışlarının AOSM iskonto edilmesi yukarıda anlatılanların bir ifadesidir (Copeland ve diğerleri, 2003: 36 – 37).

Proje değerleme hesabı için kullanılan ikinci yöntem olan reel opsiyonlar, İNA yönteminden, proje nakit akışlarının risk ve zamana göre uyarlanmasında farklılaşmaktadır. Reel opsiyonlar, riski doğrudan belirsizliğin kaynağında uyarlamakta ve zaman uyarlamasını net nakit akışlarına uygulamaktadır. Esnekliğin olmadığı durumda yalnızca fiyat riski dikkate alınırken, reel opsiyon yaklaşımı riske göre uyarlanmış nakit akışını üretmek için, fiyatı riske göre uyarlamaktadır (Samis, 2003: 15). Bu anlamda opsiyon fiyatlama modelinde, riske göre uyarlanmış olasılıklar (*risk adjusted probability*) tahmin edilmeye çalışılmakta ve nakit akışları risksiz faiz (*risk free rate*) oranlarından indirgenmektedir. Klasik opsiyon değerleme teorisi, bütün proje risklerinin ticarete konu menkul kıymetler ile elimine edilebileceğini varsaymaktadır (Smith ve McCardle, 1999: 9).

**Tablo 1.1. Proje değerleme yöntemlerinin risk yaklaşımı**

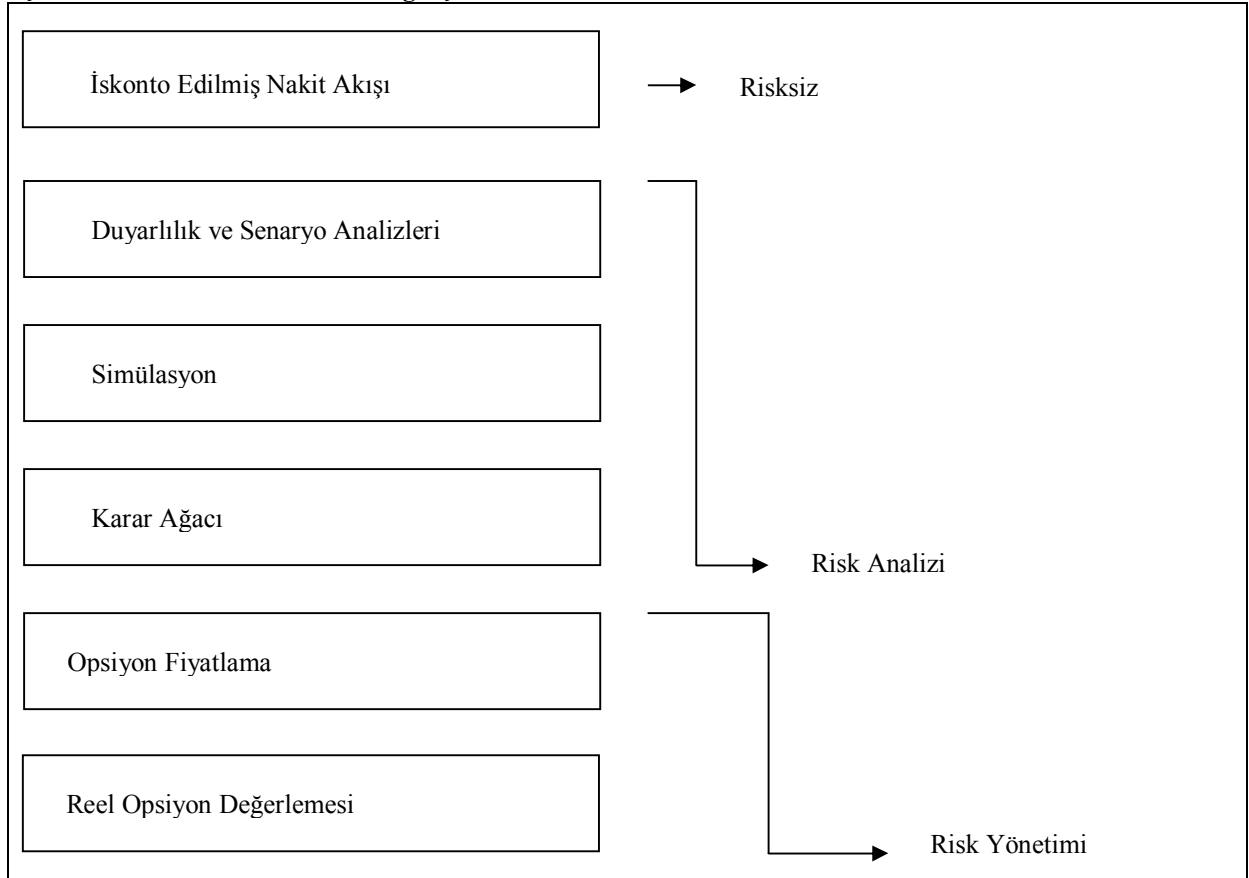
Yöntem	Risk Yaklaşımı	Kullanılan Enstrüman
Sermaye bütçeleme	Dolaylı	İskonto oranı
Portföy analizi	Göreceli	Kıyaslama
Opsiyon fiyatlama	Doğrudan	Olasılık

**Kaynak: Brach (2003, 4)**

Tablo 1.1’de özetlenmeye çalışıldığı şekilde, çeşitli yöntemlere göre elde edilen sonuçlar arasındaki fark oldukça büyüktür (Samis ve diğerleri, 2007a: 128). İNA yöntemini kullanan sermaye bütçeleme teknikleri, gelecek nakit akışlarının riski de içerecek şekilde belirlenen iskonto oranından indirgenmesi yöntemini benimsemiştir. Bu yöntemde risk dolaylı olarak ölçülmektedir. Kullanılan iskonto oranı sermayenin fırsat maliyeti olup, yatırımcının benzer riske sahip projelerden elde edeceği beklentilerine karşılık gelmektedir. Portföy analizinde, yatırımları risk yapılarına göre ayrıştırarak, portföyün riskini elimine eden yatırımların portföye kazandırılması yöntemi benimsenmiştir. Reel opsiyon analizinde ise risk, olasılıklar çerçevesinde hesaplamalara dahil edilmektedir. Olasılıklar dahilinde belirlenmiş olan gelecek risk yansız nakit akışları, risksiz faiz oranından indirgenmektedir (Brach, 2003: 4).

Değer hesaplamasının diğer bölümü ise hesaplama yöntemlerini ortaya koymaktadır. Söz konusu hesaplamalar, basit yöntemlerden karar ağaçları veya Monte Carlo simülasyon yöntemine kadar değişebilmektedir (Samis, 2003: 16). Proje değerlemede oluşturulacak model için iki yol bulunmaktadır. Bunlardan ilkinde, belirlilik koşulları altında, değişkenlerin beklenen değerleri ile beklenen çıktılar tahmin edilmektedir. Bu şekilde proje değişkenleri duyarlı oldukları değişkenler bakımından daha detaylı analizlere tabi tutulabilmekte ve proje performansı çeşitli senaryolar altında değerlendirilebilmektedir. İkinci yöntemde ise proje, olasılık dağılımları kullanılarak modellenmektedir (Guj, 2006a: 101).

**Şekil 1.3. Belirlilik & risk analizi gelişimi**



**Kaynak: Lisowski (2000, 3)**

Şekil 1.3'te yöntemlerin riski ele alma biçimlerine göre oluşan, risk analizi gelişime yer verilmektedir.

## 1.2. OPSİYONLAR

Opsiyon; tercih, seçim anlamına gelmektedir. Finansal olarak opsiyon herhangi bir varlığı anlaşılabilir tarihte sabit bir fiyattan satma ya da satın alma hakkı veren araçlar olarak tanımlanmaktadır (Onar, 2009: 5). Opsiyonlar, riskten korunmak isteyen yatırımcılara hizmet etmektedir. Riskten korunan kişi için opsiyonların çekiciliği, opsiyonla ilgili finansal varlığın değerinde olabilecek yükselişten kazanç imkanının yanında varlığın değerindeki bir düşüşten de korunma imkanına sahip olmaktır (Uzunlar ve Aktan, 2006: 3).

### 1.2.1. OPSİYONLARLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Opsiyonlar sahibine bir hak yaratmasına rağmen bir yükümlülük doğurmayan enstrümanlardır. Opsiyonu alan ya da satma hakkını elinde bulunduran kişinin (*option buyer*) üzerinde anlaşılabilir fiyattan ürünleri almaya ya da satmaya karar verdiği ve opsiyonu kullandığı fiyat, kullanma (*exercise*) veya işlem (*strike*) fiyatı olarak adlandırılmaktadır. Opsiyon sahibi yatırdığı prim karşılığında, alım opsiyonu kullanıldığında sözleşmedeki ürünü alma, satım opsiyonunda ise ürünü satma hakkına sahiptir. Opsiyon sahibi kişi söz konusu haklar için satıcıya (*option writer*) prim ödemektedir. Söz konusu prime opsiyon fiyatı da denilmektedir. Satıcının kazancı prim ile sınırlı iken, opsiyon sahibinin karı duruma göre sınırsız dahi olabilmektedir. Opsiyonu satın alan kişinin riski, yatırdığı prim ile sınırlıdır. (Uzunlar ve Aktan, 2006: 1- 4). Opsiyonun en önemli özelliği sağladığı getirinin asimetric olmasıdır. Risk sadece opsiyonun maliyetine katlanılarak sınırlı bir seviyede tutulabilirken; kazanç ise teorik olarak, sonsuza çıkabilmektedir. Opsiyonlar değerlerini diğer varlıklar üzerinden kazandıkları için literatürde türev enstrümanlar olarak adlandırılmaktadır (Özoğul ve Ülengin, 2006: 18).

**Tablo 1.2. Opsiyon taraflarının yükümlülükleri**

	Satın Alan	Satan
Satın alma opsiyonu	Varlığı satın alma hakkı	Varlığı satma zorunluluğu
Satma hakkı opsiyonu	Varlığı satma hakkı	Varlığı satın alma zorunluluğu

**Kaynak: Onar (2009, 9)**

Alım (*call*) opsiyonları, ilgili varlığın kullanım fiyatı üzerinden alım hakkını ifade etmektedir. Opsiyonun kullanım zamanındaki karı, varlığın değeri ile kullanım fiyatı arasındaki farktır. Satım (*put*) opsiyonu ise tam tersi olacak şekilde ilgili varlığın kullanım fiyatı üzerinden satım hakkını ifade etmektedir. Bir alım opsiyonuna konu varlığın fiyatının, kullanım fiyatının üzerinde olması durumunda kara geçilmektedir. Bu duruma karda opsiyonlar (*in the money*) adı verilmektedir. Eğer fiyat kullanım fiyatının altında ise bu durumda opsiyon zararda (*out of money*) olacaktır. İşlem fiyatının piyasa fiyatına eşit olduğu durumlarda kar ve zarar söz konusu olmadığından, bu tür opsiyonlara işlemde opsiyon (*at the money*) adı verilmektedir. Satım opsiyonları için bu durum tam ters olacak şekilde gerçekleşmektedir. Yalnızca vadesinde işlem gören opsiyonlara Avrupa tipi opsiyonlar (*European options*) adı verilmektedir. Ömrü boyunca vade süresi içerisinde herhangi bir zamanda işleme konulabilen opsiyonlar ise Amerikan tipi (*American options*) olarak adlandırılmaktadır (Copeland ve Antikarov, 2003: 12).

$C = \max [ 0, S - K ]$	Alım opsiyonu
$P = \max [ 0, K - S ]$	Satım opsiyonu

Bir alım opsiyonunun değeri ( $C$ ), beklenen gelecek ödemelerin ( $S$ ) opsiyonun vadesindeki kullanım fiyatından ( $K$ ) farkını ifade etmektedir. Satım ( $P$ ) opsiyonunun değeri ise bunun tersi olarak ifade edilebilir. Alım opsiyonunun değeri, opsiyona konu varlığın değerinin artması ile birlikte artmaktadır. Varlığın değerinin,  $K$ 'nın altına düşmesi durumunda ise, opsiyonun değeri sıfır olmaktadır. Bu durumda opsiyon kullanılmayacaktır. Kullanım zamanına ulaşan



opsiyon değeri, ilgili varlığın değerine bağlı olarak, finansal piyasalarda kolaylıkla gözlemlenebilmektedir. Opsiyonun bugünkü fiyatı, ilgili varlığın gelecek değerinin bugünkü beklentisi çerçevesinde belirlenmektedir. Finansal piyasalarda söz konusu beklenti, hisselerin rassal yürüyüşünün (*random walk*) gözlenmesi ile belirlenmektedir. Söz konusu yürüyüş, hisse değerlerinin zaman içerisinde takip ettiği stokastik süreçten (*stochastic processes*) elde edilmektedir. Buna göre, geçmiş değişkenlik, gelecek değişiklikler için bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Bu durumda gelecek hisse fiyatlarının tahmini için gerekli olan konu, stokastik süreçlerin tanımlanmasıdır. Söz konusu stokastik süreçlerin gelecekte de, geçmişte olduğu gibi, aynı karakterde devam edeceği varsayılmaktadır. Hissenin geçmişte değişkenliğinin yüksek olması durumunda, gelecek fiyat hareketlerinin de benzer şekilde yüksek olacağı tahmin edilmektedir. Bu durum aynı zamanda vade bitiminde oluşacak fiyatın kullanım fiyatının üzerinde olma potansiyelini de artırmaktadır (Brach, 2003: 17). Stokastik süreç, olasılık kuralları ile bir dizi olayın tanımlanması anlamına gelmektedir. Süreç, rastlantısal olayların ortaya çıkmasını tahmin etmeye çalışmaktadır. Güvenilir bir stokastik süreç, varlığın muhtemel gelecek hareketlerini ve her hareketin olasılığını, gelecek hisse fiyatlarının farklı olasılıkları çerçevesinde ortaya koymaya çalışmaktadır. Gelecek hisse fiyatları, risk ile birlikte, opsiyonun bugünkü değerinin bilinmesine olanak sağlamaktadır (Brach, 2003: 22).

Opsiyonların vadesinden önce işleme konulması iki istisna dışında genel olarak optimal olarak kabul edilmemektedir. Bunlardan ilki, hisse senedine bağlı opsiyonlarda, dayanak varlığın değerini azaltacak ölçüde temettü ödenmesidir. Bu durumda opsiyonun zaman değerinin beklenen varlık değerinden daha düşük olması halinde, temettü ödenmesi öncesi opsiyonun işleme konulması daha avantajlı olacaktır. İkinci durum ise karda bir opsiyonun elde tutulduğu anda faiz oranlarının oldukça yüksek seyretmesidir (Damodaran, 2005: 9).

**Tablo 1.3. Amerikan tipi bir opsiyonda alıcının ve satıcının olası işlemleri**

Opsiyon türü	Taraf	Şimdi	Vade Sonunda
Satın alma opsiyonu (uzun pozisyon)	Satın alan taraf	Opsiyon fiyatını öder ( <i>call price</i> ) ve opsiyon kullanma hakkına sahip olur	Eğer varlık değeri (S) > Kullanım fiyatı (K) ise, opsiyon alıcısı opsiyonu kullanılır. Brüt Kar = S - K Net Kar = S - K - Opsiyon fiyatı
Satın alma opsiyonu (kısa pozisyon)	Satan taraf	Opsiyon fiyatını ( <i>call price</i> ) alır ve vadeden önce opsiyon alıcısının talep ettiği zamanda varlığı kullanım fiyatına opsiyon alıcısına vermeyi kabul eder.	Eğer varlık değeri (S) < Kullanım fiyatı (K) ise, opsiyon alıcısı opsiyonu kullanmaz. Opsiyon alıcısı kaybı = Opsiyon fiyatı Opsiyon satıcısı kazancı = Opsiyon fiyatı
Satma hakkı opsiyonu (uzun pozisyon)	Satın alan taraf	Opsiyon fiyatını öder ( <i>put price</i> ) ve opsiyon kullanma hakkına sahip olur	Eğer varlık değeri (S) < Kullanım fiyatı (K) ise, opsiyon alıcısı opsiyonu kullanır. Brüt Kar = K - S Net Kar = K - S - Opsiyon fiyatı
Satma hakkı opsiyonu (kısa pozisyon)	Satan taraf	Opsiyon fiyatını ( <i>put price</i> ) alır ve varlığı opsiyon alıcısı talep ederse kullanım fiyatına almayı taahhüt eder	Eğer varlık değeri (S) > Kullanım fiyatı (K) ise, opsiyon alıcısı opsiyonu kullanmaz. Opsiyon alıcısı kaybı = Opsiyon fiyatı Opsiyon satıcısı kazancı = Opsiyon fiyatı

**Kaynak: Onar (2009, 10)**

Opsiyonun değeri; “içsel” ve “zaman” değerinden oluşmaktadır. İçsel (*intrinsic*) değer, opsiyonun vade sonunda veya vadeden önce herhangi bir günde, opsiyonun işlem fiyatı ile cari fiyatı arasındaki farktır (Uzunlar ve Aktan, 2006: 32). Şayet opsiyonun kullanılması halinde bir kazanç elde edilemeyecekse, gerçek değer sıfıra eşittir. Örneğin, kullanım fiyatı 95 birim olan bir satın alma opsiyonunun gerçek değeri, söz konusu hisse senedinin piyasa fiyatının 100 birim olması halinde, 5 birime eşit olacaktır (Yıldırım, 2007: 47). İçsel değer, opsiyon sahibi opsiyon hakkını kullanmak zorunda olmadığından dolayı hiçbir zaman eksi değer alamaz (Bostan, 2007: 17).

Opsiyonun uygulanmasına henüz vakit olduğu için sahip olduğu ekstra değere opsiyonun zaman (*time*) değeri adı verilmektedir. Opsiyon sözleşmesinin zaman değeri, sözleşmede konu edilen varlığın spot fiyatında gelecekte doğabilecek değişiklik olasılığını yansıtmaktadır. Bir opsiyon sözleşmesinin piyasa değeri bugün için lehte bir değer oluşturmayabilir. Ancak

bu sözleşmenin vadesinin sona ermesine henüz süre varsa, bu süre içerisinde lehte fiyat değişikliklerinin olma olasılığı opsiyon sözleşmesinin zaman değerini belirlemektedir. Zaman değeri opsiyon alan kişinin, opsiyonun vadeye kadar kalan süresi boyunca anlaşmaya konu olan menkul kıymetin fiyatının kendisi için elverişli olması ihtimali çerçevesinde ödemeye hazır olduğu, diğer bir ifadeyle sözleşmeye konu olan hisse senedinin fiyatındaki belirsizlik için biçtiği fiyattır. Opsiyonun zaman değeri, vadeye kalan gün sayısı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Başa baş noktasında opsiyonun zaman değeri en yüksek seviyesine ulaşır. Bunun nedeni, opsiyonun kara geçme veya zarara düşme olasılığının yüksek olmasıdır. Bir opsiyon vade sonuna ne kadar yakın olursa zaman değeri de o kadar azalacaktır. Vade sonunda ise zaman değeri sifıra ulaşmaktadır (Yıldırım, 2007: 46-47). Yüksek değişkenlik, opsiyonun kullanım süresi dolmadan önceki sürede daha çok hareket beklentisine neden olmakta ve bu da daha yüksek zaman değerine yol açmaktadır (Özkeserli, 2007: 64). Zaman değeri, bir alım opsiyonunda, alım opsiyonunun fiyatına işlem fiyatının eklenmesi ve varlığın fiyatının bu miktardan düşülmesi ile elde edilmektedir. Zaman değeri, opsiyonun bağlı olduğu varlığın fiyatının ve faiz oranının değişkenliğine bağlıdır. Zaman değeri, alım opsiyonunun işleme konulan ve konulmayan olmasına göre değişmektedir. Zaman değeri, işlemde opsiyonlarda her zaman en büyük değerine ulaşmaktadır. Bunun nedeni işlemde opsiyonların büyük bir belirsizliğe sahip olmasıdır. Bir başka deyişle hem belirsizlik hem de kazanç potansiyeli yüksektir. Bunun tersinde ise işleme konulmuş opsiyonların zaman değeri düşük olmaktadır (Uzunlar ve Aktan, 2006: 32).

**Tablo 1.4. Opsiyonun değerini oluşturan faktörler**

Gerçek Değeri Oluşturan Faktörler	Zaman Değeri Oluşturan Faktörler
Opsiyon türü (alım/satım)	Vadeye kalan süre
Dayanak varlık fiyatı	Değişkenlik oranı
Kullanım fiyatı	Risksiz faiz oranı
	Temettü

**Kaynak: Yıldırım (2007, 48)**

Opsiyonun fiyatını etkileyen faktörleri 6 başlık altında toplamak mümkündür (Damodaran, 2005: 7 -8):

1. Dayanak varlığın fiyatı: Opsiyonlar, hisse senedi benzeri, dayanak bir varlık üzerine yazılmaktadır. Bu durumda dayanak varlığın değerinde meydana gelen değişimler opsiyonun değerini de etkilemektedir. Dayanak varlığın fiyatında meydana gelen artış alım opsiyonunun fiyatının yükselmesine neden olurken, satım opsiyonunun değerinin düşmesine neden olmaktadır.
2. Kullanım fiyatı: Kullanım fiyatında meydana gelen artış, alım opsiyonlarının fiyatının düşmesine neden olurken, satım opsiyonunun değerinin düşmesine neden olmaktadır.
3. Dayanak varlığın değerinin değişkenliği<sup>5</sup>: Varlığın değerinde meydana gelen değişim hem alım hem de satım opsiyonlarının değerini yükseltmektedir. Riskin ve belirsizliğin artmasının opsiyon değerini yükseltmesi onu diğer menkul değerlerden ayıran bir özelliktir.
4. Dayanak varlığın temettü ödemesi: Opsiyon süresince dayanak varlığın temettü ödemesinin gerçekleşmesi alım opsiyonunun değerini düşürürken, satım opsiyonunun değerini artırmaktadır. Temettü ödemelerini, alım opsiyonlarında, karda bir opsiyonun kullanımının geciktirilmesinin maliyeti olarak düşünmek mümkündür.

---

<sup>5</sup> Değişkenliğin büyük olması riskin artması ve getirinin belirsizleşmesi anlamına gelmektedir. Risk, olası getirilerin ortalama getiriler etrafındaki dağılımına göre belirlenmektedir. Matematiksel olarak riskin ölçümü, getirilerin varyansının hesaplanmasına dayanmaktadır. Varyans ise; her bir getirinin beklenen sonuçlardan sapmasının karelerinin toplamının olasılıklarla çarpımına eşittir (Quiry ve diğerleri, 2005: 393).

$$\begin{aligned} \text{Varyans} &= \sigma^2 = \sum_{i=1}^n [r_i - E(r)]^2 P_i \\ \text{Standart sapma} &= \sigma \end{aligned}$$

En çok kullanılan risk kavramı olan standart sapma, varyansın kare kökünün alınması ile hesaplanmaktadır. Standart sapma, beklenen değerden ağırlıklandırılmış olasılık sapmayı ifade etmekte olup, beklenen değer, gerçek değer ne kadar uzağında olabileceğini göstermektedir. Standart sapmanın büyük olması, getiri değişkenliğinin büyük olmasını ve beklenen değerinin gerçekleşme olasılığının az olmasını ifade etmektedir. Olasılık dağılımının normal olması halinde, gerçek getiri, beklenen getirinin %68.26 olasılıkla  $\pm 1$  standart sapma aralığında, %95.46 olasılıkla  $\pm 2$  standart sapma aralığında ve %99.74 olasılıkla  $\pm 3$  standart sapma aralığında gerçekleşecektir (Brigham, 1995: 157).

5. Opsiyonun geçerlilik süresi (vade): Opsiyonun geçerlilik süresinin artması hem alım hem de satım opsiyonlarının değerini artırmaktadır.
6. Risksiz faiz oranı: Opsiyon alıcısının opsiyonu elde etmek için ödediği primin fırsat maliyeti söz konusudur. Söz konusu maliyet, faiz oranına ve opsiyonun geçerlilik süresine bağlıdır. Kullanım fiyatının vadeye değin ödenmemesi nedeniyle, kullanım fiyatının şimdiki değerinin hesaplanılmasında risksiz faiz oranı kullanılmaktadır.

**Tablo 1.5. Alım ve satım opsiyonlarının fiyatını etkileyen faktörler**

Faktörler	Alım opsiyonunun değeri	Satım opsiyonunun değeri
Dayanak varlığın fiyatının artması	Artar	Azalı
Kullanım fiyatının artması	Azalı	Artar
Değişkenliğin artması	Artar	Artar
Vadenin artması	Artar	Artar
Risksiz faiz oranının artması	Artar	Azalı
Temettü ödemelerinin artması	Azalı	Artar

**Kaynak: Damodaran (2005, 9)**

### **1.2.2. OPSİYON DEĞERLEMEDE TEMEL VARSAYIMLAR**

Finansal opsiyon fiyatlandırmanın iki temel varsayımı bulunmaktadır. İlk varsayım arbitraj olanağının bulunmamasıdır. İkinci temel varsayım ise hisse senedi fiyatlarının stokastik bir süreç takip etmesidir. Normal pazar koşulları altında, fiyat genellikle lognormal dağılmakta ve geometrik Brownian hareketini takip etmektedir. Geometrik Brownian hareketi, herhangi bir zaman diliminde, fiyatların asla negatif olmayacağı ancak kendi değişim fonksiyonuna bağlı olarak aşağı veya yukarı şekilde hareket edeceğini ifade etmektedir (Guj, 2006b: 139).

#### **1.2.2.1. Tek Fiyat Prensibi**

Arbitraj, yatırımcıların ilk yatırım maliyetine gerek olmaksızın, belirlilik koşulları altında pozitif nakit akışı yaratabilmesidir. Opsiyon, *futures* ve *forward* gibi finansal türev ürünler, değerlerini bağlı olduğu varlıkların değerinden almaktadır. Türev ürünlerin fiyatı piyasalarda arbitrajın olmadığı varsayımına dayanmaktadır. Arbitrajın bulunmaması, bir piyasadandan alınan

menkul değerin diğer bir piyasada hemen satılarak fiyat farklılaştırılmasından kar edilmesinin mümkün olmadığı anlamına gelmektedir. Bu varsayım finansal piyasaların etkinliği ile doğrudan ilişkilidir. Bir başka deyişle, finansal piyasaların etkinliğinin mevcut olmadığı durumlarda, arbitraj olanağı nedeniyle, aracılar düşük fiyatlar ile aldıkları menkul değerleri yüksek fiyatlar ile başka piyasalarda satarak kar elde edebileceklerdir. Ancak, bütün aracılarn piyasayı çok iyi takip ettiği düşünöldüğünde, pazarlardaki fiyatlar birbirini takip edecek ve arbitraj fırsatının ortadan kalkması ile birlikte piyasa etkin bir hale gelecektir (Brach, 2003: 12).

Opsiyon değerlemenin temel varsayımlarından bir tanesi finansal piyasaların etkin olduğu, bir başka deyişle her türlü bilginin varlığın fiyatına çok hızlı bir biçimde yansıdığı şeklindedir. Bu durumda benzer risk yapısına sahip ve gelecekte aynı zaman diliminde aynı nakit akışlarına sahip varlıkların fiyatlarının da, aynı olduğu kabul edilmektedir. Bu değer tutarlılığı prensibinin (*value consistency principle*) uygulanmadığı durumlarda ise, arbitrajcılarn, varlığı düşük değerlerden satın alıp yüksek fiyata satabileceği risksiz kar olanağı bulunmaktadır. Ancak arbitraj olanağı çok sınırlı ve çok kısa sürelidir. Arbitraj olanağının bulunmadığı bu durum tek fiyat prensibi (*one price principle*) olarak adlandırılmaktadır. Nakit akışlarının bir varlık olarak kabul edilmesi durumunda, değerleme kriterleri zaman ve risk olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna ek olarak, değer ekleme prensibi (*value additivity principle*) uyarınca, nakit akışını oluşturan gelir ve maliyet kalemlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi, iskontolanması ve birleştirelmesi mümkündür (Guj 2006b, 137).

Arbitraj fırsatının bulunmadığı durumlarda, oldukça dalgalı fiyat seviyelerine sahip varlıkların gelecek nakit akışları, *forward* kontratları ve bono serilerinden oluşan kopya portföyün (*replicating portfolio*) değeri ile aynı olacaktır (Guj, 2006b: 137). Opsiyonlar ile sürekli bir

risksiz korunma alanı yaratılabilmesi mümkündür. Söz konusu korunma, opsiyonun kopyası olan çeşitli hisselerin borçlanması veya elde tutulması ile sağlanmaktadır (Brach, 2003: 12).

### **1.2.2.2. Brownian Hareket ve Winer Süreci**

Değeri zamana bağlı olarak belirsiz bir şekilde değişen herhangi bir değişkenin, stokastik süreci takip ettiği kabul edilmektedir. Stokastik süreç; kesikli zaman ya da sürekli zaman olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Kesikli zamanda, değişkenin değeri zaman içinde sadece belli noktalarda değişmektedir. Sürekli zamanda ise değişkenin değeri herhangi bir zamanda değişebilmektedir. Sürekli zaman sürecinde, nakit akışının bağlı olduğu değişken belirli bir değer aralığı içindeki herhangi bir değeri alabilirken; kesikli değişken süreçlerinde ise sadece tanımlanmış kesikli değerleri alabilmektedir (Özoğul, 2006: 35). Hisse senedi fiyatlarının ve çok büyük proje değerlerinin stokastik bir süreç takip ettikleri varsayılmaktadır. Hisse senedi fiyatları değişiminin zaman içerisinde izlediği yol belirsizdir. Burada sürecin sadece bugünkü durumu geleceğin tahminiyle ilgili olup, tarihsel verilerin gelecek tahminiyle bir ilgisi bulunmamaktadır. Bir başka deyişle sürecin hafızası yoktur. Bu durum etkin piyasa hipotezinin zayıf şekliyle tutarlıdır<sup>6</sup>. En son gelen yeni bilgi mevcut hisse senedi fiyatına hemen yansımaktadır. Mevcut hisse fiyatı daha önceki bütün fiyatları içinde barındırdığından, hisse senedi fiyatı bu noktadan sonra sadece yeni ve tahmin edilemeyen bilgiye tepki verecek, yani fiyat değişimleri (ya da getiriler) zaman içerisinde bağımsız olacaktır (Özkeserli, 2007: 52).

Opsiyon fiyatlama teorisi, gelecek varlık değerlerinin olasılık dağılımını dikkate alan stokastik hesaplamalar ile opsiyon değerinin risksiz faiz oranından günümüze indirgenmesini kullanmaktadır. Bu yaklaşımın merkezinde, hisselerin gelecek fiyatının bilinmesine ihtiyaç

---

<sup>6</sup> Etkin piyasa hipotezine göre, ilgili tüm bilgilerin anında menkul kıymet fiyatlarına yansıtıldığı ve bir yatırımcının normalin üzerinde getiri elde edemeyeceği öngörülmektedir. Piyasanın zayıf, yarı güçlü ve güçlü formlarda etkin olup olmadığı çeşitli çalışmalarla test edilmiştir.

olmayıp, hissenin mevcut fiyatı ve gelecekte hissenin değerine yön verecek parametrelerin stokastik süreçlerinin bilinmesi yeterli olmaktadır. Bu durum Markov süreci olarak adlandırılmaktadır. Markov, rastlantısal yürüyüş kuramının öncüsüdür. Kurama göre, gelecek değişkenler önceki değişkenlere bağlı olarak belirlenmekle birlikte, daha önceki değişkenlerden tamamen bağımsızdır. Teoriye göre, yürüyüş farklı kişisel adımlardan oluşmaktadır ve her bir adım bir önceki adıma bağlı olmakla birlikte daha önceki adımlardan bağımsızdır. Bu durumda her bir değer olasılığı, daha önceki adımların değerlerine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Her bir takip eden süreç bir öncekine bağlı olması nedeniyle yol, geçiş olasılığıyla belirlenmektedir. Wiener konseptine bazı eklemelerde bulunmuştur. Markov kuramını, süreklilik arz eden bir sürece, bir başka deyişle, kırılma olmakla birlikte tek veya ayrı bir adım bulunmayan bir harekete dönüştürmüştür. Bu stokastik süreç Wiener süreci veya Brownian hareket olarak adlandırılmaktadır. Yeni durum sürekli bir zaman diliminde, normal dağılımı tanımlamaktadır. Buna göre, her bir hareket daha öncekilere değil, yalnızca bir öncekine bağlıdır. Endeksin yukarı veya aşağıya doğru gitmesi, yalnızca bir önceki pozisyona bağlıdır. Stokastik süreç, olasılık kanunları ile şekillenen olay sıralamalarını tanımlamaktadır. Teori, rastlantısal olarak gerçekleşen olayları öngörebilmemize olanak sağlamaktadır. Varlığın gelecek hareketlerini güvenilir bir şekilde belirli bir aralıkta ortaya koyabilen güvenilir stokastik süreçler, farklı olasılıklara sahip gelecek hisse fiyatlarının tahmin edilmesine yardımcı olmaktadır. Gelecek hisselerin fiyatlarının bilinmesinin ardından risk dikkate alınmış olacak ve bugünkü fiyatlar risksiz faiz oranından indirgeme yoluyla elde edilebilecektir (Brach, 2003: 22).

Wiener sürecinin, üç önemli özelliğini; “ Markov sürecini takip etme”, “artışların birbirinden bağımsız gerçekleşmesi” ve “değişimlerin normal dağılıma uygunluğu” olarak sıralamak mümkündür. Markov süreci, bir değişkenin gelecekteki değerini en iyi şekilde tahmin etmek



için ihtiyaç duyulacak tek şeyin değişkenin şimdiki değeri olduğunu belirtmektedir. Aksi takdirde değişken kendi geçmişinden bağımsız olacaktır. Bir başka deyişle, Markov sürecini takip eden bir değişkenin ( $x_{t+1}$ ) olasılık dağılımı sadece değişkenin bugünkü değerine ( $x_t$ ) bağlıdır ve  $t$  zaman önce değişkenin değerinin ne olduğunun bilinmesi gerekmemektedir. Bağımsız artışlar değişkendeki değişimin olasılık dağılımının kesişmeyen (*non-overlapping*) zaman aralıkları için bağımsız olması anlamına gelmektedir. Üçüncü özellik de sonlu bir zaman aralığında değişkendeki değişiklerin, normal dağılıma uyduğunu ve varyansının zaman aralığının büyüklüğüne bağlı olarak doğrusal bir şekilde arttığını belirtmektedir (Özoğul, 2006: 36).

### 1.2.3. OPSİYON DEĞERLEME MODELLERİ

Finansal piyasaların etkin ve dolayısıyla piyasada oluşan fiyatın optimal fiyat olduğu varsayımından hareket eden türev varlıkların fiyatlandırılması modellerinin tümünün temelinde, türev varlıkları kullanarak risksiz portföyler oluşturmanın mümkün olduğu varsayımı yatmaktadır. Bu şekilde oluşturulan portföylerin kazancı da risksiz faiz oranıyla sınırlı olmak zorundadır (Karatepe, 2000: 136). Bu çerçevede, opsiyon değerinin belirlenmesinde risksiz bir portföy oluşturma düşüncesi yatmaktadır. Piyasanın tüm koşullarında eldeki toplam değeri sabit tutmak amaçlanmaktadır. Belirli bir sayıda gerçek değer konusu olan varlık hissesi ve buna karşılık risksiz faiz oranı ile hisse senedi alındığında piyasanın iyiye veya kötüye gitmesi eldeki portföy değerini değiştirmemektedir. Bu durum sıfır riskli dengeleme (*hedging*) tekniği olarak isimlendirilmektedir (Onar, 2009: 15).

**Tablo 1.6. Opsiyon değerlendirme modelleri**

	Kesikli Zaman		Sürekli Zaman	
	Multinomial Ağaç	Kapalı Form	Stokastik Diferansiyel Denklemler	Simülasyon
Avantajlar	Esnek Kolay modelleme	Basit hesaplama Açık çözüm	Model esnekliği Doğru modelleme	Kolay uyarlama Geniş uygulama alanı
Dezavantajlar	Karmaşık Emek yoğun	Sınırlayıcı kabuller Sınırlı uygulama	Yaklaşık çözüm Karmaşık	Yanlış uygulama riski Uzmanlaşma gerekli

**Kaynak: Özoğul (2006, 39).**

Finansal opsiyonların değerini, kapalı form denklemlerden, Monte Carlo simülasyon yöntemine, ağaç çözümlerinden sayısal çözümlere değin bir çok yöntem ile belirlemek mümkündür. Bununla birlikte; “kapalı form denklemler ile Binom modelini” en yaygın kullanılan iki yöntem olarak ifade etmek mümkündür (Mun, 2002: 139).

### **1.2.3.1. Black –Scholes Modeli**

Fisher Black ve Myron Scholes, 1973 tarihli ünlü çalışmalarında ilk kez alım opsiyonları için kapalı form (*closed form solution*) bir çözüm ileri sürmüşlerdir. Black-Scholes opsiyon fiyatlama modeli olarak literatürde yer alan ve son derece yoğun olarak kullanılan bu model, Avrupa tipi kâr payı ödemeyen hisse senedi opsiyonlarının fiyatlandırılmasına yönelik geliştirilmiş bir fiyatlama modelidir. Model, Robert Merton tarafından, kâr payı ödemeli hisse senedi opsiyonlarının fiyatlandırılmasına adapte edilmiştir. Bu model, daha sonraki yıllarda, Amerikan tipi, döviz ve *futures* opsiyonlarının değerlenmesine de imkan verecek şekilde geliştirilmiştir (Alper ve Anbar, 2011: 53).

Modelin varsayımları aşağıdaki gibidir (Copeland and Antikarov, 2003: 106; Uzunlar ve Aktan, 2006: 29):

- Opsiyon yalnızca vadesinde işleme alınabilen Avrupa tipi bir opsiyondur
- Belirsizliğin tek bir kaynağı mevcuttur (faiz oranlarının sabit olduğu kabul edilmektedir)
- Opsiyon tek bir varlığa bağlıdır
- Opsiyonun bağlı olduğu varlığın temettü ödemesi mevcut değildir
- Varlığın piyasa fiyatı ve stokastik süreci bilinmektedir

- Varlığın varyansı sabittir
- Kullanım fiyatı bilinmektedir ve sabittir
- Piyasada sürekli ticaret yapılabilir
- Borç almada ve vermede, opsiyonun vade sonuna kadar risksiz faiz oranı geçerlidir
- İşlem maliyetleri ve vergiler ihmal edilmektedir
- Varlığın kazanç oranı normal dağılımlıdır

Black – Scholes yaklaşımının temelinde yatan varsayım, hisse senedi fiyatlarının rassal bir dağılım izleyeceği yönündedir. Bir başka deyişle, kısa bir zaman diliminde hisse senedi fiyatındaki kısmi değişim normal dağılımlı olacaktır. Bu durum gelecek herhangi bir zaman diliminde hisse senedinin lognormal bir dağılım göstereceğini ifade etmektedir. Bilindiği gibi normal dağılımlı bir değişken herhangi bir pozitif ya da negatif değer alabilirken, lognormal olarak dağılmış değişkenler yalnızca pozitif değerler alabilmektedir. Normal dağılım simetrik iken, lognormal dağılım ortalama, medyan ve tüm farklı modlarda çarpık (*skewness*) bir şekil ortaya koymaktadır. Lognormal dağılımda, “hisse senedinden beklenen getiri” ve “hisse senedi fiyatının değişkenliği”, hisse senedinin durumunu tanımlayan iki anahtar faktördür. Beklenen getiri ( $\mu$ ) kısa dönemde yatırımcılar tarafından kazanılan yıllık ortalama getirinin, değişkenlik ise gelecek hisse senedi fiyatı hakkındaki belirsizliğin ölçüsüdür. Lognormal dağılımda, bir değişkenin doğal logaritması normal dağılım özelliğine sahiptir. Hisse senedi fiyatları için lognormal dağılımı, gelecekteki  $T$  zamanında  $S_T$ 'nin hisse senedi fiyatı olduğunu ve  $\ln S_T$ 'nin normal dağılımlı olduğunu ifade etmektedir (Uzunlar ve Aktan, 2006: 56).

Black – Scholes yaklaşımında varlığın değerini gösteren formül şu şekildedir:

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{-r_f T} N(d_2) \quad (\text{Alım opsiyonu})$$

$$P_0 = X e^{-r_f T} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (\text{Satım opsiyonu})$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/X) + (r_f + \sigma^2/2) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

- $S_0$  = Opsiyona konu varlığın fiyatı  
 $N(d_1)$  = Normal  $d_1$  değişkeninin kümülatif normal standart dağılım değeri  
 $N(d_2)$  = Normal  $d_2$  değişkeninin kümülatif normal standart dağılım değeri  
 $X(K)$  = Kullanım fiyatı  
 $T$  = Vade  
 $r_f$  = Risksiz faiz oranı  
 $e$  = Doğal logaritma (2,718)

Binom modeli için de geçerli olan kopya portföy prensibi, Black – Scholes formülü için de geçerlidir (Damodoran, 2005: 16).

$$\text{Opsiyonun Değeri} = \underbrace{S_0 N(d_1)}_{N(d_1) \text{ hissenin satın alınması}} - \underbrace{X e^{-r_f T} N(d_2)}_{\text{Borçlanılacak miktar}}$$

Bir alım opsiyonun yazılı olduğu hissenin fiyatının 100 birim, kullanım fiyatının 95 birim, opsiyonun vadesinin 3 ay olduğu bilinmektedir. Her şeyin kesinlikle bilindiği bir dünyada (*deterministic*), opsiyonun değerinin 5 birim olduğu görülmektedir. Söz konusu değer hissenin fiyatı ve kullanım fiyatı arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte gerçek dünyada birçok belirsizlik söz konusu olduğundan hissenin fiyatının 100 birimden daha farklı bir değer alabilmesi söz konusudur. Örneğimizde, 90 günlük hazine bonolarının risksiz faiz oranının % 2,2 olduğu, hissenin temettü dağıtmadığı ve standart sapmanın da % 20 olduğu varsayılmaktadır. Yukarıdaki verilerin formüldeki karşılıkları şu şekildedir.

$S = 100$ (hisse fiyatı)
$K = 95$ (kullanım fiyatı)
$r_f = 0.022$ (risksiz faiz oranı)
$\sigma^2 = 0.20$ (standart sapma)
$\delta = 0.0$ (temettü)
$t = 0.25$ (vade)

Söz konusu verilerin formülde yerine konulması ile opsiyonun değeri 7,247 olarak hesaplanmaktadır. Daha önce bulunan 5 birim ile Black – Scholes formülü ile bulunan 7,247 birim arasındaki fark, faiz oranı ve hisse fiyatında meydana gelen dalgalanmadan (değişkenlikten) kaynaklanmaktadır. Bir başka deyişle faiz oranlarının ve standart sapmanın sıfır olması halinde, opsiyonun fiyatı, belirsizliğin bulunmadığı halde yapılan hesaplamalar ile aynı sonuca ulaşmaktadır. Bu durumda faiz oranlarının ve standart sapmanın artması bir başka deyişle belirsizliğin artması, opsiyonu daha değerli hale getirmektedir (Hand, 2001: 5-6).

Black – Scholes yaklaşımının avantajları olarak, basit işlemler ile değer bulunması ve bulunan değer kesin olması sayılabilir. Bir başka deyişle, bulunan değer analitik bir çözümdür ve sayısal yöntemlerdeki gibi yaklaşık bir değer değildir. Yöntemin dezavantajları ise, sadece bir tane fiyat değişkeni içeren Avrupa alım opsiyonları için kullanılabilmesidir. Sistemde çok değişkenin olması durumunda veya Avrupa alım opsiyonu dışında bir opsiyonun fiyatlanmasında başka yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Uzunlar ve Aktan 2006, 52). Model bakımından öne çıkan konu değişkenliğin doğru bir biçimde hesaplanmasıdır. Kapalı form denklemler bireysel değişkenliğe duyarlı olduğu gibi, denklemlerde yer alan değişkenlerin kendi arasındaki korelasyonlar da önemlidir. Bu durumda maliyet ve gelirlerin kendi arasındaki korelasyon, opsiyonun değerinin bulunabilmesi bakımından önem kazanmaktadır. Reel opsiyonlar bakımından varlığın değişkenliği veya belirsizlik, yönetimin riski azaltmak için yeni bilgi edinmek ve esnekliği devam ettirmek ile ilgilidir. Değişen pazar

koşullarına cevap verecek esnekliğin bulunmadığı durumlarda opsiyonun değerinden bahsedilmesi de mümkün değildir (Brach, 2003: 59).

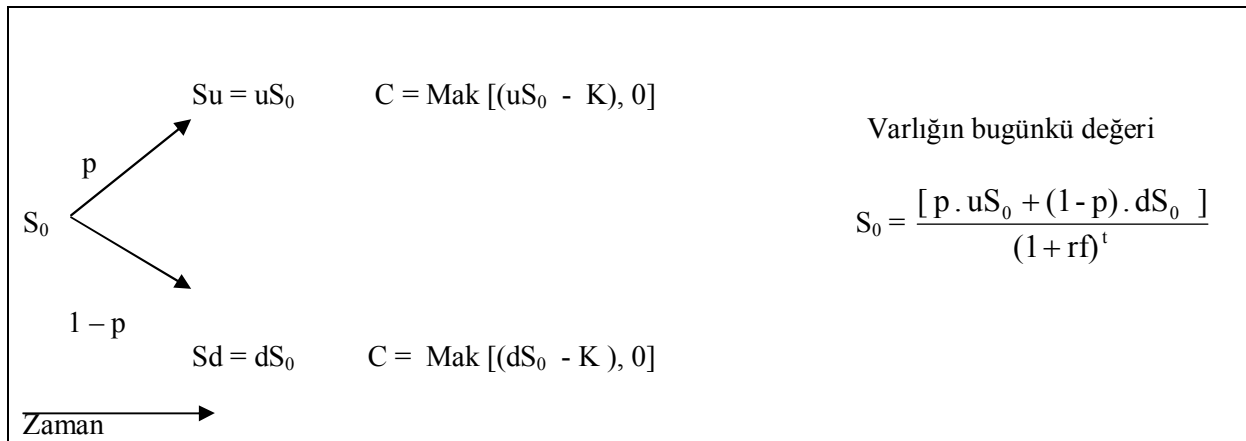
### **1.2.3.2. Binom (binomial) Modeli**

Black – Scholes formülünün yayınlanmasından 6 yıl sonra, 1979 yılında Cox, Ross ve Rubinstein opsiyon binomial fiyatlama modeline yönelik çalışmalarını yayınlamışlardır. Model kapalı form denklemlerden farklı olup daha basit matematiksel çözümler önermektedir. Yöntem Black–Scholes'dan farklı olarak, olasılık dağılımlarını kullanmakta ve sürekli değil kesikli zaman yaklaşımını benimsemektedir. Kesikli zaman yaklaşımı, kararın herhangi bir zaman diliminde verilebiliyor olması nedeniyle reel opsiyonlara da oldukça uygundur (Brach, 2003: 52). Tek periyotlu binomial modelde, alım opsiyonu içinde uygulanmak amacıyla bir portföy oluşturulmaktadır. Bu portföyde, uzun pozisyonda belirli tutarda hisse senedi, kısa pozisyonda alım opsiyonu yer almaktadır. Bu portföy bazı varsayımlar altında oluşturulmuştur. Buna göre, yatırımcının arbitraj yapma fırsatı yoktur. Hisse senedi ve opsiyona dayanan bir portföyde, dönem sonunda portföyün değeri hakkında herhangi bir belirsizlik yoktur. Çünkü portföy risk taşımamaktadır. Portföyden elde edilen getiri, risksiz faiz oranına eşittir. Bir dönem sonra portföyün değeri, portföyün cari değerinin risksiz faiz oranı ile indirgenmesi sonucunda oluşan değere eşittir. Bu olmazsa, portföy yanlış değerlendirilecek ve arbitraj fırsatı doğacaktır (Terzi, 2006: 64). Modelin varsayımları aşağıdaki gibidir (Taş ve diğerleri, 2007: 347; Yıldırım, 2007: 93):

- Piyasalar mükemmel şekilde işlemektedir ve tam rekabet koşulları sağlanmıştır
- Faiz oranı ve fiyatların her dönem ne kadar aşağı ve yukarı hareket edeceği bilinmektedir

- Tüm arbitraj olanaklarının kullanılmasını sağlayan, yatırımcıların fazla kazancı az kazanca tercih etmeleri esastır
- Menkul kıymet piyasalarında açığa satış mümkündür
- İşlem maliyeti yoktur
- Vergiler ihmal edilmiştir
- Menkul kıymetler bölünebilirlik özelliğine sahiptir
- Türev menkul kıymetlerin süresi içinde kar payı ödemesi yoktur
- Menkul kıymet piyasalarında risksiz arbitraj olanağı yoktur
- Menkul kıymet ticareti sürekli dir
- Risksiz faiz oranı tüm vadeler ve borçlanmalar için sabittir

Binomial model, herhangi bir finansal değişkenin değerini, olasılıklarla ilişkilendirilmiş iki olası fiyattan birine göre tanımlamaktadır. Binomial ya da iki durumlu modelde, opsiyona konu olan varlığın fiyat sürecinin binomial dağılıma uyduğu kabul edilmektedir. Diğer bir ifadeyle, herhangi bir dönemde varlığın fiyatının farklı oranlarda aşağı ve yukarı hareket edeceği varsayılmaktadır (Alper ve Anbar, 2011: 54).



Buna göre binomial modeli, gelecek periyotta varlığın değerinin  $p$  kadar yukarı veya  $1-p$  kadar aşağı doğru hareket edeceğini varsaymaktadır. Her bir hareketin olasılığı  $p$  veya  $1-p$

kadar iken  $p \leq 1$  değerini almaktadır. Varlığın değeri ise yukarı doğru hareket için sıfır veya  $uS_0 - K$  değerlerinin, aşağı doğru hareket için ise sıfır veya  $dS_0 - K$  değerlerinin maksimumudur.

Opsiyonun bugünkü değerinin hesaplanması için iki araca ihtiyaç vardır. Bunlar; kopya portföy yaklaşımı ve arbitrajın olmadığı tek fiyat kanunudur. Binomial model, opsiyon getirilerini tamamen tahmin eden basit menkul kıymetlerden oluşan bir portföy bulmanın mümkün olduğunu varsaymaktadır. Bu portföy, hisse senedi ve tahvil gibi risksiz bir varlıktan oluşmaktadır. Bu iki menkul kıymet portföy oluŐturmak için yeterlidir. İki olası durum ve iki lineer bağımsız menkul kıymet bulunmaktadır. Tüm riskli nakit akışı, bu iki menkul kıymetin getirilerinin lineer kombinasyonu olarak ifade edilebilir. Tahvilin cari değeri 1'dir ve bir dönem sonraki değeri, risksiz faiz oranı doğrultusunda deęiŐerek "r" değerini alacaktır. Binomial modelde menkul kıymetin fiyat geliŐiminin bilindiği varsayılmaktadır. Eğer portföyün gelecek değeri biliniyorsa, Şimdiki değeri de bilinmektedir. Tek fiyat kanununa göre opsiyonun cari değeri, kopya portföyün Şimdiki değeri ile aynı olmalıdır. Aksi takdirde arbitraj söz konusu olacaktır (Alper ve Anbar, 2011: 54 -55).

Dayanak varlığın temettü ödemeleri, opsiyonun değerinin değişmesine neden olmaktadır. Alım opsiyonu sahibi, opsiyon işleme konulmaksızın söz konusu temettüyü alma hakkına sahip değildir. Bu yüzden temettü ödemelerinin bugünkü değerinin, hisse fiyatlarından çıkartılması gerekmektedir. Satım opsiyonu sahibi için temettü ödemeleri fırsat maliyeti anlamına geldiğinden temettü ödemeleri öncesi opsiyonun işleme konulması gerekmektedir. Bu durumda temettü ödemeleri dikkate alındığında, alım ve satım opsiyonlarının binomial modelinde de düzeltmesi gerekmektedir (Turan, 2008: 38).



$$C_u = \text{Mak} [0; (uV_0 - D) - X] \quad \text{ve} \quad C_d = \text{Mak} [0; (dV_0 - D) - X]$$

$$P_u = \text{Mak} [0; X - (uV_0 - D)] \quad \text{ve} \quad P_d = \text{Mak} [0; X - (dV_0 - D)]$$

Reel opsiyon fiyatlamasındaki yaklaşımlarından bir tanesi piyasadaki ikiz menkul kıymetlerden oluşturulan risksiz portföyün dikkate alınmasıdır. Aynı yaklaşım nakit akışlarının indirgenmesinde de geçerlidir. Bir başka deyişle indirgeme işleminde kullanılacak iskonto oranı yatırımcının ikiz menkul kıymetleri ile aynı risk profiline sahip olmalıdır. Bu durumda ilgili menkul kıymetlerden oluşan risksiz portföye sahip olunması, beklenen nakit akışlarının ve beklenen nakit akışlarının bugünkü fiyatının risk yansız olasılıklar ile risksiz faiz oranı kullanılarak belirlenmesini gerektirmektedir. Risk yansız olasılıklar bugünkü kar değerinin bir fonksiyonudur (Brach, 2003: 54).

$$p = \frac{(rf \cdot S_{\text{beklenen}}) - S_{\text{min}}}{S_{\text{max}} - S_{\text{min}}} = \frac{(rf - d)}{(u - d)}$$

Formülde yer alan  $p$  ifadesi risk yansız olasılığı,  $S_{\text{beklenen}}$  varlığın gelecekte beklenen değerini,  $S_{\text{max}}$  beklenen en yüksek değeri,  $S_{\text{min}}$  beklenen en düşük değeri,  $d$  aşağı doğru hareketi,  $u$  ise yukarı doğru hareketi ifade etmektedir.  $p$  değerinin hesaplanmasına yönelik diğer formüllere ilerleyen bölümlerde yer verilecektir.

Risk ve getiri arasındaki doğal ilişki binom modelinde de mevcudiyetini korumaktadır. Risksiz olasılığın artması beklenen getirinin düşmesine neden olurken, değişkenliğin artması beklenen getirinin artmasına neden olmaktadır. Binom modeli projenin her bir aşamasında değişkenliğin hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Binom modeli, geriye doğru (*backward induction*) hesaplama prensibini benimsemiştir. Yöntemin sürekli değil kesik zamanlı bir

model olması, her bir adımda gözlem yapmayı ve karar almayı kolaylaştırmaktadır. Binom modeli, karar ağacından<sup>7</sup> önemli bir farklılık göstermektedir. Karar ağacı yaklaşımında iskonto oranı sabit olarak ele alınmaktadır. Binom modeli ise risk yansız olasılık yaklaşım ile konuya yaklaşırken, varsayımların değişmesi, olasılıkların da değişimine neden olmaktadır. Ancak çok adımlı değerlendirmelerde binom varlık ağacını oluşturmanın zorluğu yöntemin dezavantajlarından bir tanesidir (Brach, 2003: 58-61).

### **1.2.3.3. Black – Scholes & Binom Modeli Karşılaştırması**

Hem binom hem de Black – Scholes modelinde türev ürünler risksiz oranlar üzerinden fiyatlanmaktadır. Risk, iskonto oranı yerine, varlığın gelecek değerinin olasılık dağılımında dikkate alınmaktadır (Brach, 2003: 12). Black-Scholes modelinin en belirgin özelliği kapalı-formda olması nedeniyle kolayca çözülebilen ve kesin sonuç veren bir analitik yöntem olmasıdır. Buna ek olarak kısmi türevleri kullanarak duyarlılık analizleriyle çözümü daha geniş bir perspektifte yorumlama imkanı mevcuttur. Kapalı-form çözüme sahip olan bu analitik yöntemin uygulamasını kolaylaştıran iki kabul mevcuttur. Bunlardan birincisi bahis konusu olan yatırım değerinin lognormal dağılıma uyması, ikincisi ise yatırımcıların risk yansız olmasıdır. Binom modeli bahis konusu olan yatırımın değerinin binom dağılıma uyduğunu, Black-Scholes modeli ise lognormal dağılıma uyduğunu kabul etmektedir. Fakat her iki model de yatırımın değerinin sonsuza kadar yükselebileceği buna karşılık ancak değerini sıfıra kadar düşebileceğini savunmaktadır. Binom modelinin, yatırımların nakit akışı davranışlarını daha iyi ifade ettiği hususunda kesin bir görüş mevcut değildir. Bunun nedeni binom modelinde kullanılan  $u$  ve  $d$  parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenmesinin oldukça güç ampirik bir problem olmasıdır. İkinci olarak, Black-Scholes modelinin yatırımcıların risk-yansız olduğu varsayımı, opsiyonun fırsat maliyetinin dikkate alınması gerekliliğini ortadan

---

<sup>7</sup> Karar ağacı analizleri esnekliğin değerini yakalamaya çalışan köklü yöntemlerinden birisidir. Analiz, tüm olası durumları ve yönetimin alabileceği kararları gösteren bir ağaç yapısını içermektedir (Bostan, 2007: 77).

kaldırmaktadır. Fakat yatırımın değeri zaman geçtikçe değişkenlik gösterecek ve dolayısıyla opsiyonun sahip olduğu risk de dinamik olarak değişecektir. Black-Scholes modelinin, piyasanın riske karşı olan duyarlılığını ve piyasa denge koşullarını gözardı ederek, risksiz getiri oranıyla nakit akışlarını iskontolaması, dolaylı olarak piyasada hiçbir arbitraj imkanının varolmadığı ve yatırımın piyasada işlem görmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu kabul benzer bir şekilde binom modelinde de mevcuttur (Özoğul, 2006: 51).

**Tablo 1.7. Black – Scholes ve Binom modellerinin karşılaştırılması**

Black – Scholes Modeli	Binom Modeli
Opsiyonun vadesi boyunca temettü ödemesinde bulunmayacağı kabul edilir	Opsiyon vadesi içerisinde temettü ödemesinde bulunabilir
Opsiyon sadece vadesinde kullanılabilir	Opsiyon, ömrü dahilinde herhangi bir zamanda kullanılabilir
Nakit akışının bağımlı olduğu varlık piyasalarda işlem görmektedir ve arbitraj fırsatları yoktur (risk yansız değerlendirme)	Nakit akışının bağımlı olduğu varlık piyasalarda işlem görmektedir ve arbitraj fırsatları yoktur (risk yansız değerlendirme)
Getiriler lognormal dağılıma uymaktadır	Getiriler binom dağılıma uymaktadır (fakat uygulamada binom modelinin parametreleri, varlığın getirilerinin lognormal dağılıma uyduğu kabul edilerek belirlenir)
Getirilerin volatilitesi sabittir	Getirilerin volatilitesi sabittir
Faiz oranları belirli ve sabittir	Faiz oranları belirli ve sabittir
Kullanım fiyatı deterministiktir	Kullanım fiyatı deterministiktir
Opsiyonların alım ve satım işlemleri için bir komisyon talep edilmemektedir	Opsiyonların alım ve satım işlemleri için bir komisyon talep edilmemektedir
Açığa satış ( <i>short selling</i> ) yapılmasına müsaade eder	Açığa satış ( <i>short selling</i> ) yapılmasına müsaade eder

**Kaynak: Özoğul (2006, 52)**

Black - Scholes modelinin temelinde Binom modelde olduğu gibi risksiz portföy yaratma düşüncesi yatmaktadır. Black – Scholes denklemi çok sayıda varsayımın ışığında şekillenmektedir. Denklem sonucunun kesin, uygulaması hızlı ve kolay olmakla birlikte sonuçların açıklanması ileri matematik gerektirmesi nedeniyle zordur. Model ayrıca esnekliğe uyarlanması bakımından da zorluklar içermektedir. Binom modelinin ise uygulaması ve açıklaması oldukça kolaydır. Yöntem oldukça esnek olmakla birlikte hesaplama gücü ve çok sayıda adım gerektirebilmektedir (Mun, 2002: 139).

**Tablo 1.8. Çeşitli opsiyon portföyleri için risksiz opsiyon portföyleri**

	Risksiz Portföy	
	Binom Modeli	Black ve Scholes Modeli
Satın Alma Opsiyonu Almak	B miktar para borç almak ve $\Delta$ miktarda hisse satın almak	$Ke^{-rt}N(d2)$ miktar borç almak ve $N(d1)$ hisse satın almak
Satın Alma Opsiyonu Satmak	B miktar para borç vermek ve $\Delta$ miktarda hisse satmak	$Ke^{-rt}N(d2)$ miktar borç vermek ve $N(d1)$ hisse satmak
Satma Hakkı Opsiyonu Almak	B miktar para borç vermek ve $\Delta$ miktarda hisse satmak	$Ke^{-rt}((1-N(d2)))$ miktar borç vermek ve $(1-N(d1))$ hisse satmak
Satma Hakkı Opsiyonu Almak	B miktar para borç almak ve $\Delta$ miktarda hisse satın almak	$Ke^{-rt}((1-N(d2)))$ miktar borç almak ve $(1-N(d1))$ hisse satın almak

**Kaynak: Onar (2009, 24).**

Binom modeli zaman aralıklarının küçültülmesi ve ele alınan adımlarının sayısının büyütülmesi halinde Black – Scholes modeline yakınsamaktadır. Bu durumda ele alınan adımların sayısının sonsuz olduğu düşünüldüğünde, varlığın değişkenliğinin her bir periyotta yukarı ve aşağı doğru hareketler ile belirlenmesi mümkün hale gelmektedir (Brach, 2003: 59). Varlığın değerinin ( $S$ ) ve kullanım fiyatının ( $X$ ) 100, vadesinin bir yıl, risksiz faiz oranının %5, değişkenliğin % 25 ve temettünün bulunmadığı bir durum varsayalım. Black – Scholes yöntemi ile opsiyonun değeri 12,3360 olarak hesaplanmıştır. Binom modeli ile yapılan hesaplamalar ise aşağıdaki gibidir:

N =	10 adım	12.0923
N =	20 adım	12.2132
N =	50 adım	12.2867
N =	100 adım	12.3113
N =	1000 adım	12.3335
N =	10.000 adım	12.3358
N =	50.000 adım	12.3360

Yukarıda yer verilen basitleştirilmiş örnekten de görüldüğü üzere, adımlar çoğaltıldığı sürece, binom modelin çözümü Black – Scholes modelinin çözümüne oldukça yaklaşmaktadır. Genellikle 1000 adımlı çözümlerde oldukça yakın sonuçların elde edildiği çeşitli çalışmalar ile tespit edilmiştir (Mun, 2002: 139).

### 1.3. REEL OPSİYONLAR

Reel opsiyon değeri, opsiyon fiyatlandırma teorisi ile karar analizi yaklaşımının güçlü yanlarını birleştirmektedir. Reel opsiyon değeri önceki yaklaşımları iki kritik boyutta geliştirmektedir. İlki belirsizlik, esneklik ve dinamik öğrenme gibi kavramların keşfedilmesi ikincisi ise riskli nakit akışlarının değeri ve doğru risk ayarlamasıdır (Faiz, 2001: 42). Yöneticiler işletmenin karşı karşıya geldiği fiyat, pazar gibi risklerin işletmeyi nasıl etkileyebileceğini anlamaya çalışmaktadır. Risk yönetimi, yöneticilerin stratejik düzeyde işletmenin riske karşı yaklaşımlarını kapsayacak genel bir yaklaşım sunmaktadır. Söz konusu bakış açısı, kurumsal finans, sigorta ve finans teorisine kadar risk değerlendirme konusunda tutarlı bir yaklaşım ortaya koymaya çalışmaktadır. Bununla birlikte, risk yönetimi çalışmaları genellikle işletme düzeyi ile sınırlı kalmaktadır. Bu çerçevede en önemli risk yönetimi kararı kısıtlı kaynakların en etkin bir şekilde dağıtılması olmasına rağmen, risk yönetimi prensipleri genellikle proje düzeyinde uygulanmamaktadır. Reel opsiyon yaklaşımı, proje düzeyinde değeri ile ilgili en önemli kurumsal risk yönetimi uygulamalarından bir tanesidir. Reel opsiyon yaklaşımı, anahtar proje risklerinin tanımlanması, çeşitli risklerin birbirleri ile olan ilişkisi, operasyonel esnekliği kapsayan proje yapılarının ortaya konulmasını gerektirmektedir (Samis ve diğeri, 2007b:1).

Reel opsiyonlar, herhangi bir yükümlülüğe tabi olmaksızın, önceden belirlenmiş bir fiyattan önceden belirlenmiş bir zaman diliminde; erteleme, terk etme, genişletme gibi bir eylemde bulunma hakkıdır (Copeland ve Antikarov, 2003: 6 ). Reel opsiyonlar, doğal kaynak yatırımlarından finansal kiralamalara, Ar-Ge'den birleşme devralmalara kadar bir çok işlemde kullanım alanına sahiptir. İlk uygulamalar genellikle, alım satım konu olma, yüksek değişkenlik gibi nedenler ile doğal kaynak yatırımlarında görülmekle birlikte, yöntemin kullanım alanları gitgide artmaktadır (Trigeorgis, 2002: 23).

Reel opsiyon değerlemesi, riske göre uyarlanmış iskonto oranını gerektirmemesi ve yönetimsel esnekliğe izin vermesi nedeniyle ne çıkmaktadır (Colwell ve diğerleri, 2002: 2).

Reel opsiyonların stratejik değeri,

- Belirsizliğin mevcudiyeti
- Belirsizliğin proje değeri bakımından nemi
- Yönetimin esnekliğe sahip olması
- Esneklik stratejisinin kredibilitesinin bulunması ve yönetilebilmesi
- Yönetimin stratejileri uygularken rasyonel olması

hallerinin varlığında söz konusudur. Analiz, NBD'si negatif veya başa baş noktasına yakın olan projeler bakımından ne çıkmaktadır. Bu durumun nedeni ise, reel opsiyon analizinin geleneksel yöntemlerin hesaplamadığı değerleri ortaya ıkartabilmesinde yatmaktadır (Mun, 2002: 150). Reel opsiyonlara konu olan varlıklar çoğu zaman piyasalarda alım satıma konu olmadığı için, değişkenliğin (*volatility*) tahmin edilmesi oldukça güçtür. Çünkü varlıkların değişkenliklerinin tahmin edilmesi için gerekli tarihi zaman serileri yoktur. Örneğin, Ar- Ge alışmaları sonucu piyasaya yeni birrrn sürülmesi opsiyonu, pazar hacmi doğrultusunda elde edilecek hasıllata bağlıdır. Eğer, talep ve pazar hacmi yüksek ise, yenirrn piyasaya sürülecek fakat düşük ise,rrn piyasaya srlmeyecektir. Bu opsiyonu modellemek için, pazar hacminin bugünkü değeri ve değişkenliğinin tahmin edilmesi gereklidir. Ancak, bu durumda değişkenliğin tahmin edilmesi oldukça güçtür, çünkü varlıklar daha önce piyasada alınıp satılmamaktadır. Bu nedenle, reel opsiyonların ilk uygulamaları, petrol ve rafineri projelerinin değerlemesine ilişkin çalışmalarda kullanılmıştır. Çünkü bir rafineri yatırımında, projeye ilişkin gelecek nakit akışları ile petrol fiyatları arasında yüksek korelasyon

bulunmaktadır. Öte yandan, petrolün piyasalarda sürekli alım satımına konu olan bir ürün olması nedeniyle, spot fiyatlara ve değişkenlik ile ilgili bilgilere de ulaşmak son derece kolaydır. Bu nedenle reel opsiyon modelinin emtia-temelli sektörlerde kullanılması daha kolaydır (Alper ve Anbar, 2011: 57). Reel opsiyon yaklaşımı, yeni bir pazara girilmesi, bir yatırımın başlangıç ölçeğinin belirlenmesi ve ölçeğin ihtiyaca bağlı olarak gelecekte genişletilmesi ya da daraltılması, çok aşamalı yatırım projelerinin değerlendirilmesi, bir yatırımın geçici olarak dondurulması ya da tamamen durdurulması gibi birçok yatırım projesinin analizinde ve değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Geçmişte daha çok doğal kaynakların işletilmesine yönelik yatırım kararlarının analiz ve değerlendirilmesinde kullanılan reel opsiyonlar yaklaşımının uygulama alanları giderek genişlemektedir. Reel opsiyon yaklaşımı, iş stratejilerinin ve piyasa değerinin belirlenmesinden, portföy yönetimine ve risk yönetiminden mühendislik tasarımlarının modellenmesine kadar birçok uygulama alanı mevcuttur. (Kırlı ve Kayalı, 2010: 34).

### ***1.3.1. REEL OPSİYONLARIN YATIRIM PROJELERİNDE KULLANIMI***

Bir şey yapma yükümlülüğünden ziyade bir şey yapma hakkı olması nedeniyle, yatırım fırsatlarını opsiyon olarak nitelemek mümkündür. Bu durumda klasik önermeler değişiklik göstermekte ve geri dönülmezlik, belirsizlik ve zaman seçimi yatırım kararını kritik bir biçimde değiştirmektedir. Geleneksel İNA yöntemi, uygulanması bakımından kolay olmakla birlikte bazı yanlış varsayımlara dayanmaktadır. Yöntemin temel varsayımlarından bir tanesi yatırımın geri dönüştürülebilir olduğu veya yatırım geri dönüştürülemez olsa bile yatırımın ya şimdi yapılması veya asla yapılmaması gerektiğine yönelik yaklaşımdır. Bununla birlikte gerçek hayatta bir çok yatırım projesi geri dönülemez karaktere sahip olmakla birlikte ertelemeye de uygundur. Yatırımın yapılması yönünde verilmiş bir karar, bekleyerek yeni bilgilerin elde edilme şansını ortadan kaldırmakta bir başka deyişle, opsiyonun kullanılması

anlamına gelmektedir. Geleneksel İNA yöntemi, opsiyonun kendisinden kaynaklanan değeri ihmal etmektedir. Yöntemin eksikliği, beklemek veya gelecek dönemde yatırımı yapmak şeklindeki olasılıkları dikkate almayarak, yatırım kararının olumlu ya da olumsuz şekilde şimdiki zamanda verilmesinden kaynaklanmaktadır. Opsiyon teorisi ise, teknolojik olasılıklar, üretim maliyetleri ve pazar potansiyeli gibi konularda yeni bilgilerin açıklanmasını amaçlaması nedeniyle yukarıda yer verilen problemlerin çözümüne yardımcı olmaktadır (Dixit ve Pindyck, 1995: 105 - 109). Geleneksel İNA yönteminin proje değerlemesinde sonucun pozitif çıkması halinde yatırımın yapılması yaklaşımı dahi, dinamik süreci dikkate almadığı gerekçesi ile eleştirilmektedir. Bir başka deyişle NBD'nin pozitif olması yatırıma hemen başlanmasına işaret etmemektedir. Bazen beklemek ve pazarın nasıl gelişeceğini görmek daha iyi sonuçlar verebilmektedir (Kihm ve Cowan, 2009: 1).

#### **1.3.1.1. Geri Dönülmezlik**

Geri dönülemez (*irreversible*) yatırım fırsatları, finansal alım opsiyonlarına benzemektedir. Alım opsiyonu sahibine, belirli bir zaman diliminde, kullanım fiyatı karşılığında, varlığı elde etme hakkı tanımaktadır. Opsiyonu kullanmak, her ne kadar varlık başka bir yatırımcıya satılsa dahi, opsiyon priminin geri alınamaması dolayısı ile geri dönülemezdir. Yatırım fırsatına sahip firma, şimdi veya gelecekte, belirli bir değerden varlığı edinebilmek veya belli bir NBD elde etmek beklentisiyle projeyi uygulamaya koymak için opsiyona sahiptir. Her ne kadar varlık ikinci bir yatırımcıya satılabilse dahi, bu durum yatırımın geri dönülemez özelliğini değiştirmemektedir. Finansal alım opsiyonlarında olduğu gibi, varlığın gelecek değerinin belirsiz olması, yatırım opsiyonunu değerli kılmaktadır (Dixit ve Pindyck, 1994: 5). Geri dönülemez kararlar, yatırım yapıldıktan sonra, yatırım maliyetlerinin tamamının geri alınmadığı kararlardır (Hoşgör, 2009: 14). Eğer yatırım geri döndürülebilir ise yani firma yatırdığı parayı o alandan çıkması halinde batık maliyeti (*sunk cost*) olmadan hemen geri



alabiliyorsa, opsiyon tutmasının ona bir getirisi olmayacaktır. Böyle durumlarda belirsizlik altında risk alması firmaya bir zarar getirmeyecektir. Bu nedenle bir yatırımı bekletmek ancak yatırım sonucu batık bir maliyet oluşacaksa değerlidir (Onar, 2009: 78).

Yatırım projeleri harcamalarının geri dönülemez bir karaktere sahip olmasını sağlayan çeşitli özellikler bulunmaktadır. Yatırım harcamaları, belirli bir şirkete ya da endüstriye özel olduğu sürece geri dönülemez bir özellik arz etmektedir. Örneğin pazarlama ya da reklam için yapılan harcamaların çoğunluğu şirkete yönelik olduğundan bunların geri döndürülmesi oldukça zordur. Söz konusu maliyetler batık maliyet olarak adlandırılmaktadır. Bir demir çelik fabrikasının kurulumu için harcanan paranın, fabrikanın bir başka şirkete satılması halinde geri döndürülebilir olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, endüstrinin çok rekabetçi olduğu durumlarda, rakiplerin söz konusu tesise düşük fiyat biçmesi, yatırımın büyük bir kısmının geri dönülemez olmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak yatırımın şirkete ya da endüstriye özel olmadığı durumlarda dahi, kullanılmış makine – teçhizatın kendi değerinden satılamaması da geri dönülemez bir karakter yaratmaktadır. Geri dönülemezlik zaman zaman yasal düzenlemelerden, endüstri uygulamalarından veya kurumsal kültürden de kaynaklanabilmektedir. Örneğin düzenlemeler gereği yatırımın yabancı ya da yerli alıcılara devredilememesi ya da yeni çalışanlara verilen eğitim gibi harcamalar da zaman zaman bu kategoriye girmektedir. Yatırım harcamalarının geri dönülemez bir karaktere sahip olması, yatırımın ertelenebilme yeteneğinin daha değerli hale gelmesine neden olmaktadır. Bir yatırım fırsatına sahip firma parasını şimdi ya da gelecekte harcamak konusunda opsiyona sahip bir kişiye benzemektedir. Bir takım belirsizliklerin mevcudiyeti devam ettiği sürece yatırımın yapılmamasının tercih edildiği durumda, erteleme fırsatı ve opsiyonun devam etmesinin bir değeri bulunmaktadır. Optimal yatırım kararı ise en uygun zamanlamanın seçilmesini gerektirmektedir (Dixit ve Pindyck, 1995: 109-110).

### 1.3.1.2. Belirsizlik

Finansal durumlarda belirsizlik (*uncertainty*), iyi ya da kötü durumların ortaya çıkma olasılığı olarak görülmektedir. Reel opsiyonlarda ise belirsizlik çok daha farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır (Hoşgör, 2009: 13). Yatırım fırsatının finansal opsiyona benzetilmesi, yöneticilerin yatırım kararının zamanlaması konusunda belirsizliğin ne kadar önemli olduğunu algılamasına yardımcı olmaktadır. Finansal opsiyonlarda opsiyonun üzerine yazıldığı hissenin fiyatının değişken olması, opsiyonun değerini artırmakta ve elde tutulmasını çekici hale getirmektedir. Benzer bir durum yatırım fırsatı için de geçerlidir. Yatırımın karlılığına yönelik belirsizlik ne kadar büyük olursa, söz konusu fırsatın değeri ve bir an önce yatırım yapmak yerine beklemenin değeri o denli artmaktadır. Belirsizlik her ne kadar geleneksel İNA yöntemlerinde de önemli bir yer tutmakta olsa da, bu durum iskonto oranına riskin eklenmesi ile bertaraf edilmeye çalışılmaktadır. Ancak opsiyon tipindeki bir yatırımda, belirsizlik çok daha önemli ve esaslı bir konuyu teşkil etmektedir. Belirsizlik konusundaki küçük bir artış, yatırımın ertelemesine yol açmaktadır (Dixit ve Pindyck, 1995: 110). Bu çerçevede geleneksel yöntemlerde belirsizlik bir musibet gibi algılanırken, opsiyon fiyatlama modeli belirsizliği bir lütuf gibi görmektedir. Bir projenin opsiyon değeri belirsizliğin artması ile birlikte artmaktadır (Kihm ve Cowan, 2009: 2). Belirsizlik içsel ve dışsal olmak üzere, pazar dinamikleri, politik veya düzenleyici işlemler, organizasyonel yetenekler ve rekabetçi çevre gibi çeşitli kategorilerden kaynaklanmaktadır. Organizasyonların söz konu belirsizlikleri yönetebilmeleri reel opsiyon analizi içerisinde değerlendirilmektedir (Brach, 2003: 3). Reel opsiyon değerlemesinde riskin uyarlanması, olasılıklar aracılığıyla yapılmaktadır. Nakit akışlarının belirsiz bileşenleri, pazar (petrol fiyatı gibi) veya işletmeye özgü (rezerv kapasitesi gibi) belirsizlikler olarak kategorize edilmektedir. Pazar belirsizlikleri, finansal piyasalardan elde edilen riske uyarlanmış olasılıklar ile değerlendirilirken, işletmeye

özgü belirsizliklerin olasılıkları finansal piyasalardan elde edilemediği için uzman değerlendirmeleri veya geçmiş verilerden elde edilmektedir (Faiz, 2002: 43).

Yeterli sermayenin bulunmadığı hallerde firmalar genellikle daha kısa geri ödeme süresine sahip projeleri tercih etmektedir. Birçok firma için bu süre en fazla iki ila üç yıl arasında değişmektedir. Peki bu durumda sermaye kısıtının bulunmadığı hallerde bütün projeler kabul edilmeli midir? Geleneksel İNA yöntemi bu soruyu evet olarak yanıtlamaktadır. Ancak opsiyon yönteminin konuya yaklaşımı daha farklıdır. Buna göre gelecek oldukça belirgin ise projeye hemen başlanabilir. Ancak gelecek oldukça belirsiz ise beklemek ve konuyu yeniden ele almak daha optimal bir yaklaşımdır. Bu çerçevede opsiyon yaklaşımının pragmatik bir biçimde uygulanış biçimi kısa sürede geri dönüşleri sağlayan projelerin seçimidir. Bir başka deyişle uzun süre geri ödeme süresine sahip projeleri bugün uygulamak yerine ertelemek daha uygun olacaktır. Bu durumda altı yıldan daha uzun sürelerde geri dönüş sağlayan projelerin opsiyon temelli bir analiz ile değerlendirilmesi önerilmektedir (Kihm ve Cowan, 2009: 4-10).

Opsiyon kavramı, belirsizliğe olan bakış açısını değiştirmiştir. Geleneksel olarak işletmeler iyi tasarımlar ile riski en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu durumda güvenilirliğin artırılması ve riskli durumlarda en iyi kararın verilebilmesine odaklanılmaktadır. Geleneksel yöntemler riski yönetmek yerine reaktif bir tutum izlemektedir. Opsiyon yaklaşımı ise belirsizliği bir katma değer olarak algılamakta ve proaktif bir tutum sergilemektedir. Opsiyon yaklaşımı riske reaksiyon göstermek yerine, riskin yönetilmesini araştırmaktadır (Neufville, 2003: 12–13).

### 1.3.1.3. Esneklik

Esneklik (*flexibility*), yatırımcı için reel opsiyonu uygulama ya da iptal etme olasılıklarını temsil etmektedir (Hoşgör, 2009: 13). Bir yatırımın değeri, yalnızca o anki değerinden değil, yatırım yapabilme fırsatından kaynaklanmaktadır. Bir başka deyişle, belirsizliğin mevcut olduğu durumlarda, yatırım fırsatının kendisi hemen yatırım yapmaktan daha değerli olabilmektedir. Bu durum ise koşullar oluşana değin yönetime erteleme fırsatı tanınmasından kaynaklanmaktadır. Bu fırsatın değeri, hemen yatırımın yapılması halinde ortaya çıkacak NBD'den, esnekliğin değeri kadar daha fazla olmaktadır. Hatta NBD'nin negatif olduğu durumlarda dahi, ertelemekten kaynaklanan değer ile projeler yapılabilir hale gelmektedir (Trigeorgis, 2002: 19).

Projelerin barındırdığı esneklik nedeniyle, tahmin edilen getirilerin olasılık dağılımı değişmektedir. Bu nedenle tek bir iskonto oranı kullanılması doğru sonuçlar vermemektedir. Çünkü opsiyonda sınırlı bir kayıp ve sınırsız kazanç potansiyeli söz konusudur. Olasılık dağılımına göre iskonto oranının ayarlanması risk yansız olasılıklarla, ancak reel opsiyon yöntemi ile mümkün olmaktadır. İskonto oranı ile ilgili olarak karar ağacı yönteminin taşıdığı bu sakıncalar, kullanılan iskonto oranının, risk yansız oranlar olarak düzenlenmesi durumunda ortadan kalkabilecektir (Alper ve Anbar, 2011: 56). Esnekliğin modellenmesi, daha karmaşık yatırım kararlarının doğru şekilde analiz edilmesine yardımcı olmaktadır. Yatırım projelerinin değerlemesinde esnekliğin dikkate alınmasının üç temel faydasından bahsedilmesi mümkündür. Öncelikle esnekliğin dikkate alınması, bazı belirsizliklerin ortadan kaldırılması sonrasında karar verilmesini sağlaması nedeniyle, projenin değerini artırmaktadır. İkinci olarak esnekliklerin tanımlanması yeni opsiyon ve stratejilerin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Örneğin ilk sondaj sonuçlarına göre üretim miktarının beklenenin altında olacağına görülmesi ile petrolün taşıma sistem kapasitesinde değişikliklere gitmek

mümkündür. Esnekliğin bir diğer temel faydası ise, analizler sonucunda optimal politika setinin oluşturulmasına olanak sağlamasıdır. Geleneksel yöntemlerde tek bir karar ve değer söz konusu iken, opsiyon yaklaşımı ile çok sayıda alt karar seçeneği ortaya çıkmaktadır (Smith ve McCardle, 1998: 5).

**Tablo 1.9. Yönetimsel esnekliğin değeri**

		Yeni bilgi elde etme →	
		Düşük	Yüksek
Cevap verme yeteneği ↑	Yüksek	Orta derece esneklik değeri	Yüksek esneklik değeri
	Düşük	Düşük esneklik değeri	Orta derece esneklik değeri

**Kaynak: Copeland ve Antikarov (2003, 14)**

Yatırım kararının opsiyon yaklaşımı ile değerlendirilmesi şirketlere kapasite artırımı planlarında yardımcı olmaktadır. Hiç kuşkusuz şirketler kendilerini büyük bir kapasite yatırımına bağlamak yerine, esnek bir biçimde yatırımlarını daha yavaş yapmayı ve büyüme için ellerinde bir opsiyon barındırmayı tercih edeceklerdir. Bir çok şirket bu tarz bir problem ile karşı karşıyadır. Örneğin elektrik üretim şirketleri, bir yandan genişleme planlarını hayata geçirerek kapasite artırımının avantajından faydalanırken, diğer yandan yavaş yatırım avantajı ve esnekliğin devam ettirmesiyle riski dengelemektedir. Ölçek ekonomisi maliyetlerin azaltılması için önemli bir kaynaktır. Birkaç küçük tesis yerine bir tane büyük fabrikaya sahip olunması işletmelerin karlılığını artırırken birim maliyetlerin düşmesine olanak sağlamaktadır. Büyüme fırsatının mevcut olduğu durumlarda genişleme yatırımları çok daha kolaylıkla yerine getirilebilirken, talebin belirsiz olması yatırım kararını karmaşık hale getirmektedir. Geri dönülemez bir yatırımın büyük kapasiteler ile birlikte gerçekleştirilmesi, talebin beklendiği gibi artmaması durumunda işletmeyi oldukça zora sokabilecektir. Talebin belirsiz olduğu durumlarda, ölçek ekonomisi ve istenilen kapasiteye daha yavaş adımlarla ulaşılma esnekliği arasında bir ödünleşme (*trade off*) mevcuttur. Bu durumda elektrik üretim şirketleri

bir birim kapasite artışı için büyük kömür yakma ocakları tesis etmeyi, küçük kapasite artışı çalışmalarına göre daha ucuz bulmaktadır. Bununla birlikte firmalar aynı zamanda talebin nasıl seyredeceği ve maliyetler konusunda önemli bir belirsizlik ile de karşı karşıyadır. Küçük kapasite artışları, maliyetli olmakla birlikte esneklik sağlamaktadır. Bu durumda esnekliğin ne kadar önemli olduğu ancak opsiyon yaklaşımı ile ortaya konulabilecektir. Örneğin işletmenin önümüzdeki 10-15 yıllık süreçteki talep artışını karşılayacak büyük bir kömür yakma tesisi inşa etme veya yıllık artışları karşılayabilecek küçük benzinli jeneratörleri kullanma arasında bir seçim yapma durumunda olduğunu varsayalım. İşletme talep artışı ile birlikte kömür ve benzinin önümüzdeki süreçteki fiyatları konusunda bir belirsizlik ile karşı karşıyadır. Geleneksel NBD yöntemi büyük kömür yakma tesisini öne çıkartmasına rağmen bu sonuç aslında en ekonomik alternatif anlamına gelmemektedir. Bunun nedeni, büyük kömür tesisine yatırım yapılması durumunda, işletme büyük miktardaki kapasite artışına ve söz konusu yakıtta kendisini bağlı kılmış olacaktır. Bu durumda daha küçük yatırım yapma ve benzin fiyatı şeklindeki opsiyonlar da sona ermiş olacaktır. Opsiyon fiyatlama tekniğinin kullanılması durumunda, işletme aynı zamanda küçük benzinli jeneratör seçiminden kaynaklanan esnekliği de değerleyecektir. Geleneksel NBD yönteminin göz ardı etmiş olduğu esneklik değerleri oldukça önemli miktarlara ulaşabilmektedir. Bu çerçevede bir çok firma kapasite artış planlarında opsiyon fiyatlama tekniğini kullanmaya başlamıştır. (Dixit ve Pindyck, 1995: 114).

Esneklik kavramının reaktif ve proaktif olarak ikiye ayrılması mümkündür. Reaktif esneklik, opsiyon sahibinin yatırıma ve yatırımın zamanına karar vermesi gibi opsiyona dayanak teşkil eden varlığın değeri için avantaj yaratan konuları kapsamaktadır. Proaktif esneklik ise opsiyonun değerinin artmasına etki eden faaliyetleri ifade etmektedir. Finansal opsiyonlardan farklı olarak reel opsiyon sahibi; projenin beklenen nakit akışlarının artması, projenin

giderlerinin azalması, beklenen nakit akışlarının belirsizliğinin artırılması, opsiyonun vadesinin uzaması gibi konularda inisiyatif sahibi olabilmektedir (Lesley ve Michaels, 1997: 13-14).

### ***1.3.2. REEL OPSİYONLAR İLE FİNANSAL OPSİYONLARIN KARŞILAŞTIRILMASI***

Reel opsiyon yaklaşımını, finansal opsiyon teorisinin, finansal olmayan gerçek varlıklar üzerindeki opsiyonlarda kullanılması olarak tanımlamak mümkündür. Finansal opsiyonlar sözleşmelere dayanırken, reel opsiyonlar yatırım kararları ile ilgilenmektedir. Reel opsiyon yaklaşımı, stratejik yatırımları yönetmek ve planlamak için yöneticilere ellerindeki fırsatları kullanmak konusunda olanak sağlamaktadır. Fırsatları en iyi şekilde kullanabilmek için, esnekliği oluşturan bütün opsiyonların tanımlanması gerekmektedir. Böylece her zaman uygulanabilecek en uygun opsiyonu seçme imkanı mevcuttur (Uzunlar ve Aktan, 2006: 5).

Finansal opsiyon analistleri riski büyük bir doğrulukla hesaplamalarına ve tanımlamalarına olanak sağlayacak tarihsel verilere sahip olmalarına rağmen, reel opsiyonlar bakımından büyük ölçüde benzer veri setine sahip olamama nedeniyle varsayımların kullanılması söz konusudur. Bu durumda yaklaşık değerler belirli aralıklar içinde ve duyarlılık analizleri ile tahmin edilmeye çalışılmaktadır (Neufville, 2003: 11). Finansal opsiyonlara benzer bir şekilde, reel opsiyonların değeri temettü dahil olmak üzere altı değişkene bağlıdır (Copeland ve Antikarov, 2003: 6; Lesley ve Michaels, 1997: 9 ):

- Hisse fiyatı: Finansal opsiyonlarda opsiyona dayanak teşkil eden varlık ilgili hisse veya menkul değer iken, reel opsiyonlarda, opsiyona dayanak teşkil eden varlık bir hisse yerine ilgili yatırım veya devralma işlemidir. Bu çerçevede hisselerin fiyatı da yatırımdan kaynaklanacak gelecek nakit akışlarının şimdiki değeridir. Opsiyonun bağlı

olduğu varlığın değerinin artması, opsiyonun değerini de artırmaktadır. Finansal opsiyonlar ile reel opsiyonların temel farklarından bir tanesi, finansal opsiyon sahibinin opsiyon değeri üzerinde bir etkisi bulunmazken, reel opsiyon sahibinin opsiyon değerini etkilemesinin m¼mk¼n olmasıdır.

- Kullanım fiyatı: Finansal opsiyonlarda kullanım fiyatı opsiyon üzerinde anlaşılan fiyat iken, reel opsiyonlarda kullanım fiyatı ilgili yatırımın maliyetidir. Opsiyonun kullanım fiyatının artması, alım opsiyonun değerinin d¼şmesine, satım opsiyonun değerinin artmasına neden olmaktadır.
- Vade: Finansal opsiyonlarda vade opsiyonun kullanımının kalan süresi iken, reel opsiyonlarda vade, yatırım fırsatının geçerli olduğu süreyi ifade etmektedir. Kalan süre ne kadar uzun ise, opsiyonun değeri de o denli artmaktadır.
- Belirsizlik (değişkenlik): Finansal opsiyonlarda belirsizlik dayanak varlığın fiyatında meydana gelebilecek dalgalanmaları ifade etmekte ve standart sapma ile ölçülmektedir. Reel opsiyonlarda ise belirsizlik yatırımdan kaynaklanacak nakit akışlarının dalgalanmasını (değişkenliğini) ifade etmektedir. Opsiyonun değeri, varlığın riskliliğinin artması ile yükselmektedir.
- Risksiz faiz oranı: Risksiz faiz oranı hem finansal hem de reel opsiyonlarda aynı anlamda kullanılmaktadır. Risksiz faiz oranının artması opsiyonun değerinin artmasına neden olmaktadır.
- Temett¼: Finansal opsiyonlarda temett¼ varlığa dayanak teşkil eden hissenin temett¼ ödemelerini ifade ederken, reel opsiyonlarda temett¼ opsiyonun geçerliliğini devam ettirmek için katlanılan maliyetler ya da rakiplere kaybedilen nakit akışlarıdır.



**Tablo 1.10. Finansal opsiyon & reel opsiyon karşılaştırması**

Finansal Opsiyon	Değişken	Reel Opsiyon (Yatırım Projesi)
Hisse fiyatı	S	Yatırımın gelecek nakit akışlarının şimdiki değeri
Kullanım fiyatı	K	Yatırımın maliyeti
Vade	t	Yatırım fırsatının geçerlilik süresi
Belirsizlik	$\sigma^2$	Yatırımın nakit akışlarının değişkenliği
Risksiz faiz oranı	$r_f$	Risksiz getiri oranı
Temettü	$\Delta$	Rakiplere kaybedilen nakit akışları, gecikmenin fırsat maliyeti

**Kaynak: Brach (2003, 43); Lesley ve Michaels (1999, 9)**

Reel opsiyonlarda yukarıda yer verilene karşılık gelen değişkenlerin reel opsiyonun değerine olan katkısı ise aşağıdaki gibidir (Copeland ve Antikarov, 2003: 7):

- Yatırımın beklenen nakit akışlarının artması, NBD ve reel opsiyonun değerinin artmasına neden olmaktadır.
- Yatırım maliyetinin artması NBD ve reel opsiyonun değerinin azalmasına neden olmaktadır.
- Vadeye kalan sürenin uzun olması belirsizliklerin azalmasına neden olduğu için reel opsiyonun değerini artırmaktadır.
- Yönetimsel esnekliğin mevcut olduğu durumlarda belirsizliğin artması, reel opsiyonun değerinin artmasına neden olmaktadır
- Risksiz faiz oranının artması, paranın zaman değerinin artması ve yatırımın ertelenmesi nedeniyle reel opsiyonunun değerini artırmaktadır.
- Temettü ödenmesi nakit akışlarının azalmasına yol açacağından reel opsiyonun değerinin azalmasına neden olmaktadır.

**Tablo 1.11. Finansal ve reel opsiyonların değerini belirleyen faktörler**

Finansal Opsiyonlarda Değeri Belirleyen Faktörler			Reel Opsiyonlarda Değeri Belirleyen Faktörler
Kullanım fiyatı	(-)	(-)	Sabit maliyetlerin bugünkü değeri
Hisse senedi fiyatı	(+)	(+)	Beklenen nakit akışlarının bugünkü değeri
Vadeye kalan zaman	(+)	(+)	Fırsatın geçerli olduğu süre
Belirsizlik	(+)	(+)	Beklenen nakit akışlarının belirsizliği
Risksiz faiz oranı	(+)	(+)	Risksiz menkul kıymetin getirisi
Temettü	(-)	(-)	Yatırımın fırsat maliyeti

**Kaynak: Anbar (2007, 78).**

Finansal opsiyonlar, hisse senetleri, hisse endeksleri, hükümet bonoları, futures sözleşmeleri gibi daha büyük ve çeşitli varlıkları kapsarken, reel opsiyonlar sermaye bütçelemesi, yatırım kararları ve sözleşmeler ile ilgilenmektedir. İki opsiyon türü arasındaki başlıca ortak noktaları; “belirsizliğe yapılan yatırım, geri dönüşümlük, iki veya daha fazla alternatif arasında seçim yapma” olarak sıralamak mümkündür. Her iki opsiyon türü de yatırım kararlarında “acaba, ne zaman, ne kadar” sorularını cevaplamayı amaçlamaktadır (Brach, 2003: 44). Opsiyon türlerinin bu ortak noktaları yanında çeşitli farklılıklar da mevcuttur (Trigeorgis, 2002: 16–17; Brach 2003, 44 – 45; Mun, 2002: 100; Taş ve diğerleri, 2007. 346–355):

- Standart alım opsiyonları sahibine opsiyonun kullanımına yönelik bir münhasır hak sağlamaktadır. Bir başka deyişle opsiyon sahibinin rekabetçi bir endişe duymasına gerek yoktur. Bununla birlikte reel opsiyonların bazı biçimlerinde, yatırım üzerinde başkaca ortaklar bulunduğu gibi ilgili yatırıma benzer yatırımlara sahip rakipler de bulunmaktadır.
- Standart alım opsiyonları stoklanabildiği gibi, finansal piyasalarda minimum maliyetler üzerinden alınıp satılabilmektedir. Reel opsiyonlar genellikle, patent ve lisansların veya hurda değerinin satılabilir olmasına rağmen, alım satımına konu olmamaktadır.
- Standart alım opsiyonlarının kullanıldıkları zaman değeri, ilgili hisselerden kaynaklanan basit yapıya sahiptir. Reel opsiyonların bir bölümü de benzer özellik göstermekle birlikte, diğerleri birleşik bir karakter özelliği taşımaktadır. Söz konusu yatırımlar başka bir yatırımın başarılı olup olmamasına bağlıdır.

- Finansal opsiyon sahibi pasif bir biçimde piyasa hareketlerini gözlemlemekte ve buna göre opsiyonu kullanıp kullanmamaya karar vermektedir. Reel opsiyon sahibi ise varlığın değeri ve riskin azaltılması yönünde hareketlerde bulunma esneklik ve yeteneğine sahiptir.
- Finansal opsiyonların vadesi bilinmekle birlikte reel opsiyonlarda bu durum her zaman mutlak değildir.
- Finansal opsiyonlarda varlığın değeri potansiyel ve kullanım fiyatı arasındaki farktan kolaylıkla belirlenebilirken, reel opsiyonlarda varlığın değeri pazar koşulları, teknoloji, giriş engelleri, fikri mülkiyet hakkı gibi değişkenlerin önemli bir rolü bulunmaktadır.
- Finansal opsiyonlarda vadeye kalan sürenin uzun olması opsiyonun değerini artırırken, reel opsiyonlarda ilgili yatırımın rakibinin bulunduğu hallerde, zaman, opsiyon değeri ve vade arasındaki ilişki çok daha karmaşıktır.
- Finansal opsiyonlar kayıtlı pazarlarda işlem görürken, gözlemlenebilmesi ve likiditesi daha fazladır. Reel opsiyonların sürekli gözlemlenmesi oldukça zordur.
- Finansal opsiyonların vadesi kısa, genellikle aylar ile sınırlı iken, reel opsiyonların vadesi yıllarla ölçülmektedir.
- Finansal opsiyonların değerinde dayanak varlığın fiyatı önemli bir rol oynarken, reel opsiyonların değerine nakit akışlarına etki eden talep, rekabet ve yönetim gibi konular yön vermektedir.
- Finansal opsiyonlarda yönetim hisse fiyatlarına yön vererek etki edemezken, reel opsiyonlarda yönetsel kararlar ve esneklik önemli bir rol oynamaktadır.
- Finansal opsiyonların değeri küçük iken, reel opsiyonların değeri milyon ya da milyarlar ile ölçülebilmektedir.

- Finansal opsiyonlar ticarete konu olmalarına rağmen reel opsiyonların piyasada alınıp satılması söz konusu değildir.
- Finansal opsiyonlarda yönetimin varsayım ve davranışları değer üzerinde etkili değilken, reel opsiyonlarda yönetimin davranış ve becerisi önemli rol oynamaktadır.

Yukarıda yer verilen farklılıklara rağmen finansal opsiyon fiyatlamasının reel opsiyon fiyatlamasına nasıl uygulandığı sorusunun cevaplanması gerekmektedir. Temel olarak, opsiyonun fiyatı ilgili varlığın vadesindeki gelecek beklenen ödemeleri yansıtmaktadır. Beklenen gelecek ödemeler bugünkü zamana indirgenmekte ve bugünkü opsiyon değeri ortaya çıkmaktadır. Söz konusu prosedür etkin piyasalarda yatırımcının opsiyonun risk ve belirsizliği azaltacak işlem gören menkul kıymetleri bulacağı varsayımına dayanmaktadır. Opsiyon fiyatının gelecek ödemelerin bugünkü değerinden daha yüksek ya da düşük olması, ancak arbitraj imkanının olması halinde mümkündür ki tanımsal olarak bu durumun mevcut olmadığı kabul edilmektedir. Bir yatırım projesinin NBD'sini bulmak için seçilen iskonto oranı içerisinde riskin genellikle dahil edilmeye çalışıldığı görülmektedir. Uygun iskonto oranı yatırımcının benzer riskleri paylaştığını düşündüğü menkul değerlerin taşıdığı risk ile aynıdır. Bu durumda yatırımın NBD'sinin, risk yansız olasılık veya riske göre uyarlanmış iskonto oranı yerine, risksiz faiz oranının kullanılmasından elde etmek mümkündür. Söz konusu yöntem, kopya portföylerdeki ticarete konu olmayan değerler içinde geçerliliğini korumaktadır. Kopya ikiz menkul değerlerin opsiyon fiyatlaması, arbitrajın mevcut olmadığı ve risk yansız argümanın ileri sürüldüğü risksiz faiz oranına göre gerçekleştirilmektedir. Bu durumda reel varlıklar üzerindeki opsiyonların da aynı şekilde fiyatlanması gerekmektedir. Aksi takdirde arbitraj fırsatı yaratılmış olacaktır (Brach, 2003: 48).

### 1.3.3. REEL OPSİYONLAR İLE GELENEKSEL YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Reel opsiyonlar, geleneksel yöntemlerin dikkate almadığı esneklikleri hesaplaması nedeniyle yatırım projelerindeki ek değerlerin ortaya çıkartılmasına olanak sağlamaktadır. Yöntem geleneksel yöntemleri dışlamaktan ziyade tamamlayıcı bir işlev görmektedir.

#### 1.3.3.1. İndirgenmiş Nakit Akım Yöntemlerinin Kısıtları

İNA, Irving Fisher tarafından 1930 yılında ortaya konulmuştur. Bu yönteme göre, şirket varlıkları nakit yaratabildikleri sürece bir değer ifade etmektedir. Bu nedenle de, şirketin değeri, nakit akışları tahmin edilerek tespit edilmeye çalışılmaktadır. Paranın zaman değerinin olması nedeniyle, yıllar itibariyle nakit akışları bugünkü değere indirgenecek, yani nakit akışlarının net bugünkü değeri bulunacaktır. NBD<sup>8</sup> ve iç karlılık<sup>9</sup> (IRR), en yaygın olarak kullanılan İNA yöntemleri olarak öne çıkmaktadır (Safarov, 2009: 14).

---

<sup>8</sup> NBD yöntemi, projenin hissedarların refahına katkısı olan net değerinin ölçülmesini ifade etmektedir. Söz konusu değer, hissedarların aynı sistematik riske sahip benzer menkullere yapacağı yatırımın beklenen nakit akışlarından oluşmaktadır (Broyles, 2003: 83). NBD, nakit girişlerinin bugünkü değeri ile nakit çıkışlarının bugünkü değeri arasındaki farktır. NBD değerinin pozitif olması, projenin işletmenin değerini artıracak, negatif olması ise azaltacak anlamına gelmektedir. Bu anlamda NBD değeri pozitif olan projeler kabul edilirken, negatif olanlar reddedilmekte, sıfır olanlara ise kayıtsız kalınmaktadır (Fabozzi ve Drake, 2009: 482-483). *Yöntemde nakit girişleri, sermayenin fırsat maliyeti olan AOSM oranından, nakit çıkışları ise risksiz faiz oranından indirgenmektedir.*

NBD =  $\sum$  Gelirlerin Bugünkü Değeri – Yatırımın Bugünkü Değeri

$$NBD = \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1 + AOSM)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{YATIRIM MALİYETİ}{(1 + r_f)^t}$$

<sup>9</sup> IRR, NBD'yi sıfıra eşitleyen yöntemdir. Yöntem bu özelliği nedeniyle başa baş iskonto oranı olarak da adlandırılmaktadır (Broyles, 2003: 84). Yöntem için karar kuralı, projenin getirisinin sermaye maliyetinden yüksek olması halinde kabul edilmesidir. Yöntem bağımsız projeleri NBD yöntemi ile aynı sonuç ile değerlemesine karşın, birlikte olmaz projelerin değerlendirilmesinde NBD yöntemi ile farklı sonuçlara ulaşabilmektedir (Fabozzi ve Drake, 2009: 482-483).

$$IRR = NBD = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{FCF_t}{(1 + IRR)^t} - I_0 \quad \text{veya,}$$

$$IRR = \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1 + IRR)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{YATIRIM MALİYETİ}{(1 + r_f)^t}$$

Geleneksel değerleme yöntemleri varlıkların değerini genellikle olduğundan daha az değerlemektedir. İNA yöntemleri gelecek sonuçlarının sabit olduğunu varsaymaktadır. Gerçek hayatın taşıdığı riskler ve belirsizlikler geleneksel yöntemlerde dikkate alınmadığından, yöneticilerin yönetsel esnekliği mevcut değildir. Bununla birlikte yöntemlerin çeşitli avantajları da bulunmaktadır (Mun, 2002: 57):

- Bütün projeler için tutarlı ve açık karar kriterlerine sahiptir
- Yatırımcıların risk tercihlerinden bağımsız aynı sonuçlara ulaşılmaktadır
- Ekonomik olarak rasyonel ve makul düzeyde doğru sonuçlara ulaşılmaktadır
- Geleneksel muhasebe bileşenlerine duyarsız değildir
- Paranın zaman değeri ve risk dikkate alınmaktadır
- Basit, anlaşılır ve geniş ölçüde kabul görmektedir
- Yönetime açıklanması basittir: Değer pozitif ise proje yapılabilir.

NBD yöntemi, tutarlı bir biçimde hissedarların refahını maksimize eden bir tekniktir (Copeland ve diğerleri, 2003. 26). Bununla birlikte indirgenmiş nakit akış serilerine dayanan geleneksel değerleme yöntemleri, yatırım kararlarının kabul veya reddedilmesi gerektiği varsayımına dayanmaktadır. Bir başka deyişle, yatırımın, belirsizliğin azaltılması yoluyla zaman içerisinde yeniden değerlendirilmesine yönelik yönetsel esneklikler, geleneksel yöntemler bakımından geçerli değildir. İNA yöntemlerinin dezavantajları aşağıda yer verilen Tablo 1.12’de gösterilmektedir (Mun, 2002: 58).

**Tablo 1.12. Geleneksel İNA yöntemlerinin dezavantajları**

İNA Varsayımlar	Gerçek Durum
Karar şimdi verilir, gelecek nakit akışları sabit olarak kabul edilir	Gelecek sonuçları belirsizdir ve değişkenlik gösterir
Projeler küçük şirketler olarak kabul edilir ve değiştirilebilirler	Projeler yalnızca nakit akışlarına göre değerlendirilmez
Projeler kabul edildikten sonra pasif bir biçimde yönetilir	Proje yönetimi aktif olmalıdır
Gelecek nakit akışlarının bilindiği varsayılır	Gelecek nakit akışları riskler içerir
Sermayenin fırsat maliyeti proje indirgeme oranı olarak kullanılır ve çeşitlendirilemeyen risk ile orantılıdır	İşletme riskinin çok çeşitli kaynağı vardır ve bir kısmı çeşitlendirilebilir
Bütün riskler indirgeme oranı üzerinden hesaplanır	Firma ve proje riski zaman içinde değişebilir
Sonucu etkileyen tüm faktörlerin nakit akışlarına yansdığı varsayılır	Projeyi etkileyen tüm faktörlerin dikkate alınması mümkün olmayabilir
Bilinmeyen ya da hesaplanamayan faktörlerin değeri sıfır olarak kabul edilir	Bilinmeyen birçok faktörün önemli faydaları bulunabilir

**Kaynak: Mun (2002, 59)**

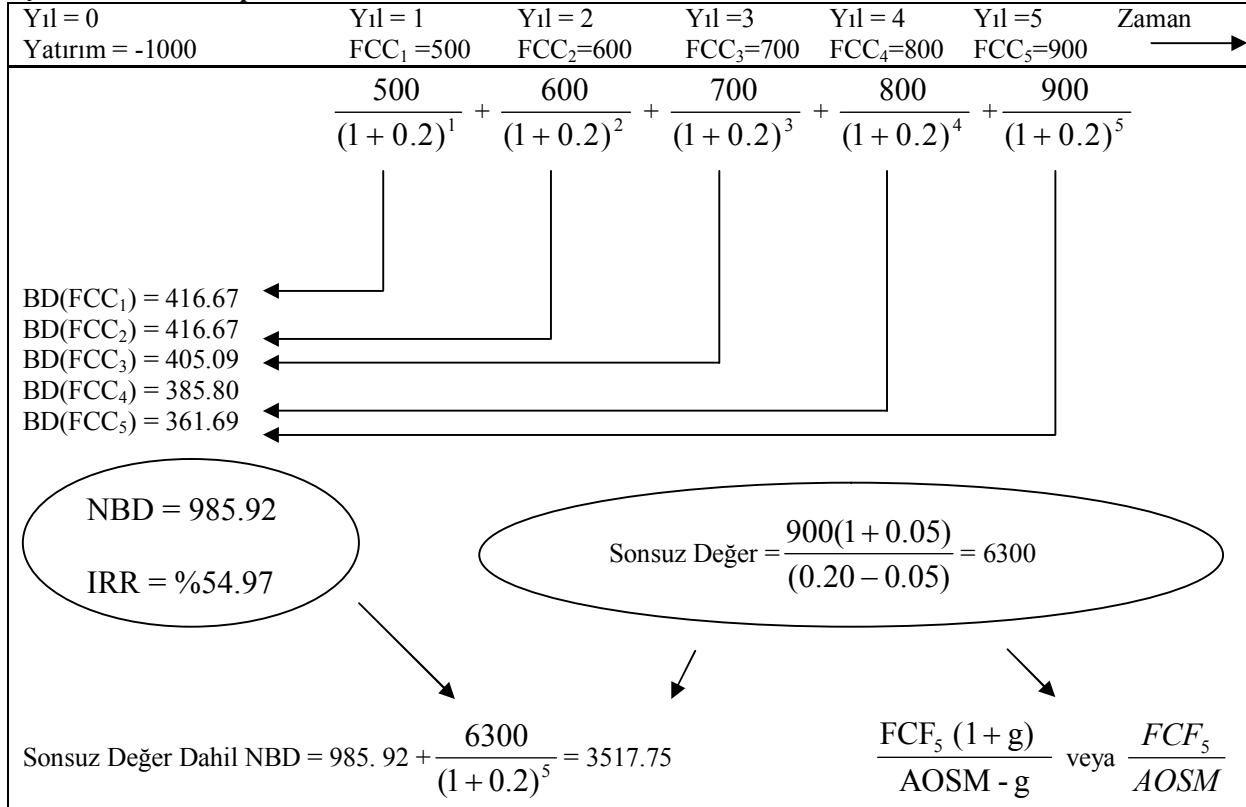
NBD kuralları, yatırım fırsatı kararının şimdi kabul veya reddedilmesi ve tamamıyla geri dönüştürülebilir olması hallerinde doğru sonuçlara ulaşabilmektedir. Bununla birlikte gerçek hayatta çok az yatırım projesinin ilk koşula uygunluk gösterdiği bilinmektedir. İşletmeler genellikle yalnızca yatırım yapıp yapmama değil bunun zamanlamasını da belirleme hakkına sahiptir. Buna ek olarak bir çok yatırım kararının batık maliyetlere sahip olduğu bilinmektedir (Trigeorgis, 1998: 2). Aşağıdaki örnek basit bir İNA yatırım projesini göstermektedir. Projenin sıfır zamanda ilk yatırım maliyetinin 1000 birim ve ilk beş yıldaki net nakit akışlarının sırasıyla 500, 600, 700, 800, 900 olduğu varsayılmaktadır. Projenin riske göre uyarlanmış indirgeme oranı<sup>10</sup> olarak AOSM dikkate alınmıştır<sup>11</sup>. Oran % 20 olarak kabul

<sup>10</sup>Riske göre uyarlanmış (düzeltilmiş) iskonto oranı, risksiz faiz oranı, ortalama risk primi ve ilave risk primi olmak üzere üç temel unsurdan oluşmaktadır. Risksiz faiz oranı devlet tahvili ve hazine bonolarına uygulanan faiz oranı iken, ortalama risk primi, firmanın mevcut faaliyetlerinden kaynaklanan risk karşılığında istenen risk primini, ilave risk primi ise, firmanın mevcut faaliyetlerine bağlı risk ile önerilen yatırım projesinin riski arasındaki fark için istenen risk primini ifade etmektedir (Anbar ve Alper, 2009: 291).

<sup>11</sup> Sermaye maliyeti, yatırımcının fonlarının kullanılmasını temin eden getiriyi ifade etmektedir. Söz konusu fonlar borçlanma yoluyla elde edilmiş iseler, fon maliyeti kreditorlere ödenen faizlerden, sermayedarlardan elde edilmiş iseler, fon maliyeti hisse fiyatları ve kar payı ödemelerini de içine alacak şekilde, hissedar beklentilerden meydana gelmektedir. İşletmelerin sermaye maliyeti söz konusu işletmelerin gerçekleştirecekleri projelerinde sermaye maliyetini belirlemek bakımından başlangıç noktasını oluşturmaktadır. İşletmelerin sermaye maliyeti, borçlanma, tercihli hisse senedi, normal hisse senedi gibi uzun dönemli fon kaynaklarının maliyetine eşittir. Her bir ilgili kaynağın maliyeti ise varlığın işletme yatırıma olan riskini yansıtmaktadır. Örneğin borçlanmanın maliyeti tercihli hisse senedinden, o da normal senetten daha düşük olabilmektedir. Bu durumda tercihli hisse senedi sahibinin beklentilerinin kreditorlerden daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür. İşletmelerin sermaye maliyetinin hesaplanmasında üç adım bulunmaktadır. İlk adım hesaplamalarda kullanılacak her bir fon kaynağı tespit edilmelidir. İkinci adım her bir kaynağın maliyetinin hesaplanmasıdır. Borçlanma ve tercihli hisse

edilmektedir. Projenin ekonomik ömrü sonsuz olarak kabul edilmiştir ve uzun dönem büyüme oranının %5 olacağı tahmin edilmektedir. Gordon (sabit oranlı büyüme) modeli<sup>12</sup> çerçevesinde projenin beşinci yılındaki sonsuz değeri (*terminal value*) 6300 birim olarak hesaplanmaktadır. Projenin NBD'si, 985,92 birim, IRR değeri %54,97 ve dönem sonu sonsuz NBD değerinin, ilk beş yıldaki NBD ile toplamı 3.517,75 birim olarak hesaplanmıştır. Konuya ilişkin hesaplamalara aşağıda yer verilmektedir (Mun, 2002: 60).

Şekil 1.4 NBD hesaplaması



senedi gibi kaynakların maliyetinin hesaplanması nispeten daha kolayken, öz kaynakların maliyetinin tahmin edilmesi oldukça zordur. Bunun için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Son adım ise, her bir maliyetin hedef sermaye yapısı içindeki oranına göre ağırlıklandırılarak toplanmasıdır. [AOSM (WACC) =  $w_d k_d (1-t) + w_{cc} k_{cc} + w_{ps} k_{ps}$ ]. Formülde yer alan ilk ifade borçlanma maliyeti ve toplam içindeki oranı ile borçlanmanın vergi avantajını yansıtan vergi oranını, ikinci ifade öz kaynak maliyetini son ifade ise tercihli hisse senedi maliyetini göstermektedir (Fabozzi ve Drake, 2009: 397 – 398).

<sup>12</sup> Sabit Oranlı Büyüme Modeli = 
$$\sum_{t=1}^{\infty} \frac{FCF_{t-1} (1+g_t)}{(1+AOSM)^t} = \frac{FCF_{T-1} (1+g_T)}{AOSM - g_T} \text{ veya } \frac{FCF_T}{AOSM - g_T} \text{ veya}$$

$$S_0 = \frac{Div_1}{k_S - g} \text{ (Gordon Büyüme Modeli)}$$



Şekil 1.4'te yer verilen basit örnek dikkate alınması gereken çok sayıda kısıtı içermektedir. Hesaplamalardaki NBD, gelecek nakit girişlerinin şimdiki değerinden, maliyetlerin şimdiki değerinin çıkarılması ile elde edilmiştir. Bununla birlikte analistler çoğunlukla hem gelirler hem de maliyetler için aynı riske göre uyarlanmış indirgeme oranı olan AOSM'yi kullanmaktadır. Ancak gelecek gelir akışlarının AOSM'den indirgenmesine rağmen yatırımların risksiz faiz oranından indirgenmesi gerekmektedir. Bunun nedeni piyasa riski taşıyan nakit akışlarının, piyasa riskine uyarlanmış iskonto oranı, bireysel risk taşıyan nakit akışlarının risksiz faiz oranından indirgenmesi gerekliliğidir. Bu durumda proje gelirlerinin piyasa talebi, piyasa fiyatı gibi faktörlere bağlı olması nedeniyle pazar riski, proje maliyetlerinin ise firmanın projeyi bitirme gibi bireysel yeteneklere bağlı olması nedeniyle bireysel risk yoluyla indirgenmesi gerekmektedir. Bu durumda proje gelirlerinin ve maliyetlerinin bağlı oldukları risklere göre farklı oranlardan indirgenmesi gerekmektedir (Mun, 2002: 60 -61).

İskonto oranı, İNA yöntemlerinin en duyarlı olduğu ve aynı zamanda doğru bir biçimde ölçülmesi en zor değişkenidir. Buna ek olarak iskonto oranı potansiyel kötüye kullanmalara ve subjektif manipülasyona açıktır. Ayrıca iskonto oranı hesaplamalarında kullanılan yöntemler bakımından da bazı soru işaretleri bulunmaktadır. Proje değerlendirme hesaplamalarında proje gelirlerinin indirgenmesinde genellikle AOSM oranı kullanılmaktadır. Bunun dışında firmalar eğer projeye ilişkin özel bir takım risklerin hesaba katılmasını öngörebiliyorlarsa bu oran üzerine risk faktörü de eklenmektedir. Ancak AOSM oranı kendi içerisinde bazı problemleri de barındırmaktadır. Çünkü firmanın risk yapısı ve projenin risk yapısı farklı olmakla birlikte, değerlendirmelerde tüm projelerde şirket için geçerli aynı AOSM oranı kullanılmaktadır. Bu çerçevede, reel opsiyon analizlerinde AOSM oranı yerine, projenin ömrüne uygun hazine bonolarının (risksiz faiz oranının) getirileri üzerinden bir

hesaplama yapılmaktadır. Buna ek olarak, AOSM içerisinde yer alan sermaye (özkaynak) maliyetinin elde edildiği finansal varlıkları fiyatlama modeli (FVFM)<sup>13</sup> formülünde yer alan  $\beta$  katsayısının hesaplanması oldukça zordur.  $\beta$  katsayısının hesaplanmasında kullanılan hisse fiyatları neredeyse anlık olarak değişmektedir. Ticarete konu olmayan varlıklar bakımından da söz konusu katsayının hesaplanması oldukça zordur. Katsayının, karşılaştırılabilir firmalar dikkate alınarak kullanılması da pratik olarak kısıtlar içermektedir. Bir diğer yöntem olan arbitraj fiyatlama modeli (AFM)<sup>14</sup> içinde formül içerisinde yer alan risk faktörlerinin belirlenmesi oldukça zordur. İskonto oranının belirlenmesi sonrasında, indirgemedede kullanılacak nakit akışlarının tespiti gereklidir. Nakit akışlarının tespit edilmesi sonrasında ise ilgili akışların kesikli veya sürekli bir biçimde mi indirgeneceği, vadenin yıl sonunda mı yıl ortasında mı başlayacağı konuları açıklığa kavuşturulmalıdır. Daha uzun yıllar sonrasına ait nakit akışlarının daha riskli olması, iskonto oranının da sabit olmamasını gerektirmektedir.

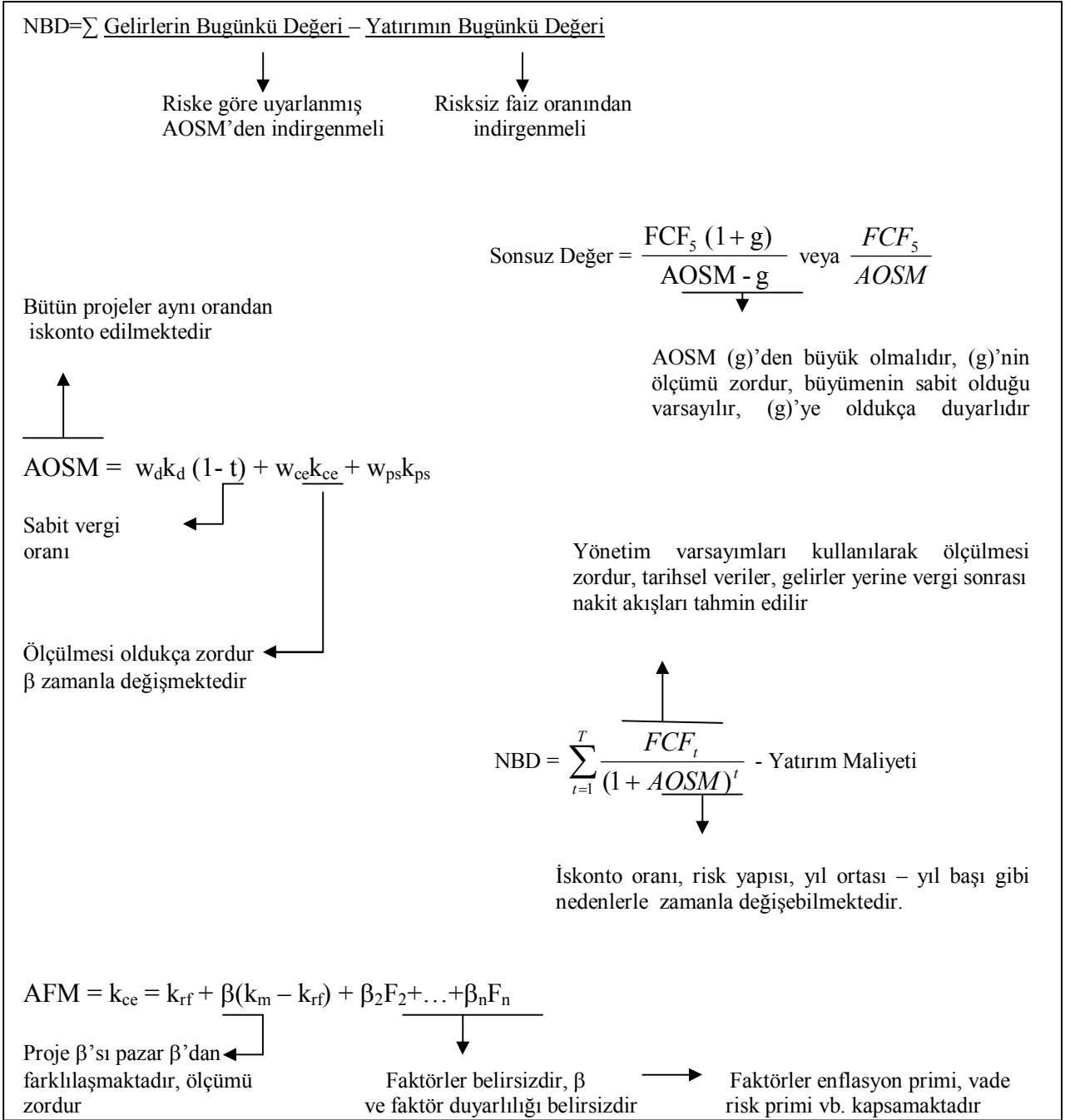
---

<sup>13</sup> FVFM (CAPM), riskin ölçülmesi ve beklenen getiri oranının riskin derecesiyle ilişkilendirilmesi için temel ve oldukça önemli bir modeldir. FVFM, tüm yatırımcıların çok çeşitli olduğunu ve hepsinin yalnızca sistematik (yani pazar ile ilgili) risk ile karşı karşıya kaldığını varsaymaktadır. Sistematik risk, tam çeşitlendirmeyi gerçekleştirdikten sonra geriye kalan risktir ve projenin betası ile ölçülmektedir. FVFM'in en önemli ögesi olan  $\beta$  katsayısı, herhangi bir varlığın getirisinin piyasa portföyü getirisindeki dalgalanmalara karşı duyarlılığını göstermektedir (İkiz ve Karakoç, 2009: 23). FVFM, belirli bir hisse senedi veya portföyün getirisinin, “*getirinin piyasa portföyüne olan duyarlılığı (beta), portföyün kendi getirisi ve risksiz menkul kıymetin getirisi*” tarafından belirlendiğini ifade etmektedir. FVFM varlıklar fiyatlama denklemi şu şekilde gösterilmektedir:  $E(R_i) = R_{rf} + [E(R_m) - R_{rf}] \cdot \beta_i$ . Denklemde yer alan  $E(R_i)$ , i varlığının beklenen getirisini,  $R_{rf}$ , risksiz menkul kıymetin getirisini,  $E(R_m)$ , pazar (piyasa) portföyünün getirisini,  $\beta_i$  ise, i varlığının sistematik riskini göstermektedir. Denklemde i varlığının beklenen getiri oranı, risksiz getiri oranı ile alınan riskin karşılığı olarak beklenen getiri oranının toplamıdır. Sistemin risk endeksi olarak yer alan beta katsayısı varlık fiyatlamasında geçerli olan tek risk faktörüdür.  $\beta_i$  katsayısı bir varlığın getiri oranının piyasa ile birlikte hareket etme eğilimini yansıtmaktadır. Bu denklem, hem etkin hem de etkin olmayan bütün portföylerin ve varlıkların fiyatlandırılması konusunda bilgi vermektedir (TSPAKB, 2002: 71). Optimal portföy, belirli bir beklenen getiri seviyesinde riski en düşük veya belli bir risk altında beklenen getirisi en yüksek olan portföydür. Optimal portföyün seçiminde, yatırımcıların kayıtsızlık eğrileri ile etkin sınırdaki yer alan portföyleri bir araya getirmek gerekmektedir. Bir yatırımcı için optimal portföy, etkin sınır üzerinde o yatırımcı için en yüksek faydayı sağlayan etkin portföydür.

<sup>14</sup> AFM, tek faktörlü FVFM'den farklı olarak, finansal varlık getirilerinin birden fazla faktörden etkilendiğini varsayarak bu risk faktörlerini modele dahil etmiştir. FVFM'de pazar riski beta ile ölçülürken, arbitraj fiyatlama modeli (AFM) gibi çoklu faktör modellerinde, beta, her birinin kendi fiyatına (risk primine) sahip olduğu pazar risk faktörleri tarafından tahmin edilmektedir. Hemen hemen bütün modellerin, üç temel girdiye ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Bunlardan ilki risksiz faiz oranı, ikincisini ise tekli/çoklu beta oluşturmaktadır. Son girdi ise, FVFM'ndeki, bütün riskli varlıkları içerisinde barındıran portföyün uygun risk primi ve AFM ve çoklu faktör modellerindeki pazarın risk faktörleri için geçerli olan faktör risk primidir. Öz kaynak risk priminin yüksek olarak belirlenmesi, hem öz kaynak hem de sermaye maliyetinin yükselmesi anlamına geleceğinde, yatırımların azalmasına ve ekonomik büyümenin düşmesine neden olacaktır (Damodaran, 2011: 4-6).

Nakit akışlarına dahil edilen varlığın sonsuz değerinin tespitinde kullanılan büyüme oranının sabit olarak kabul edilmesi de bir diğer problemi oluşturmaktadır (Mun, 2002: 62-63).

Şekil 1.5. İNA yöntemlerinin kısıtları



Kaynak: Mun (2002, 61)

Şekil 1.5’de yer verilen  $w$  göreceli ağırlığı,  $d$  borcu,  $ce$  özkaynağı,  $ps$  tercihli hisseyi,  $FCF^{15}$  serbest nakit akışlarını,  $t$  vergiyi,  $g$  nakit akışlarının uzun dönem büyüme oranını ve  $rf$  ise risksiz faiz oranını ifade etmektedir (Mun, 2002: 60). Geleneksel proje değerlendirme yöntemleri esnek olmayan ve piyasadaki değişiklikleri dikkate almayan bir yöntemdir. Yöntemler zamanla projenin riskinde meydana gelecek değişiklikleri dikkate almadığı için iskonto oranı sabit kalmaktadır. Yöntem riskleri algılamasına rağmen azaltılması yönünde gerekli adımların atılmasından uzaktır. Gelecek nakit akışlarının belirli olduğu varsayımı karşısında yatırımı şimdiki zamanda kabul etmek ya da reddetmek kararı, sıralı bir şekilde pazar koşullarına göre verilebilecek birçok yatırım kararının yanlış değerlendirilmesine yol açmaktadır (Brach, 2003: 4). Geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerinde, projelerin maliyetleri ve faydaları tahmin edilirken statik veya deterministik değerler kullanılmaktadır. Sonuç olarak, belirsizliğin etkisi genel olarak değerlendirilmektedir. Yönetimin gelecekte oluşacak çevre koşullarına uyum sağlayabilme esnekliği, NBD’nin olasılık dağılımında bir asimetri ya da çarpıklık meydana getirmektedir. Bunun sebebi pasif yönetim altında oluşan başlangıçtaki beklentileriyle karşılaştırıldığında, esnekliğin yatırım fırsatının gerçek değerini, kayıpları sınırlayıp yükselme olasılığını artırarak genişletmesidir. Böyle bir yönetsel esnekliğin olmaması durumunda, statik beklenen NBD, modla çakışacak ve NBD’nin olasılık dağılımı doğal olarak simetrik olacaktır (İkiz ve Karakoç, 2009: 24).

### 1.3.3.2. Genişletilmiş Net Bugünkü Değerin Elde Edilmesi

Reel opsiyon yöntemi ile geleneksel proje değerlendirme yöntemleri arasında hem farklılıklar hem de ortak yönler bulunmaktadır. Herhangi bir yatırım kararı, hak mevcut iken

---

<sup>15</sup> Serbest nakit akışları, dönem karından ilgili dönem vergisinin ve ilgili dönemdeki yatırım harcamaları tutarının çıkarılması, ilgili amortisman giderleri tutarının da eklenmesi ile bulunan miktardır. Yatırım harcamaları tutarı, bir dönem içinde duran varlık yatırımlarındaki artış tutarı ile net işletme sermayesindeki artış tutarını ifade etmektedir. Duran varlık yatırımlarındaki artış tutarı, dönem sonu duran varlıkların defter değerinden, dönem başı duran varlıkların defter değerinin çıkarılması ve dönem amortisman giderlerinin eklenmesi ile elde edilen tutardır. Net işletme sermayesindeki artış tutarı ise, dönem sonu net işletme sermayesi tutarından, dönem başı net işletme sermayesi tutarının çıkarılmasından sonra kalan tutardır (Sayılğan, 2008: 285).

yükümlülüğün olmaması nedeniyle, alım opsiyonlarına benzemektedir. Bu nedenle yatırım fırsatına benzer bir alım opsiyonunun bulunması halinde, opsiyonun değeri yatırım fırsatının değeri hakkında önemli ipuçları sağlayacaktır. Bu durumda projenin karakteristiği ve alım opsiyonun değerini belirleyen beş değişken arasında bir bağ kurulması gerekmektedir (Luehrman, 1998a: 51).

**Tablo 1.13. Yatırım fırsatı ve alım opsiyonu arasındaki eşleştirme**

Yatırım Fırsatı	Değişkenler	Alım Opsiyonu
Projenin şimdiki değeri	$S$	Hisse fiyatı
Yatırım maliyeti	$X$	Kullanım fiyatı
Zaman	$T$	Vade
Paranın zaman değeri	$R_f$	Risksiz getiri oranı
Projenin riski	$\sigma^2$	Hisse getirisinin varyansı

**Kaynak: Luehrman 1998a, 52**

Geleneksel İNA yöntemlerinde sonuç nihai NBD değerine göre şekillenmektedir. NBD, proje varlıklarının değeri ve maliyetleri arasındaki farkı yansıtmaktadır. NBD değerinin pozitif olması durumunda yatırımın gerçekleştirilmesine karar verilmektedir. Proje hakkındaki kararın daha fazla ertelenemeyeceği durumda, bir başka deyişle opsiyonun vadesinde, projenin opsiyon değeri ve NBD değeri aynı olmaktadır. NBD ve opsiyon değeri arasındaki ortak noktalar pratik anlamda büyük önem taşımaktadır. Reel opsiyonun değerini hesaplayabilmek bakımından gerekli olan değişkenlerden  $S$  ve  $X$  değerlerini, geleneksel NBD yönteminden elde etmek mümkündür. Geleneksel yöntemler ile reel opsiyonların ayrıldığı nokta ise, yatırım zamanının geciktirilebileceği (ertelenebileceği) durumlardır. Yatırımın ertelenebilmesi, değer konusunda iki kaynağı ortaya çıkartmaktadır. Öncelikle, her şeyin eşit olduğu bir durumda, yakın zaman yerine daha ileri bir tarihte ödeme yapılması, paranın zaman değeri nedeniyle bir kazanç ortaya çıkarmaktadır. İkinci konu ise, değişen koşullar nedeniyle yaratılan değerdir. Bu durumda eğer varlığın değeri artarsa, yatırımın yerine getirilebilmesi (opsiyonun kullanılması) nedeniyle bir kayıp söz konusu değildir. Bu nedenlerle yatırım kararının ertelenmesinin bir değeri mevcuttur. Geleneksel NBD yöntemleri

erteleme kararının değerini, tamam veya devam kararı nedeniyle ihmal etmektedir (Luehrman, 1998a: 52-53).

**Tablo 1.14. Geleneksel NBD ve opsiyon değerinin aynı olma durumu**

Geleneksel NBD	Opsiyon Değeri
$\text{NBD} = (\text{Proje varlıklarının Değeri}) - (\text{Proje Varlıklarının Maliyeti})$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\downarrow</math> <math display="block">S</math> </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\downarrow</math> <math display="block">X</math> </div> </div> $\text{NBD} = S - X \longleftrightarrow$	<p><math>t=0</math>, <math>\sigma^2</math> ve <math>r_f</math> opsiyonun değerini etkilemektedir.</p> <p>Vadesinde opsiyonun değeri, hangisi büyük ise;</p> <p><math>S - X</math> veya 0 değerini almaktadır.</p>
Devam veya tamam kararı	Opsiyonu kullanma veya kullanmama kararı

**Kaynak: Luehrman 1998a, 52**

Geleneksel yöntemler ve opsiyon arasındaki farkın ilki, beklemekten dolayı elde edilen paranın zaman değer kazancı yani faiz getirisidir. Söz konusu kazancın ne kadar olabileceğini bulmak için örneğin yatırım zamanına değin bankada bulundurulmuş nakit ve faizin gerekli yatırım harcamaları için kullanıldığını düşünelim. Söz konusu para, yatırım harcamalarının indirgenmiş şimdiki değerine eşit olacaktır. Opsiyon mantığı içerisinde bu değer kullanım fiyatının şimdiki değerine eşit olacaktır ( $PV(X)$ ). Söz konusu eşitliği,  $PV(X) = X / (1 + r_f)^t$  şeklinde yazmak mümkündür. Geleneksel NBD yöntemi opsiyonun sağladığı ekstra değeri içermemektedir. Bu çerçevede değişen NBD değerini opsiyon gösteriminde;  $NBD = S - PV(X)$  olarak yazmak mümkündür. Değişen NBD, geleneksel NBD'ye eşit veya ondan büyük olmak durumundadır. Bu durum beklemek nedeniyle elde edilen faiz kazancından kaynaklanmaktadır. Değişen NBD değerinin negatif, pozitif veya sıfır değerlerini alması mümkündür. Bununla birlikte hesaplamaların daha kolay yapılabilmesini teminen söz konusu değerlerin sıfır veya negatif değer almayacağı bir durum tasarlamak mümkündür. Dolayısıyla değişen NBD'nin  $NBD = S - PV(X)$  yerine,  $NBDq = S / PV(X)$  şeklinde yazılması ile bu durum elde edilebilir. NBD ve NBDq aynı sayısal değeri vermemekle birlikte hiçbir bilgi (veri) kaybolmuş değildir. Değişen NBD pozitif değeri aldığı zaman NBDq birden büyük

olacak, NBD negatif olduğu zaman NBDq birden küçük bir değer olacaktır. Beklemekten kaynaklanan ikinci değer, bizim düşüncemizi değiştirebilecek olan proje varlıklarının değerinde meydana gelen değişimlerdir. Söz konusu olasılık önemli olmakla birlikte ölçümü oldukça zordur. Bu durumda değeri doğrudan ölçmek yerine belirsizliği ölçmek gerekmektedir. Belirsizliğin ölçümü ise ilgili olasılıkların belirlenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bilindiği gibi varyans ( $\sigma^2$ ) belirsizliğin ölçümünde en çok kullanılan dağılımdır. Varyans bir değerin ortalamadan ne kadar uzak olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bakımından yüksek varyansa sahip varlıklar, düşüklerden daha fazla risk içermektedir. Varyans her ne kadar belirsizliği ölçüyor olsa da, eksik olan nokta zaman boyutudur. Bir başka deyişle, opsiyonun işleme konulacağı zamanın kısalığı veya uzunluğu da büyük önem taşımaktadır. Bu çerçevede, opsiyon değerlemede varyans kavramı birim zaman (*per period*) açısından ifade edilmektedir. Bu durumda toplam belirsizliğin, toplam varyans olarak da adlandırılan ( $\sigma^2t$ ) olarak ölçümlenmesi gerekmektedir. Bu durumda iki yıl vadeli bir opsiyon, bir yıl vadeli benzer bir opsiyonun iki kez daha fazla toplam varyansına sahiptir. Opsiyonun değerini hesaplamadaki işlemleri basitleştirmek bakımından; proje değerinin varyansını kullanmak yerine proje getirilerinin varyansını kullanmak mümkündür. Bir başka deyişle gerçek rakamlar yerine yüzdeler kullanılması mümkündür. Getirilerin, gelecek değerden şimdiki değerin çıkartılarak elde edilen sonucun şimdiki değere bölünmesi ile elde edildiğini düşündüğümüz zaman, herhangi bir kayıp bilginin olmadığı görülecektir. İkinci kolaylık ise varyans yerine onun karekökü olan standart sapmanın kullanılması ile elde edilmektedir. Tüm bu basitleştirmelerin ardından değişen NBDq değeri, beş değişken yerine iki değişken ile ölçülebilecektir (Luehrman, 1998a: 53-54).

**Tablo 1.15. Yatırım matrisinin Black –Scholes modeline dönüşümü**

Yatırım Fırsatı	Alım Opsiyonu	Değişkenler	Opsiyon Değer Matrisi
Projenin şimdiki değeri	Hisse fiyatı	S	NBDq
Yatırım maliyeti	Kullanım fiyatı	X	
Zaman	Vade	T	
Paranın zaman değeri	Risksiz getiri oranı	$r_f$	
Projenin riski	Hisse getirisinin varyansı	$\sigma^2$	$\sigma\sqrt{t}$

**Kaynak: Luehrman 1998a, 52**

Proje değerlerinin ( $S$ ) artışı, NBDq değerinin artmasına neden olurken, yatırım maliyetlerinin ( $X$ ) artışı ise NBDq değerini düşürmektedir. Bu durumda NBDq,  $X$ 'in şimdiki değerinin düşük olduğu zamanlarda yüksek değere ulaşmaktadır. Faiz oranlarının yükselmesi ( $r_f$ ) ya da vadeye kalan sürenin ( $t$ ) uzaması  $X$ 'in şimdiki değerini düşürmektedir. Bu durumda  $\sigma\sqrt{t}$  değerinin yükselmesi, opsiyon değerini de artırmaktadır.  $\sigma\sqrt{t}$  değerini ise projenin gelecek değeri hakkındaki belirsizliğin yüksek olması ve karar verme aşamasının ertelenebilmesi bakımından elimizde olan sürenin uzunluğunu artırmaktadır (Luehrman, 1998a: 54).

Tablo 1.16'da yer verilen (üç boyutlu) opsiyon uzayı; bir yatırımın ertelenebilmesi durumunda ortaya çıkan değerlerin parçalarını taşıyan iki adet opsiyon değer matrisinden oluşmaktadır. İlk matris geleneksel NBD yönteminin tüm verilerine sahip olmakla birlikte yatırımın ertelenmesinden kaynaklanan zaman değerini de içinde barındırmaktadır. Değer - maliyet matrisi (NBDq) olarak adlandırılan ilk boyut, proje varlıklarının değerinin onu elde etmek için yapılan harcamaların bugünkü değerine bölünmesi ile elde edilmektedir. Ancak buradaki değer ve maliyet, proje varlıkları üzerindeki opsiyonun değil, proje varlıklarının değer ve maliyetini yansıtmaktadır. Değer – maliyet matrisi sıfır ve bir arasında yer aldığı zaman projenin değeri maliyetinden düşük, birden büyük olduğu zaman projenin değeri maliyetinden yüksek olmaktadır (Luehrman, 1998b: 91). Söz konusu matris, gelecek nakit akışlarının şimdiki değeri toplamının yatırım maliyetlerinin şimdiki değeri toplamına oranı bir başka deyişle projenin karlılığını ölçmesi nedeniyle, karlılık endeksi (Q rasyosu) olarak adlandırılmaktadır. Nakit akışları riske uyarlanmış iskonto oranından indirgenirken, yatırım



maliyetleri risksiz faiz oranından indirgenerek piyasa ve işletme riski arasındaki farkın dikkate alınmasını sağlamaktadır. Oranın birden büyük olması, NBD'nin pozitif ve projenin karlı, birden küçük olması ise NBD'nin negatif olması anlamına gelmektedir (Mun, 2003: 46).

**Tablo 1.16. Opsiyon uzayında opsiyon değerinin iki boyutlu gösterimi**

		NBDq (Değer - Maliyet Matrisi)		
		Düşük değerler	1.0	Yüksek değerler
Düşük değerler	$\sigma\sqrt{t}$ (Değişkenlik Matrisi )			
Yüksek değerler				

**Kaynak: Sanislo (2002, 17)**

İkinci matris ise değişkenlik matrisi olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu boyut ise, nihai yatırım kararı verilmesi öncesinde ne kadarlık bir değişimin yaşanabileceğini ölçmektedir. Bu durumda yatırım kararı projenin varlıklarının değerinin ne kadar belirsiz (riskli) olduğu ile yatırım kararının ne kadar ertelenebileceğini göstermektedir. Belirsizlik varlık geri dönüşlerinin birim zamandaki varyansı ile ölçülürken, yatırım kararının ertelenebilmesi opsiyonun vadesi ile ölçülmektedir. Bu durumda opsiyonun değeri, opsiyon üzerinde sağa veya aşağıya doğru bütün hareketlerde artmaktadır (Luehrman, 1998b: 91). Söz konusu değişkenlik indeksi, NBD ve IRR değerlerinin standart sapmasını ölçmektedir. Projenin vadesi projenin ekonomik ömrüne (yatırım fırsatının geçerli olduğu süreye) eşittir. Bu anlamda değişkenlik indeksi, zamana uyarlanmış proje belirsizliğini göstermektedir (Mun, 2003: 47).

Geleneksel NBD yöntemi yatırım kararlarının değerlendirilmesinde yatırım yapılabilir veya yapılamaz şeklinde tek boyutlu bir matris sunmaktadır. Opsiyon uzayında ise, geleneksel

NBD yöntemine ek olarak, iki ekstra matris ve altı olası davranış ile birlikte projenin şimdiki zamanda değil gelecekte, daha iyi bir zamanda gerçekleştirilebilmesine olanak sağlanmaktadır. Bu durum stratejilerin oluşturulması bakımından önemli bir avantaj sağlamaktadır (Luehrman, 1998b: 91). Projeler, Tablo 1.17’de yer aldığı şekliyle, yönetim riski ve yatırım tercihleri ile üç boyutlu opsiyon uzayındaki yerleri ölçüsünde; “şimdi, asla, muhtemelen sonra” gibi çeşitli bölgelere ayrılmaktadır (Mun, 2003: 47).

**Tablo 1.17. Opsiyon uzayının bölgelere ayrılması**

		NBDq (Değer - Maliyet Matrisi)	
		Düşük değerler	Yüksek değerler
Düşük değerler	$\sigma\sqrt{t}$ (Değişkenlik matrisi)	6. Bölge: Asla yatırım yapma	1. Bölge: Şimdi yatırım yap
		5. Bölge: Muhtemelen asla	2. Bölge: Belki şimdi NBD > 0
Yüksek değerler		4. Bölge: Belki Sonra	3. Bölge: Muhtemelen sonra NBD < 0

**Kaynak: Luehrman 1998b, 93**

Tablo 1.17’de yer verilen opsiyon uzayının sol tarafı, değer – maliyet matrisinin 1’in altında ve geleneksel NBD değerinin ise negatif olması nedeniyle cazip görülmemektedir. Fakat söz konusu uzayı da kendi içinde bölgelere ayırmak mümkündür. 5. ve 6. bölgeler, yatırımın yapılabilmesi açısından hiçbir şekilde cazip görünmemekle birlikte, yalnızca 4.bölge değişkenlik açısından yüksek değerlere sahip olması nedeniyle değerlendirilebilir görülmektedir. Opsiyon uzayının sağ tarafı ise tam tersi olacak şekilde yatırım yapmak açısından cazip görülmektedir. Bununla birlikte yatırımın zamanlaması bakımından bölgeler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Geleneksel NBD yöntemi sıfırdan büyük bütün sonuçlar bakımından yatırımın yapılabileceğini söylemektedir. Ancak opsiyon terminolojisi bakımından zararda olan opsiyonlar dahi (*out of money*), vadesine süre olması nedeniyle

çekici olabilmektedir. Tablo 1.17’de 2. ve 3. bölgeyi ayıran sınır çizgisinin üzerinde NBD değeri sıfır, aşağısında negatif ve yukarısında ise pozitif değerler yer almaktadır. Ancak 3. bölge şu an için yatırıma elverişli görülmesi dahi, opsiyon vadesine zaman olması ve NBDq değerinin 1’den büyük olması nedeniyle ilerleyen zamanlarda değerli hale gelebilecektir (Luehrman, 1998b: 92).

**Tablo 1.18. Bağımsız projelerin yatırım tercihleri açısından sınıflandırılması**

Değişkenler		A	B	C	D	E	F	Portföy Değeri
S	Varlık değeri	100	100	100	100	100	100	
X	Kullanım fiyatı	90	90	110	110	110	110	
T	Vade	0	2	0	0.5	1	2	
$\sigma$	Standart sapma	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	
Rf	Riskiz faiz oranı	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
NBDq	Değer-maliyet matrisi	1.111	1.248	0.909	0.936	0.964	1.021	
$\sigma\sqrt{t}$	Değişkenlik matrisi	0	0.424	0	0.141	0.3	0.566	
	Opsiyonun değeri	10	27.23	0	3.06	10.42	23.24	73.95
S – X	Geleneksel NBD	10	10	-10	-10	-10	-10	20
	Bölge	1	2	6	5	4	3	
	Karar	şimdi	belki şimdi	asla	muhtemelen asla	belki sonra	muhtemelen sonra	

**Kaynak: Luehrman 1998b, 94**

Tablo 1.18’de, varlık değerleri 100 birim olan altı ayrı proje yer almaktadır. A ve B projelerinin yatırım maliyeti 90 birim, diğerleri ise 110 birimdir. A ve B projesi 10 birim pozitif diğer projeler ise 10 birim negatif NBD’ye sahiptir. Portföyün toplam NBD’si negatif 20 olmakla birlikte, pozitif 20 olarak da kabul edilebilir çünkü negatif NBD’ye sahip projelerinin değerlerini sıfır olarak kabul etmek mümkündür. Geleneksel sermaye bütçeleme tekniğine göre yalnızca A ve B projelerinin kabul edilmesi diğerlerinin ise reddedilmesi gerekmektedir. Ancak her ne kadar altı projenin NBD’si birbirine yakın olmasına rağmen,

projelerin değer – maliyet ve değişkenlik matrisleri oldukça farklıdır. Her bir proje, değer matrisinin farklı bir bölgesinde yer almaktadır. A projesi 2. bölgede yer alırken, C projesi ise 6. bölgede yer almaktadır. Her iki projenin vadesi dolmuş ve değişkenlik matrisinin değeri sıfırdır. B projesi, NBD değerinin pozitif olması, değer – maliyet matrisinin birden büyük olması nedeniyle oldukça çekicidir. Proje F'nin NBD'si birden küçük olmasına rağmen, değer – maliyet matrisi birden büyüktür. Bununla birlikte F projesi en yüksek değişkenliğe sahip olması ve vadesine 2 yıl kalması nedeniyle bir opsiyon olarak oldukça çekicidir. Bu durumda opsiyon odaklı değerlendirmeler geleneksel NBD yaklaşımından oldukça farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Geleneksel NBD yönteminde portföyün değeri 20 birim iken, opsiyonların fiyatlanması ile portföyün değeri 74 birime yükselmektedir (Luehrman, 1998b: 94)

Örnekten görüldüğü üzere,  $\sigma\sqrt{t}$  ve NBDq değerlerinin bilinmesi halinde, opsiyonun değeri kolaylıkla bulunabilmektedir. Çünkü NBDq ve  $\sigma\sqrt{t}$  değerleri, Black – Scholes modelinin tüm değişkenlerini içinde barındırmaktadır. Tablo 1.18'de yer verilen satır ve sütunlar, ilgili alım opsiyonunun proje varlıkları açısından yüzdesel değerine işaret etmektedir. Tablo 1.18'de, her bir  $\sigma\sqrt{t}$  ve NBDq çiftine karşılık gelen değerlere yer verilmiştir. Örneğin projenin varlıklarının değerinin 100, kullanım fiyatının (maliyet) 105 birim, proje ömrünün 1 yıl, risksiz faiz oranının %5, standart sapmanın ise bir yıl için %50 olduğunu varsayalım. Bu durumda NBDq değeri 1,0 ve  $\sigma\sqrt{t}$  değeri 0,5 olacaktır. Bir başka deyişle söz konusu Avrupa alım opsiyonu  $S'$  in 0.197 katına eşittir. Proje varlıklarının değerinin 100 olduğu kabul edilirse, opsiyonun değeri 19,70 olacaktır. Opsiyonun değerini Tablo 1.19'dan kolaylıkla bulmak mümkündür (Luehrman, 1998a: 56).

**Tablo 1.19. Black – Scholes modeli kullanılarak opsiyon değerinin iki boyutlu hesaplanması**

$\sigma\sqrt{t}$	NBDq														
	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08
0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.6	1.2	2.0	3.1	4.5	6.0	7.5
0.10	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	1.7	2.3	3.1	4.0	5.0	6.1	7.3	8.6
0.15	0.5	0.7	1.0	1.3	1.7	2.2	2.8	3.5	4.2	5.1	6.0	7.0	8.0	9.1	10.2
0.20	1.5	1.9	2.3	2.8	3.4	4.0	4.7	5.4	6.2	7.1	8.0	8.9	9.9	10.9	11.9
0.25	2.8	3.3	3.9	4.5	5.2	5.9	6.6	7.4	8.2	9.1	9.9	10.0	11.8	12.8	13.7
0.30	4.4	5.0	5.7	6.3	7.0	7.8	8.6	9.4	10.2	11.1	11.9	12.8	13.7	14.6	15.6
0.35	6.2	6.8	7.5	8.2	9.0	9.8	10.6	11.4	12.2	13.0	13.9	14.8	15.6	16.5	17.4
0.40	8.0	8.7	9.4	10.2	11.0	11.7	12.5	13.4	14.2	17.0	15.9	16.7	17.5	18.4	19.2
0.45	9.9	10.6	11.4	12.2	12.9	13.7	14.5	15.3	16.1	17.0	17.8	18.6	19.4	20.3	21.1
0.50	11.8	12.6	13.4	14.2	14.9	15.7	16.5	17.3	18.1	18.9	19.7	20.5	21.3	22.1	22.9
0.55	13.8	14.6	15.4	16.1	16.9	17.7	18.5	19.3	20.1	20.9	21.7	22.4	23.2	24.0	24.8
0.60	15.8	16.6	17.4	18.1	18.9	19.7	20.5	21.3	22.0	22.8	23.6	24.3	25.1	25.8	26.6
0.65	17.8	18.6	19.3	20.1	20.9	21.7	22.5	23.2	24.0	24.7	25.3	26.2	27.0	27.7	28.4
0.70	19.8	20.6	21.3	22.1	22.9	23.6	24.4	25.2	25.9	26.6	27.4	28.1	28.8	29.5	30.2
0.75	21.8	22.5	23.3	24.1	24.8	25.6	26.3	27.1	27.8	28.5	29.2	29.9	30.6	31.3	32.0
0.80	23.7	24.5	25.3	26.0	26.8	27.5	28.3	29.0	29.7	30.4	31.1	31.8	32.4	33.1	33.8
0.85	25.7	26.5	27.2	28.0	28.7	29.4	30.2	30.9	31.6	32.2	32.9	33.6	34.2	34.9	35.5
0.90	25.7	28.4	29.2	29.9	30.6	31.3	32.0	32.7	33.4	34.1	34.7	35.4	36.0	36.6	

**Kaynak: Luehrman 1998a, 56**

Görüldüğü üzere opsiyonun değeri olan 19,5 birim, proje varlıklarının değeri olan 100 birimden daha küçüktür. Yapılan analiz ile yatırımın ertelenmesi halinde elde edilen ekstra değer bulunmuştur. Bir başka deyişle söz konusu ekstra değer, opsiyon değeri ile bugünkü değer ( $S$ ) değil, NBD'nin karşılaştırılmasıdır. Opsiyonun değeri 19,7 iken, geleneksel NBD yöntemine göre projenin değeri;  $S - X$  formülünden -5 (100 - 105) birim olarak karşımıza çıkmaktadır (Luehrman, 1998a: 56).

Reel opsiyon ve geleneksel NBD'nin karşılaştırılmasını ortaya koymak bakımından içerisinde büyüme opsiyonu barındıran ABC projesi ele alınmıştır. Bu tür projelerde genellikle belli bir başlangıç yatırımı söz konusudur. Daha sonraki bir dönemde de büyüme amacı ile yapılacak olan önemli bir nakit çıkışı daha (sermaye harcaması) söz konusudur. Projenin ömrü 10 yıl olup, nakit akışlarının indirgenmesinde riske göre uyarlanmış olan % 15'lik bir iskonto oranı

kullanılmaktadır. Projede başlangıçta 370 birim nakit çıkışı (ilk yatırım) gerekmektedir. Yapılan bu yatırım karşılığında 10 yıl boyunca nakit girişi sağlanacaktır. Bu nakit girişlerine ek olarak 5. yılda firmanın önünde bir fırsat bulunmaktadır. Bu fırsat, ek bir yatırım ile projenin nakit girişlerini artırmaktır. Ancak bu fırsatı kullanmak firmanın inisiyatifindedir. Yapılması planlanan bu ek yatırım sonucunda, başlangıç yatırımından sağlanan nakit girişlerine ek olarak yeni nakit girişleri elde edilecektir. Bu durumda projeyi iki aşamalı bir proje gibi düşünmek mümkündür. Birinci aşama başlangıçta yatırılan tutar karşılığı elde edilen nakit akışları, ikinci aşama da 5. yıl yapılan ek yatırım sonucunda elde edilen ek nakit akışlarından oluşmaktadır. Yatırımın ekonomik ömrü sonunda 1250 birimlik bir hurda veya tasfiye değeri söz konusudur. Burada, yatırım projesinin ikinci aşamasını, belli bir aktifi (ileride sağlanacak nakit girişlerinin bugünkü değeri) elde etmek için işleme koyacağımız bir alım opsiyonu gibi düşünmek mümkündür. Bunun nedeni ikinci aşama firmanın önündeki bir fırsattır ve bunu değerlendirmek tamamen firmanın kararına bağlıdır. Bu durumda projenin değerlendirmesini;  $NBD \text{ (toplam proje)} = NBD \text{ (birinci aşama)} + \text{opsiyon değeri (ikinci aşama)}$  olarak ikiye ayırmak mümkündür. Birinci aşama başlangıç yatırımını ve buna ilişkin nakit akışlarını, ikinci aşama ise büyüme fırsatını ifade etmektedir. Bu fırsatı değerlendirmek zorunlu değildir ve karar tamamen şartlara göre verilecektir. Opsiyon açısından, söz konusu aktifin değeri ( $S$ ), opsiyonun işleme konulması halinde elde edilecek olan aktiflerin bugünkü değeridir. Opsiyonun işlem fiyatı ( $X$ ) ikinci aşamadaki aktifleri elde edebilmek için gerekli harcama tutarına (yatırım miktarı) eşittir. Opsiyonun vadesi 5 yıldır. Risksiz faiz oranı %7 ve nakit akışlarını indirgemedeki kullanılan riske göre uyarlanmış iskonto oranı %15'tir. Ayrıca, aktiflerin getirilerinin standart sapmasının da %40 olduğu varsayılmaktadır (Uysal, 2001: 141–142). Tablo 1.20'de, ABC projesinin nakit akışının genel durumuna yer verilmiştir.

**Tablo 1.20. ABC projesinin nakit akışının genel durumu**

Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Net nakit akışı		50	61	76	90	108	410	475	580	650	840
Hurda değeri											1250
Yatırım	- 370					- 2250					
BDF	1,00	0,87	0,76	0,66	0,57	0,50	0,43	0,38	0,33	0,28	0,25
BD	- 370	43,5	46,1	50,0	51,5	- 1065	177,3	178,6	189,6	184,8	516,6
NBD	2,9										

**Kaynak: Uysal (2001, 141)**

Tablo 1.21’de 5. yılda yapılacak olan genişleme yatırımı dikkate alınmaksızın, ABC projesinin birinci aşamasına yönelik nakit akışlarına yer verilmektedir.

**Tablo 1.21. ABC projesinin birinci aşamasına ilişkin nakit akışı**

Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Net nakit akışı		50	61	76	90	108	125	160	185	210	240
Hurda değeri											275
Yatırım	- 370										
BDF (%15)	1,00	0,87	0,76	0,66	0,57	0,50	0,43	0,38	0,33	0,28	0,25
BD	- 370	43,5	46,1	50,0	51,5	53,7	54,04	60,15	60,48	59,70	127,3
NBD	236,4										

**Kaynak: Uysal (2001, 143)**

Tablo 1.21’de yer verilen bilgiler çerçevesinde projenin birinci aşamasının NBD’si 236,4 birim olarak ortaya çıkmaktadır. Bu anlamda proje kabul edilebilir bir projedir.

**Tablo 1.22. ABC projesinin ikinci aşamasına ilişkin nakit akışı**

Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Net nakit akışı						285	315	395	440		600
Hurda değeri											975
Yatırım						- 2250					
BDF (%15)	1,00	0,87	0,76	0,66	0,57	0,50	0,43	0,38	0,33	0,28	0,25
BD							123,2	118,4	129,1	125,1	389,3
BD Yatırım						- 1119					
NBD	-233,5										

**Kaynak: Uysal (2001, 143)**

Tablo 1.22’de yer verilen bilgiler çerçevesinde, İNA yöntemine göre projenin ikinci aşamasının NBD’si,  $- 233,5 (-1119 + 123,2 + 118,4 + 129,1 + 125,1 + 389,3)$  birim olarak hesaplanmıştır. Bir başka deyişle projenin ikinci aşamasının firmanın değerine katkısı olumsuzdur. Her iki aşamadaki NBD değerlerinin toplamı ise 2.9 birim ( $236,4 - 233,5$ ) olarak gerçekleşmektedir. Esasen projenin NBD değeri, projede kullanılan iskonto oranının

olduğundan daha yüksek olması nedeniyle, gerçekçi değildir. Örneğimizde projenin yatırım maliyeti %15 üzerinden indirgenmiştir. Projenin birinci aşamasının NBD değeri, yatırımın  $t = 0$  zamanında yapılmasından dolayı bu hatadan etkilenmez iken, ikinci aşamanın yatırım maliyetinin %15'den gerçekleştirilmesi NBD değerini olduğundan daha iyi göstermektedir. Bu oran başlangıç yatırım tutarını indirgemedi kullanmak için çok yüksektir. Çünkü yatırım tutarını geçen süre içinde indirgeyebileceğimiz oran projenin iskonto oranından daha düşük olmalıdır. Aksi takdirde, yatırım için kullanılacak miktara projenin sağladığı getiri oranı kadar getiri sağlanabiliyorsa, yatırımın yapılmasına gerek kalmayacaktır. Bu nedenle yatırım miktarını risksiz getiri oranından indirgemek daha doğru olacaktır. Bu oran örneğimizde %7 olarak verilmiştir. Ancak iskonto oranının %7 olarak kabul edilmesi durumunda projenin ikinci aşamasının NBD'si, - 791 birim olacak ve toplam proje değeri daha da düşecektir. Yapılan hesaplamalar projenin ikinci aşamasının kabul edilmemesi gerektiğini göstermektedir (Uysal, 2001: 144).

Opsiyonun Vadesi =  $t$       Kullanım Fiyatı =  $X$

**Tablo 1.23. ABC projesinin ikinci aşamasına ilişkin nakit akışının opsiyona dönüşümü**

Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Net Nakit Akışı							285	315	395	440	600
Hurda değeri											975
Yatırım Tutarı						- 2250					
İskonto Faktörü	1,00	0,87	0,76	0,66	0,57	0,50	0,43	0,38	0,33	0,28	0,25
%15											
Yatırımın İskonto Faktörü											
%7											
BD Nakit Akışları							123,2	+ 118,4	+ 129,1	+ 125,1	+ 389,3
BD Yatırım						- 1119					

Risksiz Faiz Oranı =  $R_f$       Nakit akışlarının bugünkü değeri =  $S$



Black – Scholes formülünde değişkenlerin yerine uygun değerlerin konulması ile opsiyonun değerine ulaşmak mümkündür. Formülde yer alan değişkenlere karşılık gelen değerlere, projenin ikinci aşamasına yönelik düzenlenen Tablo 1.23’de yer verilmiştir.

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{-R_f T} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/X) + (r_f + \sigma^2/2) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

$$d_1 = \frac{\ln(885.2/2250) + (0.07 + 0.16/2) * 5}{0.40 \sqrt{5}}$$

$$d_1 = -0.20452$$

$$d_2 = d_1 - \sqrt{t} = -0.20452 - 0.40(2.2361)$$

$$d_2 = -1.09895$$

$$V_0 = \frac{P N(d_1) X N(d_2)}{e^{r_f t}} = 155,39$$

Opsiyonun değeri, 155,4 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda hem ikinci aşamanın NBD değeri hem de projenin toplam NBD değeri pozitif olarak sonuçlanmaktadır. Elde edilen değerlerin yerine konulması ile projenin toplam genişletilmiş NBD değeri 391,8 (236, 4 + 155,4) olarak ortaya çıkmaktadır.

Görüldüğü üzere reel opsiyon yöntemi, NBD yöntemlerini tamamlayıcı bir yaklaşımdır. Genişletilmiş NBD’nin (GNBD) geleneksel NBD ve opsiyon değerinden oluşması bu saptamayı destekler niteliktedir (Özoğul ve diğerleri, 2009b: 74). Reel opsiyon yaklaşımı, çeşitli fırsatlar doğuran belirsizliklerle karşı karşıya kalındığında, ortaya çıkabilecek ek değeri ölçmeyi amaçlamaktadır. Reel opsiyon yaklaşımı, GNBD’in hesaplanabilmesi için geleneksel

İNA yaklaşımının hesapladığı NBD'yi, modele bir girdi olarak kabul etmektedir. Bu durumda elde edilen GNBD, statik NBD ve opsiyon değerinin toplamından oluşmaktadır (Kırlı ve Kayalı, 2010: 36).

Geleneksel NBD yaklaşımlarında risk için tek bir iskonto oranı kullanılmaktadır. Reel opsiyon yaklaşımı, değişen riske yönelik olarak çok daha uygun bir yol önermektedir. Nakit akışları, olasılıklar çerçevesinde belirlendiğinden, riske göre uyarlanmış bir niteliğe kavuşmaktadır. Bu durum nakit akışlarının belirlilik eşitini<sup>16</sup> (*certainty equivalent*) işaret etmekte ve nakit akışlarının risksiz faiz oranından indirgenmesine olanak sağlamaktadır (Brach, 2003: 47). *Forward* satışlara konu olan varlıkların belirlilik eşiti biçiminde olduğu kabul edilebilmektedir. Çünkü *forward* sözleşmelerinde, hem alıcı ve hem satıcı sözleşmede belirlenmiş gün ve fiyattan yükümlülüklerini yerine getirme zorunluluğundadır. Bir başka deyişle, satıcı, anlaşılan fiyatlardan oluşan nakiti, teslim zamanında belirlilik altında almaktadır. *Forward* fiyatlar gelecek spot fiyatlardaki dalgalanmayı dikkate alarak tahmin edilmektedir. Bu durumda *forward* fiyatlar kullanılarak gelir ve gider kalemlerinin ayrıştırılmasıyla projenin nakit akışları belirlilik kazanmaktadır. Bir başka deyişle, güvenli *forward* fiyatlarının kullanılmasıyla fiyat riski elimine edilmekte ve gelecek nakit akışlarının şimdiki değerinin hesaplanması için riske göre uyarlanmış iskonto oranına ihtiyaç kalmamaktadır. Bu yaklaşım risk indirgemesi ihtiyacını ortadan kaldırdığından gelecek nakit

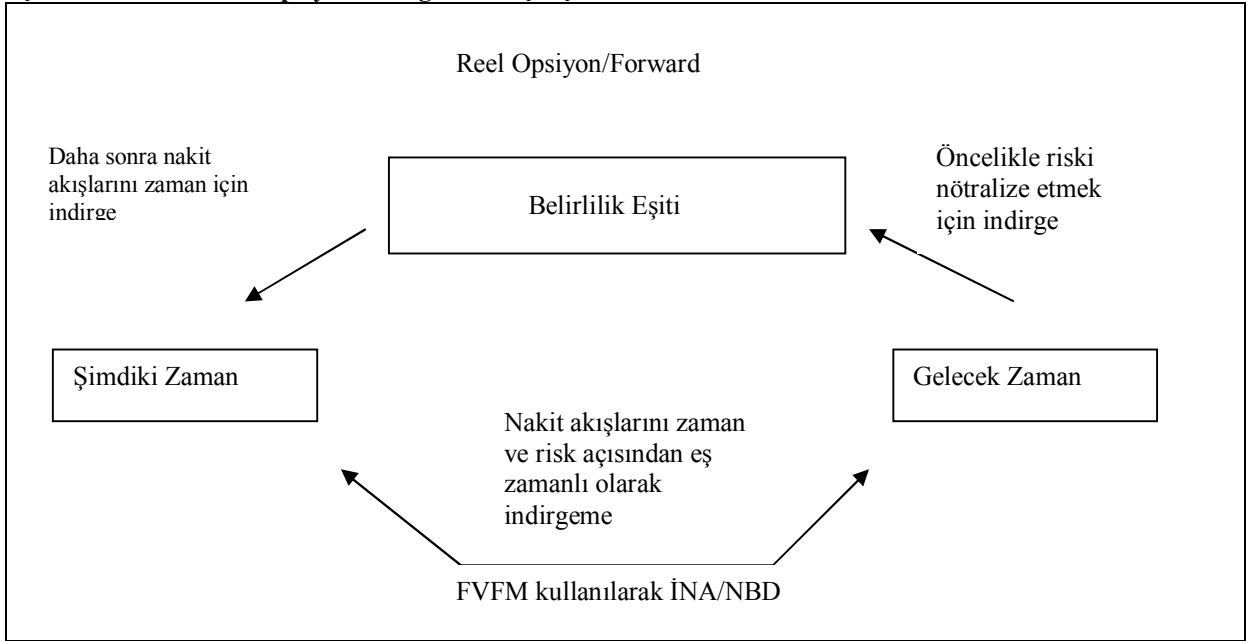
---

<sup>16</sup> Belirlilik eşiti, yatırım için karar vereceklerin projeyi kabul etmek ya da etmemek konusunda kararsız kalacakları tutardır. Buna göre belirlilik eşiti faktörü de bir projeden elde edilmesi kesin nakit akışlarının aynı dönemde elde edilmesi riskli nakit akışlarına oranlanması sonucu bulunmaktadır (Erdoğan, 2008: 33). Bu yöntemle göre NBD hesaplanırken, risk paydaya değil, oranın pay kısmında yer alan net nakit akışlarına uygulanmaktadır. Diğer bir ifadeyle, her projeden beklenen net nakit akışı, riski ifade eden belirlilik eşiti faktörü ile çarpılarak, riske göre düzeltilmektedir (Anbar ve Alper, 2008: 293).

$$NBD = \sum_{t=1}^n \frac{\alpha_t FCF_t}{(1+k)^t} - C$$

akışlarının bugünkü değerinin hesaplanmasında yalnızca zaman değerini ortaya çıkartacak risksiz oranların kullanılması yeterli olmaktadır. Bu durumda statik İNA yaklaşımları yerine iki adımlı, çeşitli risklere sahip indirgenmemiş nakit akışlarının belirlilik eşitinin saptanması ve bunların şimdiki zamana uyarlanması için risksiz faiz oranından iskonto edilmesi uygun olacaktır (Guj, 2006b: 138).

**Şekil 1.6. İNA ve reel opsiyon indirgeme karşılaştırılması**



**Kaynak: Guj (2006b, 138)**

Geleneksel yöntemler ile reel opsiyon arasındaki farkı, binom modeli ile yapılacak hesaplamalardan da net bir biçimde görmek mümkündür. Nakit akışlarının, riske göre uyarlanmış iskonto oranlarına göre hesaplanan NBD'si ile riske göre uyarlanmış nakit akışlarının risksiz faiz oranına göre hesaplanan BD'si aynı sonucu vermektedir. Bu sonucun tek koşulu, nakit akışlarına yönelik değişkenliğin sıfır olması durumu, bir başka deyişle nakit akışlarının tam bir belirlilik ile bilinmesidir. Belirsizliğin olmadığı bir durumda, opsiyonun değeri sıfır olacak ve projenin NBD değeri ile opsiyon değeri eklenerek elde edilen GNBD'si

aynı olacaktır. Bu durum aşağıda yer alan örnekte net bir biçimde görülmektedir (Mun, 2002: 166–168):

Yıl = 0	Yıl = 1	Yıl = 2	Yıl = 3	Yıl = 4	Yıl = 5
AOSM= %35	500	600	700	900	900

Yukarıda yıllık nakit akışlarına yer verilen projenin, NBD'si 1426 olarak hesaplanmıştır. Aynı örneğe ilişkin binom modeli ise aşağıdaki gibidir. Örnekte yatırım maliyetinin 1000, projenin ekonomik ömrü 5 yıl, değişkenliğin ve risksiz faiz oranının mevcut olmadığı varsayılmaktadır.

**Birinci Adım: Binom Ağacının Oluşturulması**

2426	2426	2426	2426	2426	2426
	2426	2426	2426	2426	2426
		2426	2426	2426	2426
			2426	2426	2426
				2426	2426
					2426

Görüldüğü üzere, değişkenliğin sıfır olması nedeniyle yukarı ve aşağı faktörleri 1 olarak hesaplanmaktadır. Risk yansız olasılık ise %100 olarak hesaplanmıştır. Opsiyon değerleri ise aşağıdaki gibidir:

**İkinci Adım: Opsiyon Değerinin Hesaplanması**

1426	1426	1426	1426	1426	1426
	1426	1426	1426	1426	1426
		1426	1426	1426	1426
			1426	1426	1426
				1426	1426
					1426

Son adımdaki düğümlerin değeri, opsiyonu uygulamak veya opsiyonu kullanmamak seçenekleri arasından elde edilmektedir. Opsiyonu uygulamanın değeri 1426 iken (2426 - 1000), opsiyonu kullanmanın değeri ise sıfırdır. Ağaçta geriye doğru yapılan işlemlerde ise, son düğümden elde edilen değerler değişmemektedir. Bu durumda opsiyonun değeri 1426 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu değer geleneksel NBD yaklaşımı ile aynı sonuca ulaşmaktadır.

**Şekil 1.7. Geleneksel İNA yöntemleri ile reel opsiyon analizinin karşılaştırması**

Geleneksel İNA	Reel Opsiyon
1. Temel Senaryonun Oluşturulması	
1.1. Proje nakit akışlarının tahmini	
1.1.1. Proje gelirlerinin tahmini	
1.1.2. Proje maliyetlerinin tahmini	
1.2. Proje yatırım maliyetinin tahmini	
1.3. Proje nakit akışlarının AOSM'den bugüne indirgenmesi (I)	
1.4. Proje yatırım maliyetinin risksiz faiz orandan bugüne indirgenmesi (II)	
1.5. NBD değerinin hesaplanması ( I – II)	
2. Karar Kuralı	
2.1. $NBD > 0$ → Proje kabul edilir	
2.1. $NBD < 0$ → Proje reddedilir	
	1. Opsiyon Değerinin Hesaplanması
	1.1. Proje esneklik ve belirsizliklerinin tanımlanması
	1.2. Proje nakit akışlarının olasılık Dağılımı yoluyla belirlenmesi
	1.3. Proje nakit akışlarının değişkenliğinin hesaplanması
	1.4. Proje nakit akışlarının risk yansız olasılıklar ile bir önceki döneme indirgenmesi
	1.5. Opsiyon değerinin elde edilmesi
	2. Karar Kuralı
	2.1. $GNBD > 0$ → Proje kabul edilir
	2.1. $GNBD < 0$ → Proje reddedilir

Reel opsiyon analizi sonucunda elde edilen GNBD, geleneksel NBD ile opsiyon değerinin toplamından oluşmaktadır. GNBD, nakit akışlarının tam bir kesinlik ile bilindiği durumda, opsiyonun değeri sıfır olacağından, geleneksel NBD'ye eşit olacaktır. Bu durumda, reel opsiyon değerlemesi, geleneksel NBD hesaplamasının yetersiz kaldığı belirsizliği daha doğru değerlemede ve tamamlayıcı bir rol üstlenmektedir. Şekil 1.7'de, geleneksel yöntemler ile reel opsiyon analizinin en basit biçimdeki karşılaştırılmasına yer verilmektedir. Reel opsiyon analizi, geleneksel yöntemlerin göz ardı ettiği ek değerin ortaya çıkartılmasına olanak sağlamaktadır. Bu durum hem projenin sahip olduğu esnekliklerin opsiyona dönüştürülmesinden hem de opsiyon hesaplamasının farklılığından kaynaklanmaktadır.

#### ***1.3.4. REEL OPSİYON DEğERLEME YÖNTEMLERİ***

Reel opsiyonları değerlemek için kesikli ve sürekli zaman olmak üzere iki temel modelleme yaklaşımı kullanılmaktadır. Çoklu-nomial ağaçlar (*multinomial lattices*) kesikli zaman yaklaşımını oluştururken; kapalı formda denklemler, stokastik diferansiyel denklemler ve Monte Carlo simülasyon teknikleri sürekli zaman yaklaşımlarını oluşturmaktadır. Bu yaklaşımlar finansal opsiyon değerleme yöntemleri temel alınarak geliştirilmiştir (Özoğul ve Ülengin, 2006: 19).

Bir reel opsiyonun değeri, temel varlığın davranışını açıklayan kısmi diferansiyel denklemin tanımlanması (örn. Geometrik Brownian Hareketi ya da Markov Süreci) ve bu denklemin Ito matematiği ile çözümlenmesi yoluyla belirlenebilmektedir. Bu yaklaşımın dezavantajı; ileri düzey diferansiyel hesaplama yöntemlerinin bilinmesini gerektirmesidir. Bu nedenle, bugün reel opsiyon problemleri uygulaması daha kolay olan sayısal yaklaşımlar ile çözümlenmektedir. Black-Scholes ve diğer kısmi diferansiyel denklemler gibi tam formüllerin olmadığı, uygulanamadığı veya uygulamanın pratik olmadığı durumlarda, projelerdeki reel opsiyonları

değerlemek için, binom yöntemleri ve simülasyon gibi sayısal yöntemler önerilmektedir. Temelde, tüm bu sayısal yöntemlerin yaptığı şey, farklı yaklaşımlar kullanarak temel varlığın davranışını doğrudan simüle etmektir. Bu nedenle, sistemin davranışını açıklayan kısmi diferansiyel denklemler yazmaya gerek bulunmamaktadır. Bu değerlendirme tekniklerinin pek çoğu aslında Black - Scholes modelinin bir alt kümesidir (İkiz ve Karakoç, 2009: 33). Bu çerçevede, kesikli zaman söz konusu olduğunda binomial opsiyon fiyatlama modeli, sürekli zaman söz konusu olduğunda, Black - Scholes opsiyon fiyatlama modeli en yaygın olarak kullanılan modellerdir (Alper ve Anbar, 2011: 53).

Reel opsiyon analizlerinde ele alınan projenin özelliğine göre hesaplamalarda bazı farklılıkların dikkate alınması gerekmektedir. Opsiyon fiyatlama yöntemleri, alım satıma konu olan menkul kıymetlerden oluşan kopya portföy yardımı ile opsiyonların değerinin hesaplanması varsayımına dayanmaktadır. Bu halde dayanak varlığın ticarete konu olmadığı durumlar bakımından dikkatli olunmasını gerekmektedir. Opsiyon fiyatlama modeli ayrıca değişkenliğin, opsiyonun geçerliliği süresince sabit olduğunu varsaymaktadır. Oysa ki reel opsiyon projeleri genellikle uzun vadeye yayılmakta ve bu süre içinde değişkenliğin sabit kalması bazı problemlere yol açabilmektedir. Black - Scholes formülü, dayanak varlığın fiyatının sürekli bir süreci takip ettiğini, bir başka deyişle fiyat atlamalarının bulunmadığı varsayımını kullanmaktadır. Reel opsiyon projelerinde bu varsayımın geçerli olmadığı durumlarda da, formülde değişkenliğin değerinin yükseltilmesi veya düşürülmesi yoluyla bu durum giderilmeye çalışılmaktadır (Damodaran, 2005: 21).

Reel opsiyon modelleme yaklaşımında genellikle dört aşama bulunmaktadır. Birinci aşama, standart İNA yöntemleri kullanılarak üzerinde herhangi bir esnekliğin bulunmadığı “temel senaryo” çerçevesinde NBD'nin hesaplanmasıdır. İkinci aşama, projenin içerdiği kritik

belirsizlikleri açıkça tanımlayarak modellemek ve zamana bağlı olarak bu belirsizliklerin nasıl geliştiğini anlamaktır. Bu durum geçmiş verilerin ya da yöneticilerin tahminlerinin kullanılması ile gerçekleştirilebilmektedir. Üçüncü aşama, yönetimin sahip olduğu yönetsel esnekliğin bulunduğu yerleri tanımlamak için bir karar ağacı oluşturmaktır. Dördüncü aşama ise, reel opsiyonun değerini belirlemek için Black - Scholes, binom ağaçları veya simülasyon gibi reel opsiyon değerlendirme tekniklerini kullanmaktır. Belirlenen bu değer, opsiyonu satın almanın çekiciliğini belirlemek amacıyla, opsiyonun maliyeti ile karşılaştırılmaktadır (İkiz ve Karakoç, 2009: 35).

#### 1.3.4.1. Black – Scholes opsiyon fiyatlama yöntemi

Black – Scholes opsiyon fiyatlama yönteminde varlığın değerini gösteren formül aşağıdaki gibidir:

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{-r_f T} N(d_2) \quad (\text{Alım opsiyonu})$$

$$P_0 = X e^{-r_f T} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (\text{Satım opsiyonu})$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r_f + \sigma^2/2) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

Tablo 1.24’de formülün proje yatırımlarına uygulandığı hallerde, modelin girdileri ile yatırım projesi parametreleri arasındaki ilişkiye yer verilmektedir.

**Tablo 1.24. Black-Scholes modeli girdileri ile yatırım ilişkisi**

Projenin serbest nakit akışlarının bugünkü değeri	S	Riskli varlığın değeri
Proje için gerekli yatırım harcamaları	X	Kullanım fiyatı
Kararın ertelenebileceği zamanın uzunluğu	T	Vade sonuna kadar kalan zaman
Paranın zaman değeri	$r_f$	Risksiz getiri oranı
Projenin söz konusu riski	$\sigma$	Riskli varlığın standart sapması

**Kaynak: Yıldırım (2007, 87)**



Black – Scholes yönteminin reel opsiyonların hesaplanmasına uygun olmadığına yönelik çeşitli görüşler mevcuttur. Finansal opsiyonlar ile reel opsiyonların farklılaştığı alanlar olan; değişkenliğin finansal opsiyonların değerini artırmasının her zaman reel opsiyonlar için geçerli olmaması (teknolojik değişkenlik gibi) ve vadeye kalan sürenin uzamasının finansal opsiyonların değerini artırırken patent süresinin dolması ya da rekabetçi alternatiflerin varlığı gibi durumların reel opsiyonların değerini yükseltmemesi gibi konular, finansal opsiyonların değerini hesaplayan Black – Scholes formülünün reel opsiyonlarda kullanımını kısıtlamaktadır. Black – Scholes formülünde değişkenlik zaman içerisinde hem sabit hem de maliyetler ve gelir için aynı olarak dikkate alınırken, gerçek durumun buna uygun olmadığı ileri sürülmektedir. İkinci konu; Black – Scholes formülü Avrupa tipi alım opsiyonları için geliştirilmiş olduğu için vadesi bilinmektedir. (Brach, 2003: 50-51). Reel opsiyonların sürekli zamanlara göre çözümünde, bir çok projenin yer aldığı piyasanın etkin olmaması nedeniyle projenin riskine uygun mükemmel korelasyon sağlayabilecek pazar portföyü bulmanın zor olması nedeniyle bazı sıkıntılar yaşanabilmektedir (Brandao ve Dyer, 2003: 8). Bu çerçevede, modelin reel opsiyonlarda kullanım şeklinin sınırlarının belirlenebilmesi için 7 kriter bulunmaktadır. Bu varsayımlar şunlardır (Yıldırım, 2007: 84):

- Opsiyon, sadece süresi sonunda kullanılabilir (Avrupa tipi opsiyon modeli).
- Belirsizliğin sadece tek bir kaynağı vardır. Faiz sabit kabul edilir.
- Bileşik opsiyonlar için geçerli değildir.
- Varlığın temettü dağıtmadığı kabul edilir.
- Varlığın bugünkü piyasa değeri gözlemlenebilir niteliktedir.
- Varlığın zaman içindeki varyansı sabit kabul edilir.
- Kullanım fiyatı bilinir ve değişmediği varsayılır.

Formüle yönelik temel eleştiriler, opsiyonun değerini etkileyen erken işleme konulma olasılığının ve temettü ödemelerinin dikkate alınmadığı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu durum formülde bazı düzeltmelerin yapılmasını gerektirmektedir. Formül Avrupa tipi opsiyonlar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Amerikan tipi opsiyonların istenildiği zaman işleme konulabilme özelliği opsiyonun değerini artırmaktadır. Bu durumda erken işleme konulma olasılığını dikkate alan üç yaklaşım mevcuttur. Birincisinde formülde herhangi bir değişikliğe gidilmeksizin yapılan hesaplama en muhafakazar sonuç olarak kabul edilebilir. İkinci yaklaşım, potansiyel bütün kullanım günleri için opsiyon değerinin hesaplanmasıdır. Üçüncü yaklaşım ise, olası erken kullanım günleri için binom modelinin kullanılmasıdır (Damodaran, 2005: 17).

Formülün Avrupa tipi opsiyonlar için uygun olması nedeniyle, opsiyonun erken işleme konulması durumunda formülde uygun değişikliklerin yapılmasını gerekmektedir. Bu çerçevede, T vadeli bir opsiyonun t noktasındaki opsiyonun değerini ölçebilmemiz için formüle aşağıda yer verilen değişiklik eklenmiştir (Uzunlar ve Aktan 2006, 48):

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{-R_f(T-t)} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r_f + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

Vade sorununun ortadan kaldırılması amacıyla ileri sürülen yöntemlerden bir diğeri ise Black yaklaşımıdır. Black yaklaşımı, Amerikan tipi opsiyonun yaklaşık değerinin, n adet Avrupa tipi opsiyon cinsinden ifade edilmesidir. Hesaplanan n adet Avrupa tipi opsiyon içerisinde en yüksek değere sahip olan, Amerikan tipi opsiyon olarak kabul edilecektir. Bir başka deyişle, en yüksek değere sahip olan Avrupa tipi opsiyonun gerçekleştiği zaman yatırımımızın ideal

zamanlamasını ortaya koyacaktır. Bu yaklaşımı matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Özoğul, 2006: 82):

$$C_t = \max_{t=0, \dots, T} C_t$$

Diğer eleştiri konusu olan temettü ödemeleri hisse fiyatlarını düşürmektedir. Temettü ödemesinin mevcut olduğu durumlarda, alım opsiyonun değeri düşerken, satım opsiyonlarının değeri artmaktadır. Bu durum için formülün düzeltilmesi gerekmektedir (Damodaran, 2005: 17). Model yatırımcıların risk yansız olduğunu varsaymaktadır. Bu varsayım opsiyonun fırsat maliyetinin dikkate alınması gerekliliğini ortadan kaldırmaktadır. Fakat projenin değeri zaman geçtikçe değişkenlik gösterecek ve dolayısıyla opsiyonun sahip olduğu risk de dinamik olarak değişecektir. Bununla beraber literatürde çoğu yatırımcının riskten kaçınan (*risk averse*) bir yapıya sahip oldukları ve risk yansız değerlendirmenin piyasada işlem görmeyen yatırımların içerisinde barındırdığı opsiyonları, aslında olması gerektiğinden daha değerli kıldığı iddia edilmektedir. Bu durumda yöneticilerin, piyasadaki yatırımcılar tarafından paylaşılmayan, firmaya özel ya da sektöre özel riskler taşıyan yatırımların değerlemesi esnasında, opsiyon değerini yatırıma özel riski ifade edebilecek bir faktörle indirgemesi gerekmektedir. Benzer olarak bir opsiyonu bünyesinde barındıran yatırıma olan talep, arzı geçiyor ise, yatırımın getiri oranı benzer bir riske sahip olan yatırımdan talep edilen getiri oranının altına düşebilmektedir. Bu olay “getiri kıtlığı” (*rate of return shortfall*) olarak tanımlanmaktadır. Bu anlamda Black - Scholes modelinin, yatırımcıların risk yansız olduğu varsayımına karşın, riskten kaçınan yatırımcıların üstlendikleri riske karşı ekstra bir getiri elde etme beklentilerinin, opsiyon değerini ne şekilde etkileyeceğini irdelemek amacıyla, getiri kıtlığı parametresi ( $\delta$ ) Black-Scholes denklemine dahil edilmiştir (Özoğul ve Ülengin, 2006:

20). Gecikmenin işletmeye olan maliyetinin hesaplanması ise;  $1/n$  formülüne göre yapılmaktadır. Örneğin; projenin 20 yıl olduğu dikkate alınırsa;  $\delta = 1/n$  formülünden,  $\delta$  değeri % beş ( $1/20$ ) olarak hesaplanmaktadır (Damodaran, 2005: 30).

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r_f - \delta + \sigma^2/2) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$C_0 = S_0 e^{-\delta t} N(d_1) - X e^{-R_f T} N(d_2) \quad (\text{Alım Opsiyonu})$$

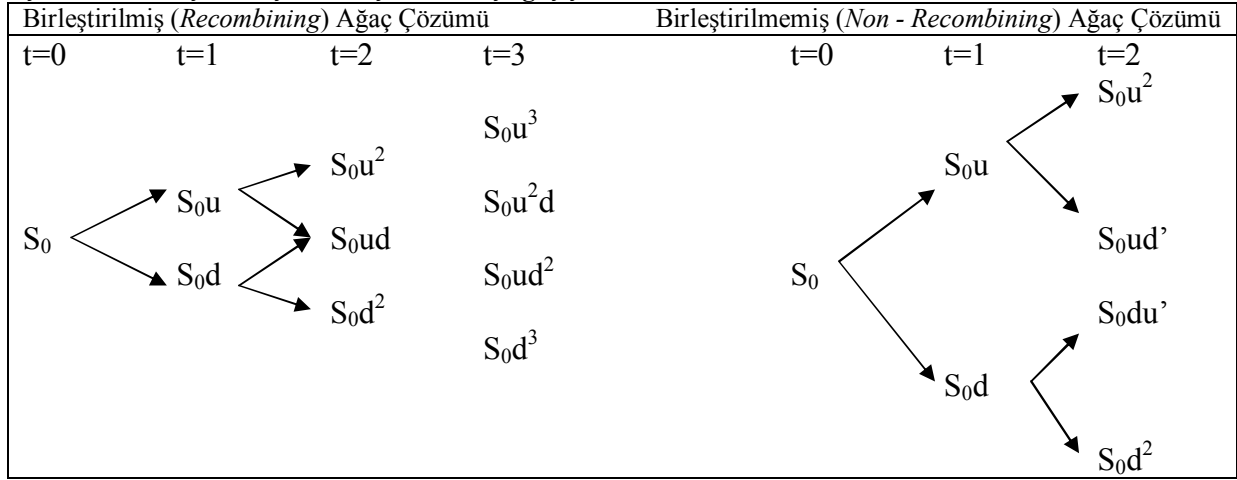
$$P_0 = S_0 e^{-\delta t} (N(d_1) - 1) - X e^{-R_f T} (N(d_2) - 1) \quad (\text{Satım Opsiyonu})$$

Formüle eklenen getiri kısıtlılığı parametresi ( $\delta$ ), yatırımın ertelenmesinden kaynaklanan fırsat maliyetini ifade etmektedir. Bir başka deyişle, parametre, erteleme süresinde rakiplere kaptırılan pazar payı ve nakit akışlarının karşılığıdır. Yatırımın ertelenmesi ilk bakışta oldukça rasyonel gözükmesine rağmen, opsiyonun vadesinin uzaması rakiplerin pazar payının artmasına olanak sağlayabilmektedir. Getiri kısıtlılığı parametresinin değeri, rekabetin yoğunluğu, pazar yapısı ve talepte beklenen artışa göre değişmektedir. Tekelci bir firmanın beklemekten kaynaklanan fırsat maliyetinin sıfıra yakın olması nedeniyle opsiyonun değeri pozitifken, rekabetçi piyasalarda yer alan işletmelerin fırsat maliyeti oldukça yüksek olabilmektedir (Özoğul ve diğerleri, 2009a: 97). Formüle getiri kısıtlılığı parametresinin eklenmesinin iki sonucu bulunmaktadır. Birincisi, yeni durumda varlığın değeri temettü ödemesinin mevcut olması halinde gerçekleşecek değer kaybını yansıtmaktadır. İkinci ise getiri kısıtlılığı parametresi aracılığıyla dengelenmiş faiz oranı, hissenin elde tutma maliyetini azaltmaktadır. Bir başka deyişle, net etki, alım opsiyonlarının değerinin düşmesi, satım opsiyonlarının değerinin yükselmesi şeklinde gerçekleşmektedir (Damodaran, 2005: 17). Getiri kısıtlılığı parametresinin ölçümünde kullanılan yöntemlerden bir diğeri ise söz konusu parametreyi risksiz getiri oranına eşit bir biçimde dikkate almaktır (Kvalevag, 2009: 67).

### 1.3.4.2. Binom (*Binomial*) Opsiyon Fiyatlama Yöntemi

Binom ağacı, opsiyona konu olan varlığın fiyatının opsiyonun ömrü boyunca izlemesi muhtemel değişik yollarını gösteren bir diyagramdır (Özkeserli, 2007: 94). Ağaç olarak adlandırılan söz konusu diyagram birleştirilmiş ve birleştirilmemiş olarak ikiye ayrılmaktadır.

**Şekil 1.8. Birleştirilmiş ve birleştirilmemiş ağaç çözümü**



**Kaynak: Mun (2002, 141)**

Birleştirilmiş ağaç çözümünde 3 zaman adımı bulunmaktadır. Birinci zaman adımı iki, ikinci zaman adımı ise üç adet düğüm içermektedir ve bu durum birer artarak devam etmektedir. Birleştirilmemiş ağaç çözümünde ise birinci zaman adımında iki, ikinci zaman adımında ise dört adet düğüm bulunmaktadır ve süreç logaritmik olarak devam etmektedir. Her iki çözüm sonsuzda aynı sonuca ulaşmaktadır. Birleştirilmiş ağaç çözümleri daha basit ve kullanışlı olmakla birlikte, zaman zaman birleştirilmemiş ağaç çözümlerinin de kullanılması gerekmektedir (Mun, 2002: 141- 142).

Binom modelinin çözümünde, “risk yansız olasılık” ve “kopya portföy” olmak üzere iki yaklaşım bulunmaktadır. Kopya portföy yaklaşımının uygulaması ve anlaşılması daha zor olmakla birlikte, bulunan sonuçlar risk yansız olasılık yaklaşımının aynısıdır. Bu nedenle

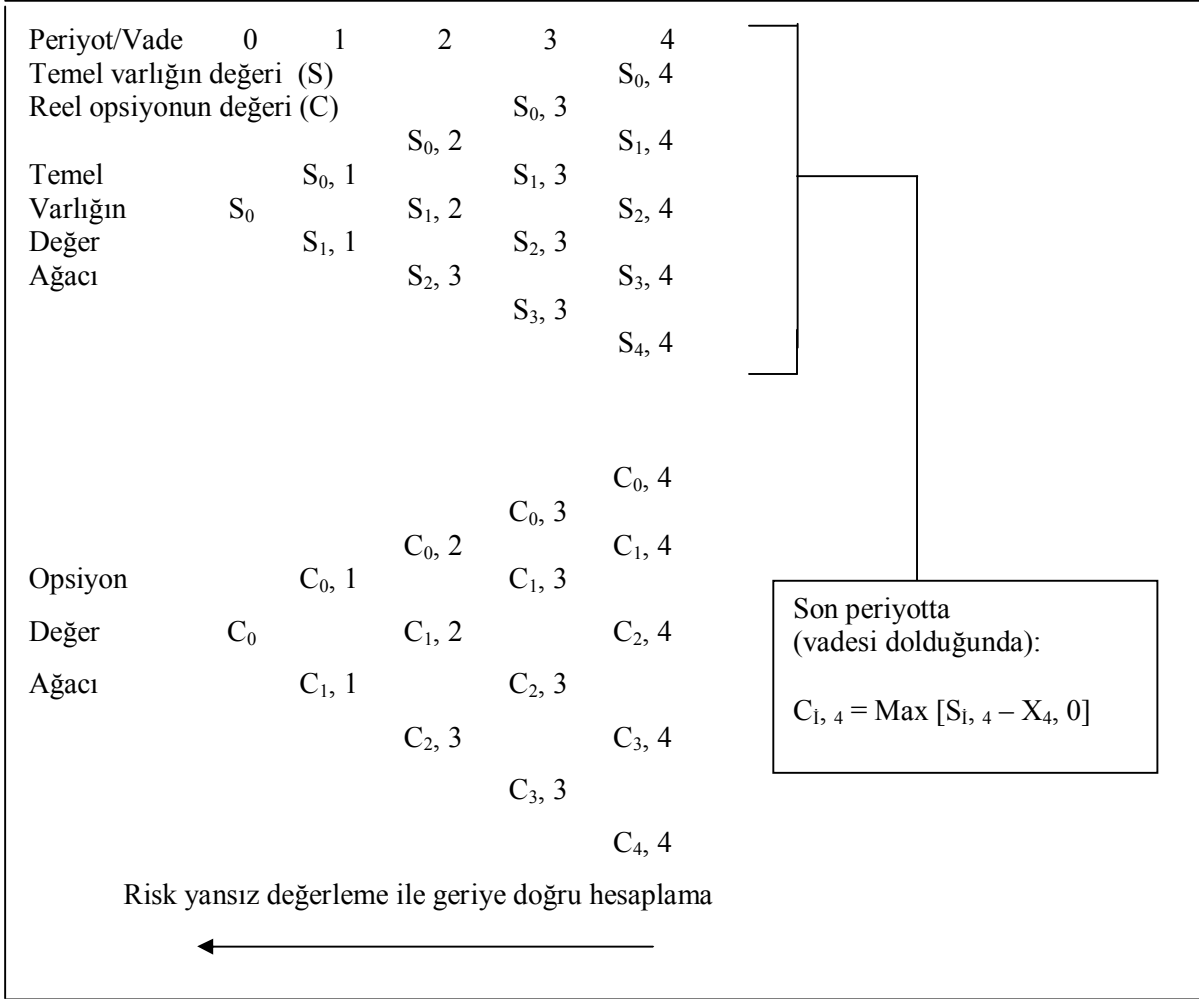
yöntemlerin herhangi birisinin uygulanmasında sakınca bulunmamaktadır. Bu çalışmanın uygulama bölümünde risk yansız olasılık yaklaşımının kullanılması tercih edilmiştir.

#### ***1.3.4.2.1. Risk Yansız Olasılık Yaklaşımı***

Black-Scholes denkleminde görüldüğü üzere, bir opsiyonun değeri yatırımcıların risk tercihleri dikkate alınarak belirlenen iskonto oranına ya da diğer değişkenlere bağlı değildir. Denklemdaki değişkenlerin tümü (bugünkü hisse senedi fiyatı, zaman, hisse senedi fiyatı değişkenliği, risksiz kazanç oranı) risk tercihlerinden bağımsızdır. Bunun nedeni nakit akışının bağlı olduğu varlığın taşıdığı riskin, arbitraj fırsatlarının varolmamasından dolayı denklemden elenmiş olmasıdır. Bu durum, opsiyonların ve diğer türev araçların analizinde çok önemli bir unsur olan risk-yansız değerlendirme yaklaşımını ortaya çıkarmıştır (Özoğul, 2006: 49). Geleneksel İNA yöntemlerinin bazı kısıtları karar ağacı yaklaşımı ile elimine edilebilmektedir. Karar ağacı yaklaşımında yönetsel esnekliğin, gelecek karar örnekleri anlamında kesikli zamanlara göre modellenmesi mümkündür. Bu durum yöneticilere elde edilecek yeni bilgiler çerçevesinde belirsizliğin azaltılması yoluyla projenin değerini maksimize etme olanağı sağlamaktadır. Reel opsiyon yöntemi ile proje değerlemesinde ise ilk başta proje belirsizliklerinin bir karar ağacındaki karar noktalarının opsiyona dönüştürülmesi ve aynı riske göre uyarlanmış iskonto oranları uygulanarak problemin çözülmesi yaklaşımı benimsenmektedir. Bununla birlikte, karar düğümlerindeki optimizasyonun beklenen nakit akışlarını ve projenin risk karakteristiğini değiştirmesi nedeniyle bu yaklaşım hatalıdır. Sonuç olarak, esneklik koşulları altındaki proje nakit akışlarının standart sapması, esnekliğin olmadığı durumlardaki ile aynı olmadığı gibi, opsiyon olmadığı durumlar için belirlenen riske göre uyarlanmış oranlar da reel opsiyonun geçerli olduğu durumlar için de aynı olmamaktadır. Bu durumda reel opsiyon problemlerinin karar ağacı yaklaşımına göre risk yansız (*risk neutral*) olasılıklar kullanılarak çözümlenmesi gerekmektedir (Brandao ve Dyer, 2003: 5-6).

Risk yansız bir dünyada tüm bireyler riske karşı kayıtsızdır. Böyle bir dünyada yatırımcıların riskten herhangi bir getiri beklentileri yoktur ve tüm hisselerin beklenen getirileri risksiz faiz oranından hesaplanmaktadır. Opsiyon değerlemede bu yaklaşımın kullanılmasının nedeni de opsiyon değerinin hiç kimsenin risk tercihinine bağlı olmamasıdır. Risk yansız değerlendirme yaklaşımına göre opsiyonlar fiyatlanırken dünyanın risk yansız olduğu varsayılabilir ve bunun fiyatlamaya herhangi olumsuz bir etkisi olmayacaktır. Sonuçta, bulunan fiyatlar sadece risk yansız dünyada değil, gerçek dünyada da doğru olacaktır. Bu varsayım, iskonto oranının içindeki risk priminin tahmin edilmesine gerek kalmaması nedeniyle, hesaplamayı çok büyük oranda kolaylaştırmaktadır. Bu anlamda, alım satımı yapılsın veya yapılmıyorsa bir varlık üzerindeki herhangi bir şartlı ödeme, sistematik risk içeren bir dünyada nakit akışı tahminlerinin (ya da gerçek büyüme oranı) kesin eşdeğer (*certainty-equivalent*) büyüme oranıyla (uygun bir risk primi çıkarılarak) değiştirilmesiyle ve daha sonra dünya risk yansızmış gibi hareket ederek fiyatlanabilmektedir. Bu durum kesin eşdeğer nakit akışlarını ayarlanmış bir iskonto oranıyla indirgemekle aynıdır (Özkeserli, 2007: 100). Risk-yansız dünya, en basit anlamda, belirli bir değişkenin taşıdığı risklerden arındırıldığı bir analiz ortamı olarak düşünülebilir. Bu değişken reel opsiyonlar metodu için nakit akışlarıdır. Varsayımın özünde, risk- yansız olasılıkların belirlenerek nakit akışlarının bu olasılıklarla ağırlıklandırılmasıyla bünyesinde barındırdığı riskten arındırılarak risksiz eşdeğerinin bulunması ve takiben risksiz getiri oranıyla iskontolanarak opsiyon değerinin hesaplanması yatmaktadır. Risk-yansız olasılığın, opsiyon değerinin belirlenmesi amacıyla kullanılması haricinde hiçbir finansal ya da ekonomik anlamı yoktur. Risk-yansız değerlendirme yatırımın analizi esnasında gerçek beklenen getiri ve iskonto oranının kullanılması zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır (Özoğul, 2006: 49).

**Şekil 1.9. Binom ağaçları ile değerlendirme prosedürü**



**Kaynak: İkiz ve Karakoç (2009, 34)**

Risk yansız olasılık yaklaşımı, riskli nakit akışlarının riske göre uyarlanmış iskonto oranından indirgenmesi yerine, belirli bir zamandaki nakit akışlarının riske uyarlanmış olasılıklar ile belirlenerek, şimdiki zamana risksiz faiz oranından indirgenmesi ile elde edilmektedir. Herhangi bir opsiyon modelinde; opsiyona dayanak teşkil eden varlık ve opsiyon değerlendirme olmak üzere iki adet ağaç (*lattice*) bulunmaktadır. Hangi model kullanılırsa kullanılsın, modelin temel girdileri; “S, X,  $\sigma$ , T,  $r_f$ ,  $\delta$ ” parametrelerinden oluşmaktadır. Söz konusu parametreler sırasıyla; “varlığın şimdiki değeri, opsiyonun uygulama maliyetinin şimdiki değeri, nakit akışlarının değişkenliği, vade, risksiz faiz oranı ve temettü (getiri kılığı)” dan oluşmaktadır. Binom modeli yukarıda yer verilen girdilere ek olarak üç adet hesaplama



gerektirmektedir. Bunlar; “yukarı ( $u$ ) ve aşağı ( $d$ ) faktörleri ile, risk yansız olasılık ( $p$ )” değerleridir. Söz konusu girdilerin formülleri aşağıdaki gibidir:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad d = 1/u$$

$$p = \frac{e^{(r_f - \delta)(\Delta t)} - d}{u - d} \quad (\text{veya } p = \frac{(1 + r_f) - d}{u - d})$$

Bu parametreler yardımı ile, bir reel opsiyonun belirli bir periyottaki bugünkü değeri aşağıda yer alan formül ile bulunmaktadır. Bu formül kullanılarak, son periyottan başa doğru ilerleyerek  $C_0$  değerine, yani opsiyon kararının alınacağı bugünkü değere ulaşılmaktadır.

$$C_{i,T} = \frac{pC_{i,t+1} + (1-p)C_{i+1,t+1}}{1 + r_f}$$

Yukarıda yer alan formül kesikli zamana işaret etmektedir. Bununla birlikte, binom modeli kullanılarak opsiyon değerinin sürekli zamana göre belirlenmesi de mümkündür. Bu durumda formül aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir:

$$C_{i,T} = \frac{pC_{i,t+1} + (1-p)C_{i+1,t+1}}{e^{r_f \Delta t}}$$

Binom yaklaşımı altı adet ( $S$ ,  $X$ ,  $t$ ,  $\sigma$ ,  $r_f$ ,  $\delta$ ) parametreye ek olarak, yukarı ve aşağı hareket ( $u$ ) ve ( $d$ ) faktörlerinin ve bunlara karşılık gelen risk yansız olasılıkların [ $p$ ] ve [ $1-p$ ] belirlenmesini gerektirmektedir. Formülde yer alan ( $\Delta t$ ) ifadesi, zaman adımını göstermektedir. Örneğin 5 yıl vadeli bir opsiyonun çözümü 5 adım ile yerine getirilirse  $\Delta t = 1$  olurken, bir yıl vadeli opsiyonun çözümü 10 adımda yerine getirilmek istenirse  $\Delta t = 0,10$

değerini almaktadır. Zaman adımının bir yıldan daha az olarak gerçekleştiği durumlarda, ilgili zaman aralığı için risksiz faiz oranının hesaplanması gerekmektedir. Örneğin, bir yıllık bir opsiyonun 12 adımda değerinin hesaplanması durumunda, indirgeme işleminde kullanılacak risksiz faiz oranı;  $R = e^{rf/12}$  formülünden elde edilmektedir. Logaritmik fonksiyonun değeri ise 2,178'dir.

Süreçte öncelikle  $u$  ve  $d$  faktörleri hesaplanmaktadır. İkinci adım risk yansız olasılığın hesaplanmasıdır. Ağacın oluşturulmasında dayanak varlığın sıfır zamanındaki şimdiki değeri ( $S_0$ ) başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Devamında her bir düğüm yukarı ve aşağı faktörleri ile çarpılarak ağaçtaki yerine konulmaktadır. Ortada yer alan düğümler birleştirilmiş karakteri göstermektedir. Dayanak varlığın değişkenliğinin sıfır olması halinde, bir başka deyişle, belirsizliğin bulunmadığı durumda, ağaç düz bir çizgi şeklini alacak ve geleneksel NBD değeri ile opsiyon çözümü aynı olacaktır. Bir başka deyişle değişkenliğin sıfır olması halinde, yukarı ve aşağı faktörleri 1 değerini alacaktır. Bu durumda opsiyonun değerinin aşağı ve yukarı hareketlerden (belirsizliklerden) kaynaklandığı net bir biçimde görülmektedir. Değişkenliğin artması ağaçta yer alan yukarı ve aşağı dalların düğümleri arasındaki farkın da artmasına neden olmaktadır. Binom modelinin kesikli olması, değişkenliğin artması ve dağılımın genişlemesine neden olmaktadır. Bu durum özellikle son adımdaki düğümlerden görülebilmektedir. Değişkenliğin yüksek olduğu durumda, en yüksek ve en düşük düğüm arasındaki fark büyük olmaktadır. (Mun, 2002: 144-145).

**Dayanak varlığın binomial ağaç çözümü**

$S_0$	$S_0u$	$S_0u^2$	$S_0u^3$	$S_0u^4$	$S_0u^5$
	$S_0d$	$S_0ud$	$S_0u^2d$	$S_0u^3d$	$S_0u^4d$
		$S_0d^2$	$S_0ud^2$	$S_0u^2d^2$	$S_0u^3d^2$
			$S_0d^3$	$S_0ud^3$	$S_0u^2d^3$
				$S_0d^4$	$S_0ud^4$
					$S_0d^5$

Örneğimizde Avrupa tipi finansal opsiyonun varlık değerinin ve kullanım fiyatının 100 birim, vadesinin ise 1 yıl, risksiz faiz oranının % 5, değişkenliğin % 25 olduğu ve temettünün bulunmadığı varsayılmaktadır. Söz konusu girdilerin Black – Scholes denkleminde yerine konulması ile opsiyonun değeri 12,3360 olarak hesaplanmıştır. Aynı opsiyonun binom modeli çözümü için diğer üç değişkene ihtiyaç bulunmaktadır. Buna göre yukarı ve aşağı faktörler ile risk yansız olasılık değerleri şu şekilde hesaplanmıştır ( $u= 1.1183$ ,  $d=0.8942$ ,  $p= 0.5169$ ). Opsiyonun vadesinin bir yıl olduğu düşünüldüğünde, beş adımda Binom modeline göre yapılacak çözümde  $\Delta t$  değeri 0,2 olarak formüllerde kullanılmıştır. Hesaplamalar aşağıdaki gibidir (Mun, 2002: 154–158):

**Birinci Adım: Binom Ağacının Oluşturulması**

				K	P
			G	156.4	174.9
	B	D	139.8	L	Q
A	111.8	125.1	H	125.1	139.8
100		E	111.8	M	R
	C	100.00	I	100.0	111.8
	89.4	F	89.4	N	S
		79.9	J	79.9	89.4
			71.5	O	T
				63.9	71.5
					U
					57.2

Binom ağacının oluşturulmasında başlangıç değeri ( $S_0$ ) olarak, nakit akışlarının şimdiki değeri veya finansal opsiyona dayanak varlığın fiyatı alınmaktadır. Devamında ise başlangıç değeri aşağı ve yukarı faktörler ile çarpılarak, sırasıyla ilgili düğümler elde edilmektedir. İkinci adımdaki yukarı düğüm 111,8 ( $100 * 1,1183$ ) ve aşağı düğüm 89,4 ( $100 * 0,8942$ ) olarak, son adımdaki düğümlerdeki en yüksek değer 174,9 ve en düşük değeri 57,2 olarak hesaplandığı görülmektedir. Görüldüğü üzere düğümlerdeki değerler de birbirinden bağımsızdır (*path – independent*). Bir başka deyişle H düğümüne ( $S_0u^2d$ ); ABEH, ABDH

veya ACEH yollarından herhangi birisi takip edilerek ulaşılabilir. ABEH yolunun değeri;  $S * u * d * u$ , ABDH yolunun değeri  $S * u * u * d$ , ACEH yolunun değeri ise  $S * d * u * u$  olmak üzere tamamı  $S_0u^2d$  sonucuna ulaşmaktadır.

#### İkinci Adım: Opsiyon Değerinin Hesaplanması

					74.9	A
				57.4	Max [ 74.9, 0]	
		41.8			39.8	B
	29.2			26.1		
	19.6	H	16.2		11.8	C
12.79		9.8		6.1		
	5.8		3.1		0.0	D
		1.6		0.0		
			0.0		0.0	E
				0.0		
					0.0	F
					Max [ -42.8, 0]	

Opsiyon değer ağacı iki adımda oluşturulmaktadır. İlk adımda son adımdaki düğümlerden başlayarak içerdeki düğümlere, geriye doğru (*backward induction*) geçiş yapılmaktadır. Son adımdaki A düğümüne ait hesaplamalar şu şekilde gerçekleştirilmiştir. Son düğümdeki hesaplamalar, “opsiyonun işleme konulması” ve “gerçekleşen maliyet değerinin üzerinde ise opsiyonun kullanılmasının değeri olmadığı (sıfır)” seçeneklerinden maksimum olanının seçilmesi ile yapılmaktadır. Opsiyonun işleme konulması halinde değer 74,9 (174,9–100) olarak hesaplanmaktadır. 174,9 değeri binom ağacının ilgili düğümünden gelmekte iken, 100 değeri ise opsiyonu işleme koyma maliyetidir. D, E, F düğümlerinde ise opsiyonun işleme konulması halinde negatif değer ortaya çıkacağı için sıfır değeri düğümlere yazılmaktadır. Son adımdaki düğümlerin değerlerinin yazılması ertesinde iç kısımdaki düğümlere geçiş yapılmaktadır. İç kısımdaki düğümlerin hesaplanmasında ise, geriye doğru yapılan analizlerde risk yansız olasılıklardan faydalanılmaktadır. Hatırlanacağı üzere risk yansız olasılık daha

önce, 0,5169 olarak hesaplanmıştır. H düğüm noktasının değeri şu formül ile hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda sürekli zaman formülü kullanılmıştır:

$$[ p (\text{yukarı}) + (1-p) (\text{aşağı})] \exp (- \text{risksiz faiz oranı}) (\Delta t)]$$
$$[ 0.5169 (41.8) + (1-0.5169) (16.2)] \exp ( - 0.05) (0.2)] = 29.2$$

Geriye doğru hesaplama yöntemi ile bütün düğümlerin değerinin elde edilmesi yoluyla başlangıç noktasına gelinmektedir. Bu noktadaki değer ise 12,79 olarak bulunmuştur. Black – Scholes formülü uygulandığı zaman 12,3360 olarak hesaplanan opsiyon değeri, beş adımlı binom modelinde 12,79 olarak hesaplanmıştır. Binom modelinin adım sayısının artırılması hem kesin hem de Black–Scholes formülü uygulanarak bulunan değere yakın değer elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

Yatırımcıların risk - yansız olduğu varsayımı, diğer bir deyişle risk - yansız değerlendirme, opsiyon değerinin hesaplanabilmesi için oluşturulan yapay bir ortamdır. Gerçek dünyada risk - yansız varsayım geçerli değildir. Çünkü yatırımcılar gerçekte risk - yansız değildir. Ancak risk - yansız değerlendirme ile yatırımcıların riske karşı tutumları hakkında bir kabul yapılmaktadır. Bununla beraber risk - yansız olasılıkla nakit akışlarındaki risk ortadan kaldırılacağı için, yatırımcıların üzerinde tartışacağı bir risk unsuru mevcut olmayacağından, uygulanacak doğru iskonto oranı, risksiz getiri oranı olacaktır. Risk-yansız değerlendirme ile hesaplanan opsiyon değeri hem risk - yansız dünya hem de gerçek dünya için doğru ve geçerlidir. Risk - yansız dünyadan gerçek dünyaya geçiş yaparsak nakit akışının bağlı olduğu varlığın büyüme oranı ve uygulanan iskonto oranı değişkenlik gösterecektir (Özoğul, 2006: 50).

#### **1.3.4.2.2.Kopya Portföy Yaklaşımı**

Binomial opsiyon yaklaşımı, opsiyon fiyatının risksiz oran üzerinden elde edilmesine olanak sağlayan arbitrajın bulunmadığı argümanını oldukça net bir biçimde göstermektedir. Bununla birlikte yatırımcılar, hisse üzerine bir opsiyon almak yerine, çeşitli hisselerin karışımı ve risksiz faiz oranı üzerinden borçlanma ile yapay bir opsiyon oluşturabilmektedirler. Söz konusu hisse ve bonolardan oluşan portföy, yatırımcının hisse değişkenlikleri altında gelecek ödemelerini elde edeceği opsiyonunun bir kopyasıdır. Dolayısıyla arbitrajın bulunmadığı varsayımı altında, opsiyonun bugünkü fiyatı kopya portföyün (*replicating portfolio*) bugünkü fiyatına eşit olmalıdır. Oluşan fiyat, gelecekte beklenen ödemelerin risksiz orandan bugünkü değerlerine indirgenmesi olup, risksiz portföyün bugünkü değerine eşittir. Bununla birlikte bu yaklaşımın reel opsiyon analizinde kullanılabilmesi, benzer risk ve belirsizliğe sahip ikiz (*twin*) menkul değerlerin bulunmasını gerektirmektedir (Brach, 2003: 28).

Reel opsiyon fiyatlamasındaki yaklaşımlarından bir diğeri piyasadaki ikiz menkul kıymetlerden oluşturulan risksiz portföyün dikkate alınmasıdır. Aynı yaklaşım nakit akışlarının indirgenmesinde de geçerlidir. Bir başka deyişle indirgeme işleminde kullanılacak iskonto oranı, yatırımcının ikiz menkul kıymetleri ile aynı risk profiline sahip olmalıdır. Bu durumda ilgili menkul kıymetlerden oluşan risksiz portföye sahip olunması, beklenen nakit akışlarının ve beklenen nakit akışlarının bugünkü fiyatının risk yansız olasılıklar ile risksiz faiz oranı kullanılarak belirlenmesini gerektirmektedir. Risk yansız olasılıklar bugünkü kar değerinin bir fonksiyonudur (Brach, 2003: 54).

Uzun araştırmalar sonucunda projemizin nakit akışlarına mükemmel biçimde uyan ve betası aynı olan ikiz menkul değerlerin bulunduğu ve söz konusu hisselerin değerinin 20 birim ve risksiz faiz oranının % 8 olduğu varsayılmaktadır. Projenin şu andaki yatırım maliyeti 115

milyon birim olmakla birlikte, önümüzdeki dönemde ki nakit akışlarının % 50 olasılıkla 170 milyon birim % 50 olasılıkla 65 milyon birim olacağı düşünülmektedir. Alternatif yöntem ise bir yıl beklemektir. Bu durumda basit bir erteleme opsiyonuna sahip olduğumuzu düşünmek mümkündür. Söz konusu opsiyonun kopya portföy yaklaşımına göre çözümü Tablo 1.25'te gösterilmektedir (Copeland ve Antikarov, 2003: 87-93):

**Tablo 1.25. KLM projesinin ve ikiz menkul değerlerin nakit akışları**

	Projenin nakit akışları	İkiz menkulün nakit akışları
Yukarı	170	34
Aşağı	65	13

**Kaynak: Copeland ve Antikarov (2003, 88)**

Görüldüğü üzere ikiz menkul değerlerin nakit akışları, projenin beşte biri kadardır ve mükemmel bir uyum söz konusudur. Riske uyarlanmış iskonto oranının beklenen nakit akışlarından ve fiyattan elde edilmesi mümkündür:

$$V_0 = \frac{q(Vu) + (1-q)(Vd)}{1+k} = \frac{0.5(34) + 0.5(13)}{1+k} = 20 \quad k = 17.5\%$$

Formülde yer verilen  $q$  ve  $(1-q)$  olasılık değerleri, yukarı ve aşağı yönlü değişkenliklerin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Projenin ve ikiz menkul değerlerin aynı riske sahip olduğu düşünüldüğünde, projenin bugünkü değeri şu şekilde hesaplanabilmektedir:

$$BD = \frac{0.5(170) + 0.5(65)}{1.175} = 100$$

Riske göre uyarlanmış iskonto yöntemine göre projenin bugünkü değeri 100 milyon birim olarak hesaplanmaktadır. Projenin yatırım maliyetinin 115 milyon birim ve risksiz faiz oranının %8 olduğu düşünüldüğünde, yatırım maliyetinin bugünkü değeri 106.48 milyon birim ve projenin NBD'si ise - 6.48 (100 - 106.48) olarak hesaplanmaktadır. Söz konusu problemi başka yollardan da çözmek mümkündür. Tek fiyat yasasına göre arbitrajın

bulunmadığını varsayarak, aynı nakit akışlarına sahip iki varlıkla bir portföy oluşturularak hesaplamalar yapılabilmektedir. Portföyümüzdeki hisse sayısını  $m$ , bono sayısının  $B$  olduğunu varsaydığımız kopya portföyün şimdiki değerinin hesaplanması aşağıdaki gibidir:

$$\text{Kopya portföyün yukarı yönlü hareketi: } m(34) + B(1 + rf) = 170$$

$$\text{Kopya portföyün aşağı yönlü hareketi: } m(13) + B(1 + rf) = 65$$

Yukarıda yer alan denklemlerin çözülmesi ile  $m=5$ ,  $B=0$  değerlerine ulaşılmaktadır.

$$\text{Kopya portföyün bugünkü değeri: } m(20) + B = 5(20) + 0 = 100$$

İkiz portföyün proje ile mükemmel bir uyum sağlaması karşısında, bugünkü değerinin projenin beşte biri olduğu ve beş adet hissenin varlığı ışığında da nakit akışlarının aynı olduğu görülmektedir. Kopya portföy olarak adlandırılan söz konusu yaklaşımda beklenen nakit akışları riske uyarlanmış oranlardan indirgenirken, hatırlanacağı üzere risk yansız yaklaşımda belirlilik eşitiyle bulunan nakit akışları risksiz faiz oranından indirgenmektedir.

**Tablo 1.26. KLM projesi erteleme ve ertelememe seçeneklerine ait karar ağacı**

	Ertelememe	Yatırım	Net nakit akışı	Erteleme
Yukarı	170	115	55	Max[55,0]
Aşağı	65	115	-50	Max[-50,0]

**Kaynak: Copeland ve Antikarov (2003, 90)**

Yukarıda yer verilen karar ağacı, karar vericilere dönem sonuna kadar beklenilmesi durumunu göstermektedir. Kararın NBD'si beklenen nakit akışlarının AOSM ile iskonto edilmesiyle elde edilmektedir.

$$\text{NBD} = \frac{0.5(55) + 0.5(0)}{1.175} = 23.40$$



Görüldüğü üzere projenin NBD'si -6,48'den 23,40'a yükselmiştir. Erteleme opsiyonun değeri ise 29,88 [2,4 - (-6.48)] olarak hesaplanmaktadır. Karar ağacı yaklaşımı, tek fiyat yasasını ihlal etmesi nedeniyle yanlış bir sonuca ulaşmaktadır. 17,5 olan riske göre uyarlanmış iskonto oranı %50 gerçekleşme şansı olan 170 ve 65 olarak tahmin edilen nakit akışlarına uygulanmakla birlikte, mükemmel bir biçimde uyum gösteren diğer nakit akışlarına da sabit bir biçimde uygulanabilmelidir. Ancak erteleme seçeneğinin nakit akışlarının, projenin nakit akışlarından farklılaştığı görülmektedir. Bu durumda reel opsiyon analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Tek fiyat prensibi altında erteleme opsiyonun değerlemesinin kopya portföy modelinde yerine getirilmesi durumunda; portföy 20 birimlik  $m$  adet ikiz menkul değer ve 1 birimlik  $B$  adet risksiz bonodan oluşmaktadır. Kopya portföyün nakit akışları, erteleme seçeneği ile aynı olmalıdır.

$$\text{Kopya portföyün yukarı yönlü hareketi: } m(34) + B(1 + rf) = 55$$

$$\text{Kopya portföyün aşağı yönlü hareketi : } m(13) + B(1 + rf) = 0$$

Yukarıda yer verilen denklemin çözülmesi ile  $m = 2,62$  adet ikiz menkul değer,  $B = -31,53$  borçlanma gereği olarak ortaya çıkmıştır. Değerlerin denklemde yerine konulması ile, ilgili nakit akışlarının elde edildiği görülecektir:

$$\text{Kopya portföyün yukarı yönlü hareketi: } 2,62(34) - 31,53(1 + 0.8) = 55$$

$$\text{Kopya portföyün aşağı yönlü hareketi : } 2,62(13) - 31,53(1 + 0.8) = 0$$

Kopya portföyün projenin erteleme opsiyonu ile aynı nakit akışına sahip olması nedeniyle, tek fiyat yasası gereğince aynı şimdiki değere sahip olunması gerekmektedir.

$$\text{Kopya portföyün bugünkü değeri: } m(20) + B(1) = 2,62(20) - 31,53 = 20,87$$

Görüldüğü üzere projenin NBD'si -6,48'den 20,87'e yükselirken, erteleme opsiyonunun değeri 27,35 olarak bulunmuştur.

Karar ağacı yaklaşımında doğru iskonto oranının kullanılması halinde aynı sonucun bulunabileceğini söylemek mümkündür. Bu durumda iskonto oranının değeri aşağıdaki gibidir:

$$BD = 20,87 = \frac{0.5(55) + 0.5(0)}{1 + k} \quad k = 31,9\%$$

Karar ağacı yaklaşımının riski dikkate almaksızın sabit bir iskonto oranı uygulaması sonucun yanlış çıkmasına neden olmuştur. Erteleme esnekliğinin değerini doğrudan kopya portföy yaklaşımı ile hesaplamak da mümkündür.

**Tablo 1.27. KLM projesinin ödemelerinin opsiyon ile karşılaştırılması**

	Esneklik durumunda projenin ödemeleri	Esnekliğin olmadığı durumda projenin ödemeleri	Opsiyon ödemeleri
Yukarı	$\text{Max}[170-115, 0]=55$	$170 - 115 = 55$	0
Aşağı	$\text{Max}[65-115, 0]=0$	$65 - 115 = -50$	50

**Kaynak: Copeland ve Antikarov (2003, 92)**

$$\text{Kopya portföyün yukarı yönlü hareketi:} \quad m(34) + B(1 + rf) = 0$$

$$\text{Kopya portföyün aşağı yönlü hareketi:} \quad m(13) + B(1 + rf) = 55$$

Denklemlerin çözülmesi ile birlikte  $m = -2,38$  ve  $B = 74,93$  değerlerine ulaşılmaktadır. Değerlerin yerine konulması ile birlikte kopya portföyün ve opsiyonun değeri doğrudan hesaplanabilmektedir.

$$\text{Kopya portföyün bugünkü değeri:} \quad m(20) + B = -2,38(20) + 74,93 = 27,34$$

### 1.3.5. REEL OPSİYON TÜRLERİ

Reel opsiyonlar, verilecek kararların yapılarına göre farklılık göstermektedir. Reel opsiyonları geleneksel yaklaşımlardan ayıran temel özellik, zaman geçtikçe oluşacak şartlarda alınabilecek farklı kararları dikkate alabilmesidir. Reel opsiyonlarda süreç dinamik olduğu için ileride karşılaşılabilecek durumlar için alternatif uygulamalar dikkate alınabilmekte ve bu alternatifleri uygulama esnekliğinin oluşturacağı değer hesaplanmaktadır (Uzunlar ve Aktan, 2006: 61).

**Tablo 1.28. Reel opsiyon kategorileri**

Kategori	Opsiyon Türü	Finansal Opsiyon Eşiti
Öğrenme opsiyonları	Erteleme opsiyonu	Alım opsiyonu
	Kademe opsiyonu	Birleşik alım opsiyonu
Büyüme opsiyonları	Genişleme opsiyonu	Alım opsiyonu
	Yenilik opsiyonu	Alım opsiyonu
Sigorta opsiyonu	Küçülme opsiyonu	Satım opsiyonu
	Kapama/Yeniden başlama	Alım opsiyonu
	Geçiş opsiyonu	Birleşik alım/satım opsiyonu
	Terk etme opsiyonu	Satım opsiyonu

**Kaynak: Turan (2008, 31)**

Çok sayıdaki reel opsiyon türünü; “öğrenme, büyüme ve sigorta” olmak üzere üç başlık altında sınıflandırmak mümkündür. Öğrenme opsiyonları, yönetime, gelecek zamanda elde edilecek yeni bilgiler çerçevesinde yatırım stratejilerinin değişen çevre şartlarına göre uyarlanması olanağını tanımaktadır. Büyüme opsiyonları, pozitif pazar gelişimi ve proje gelişimini ifade etmektedir. Sigorta opsiyonları ise işletmenin pazarda meydana gelen olumsuz değişiklikler üzerine projeyi adapte etmesi ya da projeden vazgeçmesini ifade etmektedir (Turan, 2008: 31-32).

**Tablo 1.29. Reel opsiyon türleri**

Kategori	Tanım	Önemli Kullanım Alanları
Erteleme ( <i>defer</i> ) opsiyonu	Zaman geçtikçe ilgili yatırımın değerinin artacağı beklenmektedir.	Doğal kaynaklar, emlak, tarım, kağıt endüstrisi vb.
Kademe ( <i>stage – compound</i> ) opsiyonu	Çeşitli aşamalardan oluşan birleşik opsiyonlardır.	Ar-Ge, enerji üretim yatırımları vb.
Genişleme/küçülme ( <i>expand-contract</i> ) opsiyonu	Pazar koşullarının iyileşmesi durumunda faaliyetlerin artırıldığı, kötüleştiği durumlarda azaltıldığı faaliyetleri kapsamaktadır	Doğal kaynaklar, inşaat endüstrisi, moda, perakende tüketim vb.
Vazgeçme – terk etme ( <i>abandon</i> ) opsiyonu	Pazar koşullarının çok kötüleştiği durumlarda, yatırımın ikincil piyasalarda değerlendirildiği durumları ifade etmektedir	Havayolu, demiryolu gibi sermaye yoğun endüstriler, yeni ürün geliştirme vb.
Değiştirme ( <i>switch</i> ) opsiyonu	Fiyatların veya talebin değiştiği durumlarda, çıktının veya üretim biçiminin değiştirildiği durumları ifade etmektedir.	Tüketici elektroniği, oyuncak, makine teçhizat, elektrik üretimi vb.
Büyüme ( <i>growth</i> ) opsiyonu	Yatırımın ilk aşamasında olan fakat gelecek büyüme ihtimali olan projeleri ifade etmektedir.	Altyapı yatırımları, Ar-ge vb.
Birbirini etkileme ( <i>interacting</i> ) opsiyonu	Birbirini etkileyen birçok opsiyonun mevcut olduğu durumlardır.	Birçok endüstrinin birbirini etkileyen süreçlerinde kullanılabilir.

**Kaynak: Trigeorgis (2002, 5)**

Reel opsiyonlar sağladıkları esneklik türüne ve kazanç potansiyeli elde etme veya kayba karşı koruma sağlama özelliğine göre de sınıflandırılmaktadır. Tablo 1.30’da temel olarak, yatırım projeleri süresince uygulanabilecek esneklikleri tanımlayan opsiyon türlerine yer verilmektedir (İkiz ve Karakoç, 2009: 28). Opsiyon değerini hesaplama, opsiyonun türüne göre değişen ilgili karar kuralının bilinmesini gerektirmektedir.

**Tablo 1.30. Reel opsiyon türlerinin özellikleri**

Reel Opsiyon	Esneklik Türü	Karar Kuralı	Karşılık Gelen Finansal Opsiyon
Erteleme	Kazanç elde etme potansiyeli	$\text{Max} [V - X, 0]$	Amerikan tipi alım opsiyonu
Terk etme	Kayıplardan korunma	$\text{Max} [V ; Vv]$	Amerikan tipi satım opsiyonu
Genişleme	Kazanç elde etme potansiyeli	$\text{Max} [gV - X, 0]$	Amerikan tipi alım opsiyonu
Küçülme	Kayıplardan korunma	$\text{Max} [X - kV ; 0]$	Alım ve satım opsiyonlarının kombinasyonu
Değiştirme	Kazanç elde etme potansiyeli ve kayıplardan korunma	$\text{Max} [Vd - X, V]$	Avrupa tipi alım opsiyonu Amerikan tipi alım opsiyonu
Büyüme	Kazanç elde etme potansiyeli	$\text{Max} [V - X, 0]$	Avrupa tipi alım opsiyonu
Kademe	Kazanç elde etme potansiyeli ve kayıplardan korunma	$\text{Max} [V - X, 0]$	Avrupa tipi alım opsiyonu Amerikan tipi alım opsiyonu

**Kaynak: İkiz ve Karakoç (2009, 28).**

Tablo 1.30’da yer alan  $V$  temel varlığın bugünkü değerini veya projenin nakit akışlarını,  $X$  kullanım fiyatını veya yatırım maliyetini,  $g$  genişleme opsiyonu için genişleme oranını,  $k$  küçülme opsiyonu için küçülme oranını,  $V_d$  değiştirme opsiyonunun uygulanması durumunda

temel varlığın bugünkü değerini,  $V_v$  yapılan ve satılabilecek yatırımların bugünkü (hurda) değerini ifade etmektedir.

### **1.3.5.1. Vazgeçme – Terk Etme Opsiyonu**

Vazgeçme (*abandon*) opsiyonları satış opsiyonlarına benzemektedir. Bu opsiyonu, ileride ekonomik şartların kötüleşmesi durumunda başlamış bir projeden vazgeçme ve yapılan yatırımı satarak nakite çevirme opsiyonu olarak tanımlamak mümkündür. Örneğin bir otomobil üreticisi firmanın pazarlamayı düşündüğü bir modelde satış miktarının istenilen düzeyde gerçekleşmemesi durumunda, kurulan tesisin satılması gündeme gelebilmektedir. Tesisin satış imkanı (esnekliği) vazgeçme opsiyonuna karşılık gelmektedir. Üreticinin isterse ileri bir tarihte tesisi satıp dışarıdan tedarik yöntemiyle araba satışını gerçekleştirmesi mümkündür (Uzunlar ve Aktan, 2006: 62).

### **1.3.5.2. Erteleme Opsiyonu**

Erteleme (*defer – delay*) veya yatırım için bekleme opsiyonunun değeri, bir yatırım yapılmadan önce yeni bilgiler elde edilmesi yoluyla belirsizliğin azalmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin bir otomobil firması yeni çıkardığı bir model için üretim tesisi kurup kurmama kararını, modelin pazarda göstereceği performansı görene kadar imalat işini dış kaynaklardan sağlayarak erteleyebilmektedir. Bir maden arama firması, işletme hakkını aldığı bir bölgede maden arama işlemini, ürünün piyasadaki fiyat gelişimini görmek ve maden çıkarıldığı zaman bütün masrafları karşılayarak kara geçeceğini belirleyene kadar erteleyebilmektedir. Firmanın maden sahası üzerindeki haklarını korumak için ödediği vergiler ve diğer masraflar, aslında opsiyonu geçerli tutmayı ve uygun zamanda uygulayabilmeyi sağlayan ücrettir. Finansal anlamda, firma Amerikan tipi sürekli bir alım opsiyonu sahibidir ve istediği zaman opsiyonu uygulama hakkına sahiptir (Uzunlar ve Aktan,

2006: 62). Yatırım projesinin bir opsiyon olarak kabul edilmesi halinde, ertelemeyen kaynaklanan çeşitli çıkarımlar bulunmaktadır. Öncelikle, projenin beklenen nakit akışlarının şimdiki değerinin negatif olması halinde dahi, opsiyon yaratılması nedeniyle proje halen değerli olabilmektedir. İkinci olarak, projenin beklenen nakit akışları pozitif olsa dahi beklemekten ve doğru zamanda harekete geçmekten elde edilecek değer daha yüksek olabilmektedir. Üçüncü olarak ise, statik bir analiz sonucu projeyi daha az çekici kılan faktörler esasen projeyi daha değerli kılabilir. Örneğin belirsizliğin artması statik analizlerde projeyi riskli hale getirirken bu durum opsiyonun değerini artırmaktadır (Damodaran, 2005: 33).

#### **1.3.5.3. Değişirme Opsiyonu**

Değişirme (geçiş) opsiyonları, bir süreçteki girdi ve çıktı parametrelerini, yöntem veya üretim yerini değiştirmek gibi seçenekleri kullanan bir opsiyon çeşididir. Farklı teknolojiler arasında geçiş esnekliği, yöneticilerin gelecekteki belirsizliklere cevap verebilmelerini kolaylaştırdıkları için bir değer ortaya çıkartmaktadır. Geçiş opsiyonlarının kullanılan teknoloji veya girdilerin değiştirilmesinde kullanılması mümkündür. Benzer şekilde çıktıların da değiştirilmesi mümkündür. Değişen talep düzeyine göre kapasite veya üretim miktarı ayarlanabilmektedir. Geçiş opsiyonlarını diğer reel opsiyonlardan daha karmaşık hale getiren konu geçiş nedeniyle ortaya çıkan maliyetlerdir. Her bir değişirme kararının uygulanmasının maliyetinin mevcut olması, tek bir opsiyonun değerini hesaplamaktan daha karmaşık süreçleri ifade etmektedir (Uzunlar ve Aktan, 2006: 63).

#### **1.3.5.4. Genişleme / Küçülme Opsiyonu**

Değişen piyasa koşulları karşısında, bir projenin genişletilmesi (*expand*) veya küçültülmesi (*contract*) gündeme gelebilmektedir. Genişleme opsiyonunu kullanmak için bir projeyi

adımlara bölmek ve şartlara göre gerektiği kadar adımı onaylayarak projeyi genişletmek şeklinde yaklaşımların uygulamaya konulması mümkündür. Örneğin bir havayolu firmasının uçuş yaptığı noktalara sefer sayısını artırarak kapasitesini genişletmesi veya uçuş noktalarına yenisini eklemesi mümkündür (Uzunlar ve Aktan, 2006: 63). Genişleme opsiyonları genellikle mevcut durumda negatif değere sahip olmakla birlikte, gelecekte önemli fırsatlar doğurabilecek piyasalar bakımından geçerlidir. Bu durumda genişleme opsiyonlarının dalgalanmaların ve getirinin çok olduğu piyasalar için daha değerli olduğu görülmektedir. Birçok yatırım veya devralma işleminde, işletmeler bu durumun gelecekte rekabetçi avantajlar yaratacağına inanmaktadır. Söz konusu avantajları, büyüyen bir pazara giriş yapılması, teknolojik uzmanlığın elde edilmesi veya değerli bir marka imajına sahip olunması şeklinde sıralamak mümkündür. Söz konusu avantajlar, mevcut negatif NBD'ye rağmen ilk yatırım maliyetini haklı çıkaran gerekçeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Firmalar, batık maliyet olarak kabul edilebilecek Ar-Ge araştırmalarına önemli kaynaklar ayırmaktadır. Bu açıdan söz konusu Ar-Ge harcamalarının alım opsiyonu olarak kabul edilmesi mümkündür. Kademeli yatırımların da benzer özellikler gösterdiğini söylemek mümkündür. Bu durumda bir yatırıma opsiyon eklenmesinin gerekli olup olmadığını test etmek için aşağıda yer verilen üç sorunun cevaplanması gerekmektedir (Damodaran, 2005: 47-52):

- İlk yatırım genişleme/sonraki aşamalar için zorunlu mudur? Eğer değilse, ilk aşama ne kadar gereklidir?
- Firma daha sonraki yatırımlar için münhasır bir hakka sahip midir? Eğer değilse ilk yatırım firma için önemli bir rekabetçi avantaj sağlamakta mıdır?
- Rekabetçi avantaj ne kadar sürdürülebilir?

### 1.3.5.5. Seçenekli Opsiyon

Zaman zaman firmalar birden fazla seçenekle karşı karşıya kalmaktadır. Bu durumda, işletmelerin riski sınırlandırmak için çeşitli opsiyonları kullanması gerekebilmektedir. Söz konusu opsiyonları; mevcut üretim faaliyetine devam edilmesi, üretim faaliyetlerinin küçültülmesi veya gelecekte üretim faaliyetine son verilmesi şeklinde sıralamak mümkündür (Mun, 2002: 182). Seçenekli (*choose*) opsiyonların, Black–Scholes yöntemi ile çözülmesi durumunda yanlış değerler elde edilmektedir. Black–Scholes modelinde opsiyonlar tek tek hesaplanıp, elde edilen sonuçlar toplanmaktadır. Ancak doğru olan yöntem binom modelinde olduğu gibi seçenekleri aynı proje içerisinde değerlendirmektir. Ayrı ayrı opsiyon değerlerinin toplamının yanlış bir sonuç vermesinin nedeni söz konusu opsiyonların bağımsız ve birlikte olmaz (*mutually exclusive*) bir karaktere sahip olmasıdır. Firmanın aynı zamanda hem küçülme hem de genişleme seçeneklerini kullanması söz konusu değildir. Projenin birlikte olmaz bir karaktere sahip olması, seçenekli opsiyonu kullanmasını gerektirmektedir. Benzer analizlerin zaman içerisinde değişen parametreler (maliyet, büyüme oranı gibi) içinde yapılması mümkündür (Mun, 2002: 184–185).

### 1.3.5.6. Kademe Opsiyonu

Kademe (*compound*) opsiyonu, bir yatırımı adımlara bölmek ve adımları koşullara göre sırasıyla onaylamak ve uygulamak düşüncesi üzerine kurulmuştur. Bu tarz bir düşünce sistematığı, bütün yatırımın tek bir seferde yapılması halinde ortaya çıkabilecek olumsuz sonuçlardan korunmayı amaçlamaktadır. Kademe opsiyonları, yatırım tamamlanıncaya kadar şartların kontrolü ve uygun şartlar devam ettiği sürece adımların onaylanması esasına dayanmaktadır. Her bir kademe opsiyon ücretinin bir kısmı ödenmiş olmaktadır. Bütün adımların uygulaması tamamlandığında kademe opsiyonunun toplam ücreti de ödenmiş olmaktadır. Örneğin ilaç endüstrisinde bir ilacın geliştirilme aşamaları, kademe opsiyonunun



uygulanmasına uygundur. İlk olarak klinik öncesi araştırma aşaması yerine getirilmektedir. Olumlu sonucun ortaya çıkması durumunda, klinik denemeler yapılmaktadır. Daha sonra ise ilacın onaylanmasına kadar olan süreçteki kademeler tek tek geçilmektedir. Sürecin kademelerden oluşması yöneticilere her bir kademede değerlendirme yapma ve eğer uygun ise bir sonraki kademeye geçiş yapma fırsatını sunmaktadır. Bu durumda kaynakların etkin kullanım fırsatı ortaya çıkmaktadır. Bu tür opsiyonları, birbiri üzerine kurulmuş birçok alım opsiyonu şeklinde düşünmek mümkündür (Uzunlar ve Aktan, 2006: 65). Zaman zaman kademe opsiyonları birden fazla aşamadan ve bir aşamaya geçilebilmesinin diğer aşamanın başarısına bağlı olduğu sıralı bir karakter gösterebilmektedir (Mun, 2002: 191).

## İKİNCİ BÖLÜM

### ENERJİ SEKTÖRÜ YATIRIM PROJELERİNİN REEL OPSİYONLAR İLE DEĞERLEMESİ

Reel opsiyon teorisi, çeşitli alanlardaki yatırım projelerinin değerlendirilmesinde yeni bir bakış açısı ortaya koymaktadır. Enerji sektörü, reel opsiyon uygulamaları için en verimli alanların başında gelmektedir. Yöntemin yönetsel esnekliğe olanak sağlaması, ciddi yatırım ihtiyacı bulunan sektör açısından büyük önem arz etmektedir.

#### 2.1. ENERJİ PİYASALARI ve REEL OPSİYONLAR

Reel opsiyon literatürünün başlangıcı, özellikle petrol ve doğalgaz (arama/üretim) endüstrisi başta olmak üzere, doğal kaynak yatırım projelerine dayanmaktadır. Doğalgaz ve ham petrol (*crude oil*) endüstrisinin, sıralı (*sequential*) yatırım özelliği, reel opsiyonların söz konusu süreçlerin içerisine eklenmesine olanak sağlamaktadır (He, 2007: 25). İşletmeler öncelikle, arama faaliyeti için aldıkları lisans sonrasında görece düşük maliyetli sismik çalışmalarını başlatmaktadır. Sonuçların umut verici olması halinde arama sondajı yapılmaktadır. Arama kuyu sonuçlarının olumlu olması durumunda, tespit sondajı gerçekleştirilmektedir. Geliştirme aşaması ve en maliyetli aşamaya ise ancak tüm bu süreçlerin sonuçlarının tatmin edici olması halinde geçilmektedir (Lesley ve Michaels, 1997: 8).

Elektrik piyasası, reel opsiyon uygulamalarına konu enerji sektörünün bir diğer alanını oluşturmaktadır. Elektrik piyasası, son dönemlerde birçok ülkede deregülasyon sürecini

yaşamaktadır. Elektrik üretim şirketleri, yalnızca belirsiz müşteri talebi ile değil, dalgalanan *spot* ve *forward* fiyat belirsizlikleri ile de karşı karşıyadır. Günümüzde yalnızca en düşük marjinal maliyete sahip birimlerin elektrik üretebileceği bir ortam söz konusudur. Talebin en yükseğe çıktığı zamanlar ise toplam içinde oldukça kısa bir zaman dilimini oluşturmaktadır. Firmalar, elektrik ve benzin (yakıt) fiyatları arasındaki farkı dikkate alarak, ilgili birimlerin faaliyetine devam etmekte ya da ilgili birimleri kapatmaktadırlar. Söz konusu esneklik, elektrik üretim şirketlerinde de reel opsiyonların kullanılmasına uygun bir ortamın mevcut olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, hidro-elektrik santrallerinin de, rezervlerindeki suyun seviyesini yönetebilmek açısından esnek bir varlığa sahip olduğunu söylemek mümkündür. Söz konusu santraller için, operatörlerin tribün çalıştırmak ya da elektriğin üretim zamanını belirlemek gibi seçenekleri mevcuttur. Benzer esnekliklerin yer aldığı bir diğer sektör ise, spot doğalgaz fiyatlarına bağlı olan doğalgaz depolama tesisleridir. LNG tesisleri ise, yerel gaz veya ithal gaz fiyatları arasında bir seçim yapma olanağına sahiptir. Elektrik iletim tesisleri de benzer özellikleri içerisinde barındırmaktadır. Emisyon ticareti de, elektrik üreticilerinin, SO<sub>2</sub>'yi emisyon pazarından alabilmeleri, üretim tesislerinin, düşük karbon kömürüne ayarlayabilmesi ya da yeniden inşa etme gibi seçenekleri nedeniyle reel opsiyon analizlerine uygunluk göstermektedir (He, 2007; 25 -26).

Madencilik sektörüne ait yatırım projeleri de üç temel özellik nedeniyle, diğer yatırım projelerinden ayrılmaktadır. Öncelikle yatırım bütünüyle ya da belirli bölümleri bakımından geri dönülemez bir özellik arz etmektedir. İkinci olarak yatırımın zamanlaması konusunda çeşitli tereddütler söz konusudur. Son olarak, maden cevherinin miktarı, keşif, madenin fiyatı gibi yatırım projesinin gelecek nakit akışlarının tahminini zorlaştıran önemli girdiler konusunda çeşitli belirsizlikler mevcuttur. Sonuç olarak maden projelerinin belirsizliği riski

artırırken, söz konusu riskin yönetilebilmesi için ise esnekliğe ihtiyaç duyulmaktadır (Shafiee ve diğerleri 2009, 125).

Çalışmada yukarıda yer verilen enerji sektörünün çeşitli bölümlerden, petrol ve doğalgaz piyasaları yatırım projelerinin değerlemesinde reel opsiyon uygulamaları üzerinde durulacaktır. Çalışma bakımından petrol ve doğalgaz arama ve üretim piyasaları dikkate alınmakta olup, süreçlerin her iki piyasa bakımından da genel hatları ile benzer olduğu düşünülmektedir.

### ***2.1.1. PETROL ve DOĞALGAZ PİYASALARININ ÖZELLİKLERİ***

20. yüzyılın başlarında ticari üretime geçişle önemli bir enerji kaynağı haline gelen ve tüm dünyada birincil enerji kaynakları arasında ilk sıralarda yer alan ham petrol ve doğal gazın stratejik konumunu uzun yıllar sürdürmesi beklenmektedir (TPAO, 2011: 2). Petrol ve doğalgaz endüstrisi karmaşık ve dinamik bir yapıya sahiptir. Karmaşıklığın nedeni sektörün birbirinden bağımsız ve/veya birbirini etkileyen çok sayıda ve nitelikte siyasal, ekonomik, sosyo-kültürel ve teknolojik etkene bağlı olmasıdır. Sektör nitelik itibarıyla sermaye yoğun ve büyük ölçekli olduğundan, pazarda yer alan firmalar büyük bir ekonomik güç oluşturmakta, ulusal ve uluslararası düzeyde strateji ve politikalar uygulayabilmektedir. Sürdürülebilir ekonomik kalkınma için, kesintisiz bir enerji kaynağına gereksinim duyulması, petrol ve doğalgazın politik açıdan vazgeçilemez bir kaynak olmasını sağlamaktadır (Bayraç, 2007: 5). 2010 yılında dünya enerji talebi dünya ekonomik büyüme oranından daha hızlı artmış, küresel enerji tüketiminde %5,6'lık bir artış oranı ile 1973 yılından itibaren en yüksek artış oranı yakalanmıştır. OECD dışı ülkelerde %7,5; OECD ülkelerinde ise %3,5 oranında bir tüketim artışı gerçekleşmiştir. Dünya enerji kaynaklarından petrol %33,6'lık bir tüketim oranı ile dünyanın lider enerji kaynağı olmayı sürdürmekle birlikte, tüketim oranı son 11 yıldır düşüş

trendine girmiştir. Doğal gaz ise %23,8'lik bir tüketim oranı ile, kömürün ardından üçüncü sırada yer almaktadır (TPAO, 2011: 2).

Petrol ve doğalgaz piyasası, aramacılıktan başlayıp, taşımacılık, işleme, pazarlama ve petrokimya sanayisini de içeren çok geniş bir yapıya sahiptir. Arama ve çıkarma işlemleri “yukarı pazarlar (*upstream markets*)”, rafinaj, dağıtım ve pazarlamadan oluşan aşama “aşağı pazarlar (*downstream markets*)”, taşıma ve boru hatlarına yönelik faaliyetler ise “orta pazarlar (*midstream markets*)” olarak adlandırılmaktadır (Bayraç 2007, 4). Üst pazarlar, hidrokarbonun (ham petrol ve doğalgaz) arama, geliştirme ve üretim aşamalarını içermektedir. Çalışma’da petrol ve doğalgaz endüstrisi kavramı söz konusu üst pazarlara karşılık gelmek üzere kullanılmıştır.

Hidrokarbonun yüzeye çıkartılması öncesinde geçilen aşamaları; arama, geliştirme ve çıkarma (üretim) olarak sıralamak mümkündür. Arama aşaması, rezervlerin miktarı ve çıkartılma maliyetini ortaya çıkartacak, sismik ve sondaj faaliyetlerini kapsamaktadır. Arama aşamasının başarılı olması, geliştirme dönemi için gerekli ekipmanların sahalara kurulmasını gerektirmektedir. Geliştirme harcamaları, geliştirilmemiş rezervleri, geliştirilmiş rezervlere dönüştürmektedir. Söz konusu aşamaların ne kadar bir zaman süreci içinde yerine getirileceği genellikle lisans ile belirlenmektedir (Paddock ve diğerleri, 1998: 481).

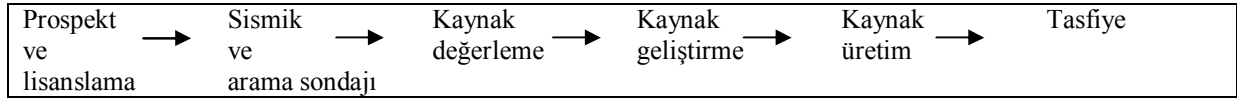
Petrol ve doğalgaz sektörü, yüksek yatırım ve belirsizliğin en iyi örneklerinden bir tanesini oluşturmaktadır. Sektörel faaliyetler özellikle fiyat seviyelerinden önemli derecede etkilenmektedir. Pazar koşullarının avantajlı hale geldiği ve prospektlerin<sup>17</sup> iyi olduğu durumlarda yatırımlar artarken, tersi durumda ise yatırımlar azalmaktadır. Bu sektördeki

---

<sup>17</sup> Ekonomik hidrokarbon beklentisi olan arama sahası

yatırım projeleri genellikle uzun dönemlidir. Proje döneminin başlangıç aşamalarında yüksek yatırım maliyeti ve negatif nakit akışları uzun dönemde yerini üretim ve pozitif nakit akışlarına bırakmaktadır. Nakit akışlarının bu yapısı, erken aşamalarda iyi pazar koşulları riski, ileriki aşamalarda kötü pazar koşulları riskini yaratmaktadır. Örneğin 2003 yılı sonrasında fiyatlarda yakalanan yüksek seviyeler, yatırımların ve faaliyetlerin artmasına neden olmuştur. Bu durum birçok projenin karlı hale gelmesine ve başlatılmasına neden olmuştur. Ancak fiyatların düşme riski ise bu durumu tehdit etmektedir. Pazar koşullarında yaşanan değişimlerin söz konusu etkileri, değerlemenin önemini daha da artırmaktadır (Kvalevag, 2009: 6).

Petrol ve doğalgaz sektörüne yönelik yatırım faaliyetlerinin anlaşılabilirliği bakımından, endüstrinin değer zincirinin ortaya konulması önemlidir. Değer zincirinin ortaya konulması, gerçekleştirilen faaliyetlerin farkındalık ve kontrolüne olanak sağlamaktadır.



İlk aşama olan prospekt ve lisanslama, potansiyel hidrokarbon sahalarında faaliyete başlanması öncesi ilgili kamu otoritesinden izin alınmasını ifade etmektedir. Söz konusu sahalar genellikle blok olarak adlandırılmaktadır. Lisansa sahip olmak hakların yanında bir takım yükümlülükleri de beraberinde gerektirmektedir. İşletmeler öncelikle ilgili sahalardaki potansiyeli keşfedebilmek bakımından sismik çalışmaları yerine getirmekte, ardından, arama sondajı çalışmaları ile de, rezervler tespit edilmektedir. Arama sondajı, hidrokarbon kaynakları ile ilgili soruları cevaplamayı amaçlamaktadır. Kaynak değerlendirilerek bu aşamada, rezervlerin büyüklüğü ve kalitesi hakkında bilgiler edinilmektedir. Kaynak geliştirme aşaması ise, yatırım için gerekli olan altyapı, tesis ve makine-ekipmanın ilgili sahalarda konumlandırılmasıdır. Kaynak üretim aşaması, keşfedilen hidrokarbonun yeraltından çıkartılmasını ifade etmektedir. Üretim genellikle başlangıç

yıllarında yüksek, devam eden yıllarda daha düşük oranlardan seyretmektedir. Tasfiye aşaması ise, lisans süresinin bitimi ile birlikte ilgili sahanın terk edilmesi anlamına gelmektedir (Kvalevag, 2009: 16-18).

Petrol ve doğalgaz sektörü özellikle, kamu düzenlemelerinden, potansiyel monopolistik güçlerden ve kuyuların üretim karakteristiğinden etkilenmektedir. Monopolistik güçler, arzın kısıtlanması üzerinde etkiye sahipken, bu durum fiyatların rekabetçi piyasalara nazaran daha yükseklere çıkmasına neden olmaktadır. Petrol ve doğalgaz sektörünün bir diğer özelliği, üreticilerin gelecek nakit akışlarını belirleyen, fiyat ve üretim miktarının stokastik bir özellik göstermesidir. Rezerv miktarı ve fiyatlar arasındaki korelasyon, fiyatlar yükseldiği zaman üretimin artmasına, düştüğü zaman ise üretimin azalmasına neden olmaktadır. Bu durumda söz konusu korelasyon, beklenen nakit akışlarını ve firmanın değerini doğrudan etkilemektedir. Bir başka deyişle, üretim miktarının ayarlanabilir olması, petrol ve doğalgaz firmaları için ek değer yaratan reel opsiyonların oluşmasına olanak sağlamaktadır (Schumlich ve Wilson, 2007: 2).

Birçok varlıktan farklı olarak, petrol ve doğalgaz fiyatları oldukça yüksek değişkenliğe sahiptir. Günlük, aylık ve yıllık sapmalar fiyatı temel senaryolardan uzaklaştırmakta ve varlıkların risk değerini artırmaktadır. Rezervde yer alan ürünün fiyatı da, kuyu başı fiyatından daha düşüktür (Smith, 2003: 6). Geliştirilmemiş rezerv fiyatlarının tahmininde, ham petrol fiyatlarını kullanmak mümkündür. Geliştirilmemiş petrol fiyatları ile ham petrol fiyatları arasında genellikle belirli bir oransal ilişki bulunmaktadır. 1982'de yapılan bir çalışmada bu oran 1/3 olarak bulunmuştur (Paddock ve diğerleri, 1998: 485). Söz konusu oran petrol fiyatlarının seviyesi ile doğrudan ilişkilidir.

Arama ve üretim alanında faaliyet gösteren işletmelerin çoğunluğu hem petrol hem de doğal gaz çıkarma faaliyetlerinde yer almaktadır. Her ne kadar pek çok benzerlik söz konusu olmakla birlikte, ürünler farklı birim çıktılar ile ölçülmektedir. Petrol, birim başına varil, doğal gaz ise birim başına milyon kübik feet bazında ölçümlenmektedir. Sektöre yönelik finansal analizlerde fiyatlama ve maliyetlerin ayrı tutulması tercih edilirken, işletmelerin genellikle doğalgazı petrol eşleniği (altı milyon kübik feet karşılığı bir varil petrol) olarak raporladığı bilinmektedir. Rezervler, ispatlanmış (*proved*) ve muhtemel (*probable*) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Buna ek olarak her bir kategori, rezervin üretim için kuyu ve altyapıya sahip olmasına göre, geliştirilmiş (*developed*) ve geliştirilmemiş (*undeveloped*) rezervler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Geliştirilmiş rezervlerin, üretim durumuna göre, geliştirilmiş ve geliştirilmemiş üretim şeklinde ayrılması da mümkündür (Schumlich ve Wilson, 2007: 3 - 4).

Sektörün kendisine has diğer özelliklerini şu şekilde sıralamak mümkündür: Piyasada arz ve talep arasında hassas bir denge bulunmaktadır. Talep normal koşullarda bir anda büyük sıçramalar yapamayacağından, fiyatın kontrolü açısından genelde planlı bir üretim söz konusudur. Büyük üretim şirketlerinin uyguladıkları yatırım politikaları, dünya ekonomisindeki dengeleri etkileyebilmektedir. Piyasadaki şirketlerin uluslararası yatırım kararı almalarında, ülkelerinin politik düşünceleri etkili olmaktadır. Arama ve üretim faaliyeti, büyük yatırımlar ve pahalı teknolojiler gerektirdiğinden, piyasadaki kuruluşlar uluslararası teknoloji değişimlerini sürekli izlemek zorundadır. Uluslararası arama ve üretim anlaşmalarının ülkeler arasında gösterdiği değişiklikler nedeniyle, bu tür faaliyetlere ilişkin muhasebeleştirme ve raporlama uygulamalarında farklılıklar söz konusudur. Konunun önemi ölçüsünde, her ülkenin sektöre özgü çeşitli düzenlemeleri mevcuttur. Hidrokarbona sahip olan ülkeler bu kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirmek, ithalatçı durumdaki ülkeler ise, buna en



ucuz biçimde ulaşmak istemektedir. Bu nedenle, piyasanın özelliklerini oluşturan önemli faktörlerden biriside alışveriş yapan ülkelerin özellikleridir (Bayraç, 2007: 3). Petrol ve doğalgaz üretim ve geliştirme hakları genellikle hükümetlerin yapmış oldukları ihaleler ile devredilmektedir. Pazar oyuncuları bu durumda söz konusu sahalar için değerinin üzerinde ödemek veya düşük bedel ile sahayı kaybetmek riskleri ile karşı karşıyadır. Sektörde görülen el değiştirmelerin sıklığı ve büyük yatırım maliyetleri, doğru ve güvenilir değerlendirme yöntemlerine olan ihtiyacı daha da artırmaktadır. Bu durumda petrol ve doğalgaz üreticilerinin başarısında varlığın doğru olarak değerlemesi büyük önem taşımaktadır. Ancak, ekonomik ve jeolojik birçok belirsizliğin mevcudiyeti altında, sektördeki değerlemenin kolay olduğunu söylemek mümkün görünmemektedir (He, 2007: 27).

### ***2.1.2. PETROL ve DOĞALGAZ YATIRIM PROJELERİNDE DEĞERİN HESAPLAMASI ve REEL OPSİYON FİYATLAMASI***

Petrol ve doğalgaz arama çalışmalarının başlıca iki aşaması bulunmaktadır. Birinci aşama jeolojik ve jeofizik, ikinci aşama ise hidrokarbonun (ham petrol veya doğal gaz) varlığının tespiti için yapılan arama sondajı çalışmalarından oluşmaktadır. Birinci aşama teşvik edici sonuçlar verirse, bu bulguların kontrolü amacıyla arama sondajı yapılmaktadır. Sondaj faaliyetinden sonra kuyunun üretilebilir petrol rezervlerini barındırdığı tespit edilirse, kuyu tamamlama operasyonlarına geçilmektedir. Genellikle üretim paylaşım anlaşmalarında<sup>18</sup> ticari keşfin ilanı ile tamamlanan arama aşaması sonrasında, geliştirme ve üretim aşamasına geçilmektedir. Kuyu tamamlama işlemlerinden sonra yeraltındaki petrolün yeryüzüne çıkarılması için gerekli yeraltı ve yer üstü tertibatı kurularak üretime geçilmektedir. Rezervin

---

<sup>18</sup> Üretim paylaşım anlaşmaları (*production sharing agreements*) petrol faaliyetlerinin sınırlarını ve üretilen rezervlerin paylaşımını belirlemek üzere yapılan sözleşmelere verilen genel bir addır. Üretim paylaşım anlaşmaları genellikle petrol kullanım hakkına sahip kuruluş ile (ki bu genellikle bir kamu kuruluşudur) arama faaliyetlerinde bulunmak isteyen kuruluş arasında yapılmaktadır (Hacıüstemoğlu ve diğerleri, 2006: 22).

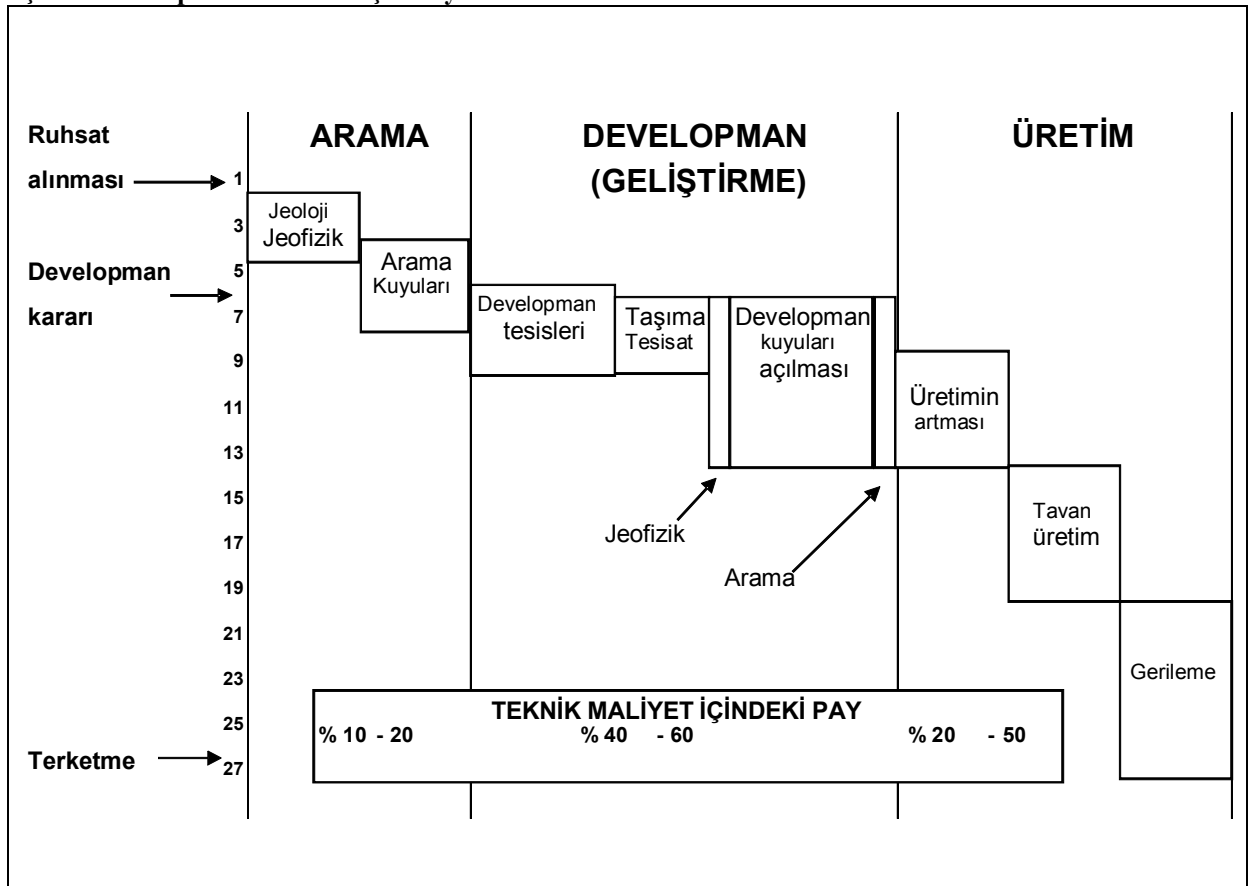
ticari olarak işletilebilir olduğu sonucuna varılırsa, geliştirme kuyuları adı verilen ilave çok sayıda kuyu açılmaktadır (Hacıüstemoğlu ve diğerleri, 2006: 22).

Petrol ve doğalgaz kaynaklarının değeri doğrudan nihai ürünün değeri ile ilişkili olmakla birlikte, geleceğin belirsiz olması, varlığın değerinin ekonomik faktörlerden jeolojik faktörlere değin çeşitli risklere maruz kalmasına neden olmaktadır. Bu durumda değerlendirme yönteminin, beklenen sonuçtan sapmalara neden olabilecek, sahaların geliştirilmesini, faaliyetleri ve performansı etkileyen, söz konusu tahmin edilemeyen dalgalanmaları doğru şekilde ele alabilmesi gerekmektedir (Smith, 2003: 1). Petrol ve doğalgaz yatırım projeleri, ölçek ve büyüklüğüne bağlı olmakla birlikte, genellikle karmaşık, uzun döneme yayılan ve çeşitli aşamalardan meydana gelen bir yapı arz etmektedir. Çıkarılan hidrokarbonun taşınması ise dikkate alınması gereken bir diğer önemli faktörü oluşturmaktadır. Yatırım projelerinin nakit akışları ise, gelir ve maliyetler ölçüsünde şekillenmektedir. Petrol veya doğalgaz fiyatlarının ve üretim miktarının belirsiz olması ve dalgalanması, gelirin tahmin edilmesini güçleştirmektedir (Kvalevang, 2009: 21-22).

Petrol ve doğalgaz sektörü maliyetleri özetle; ruhsat alma, arama, geliştirme, üretim, işleme (rafinaj), taşıma, dağıtım ve stoklama giderlerinden meydana gelmektedir. Maliyetlerin önemli bir bölümünü, coğrafi bölgeler arasında farklılık gösteren üretim ve dağıtım maliyetleri oluşturmaktadır. Ham petrolün teknik üretim maliyetlerini; arama yatırımlarının amortismanlarına ek olarak, arama, geliştirme ve değişken maliyetleri içeren işletme giderleri oluşturmaktadır. Arama giderleri, ruhsat alanı üzerinde yapılan keşif çalışmaları ve arama sondajları ile ruhsat alanında yapılan jeolojik ve jeofizik harcamaları, geliştirme giderleri; bulunan yatakların üretime alınması ile ilgili giderleri, işletme giderleri ise; sahaların işlemlerini sağlamak için gerekli olan günlük giderleri kapsamaktadır. Bu üç büyük gider

kaleminin nispi ekonomik önemi, sahalara göre farklılıklar göstermektedir. Yapılan harcamalar içerisinde ortalama olarak duruma göre, aramanın % 10-20, geliştirmenin % 40-60 ve işletme giderlerinin de % 20-50 oranında pay aldığı tahmin edilmektedir. Üretim maliyetleri, ayrıca aramanın karada veya denizde olmasına göre farklılaşmaktadır (Bayraç, 2005: 12). Vergi, nakit akışlarını etkileyen en önemli faktörlerin birini oluşturmaktadır. Buna ek olarak petrol ve doğalgaz sektöründe, devlet hissesi ve/veya devlet payı benzeri çeşitli yükümlülükler de bulunmaktadır (Kvalevang, 2009: 21-22).

Şekil 2.1. Bir petrol sahasının işletmeye alınmasının takvimi



Kaynak: Boz (1997, 14)

Petrol ve doğalgaz yatırım projelerinin nakit akışları, ilgili sahaların fiziksel özelliklerinden, içinde bulunulan ekonomik ortama değin çok sayıda faktörün (varsayımın) birleşiminden oluşmaktadır. Sahaların geliştirilmesi ve tespiti, bir dizi kuyunun açılması ve tesisin inşasını

gerektirirken, sondaj hizmetinin ve saha ekipmanlarının maliyeti de, ilk yatırım harcamalarının kapsam ve zamanlamasını belirlemektedir. Kısaca gelirlerden maliyetlerin düşülmesi olarak adlandırılabilen olan nakit akışlarının büyüklüğü ve zamanlaması; kuyuların üretim oranı, hidrokarbonun kalitesi, gerekli operasyonel ve bakım-onarım maliyetleri, devlet hissesi, vergiler gibi çok sayıda girdinin tahmin edilmesini gerektirmektedir. Söz konusu bileşenlerin bazıları devlet hissesi örneğinde olduğu gibi sabit ve belirli iken, fiyat ve üretim miktarı gibi konuların ise tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu durum değerlendirme açısından opsiyon temelli yöntemleri öne çıkartmaktadır (Smith 2003, 2).

Kural olarak, NBD'in sıfırdan büyük olduğu projelerin kabulü, küçük olanların ise reddedilmesi gerekmektedir. Petrol ve doğalgaz projeleri bakımından NBD, geliştirilen rezervlerin değerinden ( $V$ ), geliştirme maliyetlerinin çıkartılması ( $D$ ) ile elde edilmektedir. Klasik değerlendirme yaklaşımında  $V$ , nakit akışlarının bugünkü değerini,  $D$  ise yatırım maliyetlerinin bugünkü değerini ifade ederken, reel opsiyon analizi bakımından  $V$ , dayanak varlığı yani yatırım projesinin değerini,  $D$  ise kullanım fiyatını ifade etmektedir. En basit lineer modelde geliştirilmiş rezervlerin piyasa değeri petrol fiyatına göre şekillenmektedir.  $P$ 'nin petrol fiyatı,  $B$ 'nin rezervdeki varıl karşılığı olduğu düşünüldüğünde, rezervin değeri;  $V = qBP$  olarak hesaplanmaktadır. İş modeli (*business model*) olarak adlandırılan bu yöntemde,  $q$  değeri, doğrudan rezerv sözleşme piyasalarından elde edilmektedir. Özellikle ABD'de uygulanan 1/3 kuralına göre, geliştirilmiş rezervlerin bir varilinin ortalama değeri, kuyubaşı fiyatlarının %33'ü olarak kabul edilmektedir. " $q$ " parametresi, geliştirilmiş rezervlerin ekonomik kalitesini göstermekte olup, rezerv piyasasındaki bilgilerden elde edilmektedir. Birden küçük olan söz konusu değer, indirgeme oranı, vergi ve operasyonel maliyetlerin bir fonksiyonudur. Bir diğer lineer fonksiyon olan; sabit nakit akışı modeline (*rigid cash flow model*) göre ise varlığın değeri,  $V = q'BP - C$  formülünden hesaplanmaktadır. Eşitlikte  $B$ ,

rezerv hacmini,  $q$  rezervlerin ekonomik kalitesini,  $C$  ise operasyonel maliyetleri ifade etmektedir. Model klasik İNA yaklaşımları ile daha tutarlıdır. Her iki modelde de başlangıç noktasını, geleneksel İNA yöntemine ait temel NBD senaryosunun hesaplanması oluşturmaktadır. Ancak iş modeli, operasyonel maliyetler ile fiyat arasında mükemmel bir korelasyonun varlığını kabul etmesi nedeniyle, fiyata (fiyat değişimlerine) daha az duyarlıdır. Buna karşın, sabit nakit akış modeli, operasyonel maliyetler ve fiyat arasında bir korelasyonun varlığını kabul etmemesi nedeniyle fiyata çok daha duyarlıdır (Dias, 2004: 98 - 99).

Petrol şirketleri önemli miktarlardaki arama yatırımlarını değerli petrol rezervleri bulmak umuduyla gerçekleştirmektedir. Bu yatırımların üç temel özelliği, yatırım projesinin değerine ilişkin önemli bir belirsizliğin bulunması, şirket zaman içinde yatırım yaptığı ve belirsizlikler ortadan kalktığı anda projenin değeri hakkında daha fazla bilgiye sahip olunması ve şirketin yeni bilgiye göre kararlarını uyarlaması için gerekli esnekliğe sahip olmasıdır. Yakın zamana kadar doğal kaynak yatırımlarının değerlendirilmesinde, sabit getirili finansal araçların değerlendirilmesi için geliştirilmiş İNA analizi yöntemlerinin kullanıldığı bilinmektedir. Petrol arama ve geliştirme yatırımları da, NBD, IRR gibi İNA yöntemleriyle elde edilen sonuçların gerçekleşme olasılıklarıyla birlikte dikkate alınarak, beklenen değer hesaplanması sonucu değerlendirilmektedir (Karsak 2001, 1). Geleneksel İNA yöntemlerinin popüleritesi, yöntemin sahip olduğu teorik temelden kaynaklanmaktadır. İNA'nın doğru bir biçimde hesaplanması, proje gelirinin firmanın değerine ne kadar katkıda bulunabileceğini göstermektedir (Paddock ve diğerleri 1998, 483). Bununla birlikte, kullanılan klasik finansal değerlendirme yöntemleri petrol arama ve geliştirme yatırımlarının içerdiği belirsizlik nedeniyle yetersiz kalmakta ve yatırım kararlarında yanılgılara neden olmaktadır. Yöneticiler petrol arama ve geliştirme yatırımlarının değerlendirilmesinde NBD yöntemini kullanırken iki temel

sorunla karşı karşıyadır. Yapılan analizlerin çoğunlukla projeye ilişkin esneklikleri dikkate almaması ilk sorunun kaynağını oluşturmaktadır. Mevcut analizler, yönetimin ilk anda yatırım kararını vermesi gerektiği ve nakit akışlarının bilindiği varsayımına dayanmaktadır. Oysa ki gerçek hayatta karşılaşılan işletmenin belirsizlikler ortadan kalktıkça yatırım kararlarını sıralı olarak vermesidir. Örneğin, bir petrol geliştirme yatırımında, petrol fiyatları, üretim miktarları veya rezervler beklentileri aşarsa ya da üretim teknolojisi iyileştirilirse, işletme geliştirme faaliyetlerini hızlandırabilir veya yakın çevredeki alanlarda da arama ve geliştirme faaliyetlerini başlatarak genişleyebilir. Öte yandan, fiyatlar, üretim miktarları veya rezervler beklentilerin altında gerçekleşirse, işletme planlamış olduğu yatırımların ölçeğini küçültebilir ve bu şekilde olumsuz etkisini sınırlamış olur. Bir diğer konu ise petrol yatırımlarının büyük çoğunluğunun 30-40 yıla kadar uzanan planlama ufkuna sahip olması ve dolayısıyla bu yatırımların net bugünkü değerinin, hesaplamada kullanılan iskonto oranına oldukça duyarlı olmasıdır. Genellikle işletmeler analiz sürecinde, riske göre düzeltilmiş iskonto oranını kullanmaktadır. Ancak bu oran çoğunlukla piyasadaki risksiz faiz oranından oldukça yüksek olması nedeniyle, uzun dönemli projelerin gerçek değerinden daha düşük bir şekilde değerlendirilmesine neden olmaktadır (Karsak, 2001: 1). İNA yöntemlerinin petrol ve doğalgaz sektörleri açısından içerisinde barındırdığı diğer zayıflıkları şu şekilde sıralamak mümkündür (Paddock ve diğerleri, 1998: 483):

- Arama ve geliştirme aşamalarının uygun zamanının belirlenmesi şeffaf değildir. İNA hesaplamaları için zaman seçimi gelişigüzel ve hatalı olmaktadır. Bu durum değerlemenin işletmeler, hükümet ve sermaye piyasaları arasında farklılaşmasına neden olmaktadır.

- Farklı şirketlerin ve hükümetin, istatistiksel dağılım, fiyatların izleyeceği yol gibi konularda farklı yaklaşımları, sermaye piyasaları bakımından beklentilerin uyumlaştırılması ihtiyacını doğurmaktadır.
- Saha bilgilerinin genellikle ihale sürecinde kıt olması, jeolojik ve maliyet dağılımının işletmeler ve hükümet arasında değişmesine neden olmaktadır.

Finansal opsiyona benzer şekilde, sabit bir maliyete katlanılarak ancak her hangi bir yatırım yükümlülüğü altına girilmeksizin, reel piyasa fırsatları opsiyona dönüşebilmektedir. Bu anlamda işletmeler, hükümetlere petrol ve doğalgaz sahası için ödenen lisans bedeli karşılığında, lisans süresi içinde, herhangi bir yatırım yapma yükümlülüğü söz konusu olmaksızın reel opsiyon sahibi olmaktadır (Lesley ve Michaels, 1997: 8). Petrol/doğalgaz işletmecisinin, belirli bir bedel karşılığında bir bloğun lisansını alması, opsiyonu elde etmek için lisans ücreti ödemesi ve opsiyon sahibinin fiyat üzerindeki belirsizliğin ortadan kalkması halinde bloğa yatırım yapma hakkına kavuşması (kullanım fiyatı) nedeniyle klasik bir reel opsiyondur (Lesley ve Michaels, 1997: 10). Doğal kaynak yatırımlarında, opsiyona dayanak teşkil eden varlık olan doğal kaynağın değeri, tahmini miktar ve kaynağın fiyatına göre şekillenmektedir. Örneğin bir altın madeninde, altın madeni rezervinin değeri altının fiyatına göre şekillenmektedir. Bu durumda kaynağa ilişkin rezerv kesinlikle bilinmemekte ve tahmini olarak hesaplanmaktadır. Kaynağın ilk geliştirme maliyeti ise kullanım fiyatını ifade etmektedir. Opsiyonun vadesi, ya söz konusu madeni işletmek üzere sahip olunan lisansın süresi ya da toplam rezervin toplam üretim kapasitesine bölünmesi ile elde edilmektedir. Rezervlerin değerinin, rezervleri geliştirme maliyetinin üzerinde olduğu durumlarda, üretimi erteleme maliyetinin de formüle eklenmesi gerekmektedir (Damodaran, 2005: 38 - 40).

**Tablo 2.1. Finansal ve reel opsiyonların karşılaştırması**

Opsiyon terminolojisi	Finansal Opsiyonlar	Reel Opsiyonlar	Petrol (Doğalgaz) Projeleri
Dayanak varlığın değeri	Hisse fiyatı	Beklenen nakit akışlarının bugünkü değeri	Geliştirilmiş rezervlerin değeri <sup>19</sup>
Kullanım fiyatı	Kullanım fiyatı	Yatırım maliyetinin bugünkü değeri	Geliştirme maliyetinin değeri
Vade	Vade	Projenin süresi	Lisans süresi
Değişkenlik	Hisse fiyatının değişkenliği	Proje değerinin değişkenliği	Geliştirilmiş rezerv değerinin değişkenliği
Risksiz faiz oranı	Risksiz faiz oranı	Risksiz faiz oranı	Risksiz faiz oranı
Temettü	Temettü	Getiri kısıtlılığı parametresi	Getiri kısıtlılığı parametresi

**Kaynak. Kvalevang (2009 - 46), Paddock ve diğerleri (1998, 488)**

Reel opsiyon yaklaşımı uygulandığında, petrol ve doğalgaz arama ve geliştirme yatırımları hisse senedi üzerine yazılmış alım veya satım opsiyonlarına benzer şekilde algılanmakta ve finansal opsiyonları değerlendirme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmektedir. Bu yöntemler, karar vericilerin belirsizlikler ortadan kalktıktan sonra karar verme yeteneklerini modelleyerek değerlendirme sürecini doğrudan dikkate alınmasını sağladığı gibi, riske göre düzeltilmiş iskonto oranlarının kullanım gereksinimini ortadan kaldırmaktadır. Dolayısıyla reel opsiyon yaklaşımı, yöneticilerin petrol arama ve geliştirme yatırımlarının karar süreciyle ilintili iki sorununu da giderme potansiyeline sahiptir. Sadece jeolojik çalışmaları esas alan petrol arama kararları eksiklikler içermekte, yerin altındaki petrolün değeri piyasada oluşan petrol fiyatına göre belirlenmektedir. Petrol arama yatırımlarının değerlemesinde kullanılan klasik karar analizi yaklaşımı jeolojik bilgiyi tek bir petrol fiyatı ya da petrol fiyatı tahminiyle ilişkilendirmektedir. Reel opsiyon yaklaşımı finansal piyasalarda oluşan risk-getiri ilişkilerinin petrol arama yatırımı kararlarında dikkate alınmasını sağlamaktadır. Petrol arama ve geliştirme yatırımlarının değerlendirilmesinde İNA analizi kullanıldığında, yüksek risk beraberinde daha yüksek iskonto oranı ve sonucunda daha düşük NBD elde edilmesine neden olmaktadır. Öte yandan reel opsiyon yaklaşımı uygulandığında, petrol rezervinin geliştirilmesi için bir alım opsiyonu satın alınmış olacaktır. Petrol rezervi, petrol fiyatları artış gösterdiğinde

<sup>19</sup> Analizlerde genellikle, geliştirilmemiş rezervlerin geliştirme aşamasına geçişte herhangi bir zaman aralığı bulunmadığı varsayılmaktadır. Bununla birlikte iki aşama arasında geçen sürenin, değerden indirgenmesi gerekmektedir (Paddock ve diğerleri 1998, 492).



geliştirilecek, aksi halde geliştirme yatırımı ertelenecektir. Yatırımı erteleme opsiyonunun değeri ilave maliyetlerden daha yüksek ise, arama aşamasını uzatmak ve daha yüksek petrol fiyatları için beklemek yararlı olacaktır. Ayrıca esnekliği dikkate almadan hesaplanan NBD negatif olsa bile, erteleme opsiyonunun oluşan ilave maliyetler düşüldükten sonraki değeri, elde edilen negatif NBD'yi karşıladığında, yatırım projesinden vazgeçilmemelidir. İNA analizi, gelecekteki gelişmelere bağlı olarak oluşabilecek nakit akışlarını göz ardı ederek projeye hemen başlanması gerektiği varsayımında bulunmaktadır. Ancak bu yaklaşım yönetimin, arama aşaması sonucunda istenilen sonuç elde edilmediği durumda, geliştirme çalışmalarına başlanmama kararını verme fırsatına sahip olduğunu dikkate almamaktadır. Oysa ki petrol rezervinin geliştirilmeye başlanması bir yükümlülük değil, sadece gelecekteki gelişmelerin olumlu sonuçlanması halinde kullanılabilir bir haktır. Bir başka deyişle, arama ve geliştirme yatırımları, bölgeden çıkarılabilecek petrol miktarına ilişkin belirsizlikleri ortadan kaldıracak bir dizi opsiyon içeren öğrenme yatırımlarıdır. Bütün opsiyonların koşula bağlı karar verebilmek için bir fırsatın satın alınmasını gerektirmesinin yanında öğrenme yatırımları, elde bulunduran için karar amacıyla bilgi satın alınmasını ve opsiyonu aktif tutabilmek için yatırım yapılmasını gerektirmektedir. Petrol sektöründe ilk yatırım, arama faaliyetlerine devam etmek veya geliştirme aşamasına geçmek için bir opsiyon yaratmaktadır. Elde edilen bilgi, rezervdeki petrol miktarının ve başarı şansının, bir başka deyişle yerin altındaki petrolü çıkarmanın fiziki imkanlarının belirlenmesine ışık tutmaktadır. Rezerv büyüklüğüne ilişkin belirsizlik sismik çalışmalar ve sondaj ile, başarı şansına ilişkin belirsizlik ise sondaj ile giderilebilecektir. Takip eden opsiyonların değeri, güncelleştirilmiş jeolojik belirsizlik ve petrol fiyatlarındaki belirsizliğin düzeyine bağlıdır (Karsak, 2001: 1 - 2).

### ***2.1.3. PETROL ve DOĞALGAZ PİYASASI YATIRIM AŞAMALARI ve İLGİLİ REEL OPSİYONLAR***

Petrol ve doğalgaz endüstrisi, yatırımlara ve karlılığa ölçüt şeklinde dalgalanmalar göstermektedir. Belirsizliklerden ve değişen pazar koşullarından kaynaklanan dalgalanmaları yaratan faktörleri, petrol fiyatı, teknoloji, maliyetler ve enflasyon, zaman, rezerv kalitesi şeklinde sıralamak mümkündür (Kvalevang, 2009: 12). Yatırım kararlarının opsiyon işlemleri açısından değerlendirilmesini en iyi biçimde, petrol ve doğal gaz gibi doğal kaynakların elde edilmesi ve işletilmesine yönelik projelerde görmek mümkündür. Petrol şirketinin geliştirilmemiş petrol rezervinin geleneksel NBD yöntemine göre değerlendirildiği durumda karar vericiler, gelecek nakit akışlarına yönelik, mevcut petrol fiyatlarını dikkate alarak, beklenen fiyatlar ve rezerv geliştirme maliyetleri çerçevesinde çeşitli senaryolar oluşturmaktadır. Petrol fiyatına yönelik belirsizliğin tam olarak ortadan kaldırılamaması karşısında, fiyatlara yönelik değişkenliğin yüksek olduğu durumlarda daha yüksek iskonto oranı kullanılarak çalışmalar yerine getirilmektedir. Fakat bu durum rezervin büyük ölçüde daha düşük değerlendirilmesine neden olmaktadır. Çünkü kullanılan yöntem rezervlerin geliştirilmesi anındaki esnekliği göz ardı etmektedir. Gelecek konusundaki belirsizliğin yüksekliği opsiyonu daha değerli hale getirmektedir. Bu durum bize geleneksel NBD yönteminin tam tersi bir sonucu işaret etmektedir. Geleneksel yöntemler petrol fiyatları konusundaki belirsizliğin artması durumunda yatırım yapılmasını daha az önerirken, opsiyon teorisi yatırım yapılmasını daha fazla önermektedir. Geliştirilmemiş petrol rezervlerinin opsiyon olduğu kabul edilirse, rezervlerin doğru olarak değerlendirilmesi ve geliştirilmesi için en uygun zamanın seçimi de mümkündür. Rezervlerin geliştirilmesi opsiyonun kullanılması ve kullanım fiyatı da geliştirme maliyeti olacaktır. Petrol fiyatları üzerindeki belirsizliğin artması, petrol şirketinin geliştirilmemiş rezervleri (opsiyonu) daha uzun süre elinde tutmasına neden olacaktır (Dixit ve Pindyck, 1995: 110).

Petrol ve doğalgaz arama aşamasında petrolün varlığı ile ilgili belirsizlik söz konusudur. Sahalara ilişkin beklenen değerin negatif olarak hesaplanması durumunda rezervlerin değersiz olduğunu söylemek mümkün müdür? Bu soruya doğru şekilde cevap verilebilmesi için sondaj faaliyetinin opsiyonel özelliklerinin ortaya çıkartılması gerekmektedir. Prospektlerin birbirlerine bağlı olduğu ve sondaj faaliyetinin sıralı olduğu düşünüldüğünde, birinci prospektin başarısı, ikinci prospektin başarı şansını artıracak, ilk sondaj sonrasında kuyunun boş çıkması halinde, ikinci prospektin başarı şansı azalacaktır. Dolayısıyla ilk sondajdan gelen bilgiler çerçevesinde, ikinci kuyunun koşullu şansında bir değişim yaşanacaktır. İlk sondaj sonrasında gelen bilgilerin olumsuz olması durumunda, ikinci saha için durumun evveliyetle olumsuz olacağını söylemek mümkündür. Bu durumda ikinci kuyuyu kazmak bir yükümlülük değil opsiyonel bir durumdur. Bununla birlikte ilk prospektten gelen bilgilerin yeterli derecede olumlu olması durumunda, beklenen değerin pozitif olma şansı yükselmektedir. Bu durumda birinci sondajdan gelen bilgilerin değerlendirilmesi ve ikinci sondajın bir opsiyon olarak ele alınması halinde ortaya çıkan beklenen değer hesaplaması daha gerçekçi olacaktır. Söz konusu değer hesaplama bakımından kritik faktör, sondaj faaliyetinin opsiyonel özelliği ve süreçte elde edilen bilgilerin kullanılmasıdır (Dias, 2004: 95).

Enerji sektöründeki çoğu yatırım projesi, opsiyon üzerine opsiyon olarak tanımlanabilecek kademe opsiyonuna uygunluk göstermektedir. Bu durumda yatırımın her bir aşaması, önceki opsiyonların kullanımına bağlı olarak şekillenmektedir (Paddock ve diğerleri, 1998: 486). Ham petrol yatırımları, üretilecek petrolün rezervlerin geliştirme opsiyonuna bağlı olması nedeniyle bu duruma güzel bir örnek oluşturmaktadır. Geliştirme opsiyonu ise arama düzeyindeki opsiyonlara bağlı olarak gelişmektedir. Dayanak varlığın fiyatı gibi, tek bir

belirsizlik kaynağına sahip opsiyonlar basit opsiyon olarak adlandırılmaktadır. Bununla birlikte çoğu reel opsiyonun değeri, birçok belirsizlik altında şekillenmektedir. Söz konusu opsiyonlar ise gökkuşağı (*rainbow*) opsiyonları olarak adlandırılmaktadır. Geliştirilmemiş petrol rezervlerini, rezervlerin geliştirilmesinin en az iki belirsizlik kaynağından etkilenmesi nedeniyle, gökkuşağı opsiyonu olarak nitelendirmek mümkündür. Belirsizliğin ilk kaynağını petrol fiyatları oluştururken, rezerv miktarı ise belirsizliğin ikinci kaynağını oluşturmaktadır (He, 2007: 11-12).

**Tablo 2.2. Petrol ve doğalgaz sahalarına yönelik reel opsiyonlar**

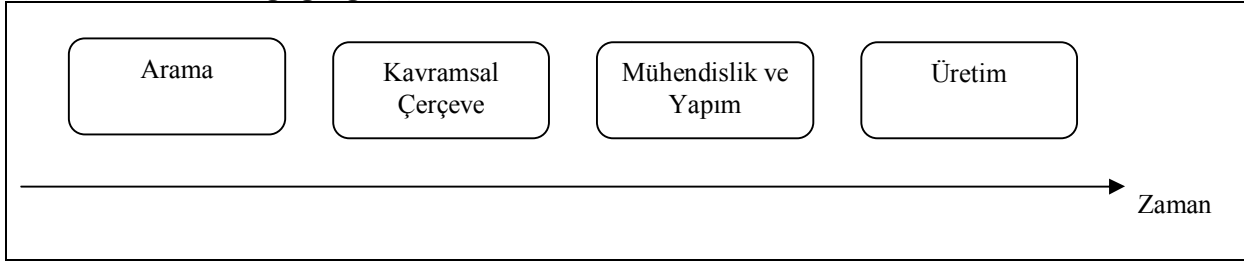
Aşama	Petrol/Doğalgazın Varlığı	İlgili Opsiyon
Arama	İlk arama ( <i>wild cat</i> ) saha	Arama opsiyonu (kullanım)
Değerleme	Tespit ( <i>undelineated</i> ) sahası	Değerleme opsiyonu (kullanım)
Geliştirme	Geliştirilmemiş saha	Geliştirme/üretim opsiyonu (kullanım)
	Geliştirme/üretim sahası	Genişleme opsiyonu
Üretim	Değişik oranlarda Üretim yapılan sahalarda	Geçici süre erteleme opsiyonu Terk etme opsiyonu (kullanım)

**Kaynak: He (2007, 28)**

Petrol ve doğalgaz sahalarının geliştirilmesi, çok yönlü ve yüksek derecede belirsizlik içeren bir özellik göstermektedir. Bu yüzden geliştirme stratejisinin seçimi, projenin erken zamanlarından itibaren başlamakta olup, saha ile ilgili bilgilerin kıt olduğu süreçlerde örneğin, satış fiyatının ve gelecek üretimin bütün bir kesinlikle bilinmemesine rağmen, çeşitli kararlar verilmektedir. Bu durumda yöneticiler, mükemmel olmayan veri seti altında problemlerin çözümüne yönelik kararlar almaktadır. Bu anlamda, geliştirme stratejisinin seçimi, projenin karlılığına olan katkısı bakımından büyük önem taşımaktadır. Söz konusu geliştirme stratejisini petrol ve doğalgaz sektörünün “arama/tespit, geliştirme ve üretim” aşamaları

çerçevesinde aşağıdaki şekilde modellemek mümkündür. Kavramsal çerçeve ve mühendislik ve yapım işini, geliştirme aşamasının alt bileşenleri olarak tanımlamak mümkündür (Lund, 1999: 3):

**Şekil 2.2. Petrol ve doğalgaz geliştirme safhası alt bileşenleri**



**Kaynak: Lund (1999,3)**

Petrol ve doğalgaz sahalarının geliştirmesine yönelik aşamaları, değer zincirinin bir tamamlayıcısıdır. İlk aşamada, işletmeler, rezervler ve üretim oranı hakkında daha fazla bilgi edinebilmek için; projeye hemen başlamak, beklemek ya da sahayı terk etme kararını verebilmek bakımından ekstra kuyu açma kararını vermektedirler. İkinci aşamada, şirketler geliştirme kavramı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu aşamada ilgili üretim kapasitesine ve kapasitenin nasıl oluşturulacağına karar verilmektedir. İşletmeler bu aşamada da, bekleme ve terk etme seçeneklerine sahiptir. Üçüncü aşama, verilen kararların uygulamasına yöneliktir. Dördüncü aşamada ise, üretimin düzeyine, üretim kuyularının sayısına ve yatırımın genişletilmesi seçeneklerine karar verilmektedir (Kvalevang, 2009: 12). Yukarıda yer verilen her aşamada çeşitli esnekliklerin yaratılabilmesi petrol ve doğalgaz projelerinde reel opsiyon yaklaşımının kullanılmasını öne çıkartmaktadır. Bütün süreçlerde ortak olan esneklikleri; “bütün aşamalarda projeye son verebilmek ve beklemek (geçici sürede geliştirmeyi durdurmak ve herhangi bir faaliyette bulunmamak)” olarak sıralamak mümkündür (Lund, 1999: 11).

**Tablo 2.3. Hidrokarbon saha geliştirme karar aşamaları**

Arama	Kavramsal Çerçeve	Mühendislik ve Yapım	Üretim
Kuyu sondajı	Kavram seçimi	Başla / Durdur	Hidrokarbon üretimi
Başla / Durdur	Üretim öncesi kuyu sondaj	Terk et	Yatırımı genişlet
Devam	Başla / Durdur		Ek kuyu aç
Bekle	Bekle		Başla / Durdur
Terk et	Terk et		Bekle
Yeniden başla			Terk et

**Kaynak: Kvalevang (2009, 19), Lund (1999, 8).**

Teknik, ticari ve operasyonel olarak çok sayıda bileşeni içinde barındıran yeni bir petrol ya da doğalgaz sahasının tipik aşamaları olan; arama/tespit (*exploration/appraisal*), geliştirme (*development*), üretim (*production*) ve terk etme (*abandonment*) süreçlerine ilişkin olarak çok çeşitli opsiyonların yaratılması söz konusudur (Mun, 2002: 38). Arama aşaması genellikle, yatırım maliyetinin %10 - %30 arasındaki bölümü kapsamaktadır. Rezerv değerlemesinin temeli, işletmecinin daha önceki rezerv hacmi ve kuyu oranının (kuyunun üretim kapasitesi) olasılık dağılımına dayanmaktadır. Söz konusu dağılım ise, sismik çalışmalar ve ilk arama kuyularından elde edilmektedir. Bununla birlikte, geliştirme aşaması öncesinde, ekstra arama kuyuları açılarak, rezerv miktarı konusunda yeni bilgiler edinilmesi mümkündür. Ek kuyuların açılması, kavramsal çalışmanın yapılacak olması nedeniyle sınırlı bir zaman sürecine sahiptir. Yeni kuyulardan elde edilecek bilgiler, rezerv hacminin doğru şekilde ancak üretim aşamasında belirlenebilmesi nedeniyle, düşük hacim ya da yüksek hacim şeklinde ikili (*binary*) sonuçtan bir tanesine ulaşacaktır (Lund, 1999: 5). Arama aşamasında yöneticiler, sismik aşamasında elde edilen bilgiler üzerinden karara varmaktadır. Arama harcamaları göreceli olarak diğer aşamalara göre daha az maliyet gerektirmektedir. Bir çok olayda, arama için opsiyonun kullanılması optimaldir. Bu aşamanın başarılı olması, bir başka deyişle, petrol veya doğalgazın keşfedilmesi halinde, firma, rezervlerin kalitesi ve miktarı hakkında daha fazla bilgi edinerek, tespit kuyularına yatırım ya da üç boyutlu sismik yapma konusunda opsiyona sahip olmaktadır (He, 2007: 28). Arama aşaması, arama harcamalarının yapılması

ve geliştirilmemiş rezervlerin alınması konusunda çeşitli opsiyonlar içermektedir. Süreç, hak için ödenen para olan kullanım fiyatı karşılığında hisse alınması ile finansal opsiyona benzemektedir. Lisansın belirli bir süre için geçerli olması, çeşitli kararların verilmesini gerekli kılmaktadır. Bu süreçteki en büyük belirsizlik, ilgili sahadaki hidrokarbon miktarıdır. Bu belirsizlik ancak arama faaliyetleri ile giderilebilmektedir. Rezerv miktarı riskinin teknolojik ve jeolojik karaktere sahip olması, sistemik olmayan riski işaret etmesi nedeniyle, risk primi gerektirmemektedir. Bu durumda risk yansız bir yaklaşım uygun olacaktır (Paddock ve diğerleri, 1998: 483 – 484).

Geliştirme aşamasına yönelik kavramsal çalışma, üretim kapasitesi ve üretim sürecinde söz konusu kapasitenin nasıl genişletilebileceğine yöneliktir. Söz konusu kapasite, üretim, *process* edilme ve depolama gibi bütün süreçleri kapsamaktadır. Bu aşama ayrıca, üretim kuyularına yönelik sondaj faaliyetleri öncesindeki kararları kapsamaktadır (Lund, 1999: 6). Elde edilen bilgilerin rezervlerin prospekt konusunda çekici olması halinde firma opsiyonunu kullanarak, geliştirme aşamasına yönelik büyük yatırımları gerçekleştirebilecektir. Aksi bir sonuçta, firma, geliştirilmemiş rezervlerin hakkını devrederek veya yeni bilgilerin elde edilebilmesi için süreci durduracaktır. Bu aşamadaki erteleme opsiyonu, yatırım harcamalarının büyüklüğü dikkate alındığında oldukça büyük bir önem arz etmektedir. Geliştirme sahalarının ömrü boyunca, işletmeler genişletme, üretimi erteleme ya da sahayı terk etme gibi çeşitli opsiyonlara sahiptir. Tüm bu süreci, bir sonraki opsiyonun bir öncekine bağlı olması nedeniyle, kademe opsiyonu olarak adlandırmak mümkündür (He, 2007: 28). Arama aşamasında elde edilen, hidrokarbon rezerv miktarı ve geliştirme maliyetine yönelik bilgiler sonrasında, lisans sahibi söz konusu geliştirme maliyetlerine katlanma ve üretim kapasitesi inşa etme şeklinde bir opsiyona sahiptir. Geliştirme opsiyonunun kullanılması halinde, opsiyon sahibi geliştirilmiş rezervlere sahip olacaktır. Bu durumda sıradaki opsiyon, üretime

yöneliktir. Geliştirilmiş rezervlerin değerlemesi, hidrokarbon kalitesi, üretim oranı ve maliyeti, vergiler, devlet hissesi, hidrokarbon fiyatı gibi girdilerin bilinmesini gerektirmektedir. Firma bunları kendisi tahmin etme yoluna gidebileceği gibi benzer rezervler veya ikincil piyasalardan da faydalanma yoluna gidebilecektir (Paddock ve diğerleri, 1998: 485).

Üretim aşamasında işletme, üretimin seviyesine, üretim kuyularının sondajına ve üretim birimlerinin kapasitelerinin artırılmasına yönelik opsiyonlar konusunda karar vermektedir. Üretim kuyularının sondajı ve üretim kapasitesinin artırılması, kapasite esnekliğinin birer örneğini oluşturmaktadır. Herhangi bir petrol ya da doğal gaz sahasından maksimum üretimin,  $t$  zamanında elde edilmesine yönelik formül aşağıdaki gibidir (Lund, 1999: 6 - 7):

$$Q_{\max, t} = \min \{ Nt, Q_{wt}, Q_{pt}, Q_{rt} \}$$

Formülde yer verilen  $Nt$ ,  $t$  zamanındaki üretim kuyusu sayısını,  $Q_{wt}$ , kuyuların  $t$  zamanındaki üretim kapasitesini;  $Q_{pt}$ , üretim platformunun  $t$  zamanındaki üretim kapasitesini ve  $Q_{rt}$  ise  $t$  zamanında rezervlerin maksimum tükenme oranını ifade etmektedir. Üretim sürecinde kullanılan platformlar, üretim miktarından bağımsız olarak, sabit faaliyet maliyetini oluştururken, değişken maliyetler ise bir varil karşılığı (veya eşlenik doğalgaz miktarı üzerinden) olarak hesaplanmaktadır (Lund, 1999: 7). Reel opsiyon analizi, daha iyi değerlemeye ek olarak dinamik ve değer maksimizasyonu varlık yönetimi alanında da bir yol haritası sunmaktadır. Örneğin yüksek petrol fiyatları, iyi kuyu test ve düşük sismik sonuçları pilot geliştirme planının yapılmasını gerektirmektedir. Yapılacak ek testler, geliştirme veya terk etme öncesinde belirsizliğin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Diğer kritik politikaları şu şekilde sıralayabiliriz (Faiz, 2002: 45):



- Mevcut kuyuların erken testlerinin yapılarak gelecek projelerin potansiyelinin açığa çıkartılması ve test aşamasında yüksek veya düşük petrol fiyatlarının erken terk kararı için uygun olup olmadığına karar verilmesi. Uzun dönemli petrol fiyatlarının düşük olduğunun tahmin edilmesi durumunda terk etme kararının uygulanması.
- Sismik verilerin ortaya çıkmasına kadar pilot geliştirme kararlarının ertelenmesi. Temel strateji erken pilot geliştirme programlarının her türlü durumda yerine getirilmesidir. Reel opsiyon analizi, projelerin yüzde 34'nün değerlemeye tabi olduğunu ve yaklaşık üçte biri için erken geliştirme programlarına ihtiyaç olmadığını ortaya koymaktadır.
- Erken üretim aşamalarından kaçınılması. Her ne kadar ulusal otoriteler bu stratejiyi zorlasalar dahi, reel opsiyon analizi değer azaltıcı olması nedeniyle bu durumu desteklememektedir.

Görüldüğü üzere, petrol ve doğalgaz endüstrisi açısından, genişletme, erteleme ve terk etme opsiyonları özellikle büyük bir önem arz etmekle birlikte (Kvalevang 2009, 47), diğer durumlar bakımından da çeşitli opsiyonların yaratılması mümkündür. Erteleme (zaman) opsiyonu, petrol ve doğalgaz fiyatları konusundaki belirsizliğin azalması çerçevesinde yönetime yeniden değerlendirme şansı tanımaktadır. Fiyatların yeteri derecede yükselmesi, yatırımı yapılabilir kılarken, fiyatların düşmesi yatırımdan vazgeçilmesine neden olabilecektir (Trigeorgis, 1998,: 6). Erteleme ya da bekleme opsiyonu, işletmeye, sahaları geliştirme aşaması öncesinde, projeyi ve pazar koşullarını değerlendirme konusunda şans tanımaktadır. Projenin NBD'sinin pozitif olması halinde dahi, beklemek bazen işletmeler için daha iyi sonuçlar yaratabilmektedir. Fiyatın önümüzdeki dönemler artacağıının öngörülebilmesi, beklemeyle kazançlı hale getirmektedir (Kvalevang, 2009: 47). Fiyatların beklenenden daha iyi seviyelere gelmesi, işletmelerin gelecek büyüme fırsatını kullanabilmesi bakımından

yatırımlarını genişletmesine olanak sağlamaktadır (Trigeorgis, 1998: 6). Genişletme opsiyonu, yatırımın devam etme fırsatının çerçevesinde şekillenmektedir. İşletmenin sahayı genişletmeye karar vermesi durumunda, yatırım için çeşitli aşamaların varlığı söz konusudur. Aşamaların ilerlemesi, işletmenin, pazar koşulları, teknoloji, maliyetler, çıkartılabilir rezerv ve üretim oranı gibi yeni bilgiler edinilmesine olanak sağlamaktadır. Fiyatların yükselmesi üretimin çekici hale gelmesine ve açılan kuyuların sayısının artmasına neden olmaktadır. Bu durumda yatırımın genişletilmesi söz konusudur (Kvalevang, 2009: 47). Pazar koşullarının beklenenden daha kötü olarak gerçekleşmesi, işletmelerin kapasiteleri altında çalışmasına ya da ölçeği küçültmesine neden olmaktadır (Trigeorgis, 1998: 7). Bu durumda, terk etme/küçülme opsiyonunu ise genişleme opsiyonunun tersi olarak düşünmek mümkündür. Teknolojik problemlerin baş göstermesi, maliyetlerin artmasına veya fiyatların düşmesine, projenin küçültülmesi ya da terk edilmesine neden olabilmektedir (Kvalevang, 2009: 47). Doğalgaz ve petrol üretiminin otomatik olarak sürekli devam etmesi yerine zaman zaman fiyatların düşmesi nedeniyle değişken maliyetlerin karşılanamaması durumunda faaliyetlerin durdurulması ve koşulların iyileşmesi ile birlikte yeniden faaliyete devam edilmesi de mümkündür (Trigeorgis, 1998: 8). Reel opsiyon yöntemi, varlık değerlendirme ve yatırım değerlendirme gibi birbiri ile ilgili iki amacı hedeflemektedir. Reel opsiyon uygulamaları, varlıkların kısa dönemli planlamaları ve uzun dönemli yatırım stratejileri uygulamaları bakımından öne çıkmaktadır (He, 2007: 26).

#### ***2.1.4. PETROL ve DOĞALGAZ FİYATLARININ TAKİP ETTİĞİ STOKASTİK SÜREÇ ve DEĞİŞKENLİK ANALİZİ***

Fiyatlama konusu özellikle değişkenlik nedeniyle kötü bir şöhrete sahiptir. Fiyatların dalgalı olması, yatırım yapılabilmesine nasıl karar verileceğinin önemini daha da artırmaktadır. Birçok sektörde yatırım yapmak batık maliyetleri içermektedir. Petrol ve doğalgaz projeleri

finansal kaynakların uzun bir süre boyunca bu yatırıma bağlanmasını gerektirmektedir. Fiyatlar yüksek dahi olsa, fiyatlarda görülen dalgalanmalar, yeni bilgiler elde etmek için beklemenin değerini daha da artırmaktadır. Bu durumda geleneksel NBD yaklaşımının sonuçları yeterli olmamaktadır. İşletmenin kapatılması da, yeniden faaliyete başlanılmasının maliyeti nedeniyle benzer şekilde batık maliyetler içermektedir. Opsiyon değerinin ve geri dönülemez yatırımlara etkilerinin anlaşılması, fiyatların neden bu denli dalgalı olduğunun da anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Fiyatların ileri ki bir zamanda düşeceği biliniyorsa, üreticiler hemen kapasite artırımına gitmek yerine beklemeyi tercih edeceklerdir. Arzın beklenen bir biçimde artmaması, fiyatların artmasına neden olacaktır. Talepte düşüş yaşanması durumunda ise, opsiyon açık tutulacaktır. Pek çok işletmenin faaliyet gösterdiği ekonomik çevre, artan küreselleşme, döviz kurunda yaşanan dalgalanmalar, hızlı teknolojik gelişmeler gibi nedenlerden dolayı eskisine nazaran daha dalgalı ve tahmin edilemez durumdadır. Nedeni ne olursa olsun, söz konusu belirsizlikler yöneticilerin daha dikkatli olmasını ve riski hesaba katmasını gerektirmektedir. Opsiyon yaratılarak elde edilen esneklik, geleneksel NBD yönteminden daha fazla bir değer yaratmaktadır (Dixit ve Pindyck, 1995: 115).

Bu durumda proje değerlendirme aşamasında, modelde yer alan değişkenlerin hangi kesinlikte olduğu konusunda bazı düşüncelere sahip olunması gerekmektedir. Pazar koşullarına da bağlı olmakla birlikte, değerlemede kullanılacak olan parametrelerin şimdiki durumdan aşağı veya yukarı doğru hareket etme süreci istatistiksel anlamda olasılık dağılımı olarak adlandırılmaktadır. Yeni durumların aşağı veya yukarı olma durumlarının eşit şansa sahip olması simetrik dağılımı, eşit şansa sahip olmaması ise çarpık (*skewed*) dağılımı ifade etmektedir. Modelde yer alan her bir girdinin olasılık yoğunluk fonksiyonu ile belirlenmesi (*probability density function*), karar vericilerin tek bir değer yerine değerler setini dikkate

almalarına olanak sağlamaktadır. Tek değer en muhtemel değer iken, belirsizlik, söz konusu değer alabileceği değerlerin genişliğini ifade etmektedir. Normal olasılık dağılımı, gözlemlenen değerlerin merkezden aşağıda ya da yukarıda olmasının eşit olasılığa sahip olduğu simetrik dağılımı ifade etmektedir. Standart sapma ise değerlerin, ortalamadan (*mean*) ne kadar uzaklıkta gerçekleşebileceğini göstermektedir. Petrol ve doğalgaz fiyatları, petrol ve doğalgaz projeleri bakımından tahmini en zor ve en önemli girdiyi oluşturmaktadır. Söz konusu fiyatların belirlenmesinde tarihsel verilerden ya da çeşitli tahminlerden faydalanmak mümkündür. Söz konusu fiyatların genellikle normal olasılık dağılımını takip etmediği düşünülmektedir. Söz konusu fiyatların dağılımına ilişkin öne çıkan görüşlerden bir tanesi, fiyatların üçgen (*triangular*) dağılım özelliği göstermesidir. Üçgen dağılım, girdiye en muhtemel, en yüksek ve en düşük değerlerin atfedilmesini gerektirmektedir. Kapalı bir dağılım olan üçgen yaklaşımı, simetrik ya da çarpık olabilmektedir (Kvalelag, 2009: 32). Bununla birlikte petrol ve doğal gaz projeleri bakımından genellikle kabul edilen en yaygın görüş ise fiyatların ve rezervlerin log-normal dağılmış olduğu yönündedir.

Belirsizliğin derecesine bağlı olmak üzere, rezervlerin, son ikisi kanıtlanmamış olmak üzere, “kanıtlanmış (*proved*), muhtemel (*probable*), mümkün (*possible*)” olarak üç başlık altında sınıflandırılması mümkündür. Kanıtlanmış rezervler, yüksek derecede güvenilirlik altında keşfedilmiş belirli miktarlardaki rezervi ifade etmektedir. Kanıtlanmış rezervler geliştirilmiş ve geliştirilmemiş olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Muhtemel rezervler, kanıtlanabilir olmayandan daha çok, mümkün rezervler ise olası rezervlerden daha az kanıtlanabilir rezervleri ifade etmektedir. Rezervlerin belirlenmesi jeolojik ve mühendislik verilerine bağlıdır. Kanıtlanmış rezervlerin keşfedilebilirliği (üretilebilirliği) mevcut ekonomik koşullar, üretim yöntemleri ve hükümet düzenlemelerine, kanıtlanmamış rezervlerin durumu ise ekonomik koşullara ve teknolojiye bağlıdır. Merkezi limit teorisine göre, rezervler, girdi

değişkenlerinin türünden bağımsız olmak üzere, log normal dağılım özelliğine sahiptir. Bu çerçevede, kullanılacak analitik tekniklerde rezervlerin log normal dağıldığı yaklaşımı kabul edilmektedir (Demirmen 2007:80 -84).

Petrol ve doğalgaz endüstrisinde, arama ve geliştirme aşamalarında yapılan yatırımlar, genellikle macera ya da kumar olarak görülmektedir. ABD’de son 30 yıllık süreçte, arama kuyularının %72’si ve geliştirme kuyularının %19’u kuru (*dry holes*) çıkmıştır. Söz konusu başarısızlık, jeolojik formasyonlardan, rezervlerin üretim maliyetlerini karşılayacak kalitede olmamasına, teknik problemlerden sondaj ekipmanlarının yetersizliğine kadar çeşitli nedenlerden kaynaklanmaktadır. Geleneksel İNA yöntemlerinde, kuru kuyular modelde başarısızlık faktörü olarak dikkate alınmaktadır. Bununla birlikte, rezervlerin başarısızlık olasılığı sabit değildir ve stokastik bir süreç takip etmektedir. Bu durum, söz konusu belirsizliğin, geliştirme rezervlerinin değer fonksiyonuna dahil edilmesini gerektirmektedir (He, 2007: 35). Rezervlerin değeri, çıktı fiyatları ve jeolojik/teknik risklerin fonksiyonundan meydana gelmektedir. Bu durumda rezervin değerini  $Z = PG$  şeklinde yazmak mümkündür. Jeolojik riskin, sıfır sabit değişkenliği takip ettiği varsayıldığında, Brownian hareketin;  $dG/G = \sigma_G dw_G$  şeklinde, çıktı fiyatının ise, risk yansız bir ölçümlemede geometrik brownian hareketi (GBM) sürecini takip ettiği varsayılarak,  $dP/P = (r - \delta) dt + \sigma_P dw_P$  olarak yazılması mümkündür. Jeolojik/teknik riskin çıktı fiyatından bağımsız olduğu varsayıldığında,  $dw_P dw_G = 0$  eşitliğine ulaşılabacaktır. Ito matematiğinin uygulanması halinde,  $dZ/Z = (r - \delta) dt + \sigma_P dw_P + \sigma_G dw_G$  eşitliği elde edilecektir. Bu durumda rezervin değeri, değiştirilmiş varlık fiyatına fakat daha yüksek değişkenlik ile eşit olacaktır ( $\sigma_Z = \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_G^2}$ ). Bu şekilde, fiyat ve jeolojik/teknik belirsizliklerin tek faktörlü bir modele dönüştürülmesi imkan dahilindedir. Benzer şekilde iki belirsizliğin basitleştirilmesine yönelik çeşitli modeller bulunmaktadır (He, 2007: 36).

Petrol ve doğalgaz yatırım projeleri bakımından en önemli belirsizliği, dayanak varlığın fiyatı oluşturmaktadır. Rezervlerin üretimi için, petrol fiyatı doğrudan dayanak varlığın yerini almaktadır. Geliştirme (*developed*) sahaları veya tespit edilmiş rezervler bakımından ise dayanak varlık, petrol fiyatının bir fonksiyonu olan geliştirilen rezervlerin değeri olarak nitelendirilmektedir. Endüstri bakımından genel kabul görmüş anlayış ise, kuyu başı (*wellhead*) fiyatı ve geliştirilmiş rezervler arasındaki lineer ilişkidir (He, 2007: 29).

Bu durumda, petrol ve doğalgaz fiyatlarını, sektörün en önemli bileşeni olarak nitelendirmek mümkündür. Fiyatların öncelikle, arz ve talep koşulları tarafından belirlendiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Çeşitli organizasyonlar, hükümetler, firmalar, global ekonomi, çeşitli çevresel ve iklimsel etkenlerin petrol fiyatları üzerinde etkisi bulunmaktadır. Dünya rezervlerinin üçte ikisini, üretimin %35'ini elinde bulunduran petrol ihraç eden ülkelerin organizasyonu olan (OPEC), piyasayı dengelemek açısından bir takım önlemlere başvurmaktadır. Örgüt, arzı kontrol edebilmek için üretimi koordine etmektedir. Hükümetler tarafından gündeme getirilen düzenlemelerinde fiyatlar üzerinde etkisi söz konusudur. Talep tarafında ise, özellikle Çin gibi büyüyen ekonomilerin enerji ihtiyacı fiyatların yükselmesine neden olabilmektedir (Kvalevang, 2009: 12-13). Ham petrol fiyatlarının ise; arz/talep, üretim oranı, taşıma, kalite ve rezervlerin elde edilebilirliği gibi beş faktör tarafından belirlendiğini söylemek mümkündür. İlk dört faktör fiyatlar üzerinde doğrudan bir etkiye sahipken, beşinci faktör ancak dünya üretim oranlarının yetersiz olması durumunda etkili olmaktadır. Doğalgaz ise, boru hattı ile taşıma maliyetleri dışında, sondaj ve geliştirme açısından ham petrole nazaran daha ucuzdur (Seba, 2003: 55). Bu durumda gelecekte fiyatları etkileyecek parametreler olarak; jeopolitik gelişmeler ve ulusal güvenlik, alternatif enerjilerin gelişimi ve teknolojik ilerlemeler, elektrikli araçların gelişimi, karbon emisyonu ve çevresel

düzenlemeler, Irak'ın üretim kapasitesi ve Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC)'in politikaları, üretim maliyetleri, ekonomik büyüme, dünya nüfusu ve gelişen pazarların alacağı durum önem kazanmaktadır (Bilir, 2010b: 4). Fiyat dalgalanmalarının iki yıl olarak kabul edilebilecek kısa vadede; jeopolitik gelişmeler, spekülasyon haberleri, OPEC politikaları, stoklar, küresel kriz ve ABD dolarının değeri, üç ila yedi yıl olarak kabul edilebilecek orta vadede; ekonomik büyüme, sektörel yatırımlar ve OPEC politikaları ve uzun vade olarak kabul edilebilecek uzun vadede ise; rezervlerin ömrü, ekonomik büyüme, alternatif enerjilerin gelişimi, iklim değişikliği, sektörel yatırımlar ve OPEC politikaların bağlı olacağını söylemek yanlış olmayacaktır (Bilir, 2010a: 5).

Enerji üretici ve tüketicileri düzenli olarak, petrol, doğalgaz ve kömür gibi kaynakların yirmi ya da otuz yıla yayılan fiyatlarını tahmin etmeye çalışmaktadır. Üreticilerin tahminindeki temel amacı stratejik planlar yapabilmek iken, endüstri tüketicileri girdi maliyetlerini, belirleyebilmek için benzer hesaplamaları yapmaktadır. Enerji fiyatlarının arz ve talepte yaşanan değişimler ya da arz ve talebi belirleyen değişkenleri içeren yapısal kavramlar ile ortaya konulması ideal yöntemdir. Bununla birlikte yapısal kavramların uzun dönem tahminler için yararlı olmasına rağmen özellikle, yatırım ve üretim kapasitesi, stok durumu, talep belirleyicileri gibi açıklayıcı değişkenlerin tahmininin zor olduğu bilinmektedir. Bu anlamda yapısal kavramların daha çok kısa ya da anlık fiyat ya da diğer değişkenlerin tahminine daha uygun olduğu söylenebilmektedir. Bu anlamda uzun dönemi kapsayan enerji fiyatlarının tahmini sıklıkla, fiyatın bazı sabit oranlarda büyüyeceği varsayımı altında yapılmaktadır. Söz konusu büyüme oranı, kaynağın tükenmesini ve teknolojik değişimleri dikkate almaktadır. Bununla birlikte zaman zaman, fiyatın rassal yürüyüş (*random walk*) hareketini takip ettiği ya da alternatif olarak belirli bir dönem sonunda ortalamaya (*mean reversion*) geri döneceği varsayılmaktadır. Bu tip bir tahmin, ürünün rekabetçi bir piyasada

üretip satılması varsayımı ile de tutarlıdır. Bir başka değişle, uzun dönemde fiyatlar marjinal maliyete geri dönecektir. Bu varsayım, fiyat şoklarının geçici olduğunu, uzun dönemlerde fiyatın rassal yürüyüş yerine ortalamaya geri döneceğini ileri sürmektedir. Bu durumda fiyatın stokastik (rastgele) bir süreç izlediğini temel alan yaklaşımların uzun dönem tahminler bakımından rasyonel sonuçlara ulaşmasının mümkün olup olmadığı belirlenmelidir. Petrol ve doğalgaz yatırımlarının geri dönülemez ve opsiyon benzeri özelliği konuyu daha önemli hale getirmektedir (Pindyck, 1999: 1-2).

Reel opsiyon problemlerinin başlangıç noktasını, petrol ve doğalgaz fiyatlarının modeli için stokastik sürecinin tanımı oluşturmaktadır. Aynı yatırım problemi için, farklı petrol fiyatı süreçlerinin benimsenmesi, farkı değerlendirme sonuçlarına ulaşılmasına yol açabilmektedir. Literatürde, petrol fiyatlarının takip ettiği sürece yönelik; “Geometrik Brownian Hareket süreci (GBM), ortalamaya dönüş, iki faktörlü model ve üç faktörlü model” olmak üzere dört farklı görüş mevcuttur (He, 2007: 29):

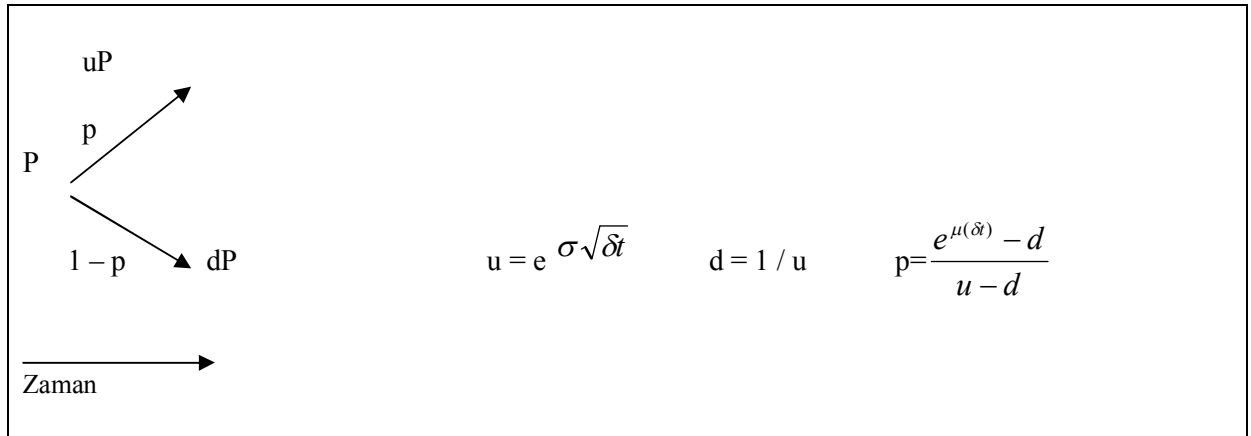
GBM, doğrudan finansal piyasalar için geliştirilmiş olan Black – Scholes modelinden türetilmiştir. Dayanak varlık, tahmin edilen zaman sürecinde lognormal dağılımı takip etmekte ve büyüme/düşme aşamalarında logaritmik özellik göstermektedir. Model, petrol arama uygulamalarına yönelik tasarlanmasına rağmen, basitlik ve uygulama için az sayıda değişkene ihtiyaç duyulması nedeniyle, reel opsiyon değerlemesi için oldukça popülerdir. GBM modelinin menkul kıymetler bakımından oldukça uygun olduğu kanıtlanmış olmakla birlikte, varlık piyasaları için, ortalamaya dönüş (*mean reversion*) modelinin, arz ve talep koşullarını dikkate alarak uzun dönemde fiyatın alabileceği değere odaklanmasının daha gerçekçi olduğuna yönelik görüşler de mevcuttur. Bununla birlikte, GBM modeli bir çok reel opsiyon modeli için iyi tahminlerde bulunmaktadır. Yöntem, spot fiyatların uzun dönem



denge seviyelerinden oldukça farklılaştığı olaylar bakımından ise yetersiz kalmaktadır (He 2007, 29). GBM modelinde, petrol fiyatı sürecin ortalama değişimini (*expected rate of return*) ve değişkenliği ifade eden;  $\mu$  ve  $\sigma$  tarafından belirlenmektedir. Şimdiki fiyat  $p(0)$  için, gelecek petrol fiyatı  $p(t)$ , stokastik bir süreç takip etmekte olup, aşağıda yer verilen formül ile elde edilmektedir. Formülde yer verilen  $dz$ , standart Brownian hareketin artışını,  $dt$  zamanı ifade etmektedir (Smith and McCardle, 1998: 12):

$$d(\ln(p(t))) = \mu_p dt + \sigma_p dz_p(t)$$

Modelde kullanılan GBM yaklaşımı, ilk olarak Cox, Ross ve Rubinstein tarafından önerilen binom modelidir.  $P$ , petrolün ilk fiyatı olarak kabul edildiğinde, binom modeline göre  $p$  belirli zaman aralıklarında,  $uP$  kadar yukarı veya  $dP$  kadar aşağıya hareket edecektir. Yukarı veya aşağı hareketin olasılıkları ise  $p$  ve  $(1-p)$  kadar olacaktır (Lund 1999, 10 -11).



Reel opsiyonlara yönelik literatürün çoğunluğunda, dayanak varlığın (petrolün fiyatı), rassal yürüyüş özellikle GBM sürecini takip ettiği varsayılmaktadır. Bu modelde petrol fiyatları

herhangi bir uzun dönemde, daha önceki dönemlerdeki fiyatlarda meydana gelen beklenmeyen değişimlerin yönlendirdiği daha sonraki fiyatlar için geçerli koşullu dağılım olan lognormal olarak kabul edilmektedir. Her ne kadar söz konusu model oldukça geniş bir kabul görmüş ise de, modelin varsayımlarının tutarlılığı konusunda bazı şüpheler vardır. Fiyatların uzun dönem ortalama fiyatların üzerine yükselmesi, yeni kapasitenin ortaya çıkmasına, bu durumda, uzun dönemde fiyatların tekrar aynı seviyelerine dönmesine neden olacaktır. Fiyatların, uzun dönem ortalama fiyatların altında olması, bazı kapasitenin pazardan çıkmasına, bu durumda, yine fiyatların eski seviyesine dönmesine neden olacaktır. Bu anlamda petrol fiyatlarının, ortalamaya dönüş modeline bir başka değişle fiyatların uzun dönem ortalama fiyatlara geri döneceği varsayımına daha uygun olduğu ileri sürülmektedir. Petrol fiyatlarının GBM yerine ortalama dönüş modelini takip ettiği varsayımının kabul edilmesi durumunda, daha düşük beklenen değer ve daha az belirsizlik ile karşılaşılmaktadır. Riskte ve beklenen değerde yaşanan düşüş, yüksek veya düşük petrol fiyatları olasılıklarının azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda değerlendirme fiyata daha az duyarlı hale gelmektedir. Bu durumda uzun dönemli projeler bakımından mevcut fiyatların değil uzun dönem ortalama fiyatların karlı olup olmadığı, ortalamaya dönüş modeli bakımından en kritik soru olarak karşımıza çıkmaktadır (Smith ve McCardle, 1998: 7). Modele ilişkin formül aşağıdaki gibidir:

$$d\Pi(t) = k (\Pi_x - \Pi(t)) dt + \sigma\Pi dz \Pi (t)$$

Formülde yer alan  $\Pi_x$ , log-fiyatların döneceği uzun dönem ortalamayı,  $k$ , ortalamaya dönüşün kuvvetini,  $\sigma\Pi$  sürecin değişkenliğini,  $dz \Pi (t)$  ise standart Brownian hareket sürecinin artışını ifade etmektedir (Smith ve McCardle, 1998: 13). Ortalamaya dönüş modelinin, gelecek pazarlar ve uzun dönemli ekonometrik testler ve mikro ekonomi teorisine göre daha tutarlı

olduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte GBM modeli kullanım açısından çok daha basittir. Pindyck (1999), 127 yıllık verileri kullanarak yapmış olduğu çalışmasında, petrol fiyatları için ortalamaya dönüş modelinin daha doğru olduğunu bununla birlikte denge seviyesinin belirsiz ve geri dönüşün yavaş olduğunu belirtmiştir. Yazar, GBM modelinin uygulanması halinde önemli derecede hataların ortaya çıkmayacağını da ifade etmektedir. Lo ve Wang (1995), Black - Scholes uygulamasının değeri farklı tahmin ettiğini ancak söz konusu farklılığın çok küçük olduğunu ve uzun dönemleri kapsayan reel opsiyon değerlemesi bakımından önemli olmadığını ifade etmişlerdir (Pindyck, 1999: 24).

Gibson ve Schwartz (1990) tarafından geliştirilen iki faktör modeli (two factor model), petrol fiyatlarının GBM ve petrol uygunluk getirisinin (*convenience yield*) ortalamaya dönüş sürecini takip ettiğini esas almaktadır. Model, petrol fiyatı ve uygunluk getirisinin logaritmalarının ortalamaya dönüş sürecini takip ettiğini varsaymaktadır. Üç faktör modeli ise, ek olarak faiz oranlarının da stokastik bir süreç takip ettiğini varsaymaktadır (He, 2007: 30).

Petrol ve doğalgaz yatırımlarında belirsizliğin kaynağını oluşturan fiyatların belirlenme yöntemleri sonrasında, hesaplamalar bakımından ortaya konulması gereken bir diğer nokta projenin nakit akışlarının (fiyatların) değişkenliğinin ölçülmesidir.

Finansal opsiyonlarda, hisse senetlerinin fiyat hareketlerinin değişkenliği, esnekliğin ilgili finansal araca yerleştirilmesi ile hisse fiyatı belirsizliğinin bir fonksiyonudur. Reel opsiyonlarda ise, beklenen nakit akışlarının değişkenliği ise beklenen nakit akışlarının belirsizliğinin ve yönetimin söz konusu belirsizliğe cevap verebilme yeteneğinin bir fonksiyonudur. Bu durumda finansal opsiyonlar ve reel opsiyonlar arasındaki kıyas

bütünlüğünü sağlayabilmek bakımından, yatırım maliyetleri dışarıda tutularak projenin bugünkü değerinin (bir başka deyişle büyüme oranının doğal logaritması) yıllık değişkenliğinin hesaplanması gerekmektedir. Operasyonel kaldıracın örneğın sabit ve değişken maliyetlerden kaynaklanan maliyet yapısının hesaplamalara dahil edilmesi, fiyatın ele alındığı çalışmalardaki belirsizliğin kaynağının değişkenliğini genişletecektir. Petrol ve doğalgaz projelerinde, yönetim, kanıtlanmış rezervlerdeki faaliyetleri sona erdirmek ya da yeniden başlatmak gibi bir esnekliğe sahiptir. Bir başka deyişle, yönetim, fiyatların düştüğü zamanlarda faaliyetlere son verme, fiyatların yükseldiğı zamanlarda ise yeniden başlama şansına sahiptir. Bu durumda, nakit akışlarının bugünkü değerinin yıllık değişimi bir kaç adımda hesaplanabilmektedir. Birinci adım belirsizliğin kaynağının ortaya konulmasıdır. Öncelikle değerleme için önemli olan ve söz konusu belirsizliğin etkilerini azaltmak için gerekli esnekliğe sahip olunan belirsizliğin kaynağı ortaya konulmalıdır. Petrol ve doğalgaz fiyatları bu kriterleri karşılamaktadır. İkinci adım belirsizliğin kaynağının davranış biçiminin belirlenmesidir. Bu aşamada belirsizliğin dağılım olasılığının, ortalama değerinin, standart sapmasının hesaplanmasını içermektedir. Petrol ve doğalgaz fiyatlarının ilişkili oldukları ve ortalamaya dönüş eğilimi sergiledikleri bilinmekle birlikte, gaz fiyatları petrole nazaran uzun dönem ortalamalarda daha hızlı hareket etmektedir. Petrol ve doğal fiyatları log normal dağılım özelliğı göstermektedir. Son aşamada ise, Monte Carlo simülasyonu gibi çeşitli yöntemler aracılığı ile değişkenlik hesaplanmalıdır (Piesse ve Putte, 2004: 2-6).

Opsiyon fiyatlamada değişkenlik (*volatility*), dayanak varlığın fiyatları üzerinden ölçülürken, reel opsiyon analizinde ise hisse fiyatları yerine projenin nakit akışları kullanılmaktadır. Nakit akışlarının değişkenliğini, reel opsiyon analizinin en zor tahmin edilen girdisi olarak tanımlamak mümkündür (Mun, 2002: 197). Dağılım karşılaştırmalarının eşdeğerliğinin sağlanabilmesi bakımından, belirsizliğin ölçülmesinde standart sapma ya da varyans yerine

değişkenlik kavramı kullanılmaktadır. Değişkenlik ölçümünde kullanılacak fiyat getirilerinin standart sapmasının normalize edilmesi rassal davranışların büyüklüğünün tutarlı bir biçimde ölçülmesini sağlamakta, çeşitli piyasa ve modellerin karşılaştırılmasını mümkün kılmaktadır. Standart sapma herhangi bir dağılımın genişliğini ölçerken, fiyat sürecinin değişkenliği aynı zamanda fiyat getirilerinin yıllıklandırılmış dağılımını ölçmektedir. Dayanak varlığın değişkenliğinin artması, opsiyonun da değerini artırmaktadır (Rogers 2002, 67).

Nakit akışlarının değişkenliğinin çeşitli yollardan ölçülmesi mümkündür. Öncelikle, geçmişte yapılan benzer projelerin nakit akışlarının değişkenliği yeni çalışmalarda dikkate alınabilmektedir. İkinci olarak, gerçekleşme olasılıkları atfedilen çeşitli piyasa senaryoları altında, her bir senaryoya ait nakit akışları tahmin edilmektedir. Belirsizliğin en fazla iki kaynağının olduğu durumlarda bu yöntem oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Son olarak hesaplamalarda aynı sektörde yer alan firmaların ortalama değişkenliği kullanılabilir (Damodaran, 2005: 28-29). Uzman görüş sahibi karar vericinin bir tahminde bulunması da olanak dahilindedir. Bu amaçla değişkenlik % 30 ve % 60 arasındaki dilimlerde incelenerek, en uygun seviye belirlenmeye çalışılmaktadır (Özoğul, 2006: 72).

Opsiyon fiyatlama ve risk yönetiminin en kritik kavramlarından olan değişkenlik, fiyat getirilerinin yıl bazında hesaplanan standart sapmasını ifade etmektedir.  $S_t$  kavramı  $t$  zamanındaki spot fiyatları ifade ederken, fiyat oranı ve fiyat oranlarının doğal logaritmasının alınması ile elde edilen fiyat getirilerinin formülü aşağıdaki gibidir (Rogers 2002, 66):

$$r_t = \frac{S_t}{S_{t-1}} - 1 \quad r_t = \ln \left( \frac{S_t}{S_{t-1}} \right)$$

Reel opsiyon değişkenliğinin ölçülmesinde çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Logaritmik nakit akışı getiriler yöntemi (*logarithmic cash flow returns approach*), değişkenliği, gelecek nakit akış tahminleri ve karşılık logaritmik getirileri kullanarak ölçmektedir. Hesaplama öncelikle nakit akışları tahmin edilmekte ve söz konusu nakit akışları göreceli getirilere dönüştürülmektedir. İşlemin devamında söz konusu göreceli getirilerin logaritması alınmaktadır. Söz konusu logaritmik getirilerin standart sapması, reel opsiyon analizinde kullanılan nakit akış serilerinin değişkenliğini oluşturmaktadır. Nakit akışlarının göreceli getirilerin sayısı, nakit akışlarının sayısından bir eksiktir. Örneğin aşağıda yer alan örnekte sıfır ve beşinci dönemler arasında toplam altı dönem nakit akışına karşılık, beş adet göreceli nakit akışı üzerinden hesaplamalar gerçekleştirilmektedir (Mun, 2002: 197).

**Tablo 2.4. Logaritmik getiriler yöntemine göre değişkenlik hesaplanması**

Vade	Nakit Akışları	Nakit Akışlarının Göreceli Getirileri	Nakit Akışları Getirilerinin Doğal Logaritması (X)
0	100	-----	-----
1	125	125 / 100 = 1.25	ln (125 / 100) = 0.2231
2	95	95 / 125 = 0.76	ln (95 / 125) = - 0.2744
3	105	105 / 95 = 1.11	ln (105 / 95) = 0.1001
4	155	155 / 105 = 1.48	ln (155 / 105) = 0.3895
5	146	146 / 155 = 0.94	ln (146 / 155) = - 0.0598

**Kaynak: Mun (2002, 197)**

Değişkenlik tahmini ise aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır. Formülde yer alan n, nakit akışlarının sayısını,  $X_{ortalama}$  ise, X değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir.

$$\text{Değişkenlik} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{ortalama})^2} = \%25.58$$

Formül, uygulaması oldukça kolay olması nedeniyle finansal varlıkların değişkenliğinin tahmininde oldukça geniş bir kullanıma sahiptir. Bununla birlikte, reel opsiyon analizlerinde kullanılması bakımından bazı çekinceler de mevcuttur. Nakit akışlarının negatif olduğu

hallerde, göreceli getiri değerleri de negatif olacaktır. Negatif değerlerin logaritmik karşılıkları ise bulunmamaktadır. Buna ek olarak, nakit akışlarının otokorelasyonu ve statik bir büyüme oranını takip etmesi hallerinde de, değişkenliğin yanlış ölçülmesi söz konusudur<sup>20</sup> (Mun 2002, 199).

Değişkenlik tarihsel verilerden ya da opsiyonun piyasa fiyatlarından tahmin edilebilmektedir. Alım satıma konu olan opsiyonlar için likit bir piyasanın mevcut olması halinde, değişkenliğin örneğin Black – Scholes formülü kullanılarak, opsiyon fiyatı, faiz oranı, kullanım fiyatı ve vade girdileri kullanılarak elde edilmesi mümkündür. Değişkenlik aynı zamanda tarihsel verilerden, log getirilerin yıl bazında hesaplanan standart sapma yoluyla elde edilebilmektedir (Rogers 2002, 68).

Lund'a (1999) göre, petrol fiyatlarına ilişkin değişkenlik literatürde, projenin süresine de bağlı olmakla birlikte, %15 - %25 arasında değişmektedir. Laine (1997) ise yine vadeye bağlı olmakla birlikte, literatürde bu oranın %10 - %23 arasında değiştiğini belirtmektedir. %20 oranı her iki çalışmanın da ortak sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Kvælevang 2009, 65). Paddock (1988), Pindyck (1988), Bjerkssund and Ekern (1990), Dixit ve Pindyck (1994), kullanılan zaman serisine bağlı olmakla birlikte, oranın yıllık %15 - %25 arasında olmasını tavsiye ederken, Baker (1998) çalışmasında oranı %30 olarak hesaplamıştır (Lund 1999, 10; Dias 2004, 100). Smith ve McCardle ise yaptıkları çalışmada değişkenliği %22 olarak hesaplamıştır (Smith ve McCardle 1998, 13).

Reel opsiyon analizlerinde yıl bazında hesaplanan değişkenlik kullanılmaktadır. Yıl bazında hesaplamalar fiyat verilerinin dağılımına bağlıdır. Eğer veriler çeyrek dönemlik ise faktör  $\sqrt{4}$ ,

---

<sup>20</sup> Değişkenliğin ölçümünde kullanılan diğer yöntemler için bkz. Mun (2002; 198 -202).

aylık ise, faktör  $\sqrt{12}$ , haftalık ise  $\sqrt{52}$ , günlük ise  $\sqrt{365}$  olarak alınmalıdır. Veriler bir yıl içinde yalnızca işlem gören günlere ait ise faktör  $\sqrt{250}$  ve  $\sqrt{260}$  arasında değişmektedir (Rogers 2002, 68). Örneğin aylık nakit akışları kullanılarak hesaplanan değişkenliğin % 10 olduğu varsayılırsa, yıllıklandırılmış değişkenlik  $\%10\sqrt{12} = \% 35$  olarak hesaplanmaktadır (Mun 2002, 202).

Zaman içerisinde nakit akışlarının değişkenliği farklılaşabilmektedir. Bu durumda, iki zaman aralığına ilişkin yukarı ve aşağı faktörleri değişiklik gösterecektir. Bu durumda binom modelinin kullanıldığı analizlerde ağacın görünümü birleşik (*nonrecombining*) olmayacaktır. Değişkenlik faktörünün farklılaşması halinde analizin oldukça karmaşıklaştığı görülmektedir. Her bir değişkenin kendi  $\sigma$  değerine sahip olduğu durumlarda, değişkenler arasında (gelir ve miktar arasında olan negatif korelasyon gibi) korelasyonların yaşanması da mümkündür (Mun, 2002: 190).

Petrol ve doğalgaz firmaları, fiyatlara ek olarak zaman zaman rezervleri de belirsiz olarak tanımlamaktadır. Fiyatlara ek olarak, rezerv miktarının belirsiz olduğu kabul edilirse, bunun opsiyon üzerindeki etkisi daha farklı olacaktır. Petrolün beklenen değeri değişmese dahi, rezervlerdeki değişkenliğin değişmesi mümkündür. Bu durumda  $\ln$  (tahmini rezerv miktarı) değişkenliği  $\sigma_{\text{petrol fiyatı}}^2$  ve  $\ln$  (petrol fiyatı)  $\sigma_{\text{miktar}}^2$  olarak kabul edilirse, rezerv değerinin değişkenliği<sup>21</sup> aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\sigma_{\text{rezerv değeri}}^2 = \sigma_{\text{petrol fiyatı}}^2 + \sigma_{\text{miktar}}^2$$

<sup>21</sup> Söz konusu varyans, iki ayrı değişkene yöneliktir. Eğer  $c = \ln(ab)$  söz konusu ise,  $c$ 'nin varyansı  $\ln(a)$  ve  $\ln(b)$ 'nin varyanslarının bir fonksiyonudur. Bu durumda  $\ln(c)$ 'nin varyansı,  $\ln(a)$  ve  $\ln(b)$  varyansları ile  $\ln(a)$  ve  $\ln(b)$ 'nin kovaryansının toplamına eşittir.



Petrol fiyatı ve rezerv miktarı arasında bir korelasyonun olmadığı ve fiyatın değişkenliği %3 ve rezervlerin değişkenliği %5 olarak kabul edilirse, rezervin toplam değişkenliği %8 (0.03 + 0.05) olarak hesaplanmaktadır (Damodaran, 2005: 43).

## **2.2. PETROL ve DOĞALGAZ YATIRIM PROJELERİNDE REEL OPSİYON UYGULAMASI**

Petrol ve doğalgaz sektörüne yönelik yatırım projelerinde; fiyat, rezerv miktarı, rezervlerin yapısı gibi çok sayıda belirsizlik bulunmaktadır. Söz konusu belirsizlikler, riski artırmakla birlikte, projelerin reel opsiyonların kullanımına uygun hale gelmesine de olanak sağlamaktadır. Bu bölümde üç örnek üzerinden, daha önce teorisine yer verilen reel opsiyon analizlerinin uygulamasına yer verilecektir. Örneklere ait veriler Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO)'na aittir. Bununla birlikte, her üç örnekte de bazı veriler hem ticari sır hem de temel senaryoda ki proje NBD'sinin negatif çıkmasının sağlanması amacıyla tarafımızdan değiştirilmiştir. Uygulamasına yer verilen örnekler aşağıdaki gibidir:

- Batı Raman SP-3 petrol üretim kuyusu yatırım projesi değerlendirme
- Akçakoca doğalgaz üretim kuyusu yatırım projesi değerlendirme
- Silivri Yeraltı Doğalgaz Depolama Tesisi yatırım projesi değerlendirme

Her üç örnek bakımından, daha önce detaylı şekilde açıklanmaya çalışılan temel konuların uygulanmasına yönelik analizlere yer verilmeye çalışılmıştır. Her üç örneğin de, çeşitli açılardan farklılaştırılmasına özen gösterilmiştir. Örneklerin tamamı Microsoft Excel üzerine yazılan modüller ile gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte Monte Carlo simülasyon yöntemi için hazırlanan makroların çalıştırılması için, geliştirilen programlardan faydalanılmıştır. Örneklerin tamamında risksiz faiz oranı sabit olarak kabul edilmiştir. Bununla birlikte,

dönemler itibari ile risksiz faiz oranının değişmesi söz konusu ise, bu durumun hesaplamalarda dikkate alınması gerekmektedir.

İlk örneğimiz olan petrol üretim kuyusu yatırım projesi değerlemesinde, oluşturulan temel senaryoda proje bakımından öne çıkan değişkenler duyarlılık analizi yardımıyla saptanmıştır. Devamında proje NBD'si Monte Carlo simülasyon yöntemi ile yeniden hesaplanmıştır. Örneğimizde ayrıca, reel opsiyon analizinin en önemli girdilerinden değişkenlik parametresi yine Monte Carlo simülasyon yöntemi ile elde edilmiştir. Bunun için gerekli olan dönüşüm formüllerine de yine örneğimizde yer verilmiştir. Son olarak Black-Scholes yöntemi ile reel opsiyon değeri elde edilmiştir.

İkinci örneğimiz olan doğalgaz depolama tesisi yatırım projesi değerlemesinde ise özellikle, ideal yatırım zamanlamasının nasıl belirleneceği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Örnekte duyarlılık analizlerine yer verilerek, proje değerlemede kullanılan parametrelerin birim etkileri de gösterilmeye çalışılmıştır. Değişkenlik ise nakit akışı getiriler yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Son örneğimiz doğalgaz üretim kuyusu yatırım projesi değerlemesine yöneliktir. Bu örneğimizde ise, petrol ve doğalgaz yatırım projelerinin içerisinde barındırdığı esneklikler göz önüne alınarak, erteleme, genişleme, küçülme ve kademe opsiyonlarının nasıl ele alınabileceği hem binom hem de Black-Scholes yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

## **2.2.1. MONTE CARLO SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE REEL OPSİYON ANALİZİ: BATI RAMAN SP-3 PETROL SAHASI ÜRETİM PROJESİ DEĞERLEME**

Bu bölümde, TPAO'ya ait Batı Raman SP-3 kuyusunun reel opsiyon analizi çerçevesinde değerlemesine yer verilecektir. Bu örnekte esas olarak; temel senaryonun oluşturulması ve söz konusu temel senaryo çerçevesinde duyarlılık analizinin yapılması<sup>22</sup>, tornado diyagramının oluşturulması ve Monte Carlo simülasyon yöntemi<sup>23</sup> ile NBD hesaplaması yapılacaktır. Reel opsiyon analizi için gerekli olan parametrelerin en önemlilerinden olan değişkenlik (*volatility*) ise yine Monte Carlo yöntemi ile hesaplanmış ve devamında, Black - Scholes yöntemi ile projemizin GNBD'si bulunmuştur. Bu çerçevede, analizimizde izlenen adımları dört başlık altında sıralamak mümkündür.

- Temel senaryonun oluşturulması ve esneklik olmaksızın NBD'nin belirlenmesi (geleneksel statik NBD değerlemesi)
- Belirsizliklerin ortaya konulması

---

<sup>22</sup> Duyarlılık analizi, NBD'nin diğer değişkenler sabitken, temel değişkenlerde meydana gelen değişmeden ne kadar etkilenebileceğini ölçen risk analiz tekniğidir. Analiz, her bir değişkenin beklenen değer kullanılarak geliştirilen temel durumun tespiti ile başlamaktadır. Analizin devamında ise, eğer satış miktarı değişirse, satış fiyatı değişirse, maliyetler değişirse NBD değerinin alacağı yeni durum ayrı ayrı cevaplanılmaktadır. Analizde, her bir değişken, diğer değişkenler sabitken, beklenen değerlerden belirli oranlarda aşağı ve yukarı oranlarda değiştirilerek, yeni NBD tespit edilmektedir. Bulunan değerler ile oluşturulan grafiğin eğimi, NBD'nin söz konusu değişkene ne kadar duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır (Brigham, 1995: 394). Duyarlılık analizi ile hangi proje bileşenlerinin proje başarısı üzerinde daha büyük etkisi olduğunu belirledikten sonra; proje değerlemesi aşamasında bu önemli değişkenler dikkate alınarak proje tasarlanması ve yönetilmesi aşamasında, çok sayıda değişken kullanmanın neden olabileceği bazı sorunların azaltılmasına ve bazı faydalar elde edilmesine olanak sağlanmaktadır (Sayılın, 2008: 328).

<sup>23</sup> Monte Carlo simülasyon yöntemi, olası gelecek olayların bilgisayar yardımı ile simüle edilerek, getiri ve risklerin tahmin edilmesini sağlayan bir risk analiz tekniğidir. Analizde bilgisayar yardımı ile her bir değişkene rastgele değerler verilerek, NBD değerleri defalarca tekrarlanan hesaplamalar ile elde edilmektedir. Elde edilen NBD değerlerinin ortalama değerleri ve standart sapmaları hesaplanarak, beklenen getiri ve değişim katsayı değerleri yoluyla projenin riski elde edilmektedir (Brigham, 1995: 395). Simülasyon analizi yapılırken, öncelikle her değişkenin olasılık dağılımı belirlenmektedir. Örneğin yeni bir ürün üretiminde bu değişkenler başlangıç yatırımı, pazar büyüklüğü, pazarın büyüme hızı, fiyat, pazar payı, değişken maliyetler, sabit maliyetler, ekonomik ömür ve hurda değeri olabilmektedir. Başlangıç yatırımı ve üretim maliyetlerinin olasılık dağılımları fiyat ve pazar payının olasılık dağılımlarından daha kesin olarak belirlenebilmektedir. İkinci aşamada, bilgisayara projenin nakit akışları ile değişkenleri arasındaki ilişkiyi gösteren denklemler tanımlanarak, her değişken için olasılık aralığını temsil eden tesadüfi sayı aralıkları atanmaktadır. Sonraki aşamada bilgisayar rastgele rakamları seçerek karşılık gelen değişkenlerin değerleri için nakit akışlarını hesaplanmaktadır. Rastgele çekilen değerler için hesaplanan nakit akışları dikkate alınarak projenin NBD'leri hesaplanmaktadır. Bu işlem anlamlı bir NBD olasılık dağılımı oluşturulmak üzere yaklaşık binlerce kez yinelenmektedir. Bu sayede birden çok değişken için projenin beklenen değerinin olasılık dağılımı daha objektif bir biçimde gözlemlenebilmektedir (Ergün, 2008: 133-134).

- Reel opsiyon parametrelerinin belirlenmesi
- Reel opsiyon değerlemesinin yerine getirilmesi

Örneğimiz TPAO'ya ait Batı Raman sahasında üretim yapılan hazne kaya Garzan formasyonuna aittir. Batı Raman SP-3 olarak numaralandırılan kuyunun yerinde petrol miktarı 2,5 milyon varil, üretilebilir toplam petrol miktarı ise 320 bin varil olarak tahmin edilmektedir. Kuyunun başlangıç üretim debisinin günlük 70 varil olacağı ancak izleyen dönemde debideki azalmanın çevre kuyulardaki üretim düşüş eğilimine paralel olarak gerçekleşeceği varsayılmaktadır. Batı Raman petrolünün Dörtüol Rafinerisi için satış fiyatı başlangıç yılı olarak varil başına 85 Amerikan Doları olarak kabul edilmiştir. Varil başına işletme giderlerinin 16,5 ve taşıma giderlerinin 0,02 Amerikan Doları olacağı varsayılmaktadır. Sahaya ilişkin maliyetler, sondaj, kuyu tamamlama ve üretim birimlerinden elde edilmiştir. Sondaj giderleri; yer üstü düzenleri (petrol kuyuları ve yer üstü ekipmanı, yol ve lokasyon giderleri), yer altı düzenleri ve diğer yatırım giderleri (malzeme giderleri, akaryakıt giderleri, personel giderleri, dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetler, çeşitli giderleri vb.); kuyu tamamlama giderleri; *casing*<sup>24</sup> çimentolaması, *work over*<sup>25</sup> çalışmaları, *log*<sup>26</sup> ve *perfore*<sup>27</sup> ve asit maliyetlerinden; üretim giderleri ise; yer üstü ve yer altı ekipmanı, enerji hattı, trafo ve pano, üretim botu hattı, kuyubaşı ekipmanı, *tubing*<sup>28</sup>, *rod*<sup>29</sup> maliyetlerinden oluşmaktadır. Örneğimizde yukarıda alt kırılımlarına yer verilen maliyetler için TPAO birimlerinin yapmış olduğu tahminler, hem ticari sır hem de proje NBD'nin negatif çıkmasının sağlanması için, subjektif bir değerlendirme yapılarak tarafımızca değiştirilmiştir.

Plato üretim süresi bir yıl, toplam üretim süresi, lisansa bağlı olarak, yirmi yıl olarak

---

<sup>24</sup> Muhafaza (koruma) borusu

<sup>25</sup> Kuyu tamamlama

<sup>26</sup> Genelde petrol kuyularında alınmakla birlikte diğer tüm açılmış kuyu ve sondajlardan alınan ve yer içinde geçilen formasyonlara ait birçok özelliklerin derinliğin bir fonksiyonu olarak kaydedilme işlemi ve bu kayıtlara verilen ad.

<sup>27</sup> Üretim yapılacak seviyelere mermi le delik açma işlemi

<sup>28</sup> Boru sistemi

<sup>29</sup> Sondaj borusu

hesaplanmaktadır. Yıllık üretim azalımı ise 0,05 olarak tahmin edilmektedir. Örneğimize ilişkin varsayımlar aşağıdaki gibidir:

**Tablo 2.5. Batı Raman SP3- kuyusu proje değerlendirme bileşenleri**

Yatırım maliyeti (\$)	12.000.000	Kurumlar vergisi (KV)	1.000.000
Enflasyon (yıllık)	0,05	Borç/sermaye	0,2
Fiyat artışı (yıllık)	0,01	AOSM (%)	0
Maliyet artışı (yıllık)	0,02	Risksiz faiz oranı (20 yıllık)	0,155
İlk çalışma sermayesi (\$)	1.000.000	Lisans süresi (yıl)	0,05
Banka faiz oranı (yıllık)	0,07	Başlangıç fiyatı (varil/\$)	20
Devlet hissesi (%)	0,125	İşletme gideri (varil/\$)	85
Beklenen getiri oranı (yıllık)	0,10	Taşıma gideri (varil/\$)	16,5
Üretilbilir rezerv miktarı (varil)	321.000	Amortisman/tükenme payı (%)	0,02
Hurda değer (\$)			0,20

Yukarıda yer verilen varsayımlar çerçevesinde elde edilen satış geliri, maliyetler ve vergi sonrası kar rakamları Tablo 2.6'da yer almaktadır<sup>30</sup>.

**Tablo 2.6. Batı Raman SP-3 kuyusu için V.S.K. analizi**

Yıl	Fiyat (\$)	Üretim Miktarı (000)	Satış Geliri (000)	Hurda Değer	Devlet Hissesi	İşletme Maliyeti	Taşıma Maliyeti	Amor.	Faiz Gideri	V.Ö.K	K.V.	V.S.K
0												
1	90	26	2341		293	463	0,55	2400	0	-815	0	-815
2	96	24	2334		292	466	0,55	2400	0	-825	0	-825
3	101	23	2332		291	470	0,55	2400	0	-830	0	-830
4	108	22	2365		296	482	0,56	2400	0	-813	0	-813
5	114	21	2394		299	492	0,56	2400	0	-798	0	-798
6	121	19	2297		287	477	0,54		0	-867	0	-867
7	128	18	2308		289	484	0,54		0	1535	307	1228
8	136	17	2312		289	490	0,54		0	1533	77	1456
9	144	17	2452		306	524	0,58		0	1620	324	1296
10	153	16	2447		306	529	0,58		0	1612	322	1290
11	162	15	2433		304	531	0,57		0	1597	319	1278
12	172	14	2408		301	531	0,57		0	1576	315	1261
13	182	13	2371		296	528	0,56		0	1547	309	1237
14	193	13	2515		314	565	0,59		0	1635	327	1308
15	205	12	2462		308	559	0,58		0	1595	319	1276
16	218	11	2393		299	549	0,56		0	1545	309	1236
17	231	11	2538		317	587	0,60		0	1633	327	1306
18	245	10	2447		306	572	0,58		0	1568	314	1255
19	259	10	2595		324	613	0,61		0	1657	331	1326
20	275	9	2477	1000	310	590	0,58		0	2576	515	2061

<sup>30</sup> Örneğimizde ilk altı yılda ortaya çıkan zarardan kaynaklanabilecek vergi avantajı ihmal edilmiştir.

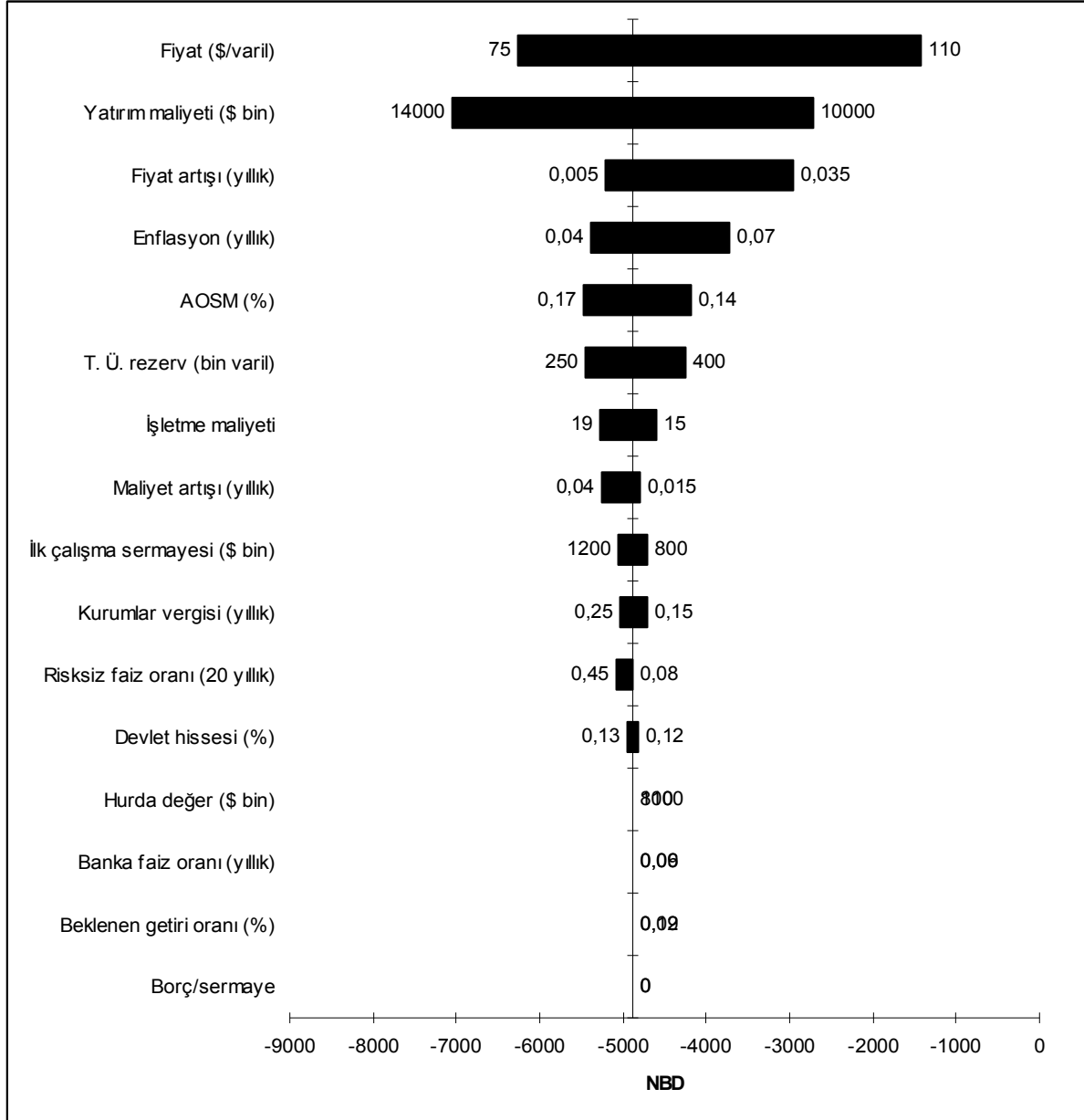
NBD hesaplaması için nakit akışlarının bugünkü değerlerinin toplanmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

**Tablo 2.7. Batı Raman SP-3 kuyusu için temel senaryo: NBD hesaplaması**

Yıl	V.S.K	Amor.	İlk Çalışma Sermayesi	NNA	BDF (AOSM-0,155)	Yatırım Maliyeti (Capex)	BDF (Rf-0,05)	NBD	Toplam NBD
0	0	0	-1000	-1000	1	-12000	1	-13000	-13000
1	-815	2400		1585	0,8658		0,9524	1372	-11628
2	-825	2400		1575	0,7496		0,907	1181	-10447
3	-830	2400		1570	0,6490		0,8638	1019	-9428
4	-813	2400		1587	0,5619		0,8227	892	-8536
5	-798	2400		1602	0,4865		0,7835	779	-7757
6	-867	0		-867	0,4212		0,7462	-365	-8122
7	1228	0		1228	0,3647		0,7107	448	-7674
8	1456	0		1456	0,3158		0,6768	460	-7215
9	1296	0		1296	0,2734		0,6446	354	-6860
10	1290	0		1290	0,2367		0,6139	305	-6555
11	1278	0		1278	0,2049		0,5847	262	-6293
12	1261	0		1261	0,1774		0,5568	224	-6069
13	1237	0		1237	0,1536		0,5303	190	-5879
14	1308	0		1308	0,1330		0,5051	174	-5705
15	1276	0		1276	0,1152		0,481	147	-5558
16	1236	0		1236	0,0997		0,4581	123	-5435
17	1306	0		1306	0,0863		0,4363	113	-5322
18	1255	0		1255	0,0747		0,4155	94	-5229
19	1326	0		1326	0,0647		0,3957	86	-5143
20	2061	0	2653	4714	0,0560		0,3769	264	-4879
				27518				-4879	

Tablo 2.7'den görüldüğü üzere, projenin geleneksel yöntemler ile yapılan hesaplamasında NBD -4.879.000 Amerikan Doları olarak hesaplanmıştır. Bu durumda projenin reddedilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte projemizin çeşitli esneklikleri içerisinde barındırması nedeniyle reel opsiyon analizine göre yapılacak değerlendirmelerde durumun farklılaşabileceği tahmin edilmektedir. Reel opsiyon analizi öncesinde projeye ilişkin duyarlılık analizleri yerine getirilmiştir. Duyarlılık analizinin sonuçları ve Tornado diyagramı aşağıdaki gibidir:

Şekil. 2.3. Batı Raman SP-3 kuyusu için Tornado diyagramı



Tablo 2.8' de yer alan duyarlık analizinden görüldüğü üzere, düşük, yüksek ve temel senaryolarımız bakımından NBD değeri üzerinde en etkili değişkenler olarak, fiyat, yatırım maliyeti, fiyat artışı, AOSM, yıllık enflasyon ve üretilebilir rezerv miktarı başta gelmektedir.

**Tablo 2.8. Batı Raman SP-3 kuyusu için duyarlılık analizi**

Girdi değişkenleri	NBD							
	Girdi Değişkenlerin Değeri			Sonuç Değerleri			Değişim	Değişim %
	Düşük senaryo	Temel senaryo	Yüksek senaryo	Düşük	Temel	Yüksek		
Fiyat (\$/varil)	75	85	110	-6258	-4879	-1430	4829	43,1%
Yatırım maliyeti (\$ bin)	14000	12000	10000	-7047	-4879	-2710	4337	34,8%
Fiyat artışı (yıllık)	0,005	0,01	0,035	-5216	-4879	-2954	2262	9,5%
Enflasyon (yıllık)	0,04	0,05	0,07	-5385	-4879	-3724	1661	5,1%
AOSM (%)	0,17	0,155	0,14	-5485	-4879	-4172	1313	3,2%
T. Ü. rezerv (bin varil)	250	321	400	-5444	-4879	-4250	1193	2,6%
İşletme maliyeti	19	16,64	15	-5274	-4879	-4604	669	0,8%
Maliyet artışı (yıllık)	0,04	0,02	0,015	-5250	-4879	-4796	454	0,4%
İlk çalışma sermayesi (\$ bin)	1200	1000	800	-5049	-4879	-4709	341	0,2%
Kurumlar vergisi (yıllık)	0,25	0,2	0,15	-5044	-4879	-4714	329	0,2%
Risksiz faiz oranı (20 yıllık)	0,45	0,05	0,08	-5072	-4879	-4893	179	0,1%
Devlet hissesi (%)	0,13	0,125	0,12	-4946	-4879	-4812	134	0,0%
Hurda değer (\$ bin)	800	1000	1100	-4888	-4879	-4874	13	0,0%
Banka faiz oranı (yıllık)	0,06	0,07	0,09	-4879	-4879	-4879	0	0,0%
Beklenen getiri oranı (%)	0,09	0,1	0,12	-4879	-4879	-4879	0	0,0%
Borç/sermaye	0	0	0	-4879	-4879	-4879	0	0,0%

Projemize ait NBD, Monte Carlo simülasyon yöntemi ile yeniden hesaplanmıştır<sup>31</sup>. Söz konusu analizde, değişkenlerimizin olasılık dağılımları çerçevesinde program tarafından atanacak rassal sayılar ile 10.000 defa yapılan simülasyonun sonuçlarına aşağıda yer verilmektedir. Analizimizde yer alan değişkenlerden fiyatın ve rezervlerin lognormal, yatırım maliyetinin ve değişken maliyetlerin üçgen dağıldığı varsayılmıştır<sup>32</sup>.

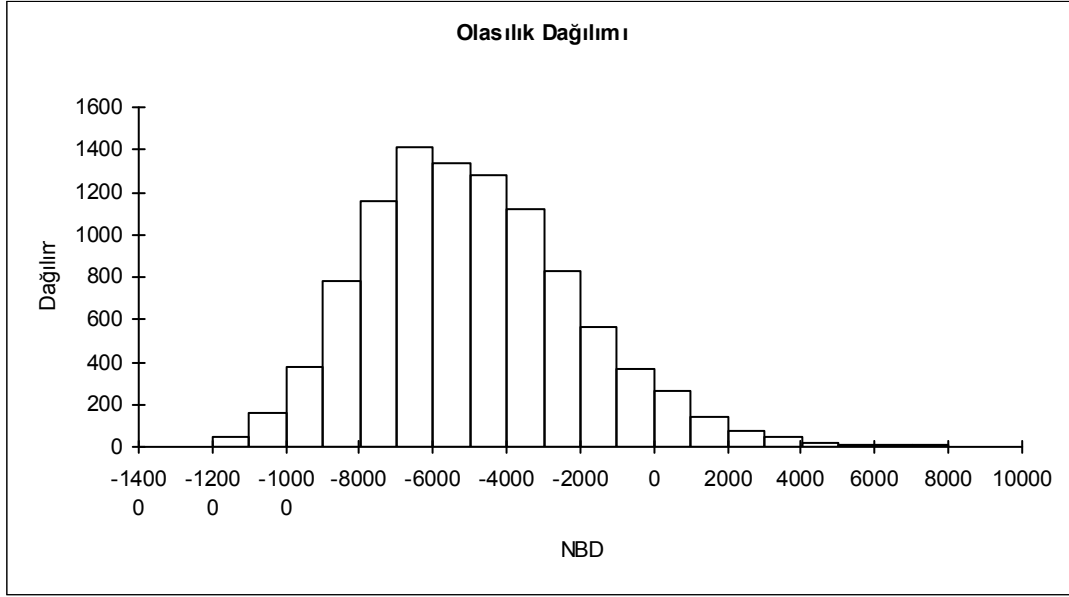
<sup>31</sup> Monte Carlo simülasyon yönteminde hesaplamalar genellikle şu şekilde yapılmaktadır:

1. Öncelikle duyarlık analizi sonucu belirlenen kritik değişkenlerin olasılık dağılımları belirlenmektedir.
2. İkinci aşamada belirlenen olasılık dağılımlarından rassal değerler üretmek için, dağılımların kümülatif olasılıklarına dayalı olarak, dağılımların rassal sayı aralıkları belirlenmektedir. Olasılıkların üç basamaklı olması durumunda, rassal sayı aralıklarının da üç basamaklı olması gerekmektedir.
3. Üçüncü aşamada, kritik değişkenleri açık bir biçimde içeren proje değerlendirme formülü (örneğin NBD) yazılmaktadır.
4. Dördüncü aşamada, rassal bir sayı alınarak kritik değerlerin olasılık dağılımlarından rassal sayı aralığına göre kritik değişken için bir rassal değer üretilmektedir.
5. Beşinci aşamada, bir önceki aşamadaki işlemler istenilen sayıda tekrarlanmaktadır. Her bir tekrar sonucunda bir NBD hesaplanacaktır.
6. Bulunan NBD'ler için bir olasılık dağılımı ve buna dayalı olarak da nisbi olasılıklar hesaplanmaktadır.
7. NBD dağılımının belirlenmesi ardından, beklenen NBD, standart sapma ve değişim katsayısı hesaplanarak, projenin kendi başına riskliliği ya da diğer projelere göre riskliliği değerlendirilerek karar verilmektedir.

<sup>32</sup> Kullanılan dağılım tipinin seçiminin sonuç dağılımlarını önemli ölçüde etkilemesi nedeniyle dağılımların elde var olan verilere uygunluğunun kontrolü büyük önem taşımaktadır.

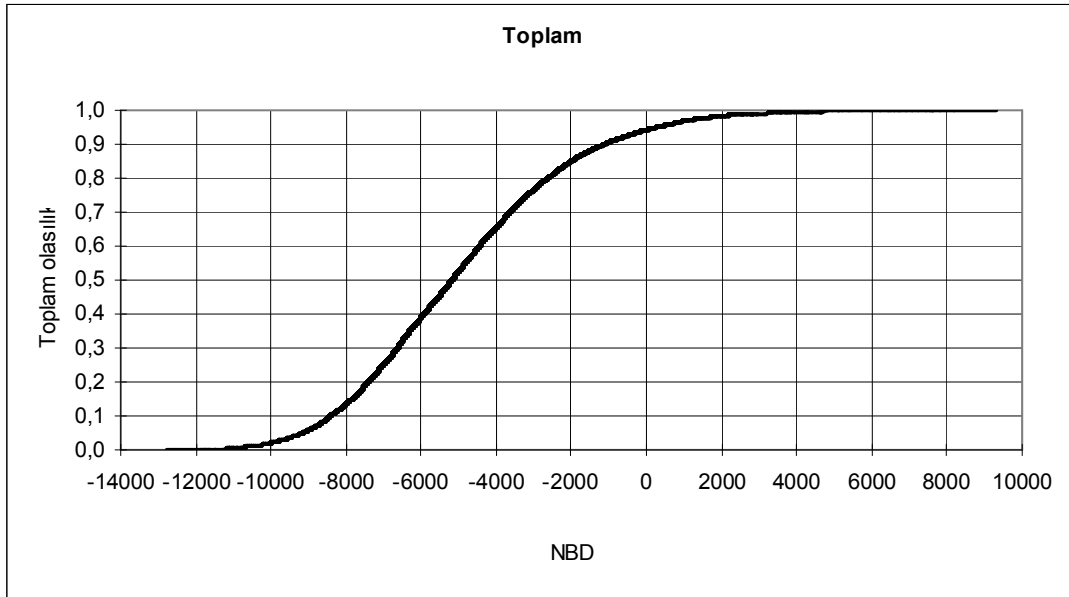


**Şekil 2.4. Batı Raman SP-3 kuyusu için olasılık dağılımı**



Yukarıda yer verilen şekilden görüldüğü üzere projenin olasılık dağılımının çarpık olduğunu söylemek mümkündür. Şekil 2.4'te yer verilen toplam olasılıklardan görüldüğü üzere, projemiz %95 olasılık ile negatif bir değer ile sonuçlanmaktadır. Bu durumun daha detaylı bir biçimde gösterimi ise aşağıdaki gibidir:

**Şekil 2.5. Batı Raman SP-3 kuyusu için toplam olasılık dağılımı**



Tablo 2.9'dan görüldüğü üzere, projenin pozitif olarak gerçekleşme olasılığı ancak %5 olarak tahmin edilmektedir.

**Tablo 2.9. Batı Raman SP-3 kuyusu için toplam olasılık dağılımı**

Oran	0%	20%	40%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
NBD	-12775	-7412	-5953	-4460	-4055	-3647	-3187	-2642	-2008	-1142	235	9330

Projenin NBD'si için yapılan Monte Carlo simülasyon yönteminin sonuçları aşağıdaki gibidir:

**Tablo 2.10. Batı Raman SP-3 kuyusu için Monte Carlo simülasyon yöntemi sonuçları**

Ortalama	-4950
Standart sapma	2881
Ortalama standart hata	29
Minimum	-12775
İlk çeyrek	-7012
Medyan	-5190
Üç çeyrek	-3187
Maksimum	9330
Çarpıklık	0,5462

Duyarlık analizi ile belirlenen en önemli değişkenlerin olasılık dağılımları çerçevesinde rassal olarak atanan değerler ile yapılan 10.000 deneme sonrasında ortaya çıkan sonuçlara göre, projenin NBD'si -4.950.000 olarak hesaplanmıştır. Hatırlanacağı üzere, geleneksel İNA yöntemine göre bulunan NBD -4.879.000 olarak hesaplanmıştır. Monte Carlo simülasyon yöntemi uygulanarak yapılan analizde, proje NBD'sinin standart sapması ise 2.881 olarak hesaplanmıştır.

Reel opsiyon analizimizin ilk adımında, temel senaryo oluşturularak çeşitli yöntemler altında projenin NBD'si hesaplanmıştır. İkinci adım olarak proje belirsizliklerinin saptanması gerekmektedir. Örneğimizle ilgili olarak, 3 adet temel belirsizlik kaynağından söz edilmesi mümkündür:

- Petrolün varil fiyatı (zaman boyunca kendisi ile otokorelasyon göstermektedir)
- Üretim miktarı (fiyat ile pozitif korelasyona sahiptir)
- Birim başına değişken maliyet (miktar ile pozitif korelasyona sahiptir)

Monte Carlo simülasyon yöntemi, çeşitli belirsizliklerin, proje getirilerinin dağılımı olarak tek bir belirsizlik altında birleştirilmesine (konsolide yaklaşım) olanak sağlamaktadır<sup>33</sup>. Copeland ve Antikarov (2003) takip edilerek yapılacak analizde, yalnızca rassal belirsizlik örneklerine ihtiyaç duyulmakta olup, söz konusu belirsizliklerin değer üzerindeki birleşik etkisi ve değerdeki oransal değişimin değişkenliği tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Analiz sonucunda elde edilen değişkenlik (*volatility*), reel opsiyon analizinde kullanılmaktadır. Süreç, fiyat ve miktar gibi rassal belirsizliklerin otokorelasyona ya da çarpaz korelasyona sahip olmalarından (olma ihtimallerinden) bağımsız olarak işlemektedir. Bir başka deyişle söz konusu etkiler, yöntem (program) tarafından otomatik olarak elimine edilmektedir. Bununla birlikte değişkenler için verilecek güven aralıkları (örneğin kullanıcının fiyatın alabileceği değerleri belirli güven aralığı ile sınırlaması), sonucu etkileyebilmektedir. Copeland ve Antikarov'un yukarıda yer verilen konsolide yaklaşımı (*consolidated approach*), Samuelson'un<sup>34</sup> teorisine dayanmaktadır. Buna göre, çeşitli ve korele belirsizlik kaynaklarının tek bir çatı altında birleştirilmesi mümkündür. Samuelson, *futures* sözleşmelerin beklenen fiyatlarının zaman içerisinde değişmediğini ispatlamıştır. Reel opsiyon analizi bakımından önemli olan nokta,

---

<sup>33</sup> Birden fazla belirsizlik kaynağına sahip opsiyonlar gökkuşağı (*rainbow*) opsiyonları olarak adlandırılmaktadır. Öğrenme (*learning*) opsiyonları, kademeli gökkuşağı opsiyonları için genel bir örnek olarak kabul edilebilmektedir. Kademeli yatırım kararları genellikle hem ekonomik hem de teknolojik belirsizlikler içermektedir. Araştırma geliştirme projeleri genellikle bu özelliği barındırmaktadır. Teknolojik belirsizlikler özellikle projenin başlangıç aşamasında yüksek iken, öğrenme ile zaman içerisinde azalmaktadır. Fiyat gibi ekonomik belirsizlikler ise zaman geçtikçe daha da belirsiz hale gelmektedir. Bu durumda birbirinden bağımsız iki temel belirsizlik kaynağının mevcudiyetinden bahsetmek olanaklıdır. Bu durumda ayrılmış yaklaşımın (*seperated approach*) kullanımı daha uygundur. Daha detaylı açıklamalar için bkz. Copeland ve Antikarov (2003) 10. bölüm.

<sup>34</sup> 1965 yılında verilen ilk ekonomi Nobel ödülü sahibi Paul Samuelson'un teoremi, herhangi bir menkul kıymetin getiri oranının, beklenen nakit akışlarının örneklerinden bağımsız olarak rassal yürüyüşü (*random walk*) takip ettiğini ortaya koymaktadır. Teoriye göre, beklenen nakit akışlarına yönelik her türlü bilgi hissenin mevcut fiyatına yansımış durumdadır. Bu durumda beklenen getiriden meydana gelecek sapmalar rastlantısaldır.

*futures* sözleşmelerin fiyatının zaman içerisinde değişmediğinin ispatının ortaya konulması durumunda, proje değerinin *T futures* kontratın toplamına eşit olmasıdır. Bu anlamda temettülerin değere eklenilmesi ile, projenin değeri, rassal bir yürüyüş sergileyecektir (Copeland ve Antikarov, 2003: 222 - 226).

Monte Carlo simülasyon yöntemi, tarihsel veya subjektif yaklaşımlar ile belirlenen verileri kullanarak; fiyat, miktar, değişken maliyet gibi çeşitli belirsizliklere ait tek bir değişkenlik sonucuna ulaşabilmesi nedeniyle konsolide yaklaşım özelliği göstermektedir. Bu anlamda yöntem, çeşitli belirsizlikleri teke indirgeyerek, projenin NBD'sini ve standart sapmayı tahmin etmeye yönelik olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, Monte Carlo simülasyon yöntemi ile elde edilen çıktının ortalama ve standart sapması projeye aitken, reel opsiyon analizinde ise nakit akışlarının (getiri oranının) değişkenliğinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda, yöntemin kullanılması için oluşturulan veri setinde yer alan değerlerin bazılarının dönüştürülmesine ihtiyaç vardır. Söz konusu dönüşüme yönelik formüller aşağıdaki gibidir:

$$BD = BD_0 e^{rt}$$

$$\ln \frac{BD_t}{BD_0} = r t$$

t=1 için, yukarıda yer verilen basit dönüşüm formülü, Monte Carlo programında yer alan rassal ardışık bugünkü değer tahminleri ve getiri oranının standart sapması arasındaki dönüşüme yardımcı olmaktadır (Copeland ve Antikarov, 2003: 246).

Bu çerçevede daha önce projenin NBD ve standart sapmasının hesaplandığı Monte Carlo yöntemi ile, yukarıda açıklandığı üzere, belirsizliklerin tek çatı altında toplanması yoluyla reel opsiyon analizinde kullanılacak değişkenlik (*volatility*) parametresi elde edilecektir. Söz konusu değişkenlik parametresi daha önce elde edilen proje NBD'sinin değişkenliğinden farklı olarak, proje nakit akışlarının değişkenliğini ifade etmektedir.

Değişkenlik tahmini bakımından öncelikle, dağılımı Monte Carlo simülasyon yöntemi ile simüle edilen tahmin değişkeninin tanımlanması gerekmektedir. Bir önceki adımda tahmin değişkeni NBD iken, nakit akışlarının değişkenliğinin Monte Carlo yöntemi ile hesaplanmasında tahmin değişkeni olarak  $z$  parametresinin tanımlanması gerekmektedir. Söz konusu parametreyi, projenin değerinde, bir dönemden diğer döneme, oransal olarak meydana gelen değişimin standart sapması olarak ifade etmek mümkündür.  $Z$  parametresine yönelik formül aşağıdaki gibidir (Copeland ve Antikarov, 2003: 249):

$$z = \ln \left( \frac{BD_1 + NNA_1}{BD_0} \right)$$

$$BD_1 = \sum_{t=2}^n \frac{NNA_1}{(1 + AOSM)^{t-1}}$$

Excel tablosunda yaratılan  $z$  parametresinin, Monte Carlo simülasyon yönteminde tanımlanması ile elde edilen sonuçlara aşağıda yer verilmektedir. Söz konusu analizde, değişkenlerimizin olasılık dağılımları çerçevesinde program tarafından atanacak rassal sayılar ile 10.000 defa yapılan simülasyonun sonuçları yer almaktadır. Analizimizde yer alan değişkenlerden fiyatın ve rezervlerin lognormal, değişken maliyetlerin üçgen dağıldığı varsayılmıştır.

**Tablo 2.11. Batı Raman SP-3 kuyusu için nakit akışlarının değişkenliğinin ölçümü**

Ortalama	-0,376545287
Standart sapma	0,363708729
Ortalama standart hata	0,003637087
Minimum	-2,287412681
İlk çeyrek	-0,602212765
Medyan	-0,353945464
Üç çeyrek	-0,12463752
Maksimum	0,999431836
Çarpıklık	-0,4274

Bu çerçevede reel opsiyon analizinde kullanılacak değişkenlik parametresi, Monte Carlo simülasyon yöntemi ile %36 olarak hesaplanmıştır. Bundan sonraki adım ise, değişkenlerin yerine konması ile opsiyonun değerinin hesaplanmasıdır. Analizimizde Black-Scholes yöntemi kullanılacaktır.

**Tablo 2.12. Batı Raman SP-3 kuyusu için Black-Scholes girdi parametreleri**

Girdi parametreleri	
Rf	5%
S	8121
X	13000
T	20
$\sigma$	0,36

Örneğimizdeki yatırım projesini alım opsiyonu olarak düşünmek mümkündür. Black-Scholes modeli Avrupa tipi alım opsiyonları için geliştirilmiş olduğundan, opsiyonun ancak vadesinde işlem görebileceği varsayılmaktadır. Bu anlamda modelin vadesi 20 yıl olarak kabul edilmiştir. Değerler ABD Doları cinsinden ifade edilmiştir.

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{-R_f T} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r_f + \sigma^2 / 2) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

Formülde yer alan; S, 8121; X, 13.000; t, 20; Rf, 0,05 ve  $\sigma$  ise 0,36 olarak yerine konulacaktır.

$$d_1 = \frac{\ln(8121/13000) + (0,05 + 0,36^2/2) 20}{0,36\sqrt{20}}$$

$$d_1 = 1,134$$

$$d_2 = 1,134 - 0,36 \sqrt{20}$$

$$d_2 = -0,4761$$

$d_1$  ve  $d_2$  parametrelerinin kümülatif normal standart dağılım değerleri ise  $N(d_1) = 0,8716$  ve  $N(d_2) = 0,317$  olarak bulunmuştur. Bu durumda projemizin değeri ise aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} C_0 &= S_0 N(d_1) - X e^{-R_f T} N(d_2) \\ &= 8.121 * 0,8716 - 13.000 * e^{0,05 * 20} * 0,317 \\ &= 5.562,024 \end{aligned}$$

Görüldüğü üzere Black-Scholes reel opsiyon modeli ile yapılan hesaplamalarda projemizin değeri, İNA yönteminden farklı olarak pozitif olarak gerçekleşmiştir. Bir başka deyişle, yatırım projesinin 20 yıl vadeli bir opsiyona dönüştürülmesi durumunda değer pozitifte dönüştüğü görülmektedir. Geleneksel yöntemlerin yatırımı bugün kabul etmek ya da reddetmek yaklaşımının aksine, reel opsiyon değerlemesinin bugün kabul etmek ya da ileride yeniden değerlendirmek yaklaşımı projenin NBD'sinin pozitifte dönmesine olanak sağlamıştır. Bu durumun temel nedeni ise, belirsizliğin kaynağı olan fiyat ya da rezervler gibi faktörlerde meydana gelebilecek olumlu gelişmelere yönelik olasılıkların hesaplamalara dahil edilmiş olmasıdır.

$$\text{GNBD} = \text{Statik NBD} + \text{Opsiyon değeri}$$

$$\text{Opsiyon değeri} = 5.562.024 \text{ ABD Doları} - (-4.879.000 \text{ ABD Doları})$$

$$\text{Opsiyon değeri} = 10.441.024 \text{ ABD Doları}$$

Opsiyonun değeri ise projenin GNBD'sinden statik yaklaşımlar ile elde edilen NBD değerinin çıkartılması ile elde edilmektedir. Bu durumda, geleneksel yöntemler ile yapılan hesaplamalarda reddedilmesi gereken yatırım projesinin, opsiyona dönüştürülmesi durumunda gerçekleştirilebilir olduğu görülmektedir. Reel opsiyon analizi, değişkenlerin olasılık dağılımını dikkate alması nedeniyle dinamik bir hesaplama olarak karşımıza çıkmaktadır.

### ***2.2.2. İDEAL YATIRIM ZAMANLAMASININ BELİRLENMESİ: KUZEY MARMARA DOĞALGAZ DEPOLAMA TESİSİ YATIRIM PROJESİ DEĞERLEME***

Doğal gaz piyasası son yıllarda önemli bir değişim geçirmektedir. Doğal gaz depolama tesisleri, arzın düzenlenmesi bakımından bu değişimde önemli bir rol oynamaktadır. Depolama imkanı ayrıca, gaz fiyatlarında yaşanan değişime hızlı bir cevap verebilme yeteneği nedeniyle arbitraj mekanizması üzerinde de etkilidir. Bu anlamda depolama tesis sahipleri ve hizmet sağlayıcıların, tesislerin beklenen karlarından hesapladıkları değeri yeniden değerlemeleri ihtiyacı doğmaktadır (Schoppe, 2010: 2).

Etkin ve güvenilir gaz depolama tesisleri, gaz arz ve talebinde meydana gelen dalgalanmaların yönetilebilmesi ve arz güvenliği bakımından hayati bir öneme sahiptir. Geleneksel olarak söz konusu dalgalanmalar, kış aylarında ısınma amaçlı olarak kullanılan gaz tüketiminin artışından kaynaklanmaktadır. Buna ek olarak, doğalgaz ile çalışan elektrik santrallerinin yaz aylarında artan üretimleri de gaz talebinde dalgalanmaya neden olabilmektedir. Dolayısıyla doğalgaz depolama tesis ve teknolojilerine olan ek yatırım ihtiyacı ve altyapıların optimizasyonu oldukça önemli boyutlara ulaşmıştır. Bu çerçevede doğalgaz depolama tesisi yatırım projelerine dönük değerlemelerin, stokastik bir süreç takip eden doğalgaz fiyatlarını da değerlendirebilmesi gerekmektedir. Doğalgaz depolama tesislerinin; “yastık ve çalışma gaz kapasitesi (*base and working gas capacities*), yerinden üretim (*deliverability*), enjeksiyon



(*injection capacity*) ve geri dönüşüm (*cycling*)” olmak üzere dört temel faaliyet özelliği bulunmaktadır. Çalışma gaz kapasitesi, üretime ve satışa konu olabilecek gaz miktarını ifade ederken, yastık gazı yeterli rezerv basıncını sağlamak için sürekli depolama tesislerinde bulunması gereken gazı ifade etmektedir. Yeniden üretim, rezervlerden ortaya çıkan rezervuarlar<sup>35</sup> iken, üretim, rezervuarların maksimum kapasiteye en yakın olduğu zamanlarda en yüksek, rezervuarların boş olduğu zamanlarda en düşük seviyededir. Enjeksiyon kapasitesi, daha sonraki kullanımlar için depoya pompalanan gazı ifade etmektedir. Yeniden üretimden farklı olarak, enjeksiyon oranı, rezervuarın maksimum kapasitede olduğu zamanlarda en düşük, rezervuarın boş olduğu zamanlarda en yüksek seviyededir. Geri dönüşüm ise, çalışma gaz hacminin bir yıl içerisinde kaç defa enjekte edildiğini ve geri çekildiğini ifade etmektedir (Thompson ve diğerleri, 2007: 2).

Tükenmiş petrol ve doğalgaz rezervuarları (*depleted oil and gas reservoirs*), tuz mağara (*salt cavern*) depolaması ve akifer (*aquifer*) depolama olmak üzere başlıca üç çeşit depolama tesisi bulunmaktadır. Her bir depolama tesisinin kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Tükenmiş petrol ve doğalgaz rezervuarlarında yapılan depolar, en düşük yeniden üretim ve enjeksiyon oranlarına ve genellikle yılda bir defa geri dönüşüm yapma özelliğine sahiptir. Ayrıca depo için gereken yastık gazı miktarı oldukça yüksektir. Bu dezavantajlarına rağmen, çalışma gaz kapasitelerinin yüksek olması nedeniyle genellikle en fazla tercih edilen depolama tesisi özelliğine de sahiptir. Tuz mağara depoları ise, tam tersi bir biçimde, çok az yastık gazına ihtiyaç duyarken, yeniden üretim, enjeksiyon ve geri dönüşüm oranları çok yüksektir. Yeniden üretim ve geri dönüşüm kapasitesinin yüksek olması, günlük üretim ve gecelik enjeksiyon özelliği nedeniyle, talebin en tepeye çıktığı anlarda ihtiyacın karşılanmasına olanak sağlamaktadır. Bu tesislerin en büyük dezavantajı ise belirli yerlerde

---

<sup>35</sup> “Rezervuar” kavramı, petrol, doğal gaz veya suyu içinde barındıran kaya birimini; “rezerv” kavramı ise, rezervuar kayacın içinde bulunan katı, sıvı veya gaz şeklindeki ekonomik maddeyi ifade etmektedir.

yoğunlaşmış olmalarıdır. Akifer depolar ise, yeniden üretim, enjeksiyon ve geri dönüşüm oranları bakımından önceki iki örneğin arasında yer almaktadır. Bu tip depolarda yüksek yastık gazına ihtiyaç duyulmaktadır (Thompson ve diğerleri, 2007: 3). Depolama tesislerin özelliklerinin karşılaştırılmasına Tablo 2.13'te yer verilmiştir.

**Tablo 2.13. Doğalgaz depolama tesislerinin özellikleri**

	Tanım	Enjeksiyon	Çekiş	Operasyon Faaliyeti	Temel Kullanım
Tükenmiş sahalar	Düşük geri üretim Düşük geri dönüşüm Yüksek kapasite	120-200 m <sup>3</sup> /g	60-120 m <sup>3</sup> /g	Yüksek	Sezonsal dönüşüm
Tuz mağaraları	Yüksek geri üretim Yüksek geri dönüşüm Düşük kapasite	20 m <sup>3</sup> /g	5-20 m <sup>3</sup> /g	Düşük	Üst düzey talebi karşılama
Akifer	Düşük geri üretim Düşük geri dönüşüm Yüksek kapasite	120-200 m <sup>3</sup> /g	60-120 m <sup>3</sup> /g	Yüksek	Sezonsal dönüşüm

**Kaynak. Schoppe (2010, 20)**

Depolama tesisleri, doğal gazın bir noktadan diğerine taşınabilmesi için gerekli üretim kapasitesinin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Doğal gazın nihai kullanım yerine ulaşması öncesinde mevsimsel değişim ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla depolanmasına sezonsal geri dönüşüm (*seasonal cycling*) adı verilmektedir. Diğer kullanımları ise talebin üst düzeye çıktığı (*peaking services*) dönemlerdeki ihtiyaçları karşılamak ve fiyat sıçramalarının etkisini azaltmak (*speculative market services*) olarak tanımlamak mümkündür (Schoppe, 2010: 2). Doğalgaz depolama tesisleri, son kullanıcıların mevsimsel talep değişikliklerini dengeleme rolünü; havaların iyi seyrettiği dönemlerde gazın satın alınması ve enjeksiyon edilmesi, havaların soğuduğu dönemlerde ise talep artışını karşılamak için gazın kullanımını sağlayarak gerçekleştirmektedir. Benzer şekilde, doğalgaz ile çalışan elektrik santrallerinin talep yüksek olduğu zamanlardaki ihtiyaçlarını karşılamak için çoklu geri dönüşüm özelliğine sahip depolama tesislerinden faydalanılmaktadır. Talepte meydana gelen dalgalanmaları en aza indirebilmek için gaz depolamaya yönelik pazar gücü mükemmel olmamakla birlikte, tahmin edilebilir mevsimsel fiyat eğilimlerinin gözlemlenebilmesi

mümkündür. Bununla birlikte pazarın yapısından kaynaklanan çok yüksek ya da düşük fiyat sıçramaları normal mevsimsel dengelerin dışına çıkılmasına neden olmaktadır. Söz konusu fiyat sıçramaları pazarın daha fazla gaz depolama kapasite yatırımına ihtiyaç duymasının işareti olarak algılanmaktadır. Bu anlamda önemli ölçüde arbitraj fırsatı yaratan söz konusu fiyat sıçramaları, depolama değerlemesi ve kontrolünün önemini ortaya koymaktadır. Bahse konu fırsatlar mevcut birimlerin değerini artırdığı gibi, uzun dönemde etkin bir pazarın yaratılmasına da olanak sağlamaktadır. Gaz depolama yatırımları ve kontrolü belirsizlik koşulları altında reel opsiyon değerlemesine uygunluk göstermektedir (Thompson ve diğerleri, 2007: 4).

Türkiye'nin ilk (ve halen tek) doğalgaz depolama tesisleri, TPAO tarafından Kuzey Marmara bölgesinde hayata geçirilmiştir. Silivri Yeraltı Doğal Gaz Depolama Tesislerinde kullanılan 2 adet rezervuardan biri olan ve 1988 yılında keşfedilen, 1.200 metre rezervuar derinliğine sahip ve Türkiye'nin denizdeki ilk doğal gaz sahası olan Kuzey Marmara Sahası ile 1994 yılında keşfedilen ve 1.100 metre rezervuar derinliğinde olan Değirmenköy Sahası'nın depolamaya uygun olduğunun belirlenmesi sonrasında 21.07.1999 tarihinde TPAO ve Boru Hatları İle Taşımacılık A.Ş. (BOTAŞ) arasında "Doğal Gaz Depolama ve Yeniden Üretim Hizmetleri Anlaşması" imzalanmıştır. Tesislerde 01.04.2007 tarihinde ticari olarak depolama faaliyetine geçilmiştir.

Depolama Tesislerinin toplam depolama kapasitesi 2,661 milyar  $\text{Sm}^3$  (bunun 2,1 Milyar  $\text{Sm}^3$ 'ü BOTAŞ'a tahsis edilmiştir), enjeksiyon kapasitesi 14 milyon  $\text{Sm}^3/\text{gün}$  ve geri üretim kapasitesi 17 milyon  $\text{Sm}^3/\text{gün}$ 'dür. BOTAŞ'ın kullanımına tahsis edilen kapasite dışında kalan 561 milyon  $\text{Sm}^3$ 'lük yedek kapasitenin ise, 2012 yılından itibaren doğal gaz ithalat ve

toptan satış lisansına sahip firmalara Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) düzenlemeleri doğrultusunda kullandırılması planlanmaktadır.

Doğalgaz depolama tesisleri, belirsiz pazar koşulları çerçevesinde esneklik sunmaktadır. Depolama tesisi sahibinin, fiyatın düşük olduğu zamanlarda gaz satın alma ve enjekte etme, fiyatın yüksek olduğu zamanlarda ise gazı satma olanağı bulunmaktadır. Belirsiz pazar koşulları bu anlamda ek bir değer yaratmaktadır (Felix ve diğerleri 2009, 1).

Örneğimizde ele alınan yatırım projesinde, doğalgaz depolama tesisine yönelik TPAO'dan alınan bilgilerde, bir takım değişiklikler yapılmış ve/veya varsayımlar kullanılmıştır. Bu durumun temel nedenlerinden bir tanesi söz konusu tesisin yapımına ilişkin olarak TPAO ve BOTAŞ arasında yapılan finansman anlaşmasının koşullarının karmaşık ve gizli olmasından kaynaklanmaktadır. Bu çerçevede örneğimizde, yastık gazına ilişkin olarak hem TPAO ve BOTAŞ arasında yapılan anlaşmanın koşulları ve hem de yastık gazının TPAO'ya olan maliyeti göz ardı edilmiştir. Buna göre; örneğimizde tesisin 2010 yılı içerisinde yapımına başlandığı ve 2011 yılından itibaren satış gelirlerinin hayata geçmeye başladığı varsayılmaktadır. Tesisin yaşam süresi (BOTAŞ ile yapılan anlaşma ile de paralel olarak) 13 yıl olarak kabul edilmiştir. Tesisin bu süre sonunda uygun bir hurda değerden devredileceği öngörülmektedir. Tesisin BOTAŞ'ın kullanımına ayrılan bölümü için fiyatlar taraflar arasında anlaşma ile belirlenmiştir. Kalan kapasite için EPDK'nın uygun gördüğü fiyatlardan hizmet sunulacaktır. Söz konusu fiyatın ise 13 yıl boyunca, EPDK'nın uygun gördüğü şartlardan artırılması mümkündür. Esasen doğalgaz fiyatı ile depolama tesisi yapımı arasında doğrudan bir ilişki olmasına bir başka değişle, depolama tesisi yapımı için dikkate alınması gereken en önemli girdinin doğalgaz fiyatları olmasına rağmen, örneğimizde satış geliri doğal gaz satışından değil, depolama ücretinden kaynaklanmaktadır. Söz konusu hizmet bedelinin

önemli bir kısmı anlaşma ile belirlenmiş kalan kısım ise düzenleyici otoritenin onayına tabi şekilde hayata geçirilmektedir. Bu durumda depolama hizmet bedelinin (ürün) fiyatının belirsiz olduğunu söylemek mümkün görünmemektedir<sup>36</sup>. Örneğimizde;

- İdeal yatırım zamanlamasının hesaplanması ve yatırımın erteleme olanağının mevcut olması halinde NBD'nin bu durumdan nasıl etkileneceği,
- Geleneksel NBD hesaplamaları ile reel opsiyon hesaplamaları arasındaki yaklaşım farkı;
- Reel opsiyon hesaplama modellerinde binom modeli ve Black-Scholes hesaplamaları arasındaki fark,
- Reel opsiyon hesaplamalarında kullanılan değişkenlerde yaşanan değişimin, projenin NBD üzerindeki etkileri

üzerinde durulmuştur. Öncelikle projeye ait temel senaryoya göre NBD'nin hesaplanması gerekmektedir. Bu çerçevede aşağıda firmaya ait satış geliri, yatırım maliyeti, işletme gideri, hurda değer, amortisman, kurumlar vergisi, devlet hissesi vb. bilgileri içerisinde barındıran temel senaryoya yer verilmektedir.

Satış geliri hesaplanırken, BOTAŞ'ın kullanacağı kapasite için anlaşmada yer verilen fiyat ve kapasite kullanım oranı, kalan kapasite için EPDK tarafından onaylanan fiyat (fiyat artışları) dikkate alınmıştır. Depolama tesisinin %100 kapasite ile çalıştığı öngörülmüştür. İşletme giderleri için dikkate alınan başlıca harcama kalemleri; tüketilen yakıt gazı miktarı, tüketilen elektrik miktarı, personel gideri, dışarıdan sağlanan hizmet giderleridir. Personel ve dışarıdan sağlanan hizmet giderleri önümüzdeki yıllar enflasyon beklentileri dikkate alınarak güncellenmiştir. Yakıt gazı ve elektrik giderleri için ise, "Henry Hub Natural Gas Futures"ın artış oranına göre güncellenmiştir. 2011 yılı sonrası için ise

---

<sup>36</sup> Bununla birlikte örneğimizde fiyatın belirsiz olduğu varsayılmaktadır.

kurumlar vergisi %20 olarak dikkate alınmıştır. TPAO'nun net satış geliri üzerinde tahakkuk ettirilen kanuni yükümlülüklerde hesaplamalara dahil edilmiştir. Sözleşmenin 2023 Nisan ayında sona ermesi nedeniyle, bu yıla ait gelirler 3 aylıktır. Bununla birlikte, projenin ömrü 13 yıl olarak kabul edilmiştir. Projenin 2011 - 2023 dönemine ait nakit akışları Tablo 2.14'te gösterilmektedir.

**Tablo 2.14. Kuzey Marmara depolama tesisi net nakit akışı: Temel senaryo (bin USD)**

Yıl	Satış Geliri	Kanuni Yükümlülük (%10)	İşletme Giderleri (Amor. Dahil)	Hurda Değer	Brüt Kar	Kurumlar Vergisi	Net Kar	Amortismanlar (+)	Net nakit akışı
2011	62.428	(6.243)	(15.178)	-	41.007	(8.201)	32.805	8.987	41.793
2012	67.954	(6.795)	(17.286)	-	43.873	(8.775)	35.098	8.978	44.076
2013	68.492	(6.849)	(18.227)	-	43.416	(8.683)	34.732	8.967	43.700
2014	68.831	(6.883)	(18.961)	-	42.987	(8.597)	34.390	8.967	43.357
2015	69.242	(6.924)	(19.766)	-	42.552	(8.510)	34.042	8.967	43.009
2016	69.655	(6.966)	(20.505)	-	42.185	(8.437)	33.748	8.967	42.715
2017	69.978	(6.998)	(21.148)	-	41.832	(8.366)	33.466	8.763	42.228
2018	70.287	(7.029)	(21.783)	-	41.475	(8.295)	33.180	8.763	41.943
2019	70.731	(7.073)	(22.450)	-	41.208	(8.242)	32.966	8.725	41.691
2020	71.388	(7.139)	(23.140)	-	41.108	(8.222)	32.887	8.725	41.612
2021	72.314	(7.231)	(23.854)	-	41.229	(8.246)	32.983	4.202	37.186
2022	73.928	(7.393)	(24.595)	-	41.940	(8.388)	33.552	3.833	37.386
2023	19.604	(1.960)	(25.366)	24.613	19.604	(3.378)	13.512	3.833	17.345
Toplam	984.244	(98.424)	(317.839)	24.613	595.307	(118.519)	474.075	134.140	438.680

Depolama projesinin NBD hesaplaması ise aşağıdaki gibidir. 2010 yılında gerçekleştirilecek yatırım harcamasının, 278.901.000 Amerikan Doları olacağı tahmin edilmektedir. Örneğimizde nakit akışlarını indirgemede iskonto oranı olarak %11 kullanılmıştır. Bu oran, projenin NDB'sini negatif yapan en küçük değerdir. Bir başka deyişle, %11'den daha düşük oranlar için projenin geleneksel yöntemler ile hesaplanan

NBD'si pozitif çıkmaktadır. Hatırlanacağı üzere, geleneksel yöntemler bakımından en çok eleştiri alan konuların başında nakit akışlarını indirgemedede kullanılan iskonto oranının doğru bir biçimde belirlenmesi gelmektedir. Bir başka deyişle, firma hangi oranı kullanırsa kullansın, oranın gerçeği yansıtıp yansıtmaması açısından bazı tereddütler söz konusu olacaktır. Ancak reel opsiyon analizi, nakit akışlarının olasılık dağılımlarını dikkate alması nedeniyle, indirgemedede risk yansız oranın kullanılması ile öne çıkmaktadır. Bu açıdan örneğimizde, NBD'yi negatif yapan oran üzerinden değerlendirme yapılarak, reel opsiyon analizinin farklılığı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Projenin NBD hesaplaması aşağıdaki gibidir:

**Tablo 2.15. Kuzey Marmara depolama tesisi NBD hesaplaması (bin USD)**

Proje dönemi	Yıl	Nakit akışları	BDF (%11)	NBD
0	2010	-278901,00	1,00	-278901,00
1	2011	41793,00	0,90	37651,31
2	2012	44076,00	0,81	35772,08
3	2013	43700,00	0,73	31953,44
4	2014	43357,00	0,66	28559,26
5	2015	43009,00	0,57	24403,31
6	2016	42715,00	0,45	19319,99
7	2017	42228,00	0,40	17055,89
8	2018	41943,00	0,36	15124,65
9	2019	41691,00	0,32	13424,50
10	2020	41612,00	0,29	11963,45
11	2021	37186,00	0,26	9545,65
12	2022	37386,00	0,20	7649,18
13	2023	17345,00	0,18	3168,93
			NBD	-23309,37

Tablo 2.15'den görüldüğü üzere, projenin NBD'si -23.309.370.000 Amerikan Doları olarak hesaplanmaktadır. Bu çerçevede geleneksel yöntem ile yapılan hesaplamalara göre projenin reddedilmesi gerekmektedir. Projenin reel opsiyon analizine dayalı olarak yeniden hesaplanması hem binom hem de Black - Scholes modeline göre yerine getirilecektir. Söz konusu hesaplamaların yapılabilmesini teminen öncelikle projenin nakit

akışlarının değişkenliğinin ölçülmesi gerekmektedir. Hesaplamalar logaritmik nakit akışı getiriler yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamaya ilişkin formül ve yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

$$\text{Değişkenlik} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{ortalama}})^2}$$

**Tablo 2.16. Kuzey Marmara depolama tesisi nakit akışlarının değişkenliğinin hesaplanması**

Nakit akışlarının göreceli getirileri	LN (xi)	Xortalama	Xi- Xort	(Xi- Xort) <sup>2</sup>
1,05	0,05	-0,07	0,13	0,02
0,99	-0,01	-0,07	0,06	0,00
0,99	-0,01	-0,07	0,07	0,00
0,99	-0,01	-0,07	0,07	0,00
0,99	-0,01	-0,07	0,07	0,00
0,99	-0,01	-0,07	0,06	0,00
0,99	-0,01	-0,07	0,07	0,00
0,99	-0,01	-0,07	0,07	0,00
1,00	0,00	-0,07	0,07	0,01
0,89	-0,11	-0,07	-0,04	0,00
1,01	0,01	-0,07	0,08	0,01
0,46	-0,77	-0,07	-0,69	0,48
Toplam	-0,88		Toplama	0,54
Ortalama	-0,07		(1/n-1)* (0.1)	0,05
			Karekök	0,23

Değişkenliğin belirlenmesi sonrasında binom modelinde kullanılacak parametreler ve söz konusu parametreler kullanılarak bulunan yukarı hareket, aşağı hareket ve risk yansız olasılığa ilişkin değerler aşağıdaki gibidir. Risksiz getiri oranı için 13 yıllık Amerikan tahvillerinin getiri oranı kullanılacaktır. Bu çerçevede oran %5 olarak dikkate alınmıştır.

**Tablo 2.17. Kuzey Marmara depolama tesisi için binom modeli parametrelerinin belirlenmesi**

Girdi Parametreleri			Parametre Hesaplamaları		
1. Yıllık risksiz faiz oranı	(Rf)	5%	1. Yukarı doğru hareket	U	1,26
2. Varlığın şimdiki değeri	S	255592	2. Aşağı doğru hareket	D	0,794
3. Varlığın kullanım fiyatı	X	278901	3. Risksiz faiz oranı	Rf	0,05
4. Opsiyonun yaşam süresi	T	13	4. Risk bağımsız olasılık yukarı	P	0,553
6. Yıllık standart sapma	σ	0,23	5. Risk bağımsız olasılık aşağı	(1-p)	0,446
7. Yıllık dönemler		1			



Aşağıda Tablo 2.17’de yer verilen parametreler kullanılarak oluşturulan binom ağacı ve opsiyon değerlerine yer verilmektedir. Dönemler yıllık olarak dikkate alındığından 13 adet dönem bulunmaktadır. Binom ağacı oluşturulurken yapılan hesaplamalar milyon USD cinsinden yapılmıştır. Hesaplamalarda yaklaşık değerler kullanılmıştır.

**Binom ağacının oluşturulması (USD)**

255	321	404	509	641	807	1015	1278	1609	2025	2549	3208	4038	5082
	203	255	321	404	509	641	807	1015	1278	1609	2025	2549	3208
		161	203	255	321	404	509	641	807	1015	1278	1609	2025
			128	161	203	255	321	404	509	641	807	1015	1278
				101	128	161	203	255	321	404	509	641	807
					80	101	128	161	203	255	321	404	509
						64	80	101	128	161	203	255	321
							51	64	80	101	128	161	203
								40	51	64	80	101	128
									32	40	51	64	80
										25	32	40	51
											20	25	32
												16	20
													12

Binom ağacı, nakit akışlarının şimdiki değeri olan 255’in, u faktörü olan 1,26 ve d faktörü olan 0,794 sayıları ile çarpımından elde edilmiştir. U ve d faktörlerinin hesaplanması ise aşağıdaki formüller kullanılarak yerine getirilmiştir:

$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} = e^{0,23 \sqrt{1}} = 1,26$$

$$d = 1 / u = 1 / 1,26 = 0,794$$

Opsiyon değerinin oluşturulmasında da değerler milyon USD olarak dikkate alınmıştır.

**Opsiyon değeri (USD)**

134	187	257	350	471	627	826	1079	1400	1805	2317	2963	3777	4803
	843	121	171	239	331	450	605	803	1055	1374	1777	2286	2929
		48	72	106	154	220	309	427	581	778	1028	1345	1746
			24	38	58	89	134	197	285	402	556	751	999
				10	16	27	44	70	111	171	257	376	528
					3	5	9	16	28	48	83	139	230
						0,5	1	2	3	6	11	22	42
							0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0
										0	0	0	0
											0	0	0
												0	0
													0

Yukarıda yer verilen opsiyon ağacının opsiyon değerine dönüştürülmesinde, son satırda ağaçtan gelen değerden yatırım maliyeti düşülerek elde edilen sonuç ile sıfır değeri arasında maksimum olan değer alınarak sonuca ulaşılmıştır. Tablodaki son yedi değer sıfır olması, ağaçtan gelen değerlerin yatırım maliyetinden düşük olmasını, bu yüzden opsiyonun sıfır değer almasını ifade etmektedir. Tabloda geriye doğru ilerlerken kullanılan formüller ve risk yansız değerlerin hesaplanması ise aşağıdaki gibidir:

$$p = \frac{e^{(rf-\delta)(\Delta t)} - d}{u - d} = (e^{(0,05)*1} - 0,794) / (1,26 - 0,794) = 0,553$$

$$1-p = 0,446$$

12. adımdaki en üst sıradaki opsiyonun değeri şu şekilde hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kesikli değer formülü kullanılmıştır.

$$C_{i,T} = \frac{pC_{i,t+1} + (1-p)C_{i+1,t+1}}{1+r_f} = [(0,553*4803) + (0,446*2929)] / (1+0,05)$$

$$C_{12} = 3777$$

Bu çerçevede ağaçta son adıma ilerlendiğinde, opsiyonun değeri 134 milyon ABD doları hesaplanmaktadır. Bir başka deyişle statik yöntemlerle yapılan hesaplamalarda varlığın değeri negatif iken, reel opsiyon yöntemi ile projenin uygulanabilir olduğu görülmektedir. Bu durumda yatırım projesinin, bugün karar vermek yerine 13 yıl vadeli bir opsiyona dönüştürülmesi, NBD'nin pozitif olarak sonuçlanmasına olanak sağlamıştır. Opsiyonun değerinin hesaplaması ise aşağıdaki gibidir:

$$\text{GNBD} = \text{Statik NBD} + \text{Opsiyon değeri}$$

$$\text{Opsiyon değeri} = 134.574,7 - (-23.309,37)$$

$$= 157.884,33 \text{ USD}$$

Yukarıda yer verilen örneğin, Black-Scholes modeli ile çözümü ise aşağıdaki gibidir. Yatırım projesini alım opsiyonu olarak düşünmek mümkündür. Black-Scholes modeli Avrupa tipi alım opsiyonları için geliştirilmiş olduğundan, opsiyonun ancak vadesinde işlem görebileceği varsayılmaktadır. Bu anlamda modelin vadesi 13 yıl olarak kabul edilmiştir (2023 yılının nakit akışlarının ilk üç aylık döneme ait olması dikkate alınmamıştır)

Formülde yer alan; S, 255; X, 278, t, 13, Rf, 0,05 ve  $\sigma$  ise 0,23 olarak yerine konulacaktır.

$$d_1 = \frac{\ln(255/278) + (0,05 + 0,23^2/2)13}{0,23\sqrt{13}}$$

$$d_1 = 1,094$$

$$d_2 = 1,094 - 0,23 \sqrt{13}$$

$$d_2 = 0,265$$

$d_1$  ve  $d_2$  parametrelerinin kümülatif normal standart dağılım değerleri ise  $N(d_1) = 0,8631$  ve  $N(d_2) = 0,6045$  olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyonun değeri ise aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} C_0 &= S_0 N(d_1) - X e^{-R_f T} N(d_2) \\ &= 255 * 0,8631 - 278 * e^{0,05 * 13} * 0,6045 \\ &= 132,3566 \end{aligned}$$

Görüldüğü üzere Black Scholes modeli ile yapılan hesaplamalarda da projenin NBD değeri pozitif olarak bulunmuştur. Yapılan hesaplamalarda, binom modeli ve Black-Scholes formüllerine göre çıkan sonuçlar arasında 2.180.700 USD bir fark söz konusudur. Oransal olarak sapma ise yaklaşık %2 olarak ortaya çıkmıştır. Binom modelinin adımlarının artırılması ile aradaki farkın daha da azaltılabileceğini söylemek mümkündür.

GNBD ve ideal yatırım zamanlamasının (İYZ) nasıl belirlendiğini görmek amacıyla, örneğimizde yer alan firmanın yatırımını daha iyi pazar koşullarının mevcut olacağı dönemlere erteleyebilme esnekliğine sahip olduğu varsayılmaktadır. Söz konusu yatırımın başka zamana ertelenebilmesi ya da istenilen zamanda gerçekleştirilebilmesi Amerikan tipi bir opsiyonun varlığına işaret etmektedir. Ancak yatırımın ertelenebilme esnekliğine sahip olması nedeniyle; “hem fırsat maliyeti hem de pazar kaybı” söz konusu olacaktır. Fırsat maliyetini, yatırımın ertelenmesi nedeniyle, yatırım maliyetinin gerçekleştirilmemesinden kaynaklanan kazançlar, pazar kaybını ise yatırımın gerçekleştirilmemesi nedeniyle oluşan nakit akışları kayıpları (temettü) olarak düşünmek mümkündür. Bu durumda yatırımın

ertelenmesi ile nakit akışlarının ne yönde gelişeceği üzerine daha fazla bilgi sahibi olma şansı söz konusudur. Bu durumda örneğimizde formülde Amerikan tipi bir opsiyon uygulamasına uygun değişikliklerin yapılabilmesini teminen Black yaklaşımı benimsenmiş ve opsiyonun istenildiği zaman işleme konulabilmesi olanaklı hale getirilmiştir. İkinci olarak ise projenin ertelenmesi nedeniyle mahrum kalınan nakit akış kayıplarının dikkate alınabilmesine yönelik olarak formüle getiri kısıtlılığı parametresi eklenmiştir.

Projeyi, öngörülen on üç yıllık analiz dönemi içerisinde en uygun koşulların sağlandığı herhangi bir yılda gerçekleştirmek mümkündür. Yatırımı yapma ya da erteleme kararı, firmamızın yatırım projelerinin ilgili bakanlık tarafından bütçe dönemlerinde onaylanması nedeniyle, yıllık olarak verilmektedir. Projenin azami erteleme süresi, 10 yıl olarak düşünülmektedir. Bunun nedeni hem halihazırda Türkiye’de bir depolama tesisinin mevcut olmaması hem de depolama tesisine ihtiyaç duyulan talebin yüksek olmasıdır. Doğalgaz kullanımına yönelik olan talebin de istikrarlı bir biçimde artacağı düşünüldüğünde, depolama tesisi faaliyeti bakımından uygun pazar koşullarının varlığının bu süreçte mevcut olduğunu söylemek mümkündür. Projenin yapım aşamasının bir yıl sürmesi planlanmaktadır. Tesisin yapımının hemen ertesinde faaliyete geçmesi ve nakit akışlarının ilk yıldan itibaren başlayacağı öngörülmektedir. Proje ilişkin nakit akışlarına daha önce yer verildiğinden, proje gelirleri, işletme maliyeti ve yatırım maliyetine ilişkin detaylara tekraren yer verilmesine gerek görülmemiştir. Hatırlanacağı üzere, projenin risksiz getiri oranının %5, proje nakit akışlarının indirildiği oranın %11 ve proje nakit akışlarının değişkenliği %23 olarak dikkate alınmaktadır. Ancak, 278.901.000 Amerikan Doları olarak belirlenen ilk yatırım maliyetinin, ertelemeye konu her dönem itibari ile %25 oranında düşebileceği varsayılmıştır. Bu varsayım, erteleme nedeniyle ortaya çıkan fırsat maliyetinin dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu

veriler dikkate alındığında firmanın söz konusu projesine ilişkin nakit akış tablosu aşağıdaki gibidir:

**Tablo 2.18. Kuzey Marmara depolama tesisi: İdeal yatırım zamanlaması (İYD) için net nakit akışı**

Periyot	Yıl	Net Nakit Akışı	BDF (%11)	NBD	Yatırım Maliyeti (X) (USD)	T Sonrası İNA (S) (USD)
0	2010	-278901,00	1,00	-278901,00	278901,00	255591,63
1	2011	41793,00	0,90	37651,31	209175,75	217940,32
2	2012	44076,00	0,81	35772,08	156881,81	182168,23
3	2013	43700,00	0,73	31953,44	117661,36	150214,79
4	2014	43357,00	0,66	28559,26	88246,02	121655,54
5	2015	43009,00	0,57	24403,31	66184,51	97252,23
6	2016	42715,00	0,45	19319,99	49638,39	77932,24
7	2017	42228,00	0,40	17055,89	37228,79	60876,35
8	2018	41943,00	0,36	15124,65	27921,59	45751,70
9	2019	41691,00	0,32	13424,50	20941,19	32327,20
10	2020	41612,00	0,29	11963,45	15705,90	20363,75
11	2021	37186,00	0,26	9545,65	11779,42	10818,10
12	2022	37386,00	0,20	7649,18	8834,57	3168,93
13	2023	17345,00	0,18	3168,93	6625,92	0,00
		239140,00	NBD	-23.309,37		

Tablo 2.18'in, altıncı sütununda yer alan yatırım maliyeti, her yıl %25 azalma oranı dikkate alınarak yeniden oluşturulmuştur. Son sütunda yer alan İNA, erteleme nedeniyle elde edilecek nakit akışlarından kaynaklanan kayıpları ortaya koymaktadır. Bu durumda yeni nakit akış tablomuzun, fırsat maliyeti ve pazar kaybını dikkate alınarak oluşturulduğunu söylemek mümkündür. Yedinci sütunun ilk satırında yer alan 255.591, 63 değeri, sıfırıncı dönemdeki yatırım maliyetinden NBD'nin çıkartılması ( 278.901 – 23.309, 37) ile elde edilmektedir. Yedinci sütunun diğer satırları ise, bir üstteki satırdan, ilgili dönem NBD'sinin çıkartılması ile elde edilmektedir. Örneğin birinci döneme ait İNA değeri olan 217.940,32; 255.591,63'den 37.651,31'in çıkartılması ile elde edilmektedir. Tablo 2.18'de yer alan dönemlere ait yatırım maliyetleri ve t sonrası İNA, opsiyon hesaplamalarında Amerikan tipi opsiyonların ilgili dönemlerinin S ve X değerlerini oluşturmaktadır.

Geleneksel yöntemler ile hesaplanan proje NBD'si negatif (-23.309,37) olarak ortaya çıkmıştır. Buna rağmen projenin önümüzdeki dönemlerde karlı olup olmadığının belirlenmesi ancak reel opsiyon analizi ile ortaya konulabilecektir. Getiri kısıtlılığı parametresi başlangıçta sıfır olarak kabul edilmiştir. GNBD ve İYZ'de görülebilecek olan değişimler yapılan duyarlılık analizleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Black-Sholes formülünde kullanılacak yatırım dönemi öncesine ait parametreler aşağıdaki gibidir:

**Tablo 2.19. Kuzey Marmara depolama tesisi: Duyarlılık analizi parametreleri**

Parametreler		Duyarlılık Analizi Değerleri			
S	255591,63				
X	278901,00	300000	350000	400000	450000
$\sigma$	0,23	0,25	0,30	0,35	0,40
T	13	2	4	6	10
Rf	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
$\delta$	0	0,01	0,02	0,03	0,04

Tablo 2.19'da yer verilen parametreler kullanılarak yapılacak duyarlılık analizinde öncelikli olarak opsiyon ömrünün etkisi gösterilecektir. Aşağıda yer verilen Tablo 2.20'de yatırım projesinin on yıla kadar ertelenmesi halinde opsiyon değerinde ve GNBD'de yaşanan değişimlere yer verilmektedir.

Yatırımın gerçekleştirilebileceği ufkun daha geniş bir zaman aralığına sahip olması, yani erteleme opsiyonu ömrünün daha uzun olması, arzu edilen ideal koşulların gerçekleşme olasılığını da arttırmaktadır. Bir başka deyişle, erteleme opsiyonunun ömrünün uzaması, belirsizliğin kötü yanlarından korunarak iyi yanlarını kullanıp yükselme potansiyelinden daha uzun bir süre istifade etme imkanı sunacağından, opsiyon değerini de arttıracaktır (Özoğul, 2006: 87).

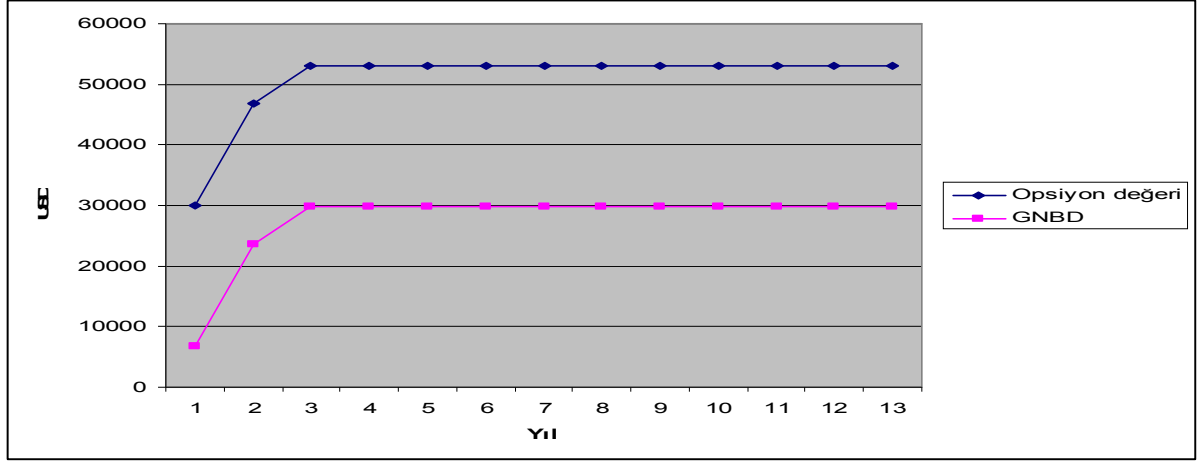
**Tablo 2.20. Kuzey Marmara depolama tesisi: Opsiyon değerinin ve GNBD'in T'ye göre değişimi**

Proje yılı (T max)	Mak[C (E,t); C(E,T)]	Statik NBD	Geliştirilmiş NBD	C/X	t ideal (yıl)	C (E,T) (USD)
1.yıl için: S= 217 940, X=209 175; $\sigma =0,23$ ; $r_f =0,05$ ; $r_i =0,11$ ; $\delta =0$						
2.yıl için S= 182 163, X= 156 881						
1	30036,72	-23309,37	6727,35	0,11	1	30036,72
2	46827,76	-23309,37	23518,39	0,17	2	46827,76
3	53065,58	-23309,37	29756,21	0,19	3	53065,58
4	53065,58	-23309,37	29756,21	0,19	3	52130,45
5	53065,58	-23309,37	29756,21	0,19	3	47568,15
6	53065,58	-23309,37	29756,21	0,19	3	42403,49
7	53065,58	-23309,37	29756,21	0,19	3	35537,05
8	53065,58	-23309,37	29756,21	0,19	3	27747,34
9	53065,58	-23309,37	29756,21	0,19	3	19626,17
10	53065,58	-23309,37	29756,21	0,19	3	11580,23

Yapılan hesaplamalarda, Black – Scholes formülündeki; “t değeri yerine t max değerleri, S ve X değerleri yerine ise Tablo 2.18’de yer alan t max değerlerine karşılık gelen yatırım maliyeti ve İNA değerleri” kullanılmıştır. Tablo 2.20’den görüldüğü üzere, on yıllık zaman diliminde opsiyonun en yüksek değerine üçüncü yılın sonunda ulaşılmaktadır. Söz konusu tarih aynı zamanda ideal yatırım zamanlamasını vermektedir. Her ne kadar opsiyonun vadesinin uzaması ile opsiyon değerinin artacağı öngörülse de, üçüncü yılın sonrasında opsiyon değerinde azalma meydana gelmektedir. Bu durumun nedeni ise ertelemeden kaynaklanan nakit akış kayıplarının yarattığı etkinin daha büyük olmasıdır. Opsiyonun sağlayacağı getirinin maksimize edilebilmesi için yatırımın üçüncü yılda gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

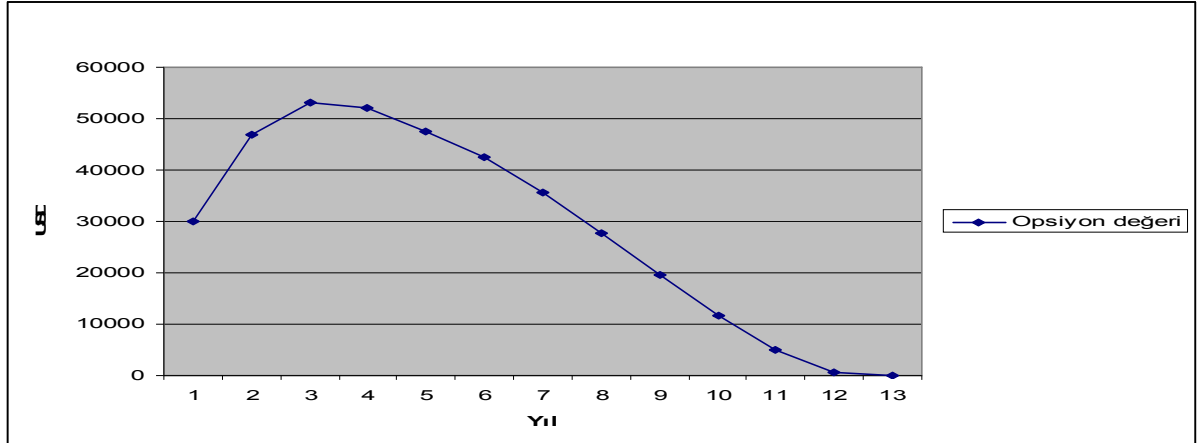


Şekil 2.6. Kuzey Marmara depolama tesisi: Opsiyon değerinin ve GNBD'nin T'ye göre değişimi



Şekil 2.6'da görüldüğü üzere, opsiyon değerinin artması GNBD'nin değerinin de artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte opsiyon değeri en yüksek seviyeye üçüncü yılda çıkmaktadır. Bu nedenle bu kritik zaman diliminin aşılması sonrasında, kayıp nakit akışları nedeniyle opsiyonun sağlayacağı getirinin maksimize edilmesi imkanı bulunmamaktadır.

Şekil 2.7. Kuzey Marmara depolama tesisi: Avrupa tipi opsiyonun değeri

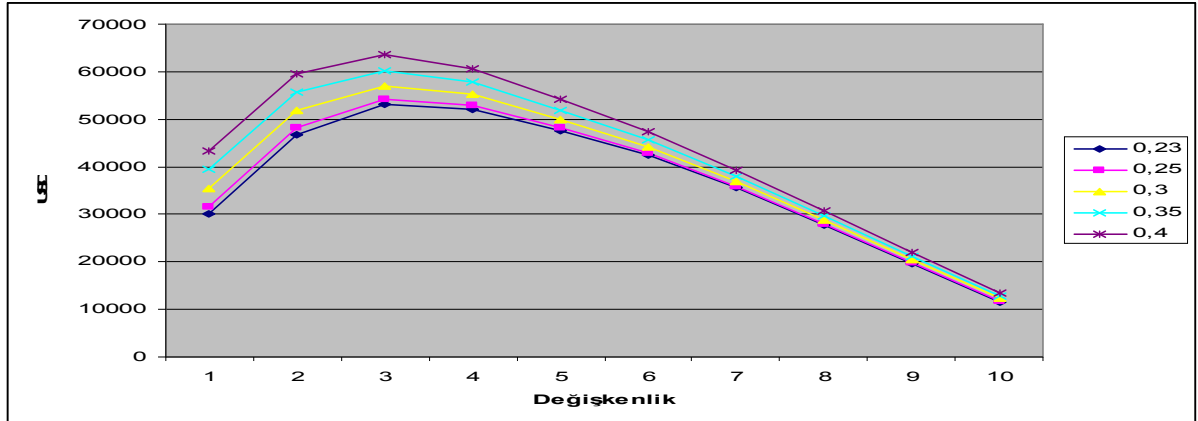


Değerlemede, vadesi 13 yıl olan Avrupa tipi opsiyon, her yıl sonu değeri hesaplanabilen Avrupa tipi bir opsiyona dönüştürülerek, tıpkı Amerikan opsiyonlarına benzer şekilde istenildiği anda işleme konulabilme özelliğine kavuşturulmuştur. Şekil 2.7'den de görüldüğü üzere üçüncü yıl ideal yatırım zamanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir başka deyişle, Amerikan tipi erteleme opsiyonu en yüksek değerine bu yılda ulaşmaktadır.

**Tablo 2.21. Kuzey Marmara depolama tesisi: Değişkenliğin opsiyon değerine etkisi**

S= 255 592, X=278901; rf=0.05; ri =0,11; δ=0; t=13					
σ	0,23	0,25	0,3	0,35	0,4
1	30036,7	31571,6	35465,06	39405,63	43367,91
2	46827,8	48192,51	51810,63	55620,42	59539,35
3	53065,6	54128,84	57062,58	60263,15	63622,58
4	52130,5	52936,31	55228,85	57797,26	60532,97
5	47568,2	48172,97	49934,99	51949,4	54118,1
6	42403,5	42846,19	44168,85	45713,76	47396,23
7	35537,1	35869,96	36877,11	38065,06	39364,17
8	27747,3	28009,14	28797,09	29720,69	30724,71
9	19626,2	19845,29	20485,91	21215,99	21994,13
10	11580,2	11778,23	12322,35	12907,12	13506,62

Tablo 2.22’de, temel senaryodaki tüm değişkenler sabit tutularak, değişkenlik parametrelerinde meydana gelen değişikliklerin opsiyon değerine olan etkisi değerlendirilmektedir. Görüldüğü üzere, değişkenliğin değerinin artması, opsiyonun değerini artırmaktadır. Bununla birlikte tüm değişkenlik değerlerinde ideal yatırım zamanlaması olarak üçüncü yıl en yüksek opsiyon değerine sahip yıl olarak ortaya çıkmaktadır.

**Şekil 2.8. Kuzey Marmara depolama tesisi: Değişkenliğin opsiyon değerine olan etkisi**

Opsiyon teorisine uygun bir biçimde, değişkenliğin artması, opsiyon değerini olumlu bir biçimde etkilemektedir. Bu durumda belirsizlik arttıkça opsiyon değerinin yükseldiği ve geleneksel yöntemler yerine reel opsiyon analizinin daha gerçekçi sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Şekil 2.8’den de görüldüğü üzere, belirsizliğin artması, eğrinin içbükeyliğini artırmakla birlikte, eğrilerin tepe noktası değişmemektedir. Bir başka deyişle, belirsizliğin

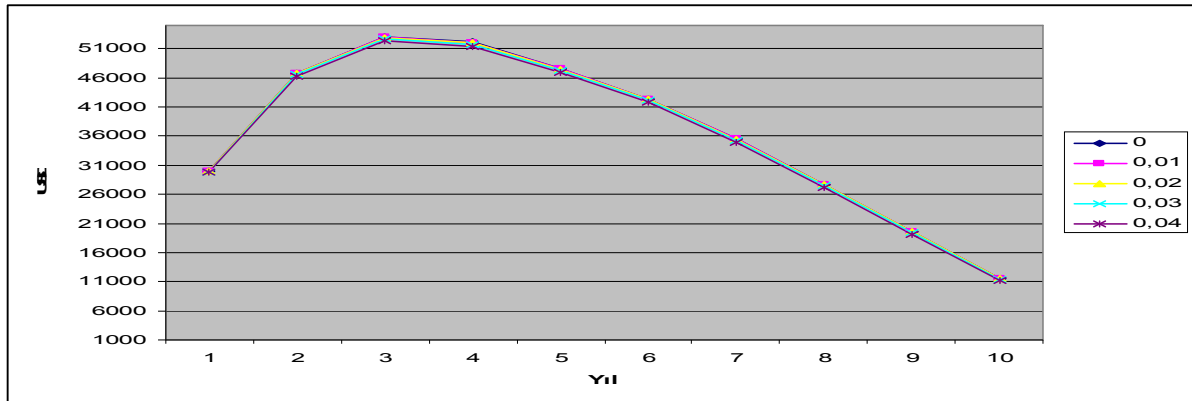
artması opsiyon değerini artırırken, ideal yatırım zamanlaması ise değişmemektedir. Opsiyonlar değer olarak en yüksek seviyeye üçüncü yılda ulaşmaktadır. Bu durum belirsizliğin en yüksek orana ulaştığı %40 seviyesi içinde geçerlidir.

**Tablo 2.22. Kuzey Marmara depolama tesisi: Getiri kısıtlılığının opsiyon değerine etkisi**

S= 255 592, X=278901; rf=0.05; ri =0,11; σ=0,23; t=13					
δ	0	0,01	0,02	0,03	0,04
1	30036,7	30019,95	29968,95	29882,83	29760,89
2	46827,8	46797,85	46704,62	46543,13	46308,89
3	53065,6	53030,53	52918,81	52720,76	52427,23
4	52130,5	52094,89	51979,31	51770,34	51454,93
5	47568,2	47534,63	47423,77	47219,82	46907,06
6	42403,5	42373,91	42274,34	42087,85	41797,15
7	35537,1	35510,94	35421,85	35252,77	34986,15
8	27747,3	27723,69	27642,43	27487,27	27241,51
9	19626,2	19603,71	19526,76	19380,63	19150,79
10	11580,2	11557,52	11481,49	11340,87	11125,92

Firmanın projeyi ertelemesi, rakiplerine gelirlerinin bir kısmını kaptırması ya da nakit akışı kaybı yaşaması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla projenin getiri oranının, benzer riske sahip projelerden elde edilmesi beklenen getiri oranının altına düşmesi beklenebilir. Buna bağlı olarak, riskten kaçınan yatırımcıların üstlendikleri riske karşı ekstra bir getiri elde etme beklentileri içinde olması doğaldır. Bu durumu firmanın karşılaşacağı fırsat maliyeti olarak düşünmek mümkündür (Özoğul 2006, 94). Bu anlamda, getiri kısıtlılığı parametresi, %0 ile risksiz getiri oranı olan %5 değerler verilerek, modelimize dahil edilmiştir. Tablo 2.23'den de görüldüğü üzere, getiri kısıtlılığı parametresinin artması opsiyonun değeri üzerinde azaltıcı bir etki yapmaktadır. Örneğimizde getiri kısıtlılığı parametresinde yaşanan artışın İYZ üzerinde bir etkisi olmadığı görülmektedir. Üçüncü yıl, diğer değişkenler sabit tutularak, yalnızca getiri kısıtlılığında değişiklik yapılması durumunda da, ideal yatırım yılı olarak ortaya çıkmaktadır.

**Şekil 2.9. Kuzey Marmara depolama tesisi: Getiri kılığının opsiyon değerine olan etkisi**



Getiri kılığı parametresi yıllar itibari ile değişiklik göstermesine rağmen, aynı yıl içerisinde parametrenin artışı opsiyon değeri üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir. Bir başka değişle, değişkenin büyümesi opsiyon değerinde ayı değerde bir büyümeye neden olmamaktadır. Bununla birlikte İYZ tüm oranlar itibari ile üçüncü yılı işaret etmektedir.

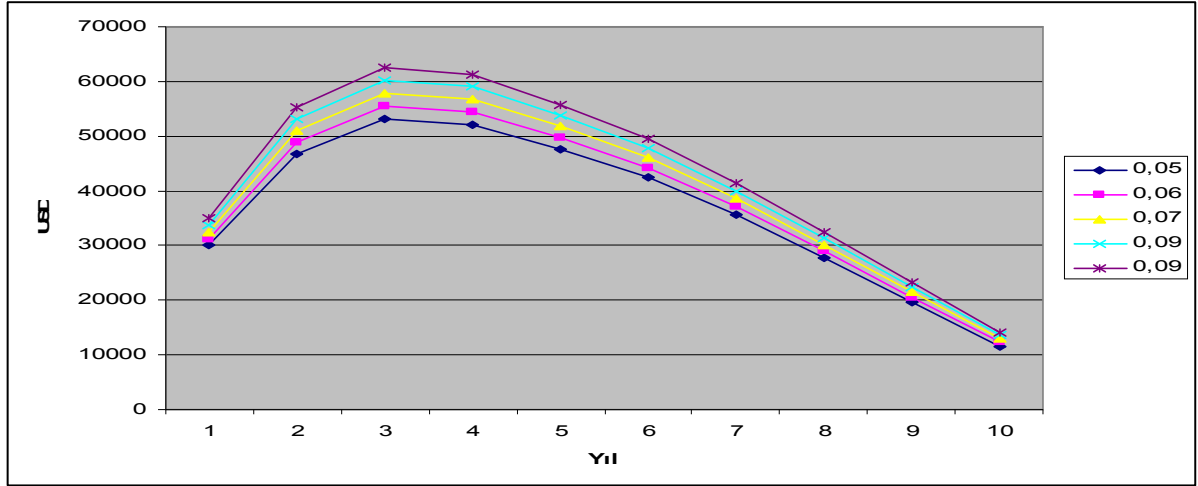
**Tablo 2.23. Kuzey Marmara depolama tesisi: Risksiz getiri oranının opsiyon değerine etkisi**

S= 255 592, X=278901; $\sigma=0,23$ ; $r_i=0,11$ ; $\delta=0$ ; $t=13$					
Rf	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1	30036,7	31261,99	32507,32	33771,71	35054,14
2	46827,8	48899,95	50985,25	53080,11	55181,07
3	53065,6	55448,32	57820,63	60177,23	62513,21
4	52130,5	54475,66	56786,8	59058,15	61284,75
5	47568,2	49698,24	51776,54	53797,92	55758,27
6	42403,5	44256,16	46044,81	47765,62	49415,95
7	35537,1	37083,41	38562,48	39971,64	41309,52
8	27747,3	28993,82	30177,31	31295,88	32348,83
9	19626,2	20593,08	21507,74	22368,12	23173,39
10	11580,2	12280,74	12946,79	13575,26	14164,22

Teorik olarak, risksiz getiri oranındaki artış gelecekteki nakit akışlarının bugünkü değerini azaltmakla beraber yatırımı gerçekleştirmek için beklemenin olası değerini arttırmaktadır. Finansal opsiyonlar teorisi, opsiyon değerini etkileyebilen tüm diğer parametreler sabit iken, risksiz getiri oranındaki artışın opsiyon değerini arttırdığını söylemektedir (Özoğul, 2006: 87). Örneğimizde de, diğer değişkenler sabit iken risksiz getiri oranında meydana gelen bir değişimin opsiyon değerini artırıcı bir etki oynadığı görülmektedir. Üçüncü yıl daha önceki

parametre değişimlerinde olduğu üzere, en ideal yatırım yılı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, risksiz getiri oranında meydana gelen bir değişimin, projenin nakit akışlarının indirgendiği iskonto oranı üzerindeki etkisi göz ardı edilmiştir. Bir başka değişle, risksiz getiri oranında meydana gelen bir artışın, indirgemedde kullanılan iskonto oranını da artırması beklenmektedir. Bu durumda risksiz getiri oranındaki bir artışın her durumda opsiyon değerine olan etkinin artırıcı yönde olacağını söylemek olanaklı görülmektedir.

**Şekil 2.10. Kuzey Marmara depolama tesisi: Risksiz getiri oranının opsiyon değerine olan etkisi**



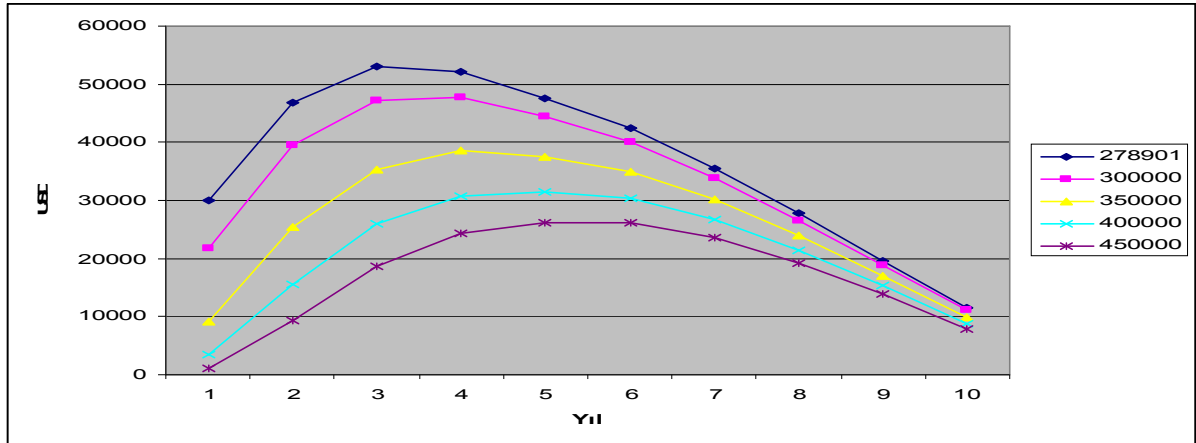
Şekil 2.10'dan görüldüğü üzere, risksiz getiri oranındaki artışlar opsiyon değerini artırıcı yönde bir rol oynamaktadır. İdeal yatırım zamanlaması ise tüm oranlar için üçüncü yılı işaret etmektedir.

**Tablo 2.24. Kuzey Marmara depolama tesisi: Yatırım maliyetinin opsiyon değerine etkisi**

S= 255 592, $\sigma=0,23$ ; $r_f=0,05$ ; $r_i=0,11$ ; $\delta=0$ ; $t=13$					
X	278901	300000	350000	400000	450000
1	30036,7	21792,26	9144,244	3392,12	1150,7
2	46827,8	39441,17	25343,47	15635,5	9360,32
3	53065,6	47265,55	35323,04	25891,15	18707,01
4	52130,5	47788,67	38520,38	30716,48	24300,58
5	47568,2	44381,57	37437,19	31374,15	26170,11
6	42403,5	40072,95	34917,04	30298,57	26214,33
7	35537,1	33858,8	30115,51	26713,91	23653,62
8	27747,3	26559,02	23901,73	21473,63	19272,54
9	19626,2	18806,69	16981,18	15319,53	13816,37
10	11580,2	11105,1	9886,76	8848,21	7924,66

Son olarak yatırım maliyetinde görülebilecek artışların opsiyon değeri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tablo 2.25’den görüldüğü üzere, yatırım maliyetinde meydana gelen artışlar opsiyon değerini azaltıcı yönde etki göstermektedir. Ancak önceki örneklerden farklı olarak, yatırım maliyetinde meydana gelen artışların esas etkisi ideal yatırım zamanı üzerinde görülmüştür. Hatırlanacağı üzere, daha önceki örneklerin tamamında parametrelerde meydana gelen değişimler her ne kadar opsiyon değerini etkilemekle birlikte ideal yatırım zamanı üzerinde bir değişiklik yaratmamış ve üçüncü yıl en ideal yatırım zamanı olarak ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, yatırım maliyetinin değişmesi ile birlikte ideal yatırım zamanının da değiştiği görülmektedir. Ancak bununla birlikte, dönemler arasındaki farklılıkların yüzdesel olarak çok düşük çıkması, yönetimin stratejik başkaca konuları dikkate alarak yatırımı daha önce gerçekleştirmesini engelleyici nitelikte görünmemektedir.

**Şekil 2.11. Kuzey Marmara depolama tesisi: Yatırım maliyetinin opsiyon değerine olan etkisi**

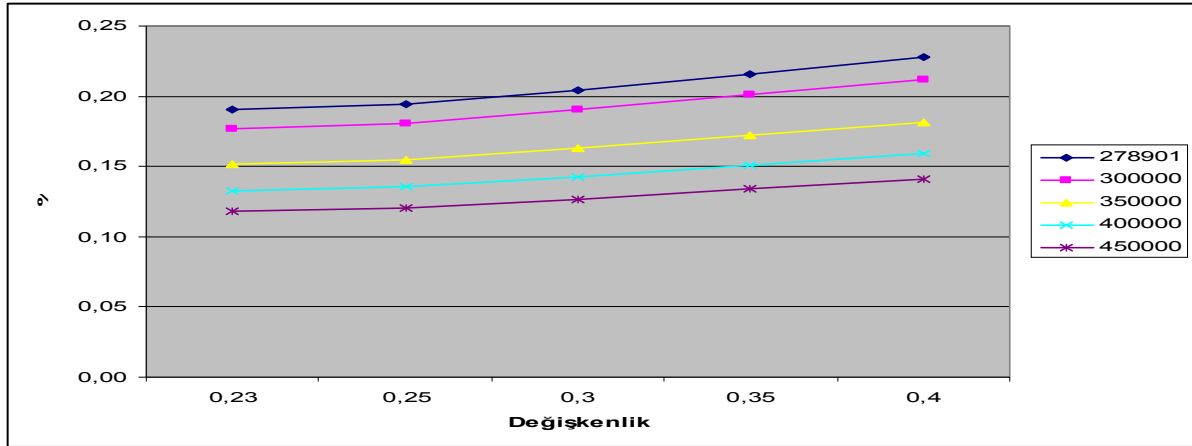


Şekil 2.11’den görüldüğü üzere, yatırım maliyetinin artması opsiyon değeri üzerinde azaltıcı yönde bir etkide bulunmaktadır. Bununla birlikte, diğer parametrelerden farklı olarak, yatırım maliyetine göre projenin ideal yatırım zamanlamasında da bir takım farklılıklar gözlemlenmiştir. Maliyetin 300 milyon ABD Doları seviyesine yükselmesi ile birlikte ideal

yatırım zamanlaması dördüncü yıla kaymışken, maliyetin 400 milyon ABD Doları seviyesine yükselmesi ile birlikte ideal yatırım zamanı beşinci yıl ve 450 milyon ABD Doları seviyesine yükselmesi ile birlikte ideal yatırım zamanı altıncı yıl olarak ortaya çıkmaktadır.

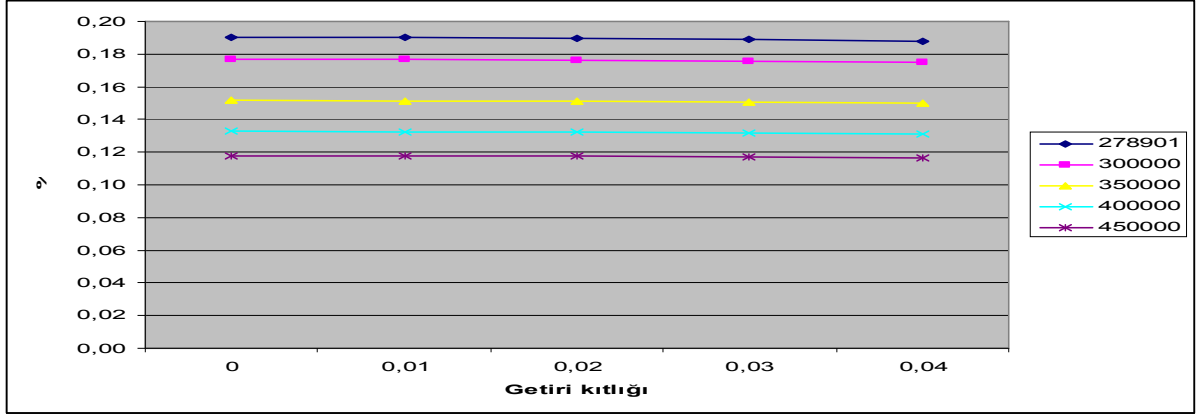
Yatırım projesi üzerinde önemli derecede etki eden parametrelerin tespiti için, söz konusu parametrelerin opsiyon değeri üzerindeki birim etkisine bakılması yerinde olacaktır. Parametrelerin opsiyon değeri üzerindeki birim etkisini görebilmek bakımından, opsiyon değeri yatırım maliyetine bölünmüştür. Bu çerçevede yatırım maliyeti için dikkate alınan miktarların her biri için opsiyon değerinde meydana gelen değişime bakılmıştır. Yıl olarak ise ideal yatırım zamanlaması olarak öne çıkan üçüncü yıla ait veriler kullanılmıştır.

**Şekil 2.12. Kuzey Marmara depolama tesisi: Yatırım maliyetinin opsiyonun değeri üzerinde yarattığı birim etki**



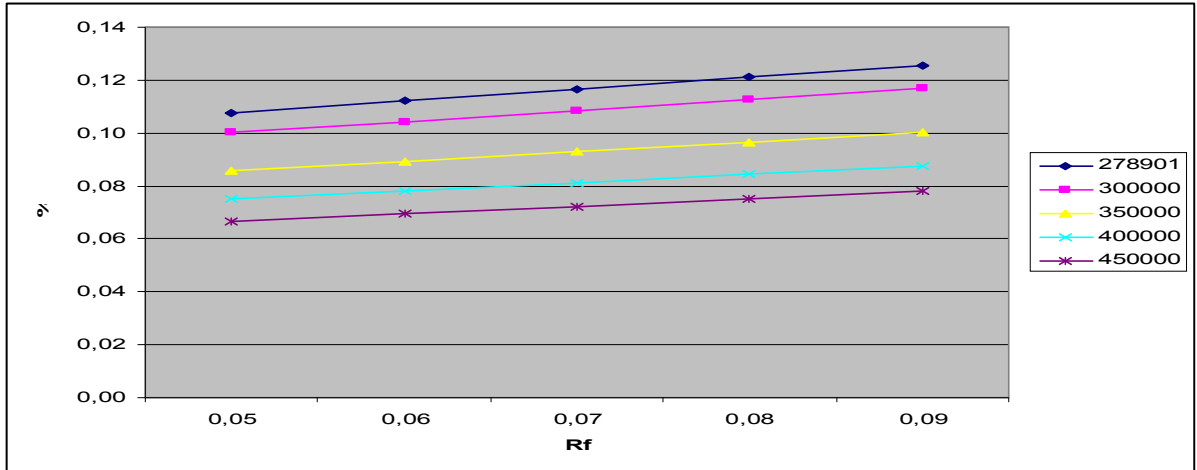
Şekil 2.12'den görüldüğü üzere, yatırım maliyeti düştükçe, değişkenliğin ve belirsizliğin opsiyon değeri üzerindeki olumlu etkisi daha artmaktadır.

Şekil 2.13. Kuzey Marmara depolama tesisi: Getiri kısıtlığının opsiyonun değeri üzerinde yarattığı birim etki



Şekil 2.13’den görüldüğü üzere, değişkenlikten farklı olarak, getiri kısıtlığında meydana gelen değişim opsiyon değerini aynı ölçüde etkilememektedir. Bununla birlikte yatırım maliyetinin en düşük olduğu dönem itibari ile opsiyonun değeri en yükseğe ulaşmaktadır. Şekil 2.13’den görüldüğü üzere, getiri kısıtlığının oranının artması, opsiyonun değeri üzerinde olumlu bir etki yaratmaktadır.

Şekil 2.14. Kuzey Marmara depolama tesisi: Risksiz faiz oranının opsiyonun değeri üzerinde yarattığı birim etki



Yukarıda yer verilen analizlerden görüldüğü üzere, erteleme opsiyonun değerini özellikle; değişkenlik ve risksiz getiri oranı parametreleri etkilemektedir. Her iki parametreye göre yapılan hesaplamalarda ise ideal yatırım zamanlaması olarak üçüncü yıl karşımıza çıkmaktadır. İdeal yatırım zamanlamasını farklı olarak ortaya koyan tek parametre ise



yatırımın maliyeti olmuştur. Yatırımın neredeyse iki katına kadar çıktığı değerler için ideal yatırım zamanlaması altıncı yıla değin yükselmiştir.

Sonuç olarak, reel opsiyon analizi bize geleneksel yöntemler ile yapılan bir değerlendirmede, negatif olarak hesaplanan NBD'ye sahip bir projenin ertelenmesi durumunda uygulanabilir olabileceğini ve söz konusu yatırımın gerçekleştirilmesi için dikkate alınacak ideal zamanlamayı vermektedir.

### ***2.2.3. OPSİYON TÜRLERİNİN PROJE DEĞERLEMeye ETKİLERİ: AKÇAKOCA DOĞALGAZ ÜRETİM PROJESİ DEĞERLEME***

TPAO, 2010 yılında, doğal gaz sahalarından toplam 260,7 milyon sm<sup>3</sup> doğal gaz üretmiştir. Bu üretimin, % 94'ü Trakya, % 5'i Batman ve % 1'i Adıyaman Bölgesinden elde edilmiştir. Üretilen doğal gazın ham petrol eşdeğeri 1,5 milyon varildir. Batı Karadeniz'de (Akçakoca), Akçakoca-Çayağzı Doğal Gaz Proses Tesisleri Mayıs 2007 ayında devreye alınmış ve doğal gaz üretimine geçilmiştir. Batı Karadeniz Akçakoca Sahasını üretime alma çalışmaları kapsamında, günde 700.000 sm<sup>3</sup> doğal gaz üretecek Akçakoca Üretim Platformu da devreye alınmıştır. Örneğimiz Akçakoca doğalgaz üretim sahasının değerlemesine yöneliktir.

Örneğimizde öne çıkan konu başlıklarını şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Aynı yatırım projesinin ayrı ayrı binom ve Black-Scholes çözümleri
- Binom ağaçlarının oluşturulması
- Yatırım projesinin içerisinde barındırdığı çeşitli esnekliklerin dikkate alınması ile oluşturulan çeşitli opsiyonlar
- Logaritmik nakit akışı getirileri yöntemi kullanılarak değişkenlik hesaplama

**Tablo 2.25. Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Temel senaryo**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Üretim (Milyon m <sup>3</sup> )				76,142	70,000	60,000	52,000	45,000
Fiyat (Bin M3/\$)				330,61	383,11	407,77	424,06	437,49
Toplam Satış Geliri				25.173.091	26.817.423	24.466.288	22.051.340	19.687.080
Devlet Hissesi (%12,5)	0	0	0	3.146.636	3.352.178	3.058.286	2.756.417	2.460.885
Devlet Hissesi Sonrası	0	0	0	22.026.455	23.465.246	21.408.002	19.294.922	17.226.195
Hasılat Vergisi (%10)	0	0	0	2.202.645	2.346.525	2.140.800	1.929.492	1.722.619
Hasılat Vergisi Sonrası	0	0	0	19.823.809	21.118.721	19.267.202	17.365.430	15.503.575
İşletme Giderleri				2.891.080	3.035.634	3.187.416	3.346.786	3.514.126
Yatırımlar	15.000.000	1.875.319	54.145.102	0	0	0	0	0
Amortisman <sup>37</sup>				2.524.500	2.524.500	2.524.500	2.524.500	79.200.000
Vergi Öncesi Kar	0	0	0	14.408.229	15.558.587	13.555.286	11.494.144	-67.210.550
Vergi 20 %	0	0	0	2.881.646	3.111.717	2.711.057	2.298.829	0
Vergi Avantajı	0	0	0	0	0	0	0	13.442.110
Vergi Sonrası Kar	0	0	0	11.526.583	12.446.870	10.844.229	9.195.315	-53.768.440
Hurda Değeri (Kalan Defter Değeri <sup>38</sup> *0,05)								4.811.914
Net Nakit Akışı	15.000.000	-1.875.319	54.145.102	14.051.083	14.971.370	13.368.729	11.719.815	30.243.474
BDF (%7)	1,00	0,934	0,876	0,819	0,765	0,715	0,668	0,625
BD	15.000.000	-1.750.835	47.434.485	11.504.323	11.455.894	9.560.350	7.832.865	18.890.689
2007 Değeri	-4.530.716							

Akçakoca doğalgaz üretim sahası bakımından yapılan analizde, üretim planında yer alan rezervler dikkate alınmıştır. Temel senaryomuzda yer alan doğalgaz fiyatlarının NYMEX borsası vadeli işlemler fiyatlarına göre değişeceği varsayılmıştır. Akçakoca platformunun faydalı ömrü 20 yıl olarak varsayılmaktadır. Üretime 2011 yılında başlanmış olmakla birlikte, bu dönemin öncesinde üç yıllık bir yatırım süreci söz konusudur. Temel senaryoda iskonto

<sup>37</sup> Orjinal örneğimizde amortismanlar, Akçakoca platformunun faydalı ömrünün 20 yıl olacağı öngörüsü nedeniyle, 20 yıl üzerinden ayrılmıştır. Bununla birlikte beşinci yıl sonunda üretimin nihayetlenmesi nedeniyle, amortismanların büyük bir kısmı son yıl içinde yer almaktadır. Ayrıca, söz konusu sahasının ortak girişim olması, yatırım maliyetlerinin tarafımızca belirlenmesi ve orijinal nakit akışlarının aynen korunmaya çalışılması gibi nedenler dolayısı ile, amortisman giderleri ve yatırım harcamaları arasında bazı farklılık bulunmaktadır. Bununla birlikte okuyucu bakımından dikkat edilmesi gerek konu, veri amortisman harcamalarının nakit akışlarının elde edilmesinde oynamış olduğu roldür. Temel senaryoda dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise, vergi öncesi karın negatif olduğu durumlarda, vergi avantajının nakit akışlarına olan pozitif etkisidir.

<sup>38</sup> Son dönem amortisman miktarı olarak alınmıştır

faktörü olarak %7 oranı kullanılmıştır<sup>39</sup>. Projeksiyona göre var olan üretimle bilinen rezervin beşinci yılın sonunda tükenecek olması nedeniyle, 2015 projenin bitiş yılı olarak varsayılmıştır.

Tablo 2.26'da yer verilen temel senaryodan görüldüğü üzere, Akçakoca doğalgaz üretim sahasının geleneksel yöntemler ile hesaplanan NBD'si negatif çıkmaktadır. Proje NBD'sinin değerinin negatif çıkmasını temin etmek bakımından 2008 yılına ait ilk yatırım maliyeti tarafımızca değiştirilmiştir. Değerleme işlemi, üretime 2011 yılında geçilmesi ve ilk üç yılın yatırımlara ayrılması nedeniyle, 2007 yılı için yapılmış olup, önümüzdeki yıllara ait üretim miktarı, doğalgaz fiyatı gibi parametreler tahmin edilmeye çalışılmıştır. Söz konusu sahanın üretime alınma süresi üç yıl olup, sahadan dördüncü yıldan itibaren beş yıl süre ile doğalgaz üretimi gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Proje değerlemenin yapıldığı zamandaki üç yıllık yatırım maliyetinin toplamı -64.185.320 USD iken, nakit akışları toplamı ise 59.244.122 USD olarak hesaplanmıştır. Bu durumda projenin NBD'si, -4.530.716 USD olarak hesaplanmaktadır. Bununla birlikte, statik yöntemler ile hesaplanan proje değerinin opsiyon analizi ile hesaplanmasında, daha gerçekçi sonuçlar elde edileceği düşünülmektedir. Bu çerçevede yukarıda yer verilen değerlendirme işleminin reel opsiyon analizine göre yeniden ele alınması ile ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

İşlemin reel opsiyonlar ile ele alınabilmesi için, proje nakit akışlarının değişkenliğinin bilinmesi gerekmektedir. Proje nakit akışları değişkenliği logaritmik nakit akışı getiriler yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

---

<sup>39</sup> Örnekte proje getirileri ve yatırım maliyeti aynı iskonto oranından indirgenmiştir. Bununla birlikte yatırım harcamalarının risksiz faiz oranından indirgenmesi daha doğru olacaktır. Ancak bu durumda dahi NBD'nin negatif çıkması, yatırım harcamalarının risksiz faiz oranından indirgenmesi halinde her hal ve karda NBD'nin negatif çıkacağını göstermektedir.

$$\text{Değişkenlik} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{ortalama}})^2}$$

Hesaplamaya ilişkin detaylar aşağıdaki gibidir:

**Tablo 2.26. Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Proje nakit akışlarının değişkenliğinin hesaplanması**

Nakit akışları	Nakit akışlarının göreceli getirileri	LN (xi)	Xortalama	Xi- Xort	(Xi- Xort) <sup>2</sup>
14.051.083	1,065495745	0,06344018	0,19	-0,12	0,01
14.971.370	0,89295298	-0,11322135	0,19	-0,30	0,09
13.368.729	0,87665887	-0,13163734	0,19	-0,32	0,10
11.719.815	2,580541919	0,94799942	0,19	0,76	0,57
30.243.474	Toplam	0,76658091		0,01	4,33
	Ortalama	0,19		Toplam	0,78
				1/n-1 ile çarpım	0,19
				Karekök	0,44

Değişkenliğin belirlenmesi sonrasında binom modelinde kullanılacak parametreler ve söz konusu parametreler kullanılarak bulunan yukarı hareket, aşağı hareket ve risk yansız olasılığa ilişkin değerler aşağıdaki gibidir. Risksiz getiri oranı için 5 yıllık Amerikan tahvillerinin getiri oranı kullanılacaktır. Bu çerçevede oran %5 olarak dikkate alınmıştır.

**Tablo 2.27. Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Binom modeli parametrelerinin belirlenmesi**

Girdi Parametreleri			Parametre Hesaplamaları		
1.Yıllık risksiz faiz oranı	Rf	5%	1.Yukarı doğru hareket	u	1,55
2. Varlığın şimdiki değeri	S	59.244.122	2. Aşağı doğru hareket	d	0,64
3. Varlığın kullanım fiyatı	X	-64.185.320	3. Risksiz faiz oranı	Rf	0,05
4. Opsiyonun yaşam süresi	T	5	4. Risk bağımsız olasılık yukarı	P	0,45
6. Yıllık standart sapma	Σ	0,44	5. Risk bağımsız olasılık aşağı	(1-p)	0,55
7. Yıllık dönemler	Δt	1			

Aşağıda, yukarıda yer verilen parametreler kullanılarak oluşturulan binom ağacı ve opsiyon değerlerine yer verilmektedir. Dönemler yıllık olarak dikkate alındığından toplamda 5 dönem bulunmaktadır.

**Binom ağacının oluşturulması (USD)**

59.244.122	91.988.776	142.831.636	221.775.713	344.352.750	534.679.001
	38.155.372	59.244.122	91.988.776	142.831.636	221.775.713
		24.573.449	38.155.372	59.244.122	91.988.776
			15.826.196	24.573.449	38.155.372
				10.192.647	15.826.196
					6.564.436

Binom ağacı, nakit akışlarının şimdiki değeri olan 59.244.122'nin, u faktörü olan 1,55 ve d faktörü olan 0,64 sayıları ile çarpımından elde edilmiştir. U ve d faktörlerinin hesaplanması ise aşağıdaki formüller kullanılarak yerine getirilmiştir.

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{0,44\sqrt{1}} = 1,55$$

$$d = 1 / u = 1 / 1,55 = 0,64$$

**Opsiyon değerlendirme ağacı (USD)**

26.380.549,2	49.770.225,9	91.683.908,1	164.095.009,6	283.640.736,3	470.493.680,8
	9.775.192,5	20.240.109,2	41.183.384,1	81.875.667,6	157.590.392,8
		2.161.948,9	5.065.199,3	11.867.183,6	27.803.455,9
			0,0	0,0	0,0
				0,0	0,0
					0,0

Yukarıda yer verilen opsiyon ağacının, opsiyon değerine dönüştürülmesinde, son satırda ağaçtan gelen değerden yatırım maliyeti düşülerek elde edilen sonuç ile sıfır değeri arasında maksimum olan değer alınarak sonuca ulaşılmıştır. Ağaçta son sütunda en altta yer alan üç değerlerin sıfır olması, ağaçtan gelen değerlerin yatırım maliyetinden düşük olmasını, bu yüzden opsiyonun sıfır değerini almasını ifade etmektedir. Ağaçta geriye doğru ilerlerken kullanılan formüller ve risk yansız değerlerin hesaplanması ise aşağıdaki gibidir:

$$p = \frac{e^{(rf-\delta)(\Delta t)} - d}{u - d} = (e^{(0,05)*1} - 0,64) / (1,55 - 0,64) = 0,45$$

$$1-p = 0,55$$

4. adımdaki opsiyonun değeri şu şekilde hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kesikli değer formülü kullanılmıştır.

$$C_{i,T} = \frac{pC_{i,t+1} + (1-p)C_{i+1,t+1}}{1+r_f} = [(0,55*470493680,8) + (0,45*157590392,8)] / (1+0,05)$$

$$C_{12} = 283.640.736,3$$

Bu çerçevede ağaçta son adıma ilerlendiğinde, projenin değeri 26,3 milyon ABD Doları olarak hesaplanmaktadır. Bir başka değişle statik yöntemlerle yapılan hesaplamalarda varlığın değeri -4,5 milyon ABD Doları iken, yatırım projesinin beş yıl vadeli bir opsiyona dönüştürülmesi ile bu dönemde gerçekleşebilecek olumlu gelişmelerin hesaplamalara dahil edilmesi projenin değerinin pozitifte dönmesine olanak sağlamaktadır. Opsiyonun değerinin hesaplanması ise aşağıdaki gibidir:

$$\text{GNBD} = \text{Statik NBD} + \text{Opsiyon değeri}$$

$$\text{Opsiyon değeri} = 26,3 \text{ milyon ABD Doları} - (-4,5 \text{ milyon ABD Doları})$$

$$= 30,8 \text{ milyon ABD Doları}$$

Yukarıda yer verilen örneğin, Black-Scholes modeli ile çözümü ise aşağıdaki gibidir. Yatırım projesini alım opsiyonu olarak düşünmek mümkündür. Black-Scholes modeli Avrupa tipi alım

opsiyonları için geliştirilmiş olduğundan, opsiyonun ancak vadesinde işlem görebileceği varsayılmaktadır. Bu anlamda modelin vadesi 5 yıl olarak kabul edilmiştir. Değerler milyon ABD doları cinsinden ifade edilmiştir.

Formülde yer alan; S, 59,2; X,64,1 , t, 5, Rf, 0,05 ve  $\sigma$  ise 0,44 olarak yerine konulacaktır.

$$d_1 = \frac{\ln(59,2 / 64,1) + (0,05 + 0,44^2 / 2) 5}{0,44\sqrt{5}}$$

$$d_1 = 0,663$$

$$d_2 = 0,663 - 0,44 \sqrt{5}$$

$$d_2 = -0,32$$

$d_1$  ve  $d_2$  parametrelerinin kümülatif normal standart dağılım değerleri ise  $N(d_1) = 0,746$  ve  $N(d_2) = 0,3743$  olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyonun değeri ise aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} C_0 &= S_0 N(d_1) - X e^{-R_f T} N(d_2) \\ &= 59,2 * 0,746 - 64,1 * e^{0,05 * 5} * 0,3743 \\ &= 25,38 \end{aligned}$$

Görüldüğü üzere Black Scholes modeli ile yapılan hesaplamalarda da projenin NBD değeri pozitif olarak bulunmuştur. Yapılan hesaplamalarda, binom modeli ve Black-Scholes formüllerine göre çıkan sonuçlar arasında yaklaşık bir milyon ABD doları bir fark söz konusudur. Oransal olarak sapma ise yaklaşık %3,5 olarak ortaya çıkmıştır. Binom modelinin adımlarının artırılması ile aradaki farkın daha da azaltılabileceğini söylemek mümkündür.

Doğal kaynak yatırımlarında, dayanak varlığın değeri; rezerv miktarı ve doğal kaynağın fiyatına göre değişmektedir. Bu çerçevede varlığın değişkenliği, hem fiyatın hem de rezervlerin değişkenliğine bağlı olduğundan, nakit akışlarına göre hesaplanmaktadır. Bununla birlikte rezerv miktarlarının tam bir kesinlikle bilindiği durumlarda, varlığın değişkenliği, fiyata bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Örneğin yukarıda yer verilen örnekte, belirsizliğin yalnızca fiyat olduğu ve rezervlerin (üretim miktarının) tam bir belirlilikle bilindiği varsayıldığında, varlığın değişkenliğinin değeri de değişecektir. Bu durumda projemizin değeri de farklılaşacaktır. Fiyatın değişkenliğinin logaritmik nakit akışı getiriler yöntemi kullanılarak yapılan hesaplaması aşağıdaki gibidir:

**Tablo 2.28. Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Fiyatın değişkenliğinin hesaplanması**

Yıl	Doğalgaz fiyatları (USD)	Doğalgaz fiyatlarının göreceli getirileri	LN (xi)	Xortalama	Xi- Xort	(Xi- Xort) <sup>2</sup>
2000	137,80	1,05161987	0,05033171	0,0911425	-0,040810791	0,001665521
2001	144,91	0,752105155	-0,28487913	0,0911425	-0,376021631	0,141392267
2002	108,99	1,280174768	0,24699661	0,0911425	0,155854106	0,024290502
2003	139,52	1,094923208	0,09068423	0,0911425	-0,000458269	2,1001E-07
2004	152,77	1,479251899	0,39153649	0,0911425	0,300393987	0,090236547
2005	225,98	1,338733044	0,29172368	0,0911425	0,200581177	0,040232809
2006	302,53	1,009936055	0,00988702	0,0911425	-0,081255483	0,006602454
2007	305,54	1,567114748	0,44923619	0,0911425	0,358093688	0,12823109
2008	478,81	0,649676778	-0,4312803	0,0911425	-0,522422805	0,272925587
2009	311,07	0,951492537	-0,04972344	0,0911425	-0,140865935	0,019843212
2010	295,98	1,268778281	0,23805445	0,0911425	0,146911954	0,021583122
2011	375,54	Toplam	1,0025675		Toplam	0,74700332
		Ortalama	0,0911425		1/n-1 ile çarpım	0,067909393
		1,05161987			Karakök	0,260594307

Projenin değişkenliğinin tek belirsizlik olan fiyat üzerinden hesaplanması durumunda, değişkenlik değeri 0,44'den 0,26'ya düşmektedir. Bu durumda proje değişkenliğinin azalması nedeniyle, proje değerinin azalması beklenmektedir. Yeni duruma göre hesaplanan proje değeri aşağıdaki gibidir. Formülde yer alan değişkenlerden; S, 59,2; X,64,1, t, 5, Rf, 0,05 ve  $\sigma$  ise 0,26 olarak yerine konulacaktır.



$$d_1 = \frac{\ln(59,2 / 64,1) + (0,05 + 0,26^2 / 2) 5}{0,26\sqrt{5}}$$

$$d_1 = 0,581$$

$$d_2 = 0,581 - 0,26\sqrt{5}$$

$$d_2 = -0,0006$$

$d_1$  ve  $d_2$  parametrelerinin kümülatif normal standart dağılım değerleri ise  $N(d_1) = 0,7193$  ve  $N(d_2) = 0,4998$  olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyonun değeri ise aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} C_0 &= S_0 N(d_1) - X e^{-R_f T} N(d_2) \\ &= 59,2 * 0,7193 - 64,1 * e^{0,05 * 5} * 0,4998 \\ &= 17,53 \end{aligned}$$

Görüldüğü üzere, varlığın değişkenliğinde yaşanan düşüş nedeniyle, projenin değeri; 25,38'den 17,53 milyon ABD Dolarına gerilemiştir.

Doğal varlık yatırımlarında projenin vadesi genellikle opsiyon sahibinin ilgili doğal kaynak üzerinde sahip olduğu hakkın süresi kadar olmaktadır. Örneğimizde doğalgaz üreticisi firma, ilk yatırım maliyeti için gerekli üç yılın sonrasındaki beş yıl içerisinde üretimini gerçekleştirmektedir. Bir başka deyişle, proje konusu doğal kaynağın lisans süresi olarak, üretim aşaması bakımından beş yıl dikkate alınmıştır. Bununla birlikte hak süresinin uzaması, projenin değerini olumlu yönde değiştirecektir. Bir başka deyişle, statik bir değerlemede, şu anda verilecek yatırım yapma ya da yapmama kararı, projenin ertelenebilme esnekliğine sahip olması ve vadenin uzaması ile değişebilecektir. Vadede yaşanan değişimin proje değerindeki etkisini görebilmek amacıyla, ilgili doğal kaynağın lisans süresi 20 yıl olarak kabul edilmiştir.

Formülde yer alan değişkenlerden; S, 59,2; X,64,1; t, 20; rf, 0,05 ve  $\sigma$  ise 0,44 olarak yerine konulacaktır.

$$d_1 = \frac{\ln(59,2 / 64,1) + (0,05 + 0,44^2 / 2) 20}{0,44\sqrt{20}}$$

$$d_1 = 1,451$$

$$d_2 = 1,451 - 0,44 \sqrt{20}$$

$$d_2 = -0,517$$

$d_1$  ve  $d_2$  parametrelerinin kümülatif normal standart dağılım değerleri ise  $N(d_1) = 0,9266$  ve  $N(d_2) = 0,3016$  olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyonun değeri ise aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} C_0 &= S_0 N(d_1) - X e^{-R_f T} N(d_2) \\ &= 59,2 * 0,7193 - 64,1 * e^{0,05 * 20} * 0,4998 \\ &= 47,54 \end{aligned}$$

Görüldüğü üzere opsiyon vadesinin uzaması, opsiyon değerini olumlu bir biçimde değiştirmektedir. Bu durumu önümüzdeki yıllar bakımından fiyatta ve/veya rezervde (nakit akışlarında) yaşanacak olumlu değişimlerin değerlendirilmesine olanak sağlanması ile açıklamak mümkündür.

Projemizin ertelenebilme esnekliğine sahip olması durumunda, statik yöntemler ile sonucun negatif çıktığı hallerde, proje değerinin pozitive dönüşme olasılığı bulunmaktadır. Bununla birlikte bir erteleme söz konusu olması, nakit akışları kaybına da yol açacağından, bu durumun hesaplamalarda dikkate alınması gerekmektedir. Zaman zaman NBD'si pozitif çıkan projelerinde ertelenmesi halinde daha büyük bir NBD'ye ulaşması mümkündür. Örneğimizde projenin bir yıl ertelenmesi durumunda NBD'nin nasıl sonuçlanacağına bakılacaktır. Getiri kısıtlılığı ise;  $1/n$  formülünden 0,20 (1/5) olarak hesaplanmıştır. Projenin ertelenmesi durumunda

yatırım maliyetinin bir dönem sonrasında risksiz faiz oranı kadar artacağı, diğer değişkenlerin ise aynı kalacağı varsayılmaktadır. Bu durumda yatırımın maliyeti 67, 305 milyon ABD Dolarına ulaşmaktadır.

Formülde yer alan değişkenlerden; S, 59,2; X,67,3, t, 5, Rf, 0,05,  $\delta$ , 0,2 ve  $\sigma$  ise 0,44 olarak yerine konulacaktır.

$$d_1 = \frac{\ln(59,2 / 67,3) + (0,05 - 0,2 + 0,44^2 / 2) 5}{0,44\sqrt{5}}$$

$$d_1 = -0,401$$

$$d_2 = -0,351 - 0,44\sqrt{5}$$

$$d_2 = -1,3846$$

$d_1$  ve  $d_2$  parametrelerinin kümülatif normal standart dağılım değerleri ise  $N(d_1) = 0,3443$  ve  $N(d_2) = 0,0831$  olarak bulunmuştur. Bu durumda projemizin değeri ise aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} C_0 &= S_0 e^{-\delta T} N(d_1) - X e^{-R_f T} N(d_2) \\ &= 59,2 * e^{0,2*5} * 0,3443 - 67,3 * e^{0,05*5} * 0,0831 \\ &= 3,14 \end{aligned}$$

Projenin bir yıl ertelenmesine ilişkin yapılan hesaplamada projenin NBD'si pozitifte dönüşmüştür. Bir başka deyişle projenin bir yıl ertelenmesi ile belirsizliklerin olumlu yönde gelişmesi proje değerinin pozitifte dönmesine olanak sağlamıştır. Benzer bir sonuca binom modeli ile de ulaşılması mümkündür:

**Tablo 2.29. Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Erteleme opsiyonu binom modeli parametrelerinin belirlenmesi**

Girdi Parametreleri		Parametre Hesaplamaları	
1. Yıllık risksiz faiz oranı	5%	1. Yukarı doğru hareket	1,55
2. Varlığın şimdiki değeri (S)	59	2. Aşağı doğru hareket	0,64
3. Kullanım fiyatı (X)	67,3	3. Risksiz faiz oranı	5%
4. Opsiyonun yaşam süresi	5	4. Risk bağımsız olasılık yukarı	0,24
6. Yıllık standart sapma	0,44	5. Risk bağımsız olasılık aşağı	0,76
7. Yıllık dönemler	1		
8. Getiri kısıtlığı	0,2		

Aşağıda, Tablo 2.30'da yer verilen parametreler kullanılarak oluşturulan binom ağacı ve opsiyon değerlerine yer verilmektedir. Dönemler yıllık olarak dikkate alındığından, toplam 5 dönem bulunmaktadır.

**Binom ağacının oluşturulması (milyon USD)**

59	92	143	222	344	534
	38	59	92	143	222
		25	38	59	92
			16	25	38
				10	16
					7

Binom ağacı, nakit akışlarının şimdiki değeri olan 59'un, u faktörü olan 1,55 ve d faktörü olan 0,64 sayıları ile çarpımından elde edilmiştir. U ve d faktörlerinin hesaplanması ise aşağıdaki formüller kullanılarak yerine getirilmiştir:

$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} = e^{0,44 \sqrt{1}} = 1,55$$

$$d = 1 / u = 1 / 1,55 = 0,64$$

**Opsiyon Değerleme (milyon USD)**

6,8	24,6	75,4	154,3	276,8	467,0
Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Ertele
	1,7	6,5	24,6	75,4	154,3
	Açık	Açık	Açık	Açık	Ertele
		0,3	1,3	5,6	24,6
		Açık	Açık	Açık	Ertele
			0,0	0,0	0,0
			Terk et	Terk et	Terk et
				0,0	0,0
				Terk et	Terk et
					0,0
					Terk et

Yukarıda yer verilen opsiyon ağacının, opsiyon değerine dönüştürülmesinde, son satırda ağaçtan gelen değerden yatırım maliyeti düşülerek elde edilen sonuç ile sıfır değeri arasında maksimum olan değer alınarak sonuca ulaşılmıştır. Ağaçtaki son sütunda en altta yer alan üç değerın sıfır olması, ağaçtan gelen değerlerin yatırım maliyetinden düşük olmasını, bu yüzden opsiyonun sıfır değerini almasını ifade etmektedir. Son hücredeki projenin değeri pozitif dönüşmüştür. Ağaçta geriye doğru ilerlerken kullanılan formüller ve risk yansız değerın hesaplanması ise aşağıdaki gibidir:

$$p = \frac{e^{(rf-\delta)(\Delta t)} - d}{u - d} = (e^{(0,05-0,2)*1} - 0,64) / (1,55 - 0,64) = 0,24$$

$$1-p = 0,76$$

Doğalgaz yatırım projeleri, içinde barındırdığı esneklikler nedeniyle çeşitli opsiyonlara açıktır. Projemizin, beş adet yeni kuyu açılarak genişleme ihtimali bulunmaktadır. Söz konusu beş kuyunun açılma maliyeti 50 milyon ABD doları olarak tahmin edilmektedir. Söz konusu beş kuyunun üretime geçirilmesi ile nakit akışlarının %20 artacağı tahmin edilmektedir.

Projemizin diğer parametreleri aynıdır. Bu çerçevede yukarıda yer verilen genişleme opsiyonunun analizi, hem binom hem de Black-Scholes modellerine göre yeniden ele alınmıştır.

Binom modelinin parametreleri aşağıdaki gibidir:

**Tablo 2.30. Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Genişleme opsiyonu binom modeli parametrelerinin belirlenmesi**

Girdi Parametreleri		Parametre Hesaplamaları		
1. Yıllık risksiz faiz oranı	5%	1. Yukarı doğru hareket		1,55
2. Varlığın şimdiki değeri (S)	59,2	2. Aşağı doğru hareket		0,64
3. Kullanım fiyatı (X)	50	3. Risksiz faiz oranı		5%
4. Opsiyonun yaşam süresi	5	4. Risk bağımsız olasılık yukarı		0,44
6. Yıllık standart sapma	0,44	5. Risk bağımsız olasılık aşağı		0,55
7. Yıllık dönemler	1			
8. Getiri kısıtlığı	0			

Görüldüğü üzere nakit akışlarımızın şimdiki değeri 59,2 milyon ABD Doları ve genişlemenin maliyeti ise 50 milyon ABD Dolarıdır. Başlangıç fiyatının u ve d faktörleri ile çarpımı ile elde edilen binom ağacı aşağıdaki gibidir:

**Binom Ağacı (milyon USD)**

59	92	143	222	344	534
	38	59	92	143	222
		25	38	59	92
			16	25	38
				10	16
					7

Beşinci dönemin sonunda elde edilen nakit akışlarının %20 artış ve 50 milyon ABD doları maliyeti gerektiren opsiyonun değerlendirilip değerlendirilmeyeceğine yönelik analizimize yön veren opsiyon değer ağacı aşağıdaki gibidir:

**Opsiyon değer ağacı (milyon USD)**

60,4	94,3	147,7	(B)	232,5	368,8	(T)	591,1
Açık	Açık	Açık		Açık	Açık		Genişlet
	38,3	59,4		92,1	142,9		221,6
	Açık	Açık		Açık	Açık		Genişlet
		24,6		38,2	59,3		91,9
		Açık		Açık	Açık		Terk et
				15,9	24,6		0
				Açık	Açık		Terk et

10,2	0
Açık	Terk et
	0
	Terk et

Opsiyon değerinin hesaplanması aşamasında ise, yukarı ve aşağı hareket faktörleri ile çarpılarak bulunan değerler ile genişleme opsiyonunun kullanılması halinde bulunacak değerden, genişleme opsiyonunun maliyeti çıkartılarak bulunan değer, genişleme opsiyonunun kullanılmadığı zamandaki değer ile karşılaştırılarak büyük olan tercih edilmektedir.

A noktası için yapılan hesaplama şu şekildedir:

<p>Max [Genişleme; Devam]  Genişleme = (Genişleme) * <math>S_{ou}^5</math> - Genişleme maliyeti = 1.2 (534) – 50 = 591,1  Devam = <math>S_{ou}^5 = 534</math></p>
---

A noktası bakımından genişleme opsiyonunun değerinin daha yüksek olması nedeniyle, ağaçta opsiyonun değeri yer almaktadır. Ancak aynı sütunun son dört satırında, genişlemenin maliyeti ile elde edilen değer, ilk durumdan daha düşük olması nedeniyle, opsiyon kullanılmamaktadır. B noktasının 232,5 milyon ABD Doları olan değerinin hesaplanması ise şu şekildedir:

<p>Max [Genişleme; Opsiyonu Açık Tutma]  Genişleme = (Genişleme) * <math>S_{ou}^5</math> - Genişleme maliyeti = 1,2 * (222) – 50 = 216,4  Opsiyonu Açık Tutma = <math>[p (368,8) + (1-p) (142,9)] / (1+0,05) = 232,5</math>  (rf = 0.05, <math>\delta t = 1</math>)</p>
---

Başlangıç noktasında firmanın nakit akışlarının 59,2 milyon Amerikan Doları olacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda genişleme opsiyonu kullanılarak beş yeni kuyunun açılması halinde değer  $1,2 * (59) - 50 = 22$  olarak hesaplanmaktadır. Yeni kuyuların bugün gerçekleştirilmeyerek bir opsiyon olarak açık tutulması halinde ise değer 60,4'e yükselmektedir. Bu durumda genişleme opsiyonunun değeri 38.4 milyon ABD Doları olarak

karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda projemizin NBD’i pozitifte dönüşmektedir. Genişleme opsiyonunun Black - Scholes modeli ile çözümü aşağıdaki gibidir. Formülde yer alan; S, 72; X, 50, t, 5, Rf, 0,05 ve  $\sigma$  ise 0,44 olarak yerine konulacaktır.

$$d_1 = \frac{\ln(72/50) + (0,05 + 0,44^2/2)5}{0,44\sqrt{5}}$$

$$d_1 = 1,117$$

$$d_2 = 1,117 - 0,44\sqrt{5}$$

$$d_2 = 0,132,8$$

$d_1$  ve  $d_2$  parametrelerinin kümülatif normal standart dağılım değerleri ise  $N(d_1) = 0,8679$  ve  $N(d_2) = 0,5528$  olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyonun değeri ise aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} C_0 &= S_0 N(d_1) - X e^{-Rf T} N(d_2) \\ &= 72 * 0,8679 - 50 * e^{0,05 * 5} * 0,5528 \\ &= 40,96 \end{aligned}$$

Binom modeli çerçevesinde, 38,4 olarak hesaplanan genişleme opsiyonunun değerinin Black - Scholes yöntemi ile 40,96 milyon ABD doları olarak hesaplanmıştır.

Bir diğer opsiyon olarak, doğalgaz üretim sahamızın, bir başka şirkete devredilebilme (terk etme) olanağının mevcut olduğu bir durum değerlendirilmektedir. Bu anlamda proje süresi olan beş yıl içerisinde herhangi bir zamanda, sahanın 20 milyon ABD dolarına devredilme imkanının var olduğu varsayılmaktadır. Örneğimizdeki diğer parametreler aynen korunmuştur. Bu çerçevede yukarıda yer verilen terk etme (satım) opsiyonunun analizi hem



binom hem de Black-Scholes modellerine göre yerine getirilmiştir. Binom modelinin parametreleri aşağıdaki gibidir:

**Tablo 2.31. Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Terk etme opsiyonu binom modeli parametrelerinin belirlenmesi**

Girdi Parametreleri		Parametre Hesaplamaları		
1. Yıllık risksiz faiz oranı	5%	1. Yukarı doğru hareket		1,55
2. Varlığın şimdiki değeri (S)	59,2	2. Aşağı doğru hareket		0,64
3. Kullanım fiyatı (X)	20	3. Risksiz faiz oranı		5%
4. Opsiyonun yaşam süresi	5	4. Risk bağımsız olasılık yukarı		0,45
6. Yıllık standart sapma	0,44	5. Risk bağımsız olasılık aşağı		0,55
7. Yıllık dönemler	1			
8. Getiri kısıtlığı	0			

Görüldüğü üzere nakit akışlarının şimdiki değeri 59,2 milyon ABD Doları ve sahayı terk etme halinde elde edilecek gelir ise 20 milyon ABD dolarıdır. Başlangıç fiyatının u ve d faktörleri ile çarpımı ile elde edilen binom ağacı aşağıdaki gibidir:

**Binom Ağacı (milyon USD)**

59	92	143	222	344	534
	38	59	92	143	222
		25	38	59	92
			16	25	38
				10	16
					7

Beşinci dönemin sonunda elde edilen nakit akışları ya da sahanın devredilmesinden elde edilecek gelirden birisinin tercih edilmesine yönelik bir seçim olanağı sunan opsiyonun değer ağacı aşağıdaki gibidir:

**Opsiyon değer ağacı (milyon USD)**

60,8	92,7	143,2	(B) 222,1	344,5	534,3	(A) mak (20;534)
Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Devam	
	40,4	60,0	92,1	142,9	221,6	
	Açık	Açık	Açık	Açık	Devam	
		28,1	39,4	59,3	91,9	
		Açık	Açık	Açık	Devam	
			21,4	26,8	38,1	
			Açık	Açık	Devam	
				20,0	20,0	
				Terk et	Terk et	
					20,0	
					Terk et	

Opsiyonun değerinin hesaplanması aşamasında ise, yukarı ve aşağı hareket faktörleri ile çarpılarak bulunan değerler ile terk etme opsiyonun kullanılması halinde bulunacak değerden terk etme opsiyonun maliyeti çıkartılarak bu terk etme genişleme opsiyonun kullanılmadığı zamandaki değer ile karşılaştırılarak büyük olan tercih edilmektedir. A noktası için yapılan hesaplama şu şekildedir:

$$\begin{aligned} \text{Mak [Terk etme; Devam]} \\ \text{Terk etme} &= 20 \\ \text{Devam} &= S_{0u}^5 = 534 \end{aligned}$$

A noktası bakımından terk etme opsiyonun değerinin daha düşük olması nedeniyle, ağaçta devam etme opsiyonun değeri yer almaktadır. Ancak aynı sütunun son iki satırında, terk etmeden elde edilen değerin, ilk durumdan daha yüksek olması nedeniyle, opsiyon kullanılmamaktadır. B noktasının 222,1 olan değerinin hesaplanması ise şu şekildedir:

$$\begin{aligned} \text{Mak [Terk etme; devam]} \\ \text{Terk etme: } &20 \\ \text{Opsiyonu Açık Tutma} &= [p(344,5) + (1-p)(221,6)] / (1+0,05) = 222,1 \\ (\text{rf} = 0.05, \delta t = 1) & \end{aligned}$$

Başlangıç noktasında firmanın nakit akışlarının 59,2 milyon ABD Doları olacağı tahmin edilmektedir. Terk etme opsiyonunun kullanılması durumunda ise değer 60,8'e yükselmektedir. Bu durumda opsiyonun değeri 1,6 milyon ABD Doları (60,8 – 59,2) olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda GNBD değeri opsiyon değerinin eklenmesi ile dahi pozitif dönüşmemektedir.

Terk etme opsiyonunun Black-Scholes modeli ile çözümü aşağıdaki gibidir. Terk etme opsiyonu diğer örneklerimizden farklı olarak, satım opsiyonuna uygunluk göstermektedir:

Formülde yer alan; S, 59,2; X, 20; t, 5; Rf, 0,05 ve  $\sigma$  ise 0,44 olarak yerine konulacaktır.

$$d_1 = \frac{\ln(59,2/20) + (0,05 + 0,44^2/2) \cdot 5}{0,44\sqrt{5}}$$

$$d_1 = 1,84$$

$$d_2 = 1,84 - 0,44\sqrt{5}$$

$$d_2 = 0,86$$

$d_1$  ve  $d_2$  parametrelerinin kümülatif normal standart dağılım değerleri ise  $N(d_1) = 0,9678$  ve  $N(d_2) = 0,80652$  olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyonun değeri ise aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} P_0 &= S_0 (N(d_1) - 1) - X e^{-R_f T} (N(d_2) - 1) \\ &= 59,2 * (-0,0322) - 20 * e^{0,05 * 5} * (-0,19348) \\ &= 1,1 \end{aligned}$$

Binom modeli çerçevesinde, 1,6 milyon ABD Doları olarak hesaplanan terk etme opsiyonun değeri, Black-Scholes yöntemi ile 1,1 milyon ABD doları olarak hesaplanmıştır.

Yukarıda yer verilen örneklerimizde ayrı ayrı olarak ele alınan; genişleme, küçülme ve terk etme opsiyonlarımızın birlikte mümkün olduğu durum için ayrıca bir değerlendirme yapılmıştır. Bir başka deyişle beş yıl içerisinde; 50 milyon ABD Doları maliyetle ek beş kuyu açılarak nakit akışlarımızda %20 artış sağlanması ya da nakit akışlarının %20 azaltacak şekilde üç kuyunun kapatılarak 30 milyon ABD Doları tasarruf edilmesi veya istenilen bir zamanda sahanın 20 milyon ABD Doları bir fiyatla üçüncü bir tarafa devredilmesi seçenekleri söz konusudur. Diğer parametrelerin aynı kaldığı varsayılmaktadır. Seçenekli opsiyonların Black-Scholes modeline uygun olmaması nedeniyle, hesaplamalar yalnızca binom modeli çerçevesinde yerine getirilecektir.

**Tablo 2.32. Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Seçenekli opsiyonun binom modeli parametrelerinin belirlenmesi**

Girdi Parametreleri		Parametre Hesaplamaları	
1.Yıllık risksiz faiz oranı	5%	1.Yukarı doğru hareket	1,55
2. Varlığın şimdiki değeri V0	59	2. Aşağı doğru hareket	0,644036
3. Kullanım fiyatı X	(20; 50)	3.Risksiz faiz oranı	5%
4.Opsiyonun yaşam süresi	5	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0,448165
6.Yıllık standart sapma	0,44	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0,551835
7.Yıllık dönemler	1		
8. Getiri kısıtlığı	0		
9. Genişleme faktörü = 1,2 ( -50 maliyet)			
10.Küçülme faktörü = 0,8 (+ 30 tasarruf)			

Görüldüğü üzere nakit akışlarının şimdiki değeri 59,2 milyon ABD Doları ve sahayı terk etme halinde elde edilecek gelir ise 20 milyon ABD dolarıdır. Büyüme faktörü 1,2, küçülme faktörü ise 0,8 olarak kabul edilmektedir. Başlangıç fiyatının u ve d faktörleri ile çarpımı ile elde edilen binom ağacı aşağıdaki gibidir:

**Binom ağacının oluşturulması (milyon USD)**

59	92	143	222	344	534
	38	59	92	143	222
		25	38	59	92
			16	25	38
				10	16
					7

Beşinci dönemin sonunda; mevcut duruma devam edilmesi ya da büyüme, küçülme ve sahayı terk etme opsiyonlarına ilişkin opsiyon değer ağacı aşağıdaki gibidir:

**Opsiyon değer ağacı (milyon USD)**

77,5	107,0	(B) 155,4	235,7	368,8	591,1	(A) Mak [591,1; 534,3; 457,2; 20]
Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Genişle	
	60,5	77,4	104,3	149,0	221,6	
	Küçülme	Küçülme	Küçülme	Küçülme	Devam	
		49,6	60,5	77,4	103,5	
		Küçülme	Küçülme	Küçülme	Küçülme	
			42,7	49,6	60,5	
			Küçülme	Küçülme	Küçülme	
				38,1	42,7	
				Küçülme	Küçülme	
					35,2	
					Küçülme	

Opsiyon değerlemede; A noktası için ortaya çıkan 591,1 birimlik değerin; genişleme, küçülme, terk etme veya devam etme opsiyonlarının maksimum değerini veren genişleme opsiyonuna ait olduğu görölmektedir. A noktasına ait hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned}\text{Genişleme} &= [ (1.2 * 534) - 50 ] = 591,1 \\ \text{Küçülme} &= [ (0.8 * 534) + 30 ] = 457,2 \\ \text{Terk etme} &= 20 \\ \text{Devam etme} &= 534\end{aligned}$$

B noktası için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir. Hesaplamalar sonrasında kar maksimizasyonunu sağlayanın opsiyonu açık tutma seçeneği olduğu görölmektedir.

$$\begin{aligned}\text{Genişleme} &= [ (1.2 * 143) - 50 ] = 147,7 \\ \text{Küçülme} &= [ (0.8 * 143) + 30 ] = 151 \\ \text{Terk etme} &= 20 \\ \text{Opsiyonu açık tutma} &= [ p * (235,7) + ( 1 - p) 104,3 ] / (1+0,05) = 155,4\end{aligned}$$

Başlangıç değerimiz, 59,2 milyon ABD Doları iken, reel opsiyon çözümü ile 77,5 milyon ABD Doları değere ulaşılmıştır. Bu durumda opsiyonumuzun değeri 18,3 milyon ABD Doları olarak karşımıza çıkmaktadır.

Örneğimizde son olarak, ilk iki yılın arama–geliştirme aşaması ve eğer bu aşama başarılı olursa beş yıl sürecek üretim aşamasına geçileceği bir başka deyişle, birden fazla aşamadan ve bir aşamaya geçilebilmesinin diğer aşamanın başarısına bağlı olduğu sıralı kademeli opsiyon durumu ele alınacaktır. Örneğimizdeki projenin birinci aşaması 20 milyon ABD Doları maliyetli ve iki yıl, ikinci aşamasının ise 70 milyon maliyetli ve beş yıl süreceği varsayılmaktadır. Diğer parametreler aynen korunmaktadır. Nakit akışlarının bugünkü değeri ise 60 milyon ABD Doları olarak varsayılmıştır.

**Tablo 2.33. Akçakoca doğalgaz üretim sahası: Kademe opsiyonun binom modeli parametrelerinin belirlenmesi**

Girdi Parametreleri		Parametre Hesaplamaları	
1.Yıllık risksiz faiz oranı	5%	1.Yukarı doğru hareket	1,55
2. Varlığın şimdiki değeri V0	60	2. Aşağı doğru hareket	0,644036
3. Kullanım fiyatı X2	70	3.Risksiz faiz oranı	5%
Kullanım fiyatı X1	20		
4.Opsiyonun yaşam süresi t2	5	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0,448165
Opsiyonun yaşam süresi t1	2		
6.Yıllık standart sapma	0,44	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0,551835
7.Yıllık dönemler		1	
8. Getiri kısıtlığı		0	

Yukarıda yer verilen parametreler çerçevesinde oluşturulan binom ağacı aşağıdaki gibidir:

**Birinci adım: Opsiyon ağacı (milyon USD)**

60	93	145	225	349	542
	39	60	93	145	225
		25	39	60	93
			16	25	39
				10	16
					7

İkinci adım ise değer ağacının oluşturulmasıdır.

**İkinci adım: Değer ağacının oluşturulması (milyon USD)**

25,1	47,9	89,3	(B)161,7	282,5	471,5	(A) Mak [542-70;0]
	8,9	18,7	38,6	78,2	154,6	
		1,8	4,2	9,9	23,2	
			0,0	0,0	0,0	
				0,0	0,0	
					0,0	

A noktasındaki seçim, işlemin gerçekleştirilmesi ve sıfır değerinin maksimumu arasında yapılmaktadır. İşlemin gerçekleştirilmesinin değeri 471,5 (542 - 70) olarak hesaplanmıştır. B noktasının değeri ise işlemin gerçekleştirilmesi ve opsiyonun açık tutulması seçenekleri arasında yapılmaktadır. İşlemin gerçekleştirilmesinin değeri 155 ( 225 – 70) ve opsiyonun açık tutulması değeri 161.7 [ p (282,5) + (1-p) \*(78,2)] / (1+0,05) ] olarak hesaplanmıştır. Bu durumda bu noktada maksimum değer olan 161,7 seçilecektir. Başlangıç noktasının değeri olarak ise 25,1 değerine ulaşılmıştır.

Üçüncü adım ise kısa zamanlı opsiyonun hesaplanmasıdır. Söz konusu opsiyon uzun zamanlı olan ilk opsiyona bağlıdır. Üçüncü adım olarak opsiyon değerlendirme ağacının oluşturulması gerekmektedir.

**Üçüncü adım: Opsiyon değerlendirme (milyon USD)**

12,6	(B) 29,6	69,3	(A) Mak [89,3-20;0]
	0,0	0,0	
		0,0	

A noktasının değeri, ikinci adımdaki değer ağacından alınan 89.3 milyondan 20 milyon ABD Doları olan maliyetin çıkartılması ile elde edilen değer ile sıfır değerinin maksimumunun alınması ile elde edilmektedir. B noktasının değeri ise işlemin gerçekleştirilmesi veya opsiyonun açık tutulması seçeneklerinin maksimumunun seçilmesidir. İşlemin gerçekleştirilmesinin değeri 27,9 ( 47,9 - 20) ve opsiyonun açık tutulmasının değeri ise 29,6 [  $p(69,3) + (1-p)(0) / 1+0,05$ ] olarak hesaplanmıştır. Bu durumda B noktasının değeri olarak 29,6 alınacaktır. İşlemin son adımı ise kademe opsiyon değerlendirme ağacının ortaya konulmasıdır.

**Dördüncü adım: Kademe opsiyon değerlendirme (milyon USD)**

Birinci Opsiyon			İkinci Opsiyon			
	0	1	2	3	4	5
0	12,6	29,6	69,3	161,7	282,5	471,5
	Açık	Açık	1. aşamada YY	Açık	Açık	2. aşamada YY
1		0,0	0,0	38,6	78,2	154,6
		YYM	YYM	Açık	Açık	2. aşamada YY
2			0,0	4,2	9,9	23,2
			YYM	Açık	Açık	2. aşamada YY
3				0,0	0,0	0,0
				YYM	YYM	YYM
4					0,0	0,0
					YYM	YYM
5						0,0
						YYM

Yukarıda yer verilen ağaçtan da görüldüğü üzere, seçim, opsiyonun açık tutularak birinci ve ikinci aşamalarda yatırım yapılmasıdır. Bu durumda karar opsiyon değerinin statik yöntemler ile hesaplanan NBD değerine eklenerek bulunan değer pozitif olup olmadığına göre karar verilecektir (YY ifadesi yatırımın yapılmasını, YYM ifadesi ise yatırımın yapılmamasını ifade

etmektedir). Görüldüğü üzere, esnekliğe sahip projeler içerisinde çok sayıda opsiyonu barındırmaktadır. Bu durumlarda yalnızca statik NBD yönteminin kullanılması halinde uygun bulunmayan projelerin, reel opsiyon analizi ile uygulanabilir olduğu görülmektedir. Petrol ve doğalgaz projeleri içerisinde çok sayıda opsiyon barındırmaya uygun bir nitelik arz etmektedir. Bu çerçevede değerlemede kullanılan opsiyon yaklaşımı geleneksel yöntemlerin göz ardı etmiş olduğu ek değerlerin ortaya çıkartılmasına olanak sağlamaktadır.



## SONUÇ

Hissedarların refahının maksimize edilmesi işletmelerin en temel amacıdır. Bu durumda işletmelerin değerini artıran yatırım projelerinin seçimi hayati bir önem arz etmektedir. Yatırım projelerinin değerlemesi genellikle İNA yöntemleri kullanılarak yerine getirilmektedir. Yöntem anlaşılabilir, uygulamasının kolay ve tutarlı olması gibi özellikleri nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. İNA yöntemleri, belirlilik koşullarının hakim olduğu; nakit akışlarının değişkenliğinin az ve yönetsel esnekliğe ihtiyaç duyulmayan hallerde geçerliliğini sürdürmektedir. Bununla birlikte analizin statik olması nedeniyle elde edilen yeni bilgiler çerçevesinde belirsizliğin giderilmesi mümkün olmamaktadır.

Yatırım projelerin değerlemesinde geleneksel İNA yöntemlerinin kullanıldığı durumlarda genellikle iki temel kaygı ön plana çıkmaktadır. Öncelikle, geleneksel yöntemlere yönelik analizler projenin içinde barındırdığı esneklikleri göz ardı etmektedir. Yöntemde belirsizliklerin giderildiği ve nakit akışlarının tahmin edilebildiği varsayılmaktadır. Gerçekte ise birçok yatırım projesi kararında belirsizlikler zaman içerisinde çözümlenmektedir. Örneğin yeni bir petrol/doğalgaz sahasının geliştirilmesinde, fiyat, üretim oranı, rezerv miktarı gibi parametrelerin beklentileri aşması durumunda yatırımın daha agresif bir biçimde gerçekleştirilmesi ya da komşu sahalarında projeye dahil edilebilmesi ya da tam tersi bir durumda beklemek veya yatırımın küçültülebilmesi gerekebilmektedir. İkinci temel kaygı ise nakit akışlarının indirgenmesinde yaşanmaktadır. Birçok yatırım projesinin uzun dönemlere yayılması iskonto oranına olan duyarlılığı daha da artırmaktadır. Bu durum riskin iskonto oranına dahil edilmesiyle çözümlenmeye çalışılmasına rağmen, projelerin olduğundan daha az değerlendirilmesine ve bir çok yatırım projesi kararının reddedilmesine neden olmaktadır.

Finansal türev ürünlerin değerlemesinde kullanılan yöntemlerden adapte edilen reel opsiyon değerlemesi, riskli projelerin etkin bir şekilde ele alınmasına olanak sağlamaktadır. Dayanak varlığın fiyatı yerine projenin nakit akışlarının, kullanım fiyatı yerine projenin yatırım maliyetinin, finansal varlık fiyatının değişkenliğinin yerine projenin nakit akışlarının değişkenliğinin ve finansal opsiyonun vadesi yerine yatırımın gerçekleştirilebileceği sürenin dikkate alınması ile finansal varlıkların değerlemesinde kullanılan finansal opsiyonların, yatırım projelerinin değerlendirilmesi için reel opsiyonlara dönüştürülmesi sağlanmaktadır. Opsiyon yöntemi bakımından değerlemeye konu varlık olan projeye yönelik nakit akışlarının değişkenliğinin belirlenmesi analiz bakımından en önemli kriteri oluşturmaktadır. Geleneksel İNA yöntemlerinde belirsizlik bir musibet gibi algılanırken, opsiyon yaklaşımında belirsizliğin artması varlığın değerini olumlu yönde etkilemektedir. Bu nedenle NBD'si pozitif olan projeler bakımından dahi zaman zaman yatırımın ertelenmesi ekonomik olarak daha rasyonel sonuçlara işaret etmektedir.

Reel opsiyon analizi İNA yöntemlerinden belirsizlik ve riski algılama bakımından farklılaşmaktadır. Reel opsiyon analizi riski belirsizliğin kaynağında uyarlarken, İNA yöntemlerinde risk bütün nakit akışlarına uyarlanmaktadır. Bu durum İNA yöntemlerinin bazı değerleri eksik hesaplamasına neden olmaktadır. Yöntemin üstünlüğü geleneksel yöntemlerde çeşitli varsayımlar altında tahmin edilmeye çalışılan nakit akışlarının, olasılık dağılımı yoluyla elde edilmesi ve bugüne indirgemesinde, riske uyarlanmış iskonto oranı yerine risk yansız oranın kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Değişen pazar koşullarına cevap verebilme esnekliği yatırım fırsatının değerini artırmaktadır. Geleneksel yöntemlerin projenin reddine veya kabulüne yönelik şimdiki zamanda verilmesine yönelik karar yaklaşımı, projenin içerdiği esnekliklerin erteleme, genişleme, küçülme, kademelendirme gibi opsiyon haline getirilmesi ile artı bir değere dönüştürülmektedir. Bu durumda reel opsiyon analizi, geleneksel

yöntemlerin göz ardı ettiği esnekliğin değerini hesaplayarak, NBD'nin genişletilmesine olanak sağlamaktadır. Bu açıdan analiz, geleneksel İNA yöntemlerini dışlamaksızın, ilave değer sonuca dahil edilmesiyle genişletilmiş NBD üzerinden projeye karar verilmesine olanak sağlamaktadır. Reel opsiyon yöntemi, yatırımın şu andaki değerinden ziyade, yatırım fırsatının değerine odaklanmaktadır. Yatırım fırsatının kendisi, belirsizliğin söz konusu olduğu durumlarda, yatırımın hemen yapılmasından, yönetime yatırımı erteleyebilme olanağı sağlaması nedeniyle daha değerli olabilmektedir.

Dinamik bir pazar yapısı özelliği gösteren enerji piyasalarına yönelik pazar koşullarında meydana gelen değişimler bu sektördeki yatırım projelerini önemli derecede etkilemektedir. Bu nedenle bu sektöre yönelik yatırım projelerinin değerlemesinde statik yaklaşımlardan ziyade dinamik modellerin kullanılması önem taşımaktadır. Enerji piyasası yatırımlarının genellikle geri dönülemez bir karaktere ve yüksek belirsizliğe sahip olması reel opsiyon analizini öne çıkartmaktadır. Bunlara ek olarak, dayanak varlık olarak kabul edilebilecek petrol, doğalgaz ve maden gibi emtiaların fiyatına yönelik verilerin mevcut olması, reel opsiyon literatürünün doğal kaynak yatırımları üzerine şekillenmesine neden olmuştur. Reel opsiyonları doğal kaynak yatırımları bakımından ideal konuma getiren bir diğer neden ise hiç kuşkusuz bu alanların ayrıca arama, geliştirme ve üretim gibi aşamalara ayrılabilir olması nedeniyle yönetsel esnekliğin kullanımına uygun olmasıdır. Bilindiği gibi petrol ve doğalgaz sektörüne yönelik yatırımlar önemli derecede yüksek maliyetlere ulaştığı gibi özellikle arama aşaması yüksek derecede risk içermektedir. Bu çerçevede söz konusu esneklik ve belirsizliği dikkate almayan yöntemlerin bu alanlara yönelik yatırımları daha düşük değerlemesi söz konusudur. Bu durum özellikle Türkiye gibi doğal kaynak yatırımlarına ciddi derecede ihtiyaç duyulan ülkeler bakımından daha da önem arz etmektedir.

Çalışmada yatırım projeleri değerlemesinde reel opsiyonların geleneksel yöntemlere olan üstünlüğü ortaya konulmaktadır. Bu durum özellikle Türkiye gibi enerji sektöründe çok büyük yatırıma ihtiyacı olan ülkeler bakımından büyük önem arz etmektedir. Yöntemin Türkiye’de ki özellikle petrol ve doğalgaz yatırımlarına yönelik sınırlı kullanımı, bu alandaki hem tanıtıcı/teşvik edici hem de soru işaretlerini giderici çalışmaların artmasını gerektirmektedir. Bu çerçevede çalışmanın son bölümünde reel opsiyonların petrol ve doğalgaz yatırım projelerinde uygulanması üç ayrı örnek üzerinden ele alınmıştır. Örneklerde, binom ve Black – Scholes modelleri parametrelerinin elde ediliş süreçleri detaylı bir biçimde ortaya konulmaktadır. Buna ek olarak belirsizliklerin tanımlanması ve proje nakit akışlarının olasılık dağılımları yoluyla elde edilmesi örneklerde üzerinde durulan diğer başlıca konuları oluşturmaktadır. Örneklerde, proje esnekliklerinin dikkate alınabilmesi ile ortaya çıkan erteleme, genişleme, terk etme ve kademelendirme gibi opsiyonların nasıl ele alınabileceği gösterilmiştir.

Uygulamacıların temel senaryonun oluşturulması ertesinde öncelikle projedeki belirsizliklerin kaynağını ve esnekleri net bir biçimde ortaya koyması gerekmektedir. Dikkat edilmesi gereken ikinci nokta kullanılacak binom ya da Black – Scholes modelinin parametrelerinin belirlenmesidir. Değişkenlik parametresi analizlerdeki en önemli konuların başında gelmektedir. Değişkenliğin belirlenmesinde kullanılacak yöntemin seçimi bir diğer önemli noktayı oluşturmaktadır. Bunlara ek olarak temel senaryoda yer alan önemli proje parametrelerinin olasılık dağılımlarının doğru bir biçimde ortaya konulması gerekmektedir. Opsiyon türüne göre uygun karar kuralının kullanılması, sonuçların doğruluğu bakımından büyük bir öneme sahiptir. Hesaplamalar ertesinde elde edilen opsiyon değerinin NBD’ye eklenmesi ile GNBD’ye ulaşılmalıdır.

Çalışmada yer verilen her üç örneğin geleneksel yöntemlerle negatif olarak hesaplanan NBD'lerinin reel opsiyon yaklaşımı ile pozitif hale dönüşmesi, yöntemin kabulünü teşvik edicidir. Bu nedenle Türkiye'de petrol ve doğalgaz sektörü başta olmak üzere, belirsizlik ve esneklik barındıran yatırım projelerinin değerlemesinde reel opsiyon yaklaşımının benimsenmesi gereklilik arz etmektedir. Yöntemin önümüzdeki dönemlerde kullanımının yaygın hale gelebilmesi için farkındalık yaratılması büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte yöntemin üstünlüklerinin kabulü kadar pratikte uygulanabilir olması da zorunluluk arz etmektedir. Bu çerçevede çalışmada uygulamada karşılaşılabilecek kimi soru işaretlerinin giderilebilmesini ve yöntemin pratik hale getirilebilmesini teminen, süreçlerin detaylı bir şekilde açıklanmasına özen gösterilmiştir.

## KAYNAKÇA

### Kitaplar

ALPER D ve ANBAR T (2009); Yatırım Projeleri Analizi, Ekin Yayınevi, Bursa.

BRACH M T (2003); Real Options in Practice, Wiley Finance, New Jersey, USA.

BRIGHAM E (1995); Fundamentals of Financial Management, Seventh Edition, The Dryden Press, USA.

BROYLES J (2003); Financial Management and Real Options, John Wiley & Sons Ltd, England.

COPELAND T ve ANTIKAROV (2003); Real Options: A Practitioner's Guide, Cengage Learning, New York, USA.

COPELAND E T, WESTON J F ve SHASTRI K (2003); Financial Theory and Corporate Policy, 4th International Edition, Pearson Publisher.

DIXIT A K ve PINDYCK R S (1994); Investment Under Uncertainty, Princeton University Press, USA.

FABOZZI F J ve DRAKE P P (2009); Capital Markets, Financial Management and Investment Management, John Wiley & Sons Inc, New Jersey.

KARATEPE Y (2000); Türev Piyasaları: Futuress, Opsiyon, Swap, A.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayını, Yayın No: 587, Ankara.

MUN J (2002); Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

MUN J (2003); Real Options Analysis: Business Cases and Software Applications, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

ROGERS J (2002); Strategy, Value and Risk: The Real Options Approach Reconciling Innovation, Strategy and Value Management, Palgrave MacMillan, Great Britan.

QUIRY P, DALLOCCHIO M, FUR Y L ve SALVI T (2005); Corporate Finance: Theory and Practice, John Wiley & Sons Ltd, England.

SAYILGAN G (2008); İşletme Finansmanı, Güncelleştirilmiş 3. Baskı, Turhan Kitapevi, Ankara.

SEBA R D (2003); Economics of Worldwide Petroleum Paroduction, OGCI and PetroSkills Publications Tulsa, Oklahama, USA.

UZUNLAR E ve AKTAN M (2006); Finansal Opsiyonlar, Gerçek Opsiyonlar ve Uygulamaları, Gazi Kitapevi, Ankara.

## **Makaleler**

ALPER D ve ANBAR T (2011); “ Proje Değerlemede Karar Ağacı Analizi ve Reel Opsiyon Yaklaşımının Karşılaştırılması”, Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi, Ocak, Cilt:7, Sayı:1, 47 -66, ISSN:1305-7979.

<http://asosindex.com/journal-article-abstract?id=10714> (07.05.2012)

BAL H (2011); “Özkaynağa Nakit Akışı ve Firmaya (Projeye) Nakit Akışı Yöntemlerinin Bir Projeye Yatırım Kararında Kabul ve Red Açısından Farklı Sonuç Vermelerini Etkileyen Faktörler”, İşletme Araştırmaları Dergisi 2/1 (2010) 21-42.

BAYRAÇ H. N (2005); “Uluslararası Petrol Piyasasının Ekonomik Analizi”, Finans-Politik ve Ekonomik Yorumlar, Ankara: Yıl: 42, Sayı: 499, Ekim 2005.

BAYRAÇ H N (2007); “Türkiye’de Petrol Sektörünün Yapısal Analizi”, Uluslararası İlişkiler ve Stratejik Analiz Merkezi, Enerji Stratejileri.

<http://www.turksam.org/tr/a1343.html>.(07.05.2012)

BİLİR H (2010a); “Petrol ve Doğalgaz Piyasasındaki Gelişmeler ve TPAO”, Enerji Politikaları 2030, Enerji Uzmanları Derneği, 2010, Ankara.

BİLİR H (2010b); “Oil and Gas Issues for The New Decade”, Turkish-American Business Council Meeting, Washington.

BRANDAO L E ve DYER J S (2005); “Decision Analysis and Real Options: A Discrete Time Approach to Real Option Valuation”, Annals of Operation Research, Volume135, Number 1, Springer Science, The Netherlands.

<http://www.springerlink.com/content/128387p5lu11w150/> (07.05.2012)

CLAEYS J ve WALKUP G (1999); “Discovering Real Options in Oilfields Exploration and Development” SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium, Dallas, TX, Society of Petroleum Engineers, 135 -143.

COLWELL D.B., HENKER T ve HO J (2002); “Real Options Valuation of Australian Gold Mines and Mining Companies”, Social Science Research Network, Social Science Electronic Publishing

[http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=332402](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=332402) (07.05.2012)



DAMODARAN T (2011); “Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation and Implications”, Social Science Research Network.  
<http://www.ba.metu.edu.tr/~adil/ba4829/Damodaran-ERP2011.pdf> (07.05.2012)

DAMODARAN T (2005); “The Promise and Peril of Real Options”, NYU Working Paper, No: S-DRP-05-02.  
[http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1295849](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1295849) (07.05.2012)

DEMİRELİ E ve KURT G (2006); “Yatırım Kararlarının Değerlemede Alternatif Bir Yöntem: Reel Opsiyon”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:8, Sayı:3.  
<http://95.154.193.100/browse/51086/> (07.05.2012)

DEMİRMEN F (2007); “Reserves Estimation: The Challenge for the Industry”, Society of Petroleum Engineers, SPE 103434.  
[http://www.spe.org/jpt/print/archives/2007/05/JPT2007\\_05\\_DA\\_series.pdf](http://www.spe.org/jpt/print/archives/2007/05/JPT2007_05_DA_series.pdf)

DIAS M T G (2004); “Valuation of Exploration and Production Assets: An Overview of Real Options Models”, Journal of Petroleum Science and Engineering 44 (2004) 93 -1 44.  
[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (07.05.2012)

DIXIT A K ve PINDYCK R S (1995); “The Options Approach to Capital Investment”, Harvard Business Review, May - June 1995.

FAIZ S (2001); “Real Option Applications; From Success in Asset Valuation to Challenges for an Enterprise – Wide Approach”, Society of Petroleum Engineers, 42-48.

FELIX B, WOLL O ve WEBER C (2009); “Gas Storage Valuation Under Limited Market Liquidity: An Application In Germany”, EWL Working Paper No. 5, Chair for Management Sciences and Energy Economics, University of Duisburg, Essen.  
<http://www.realoptions.org/papers2009/59.pdf> (07.05.2012)

GUJ P (2006a); “Mineral Project Evaluation – An Introduction”, Philip Maxwell (der.), *Australian Mineral Economics* içinde, The Australian Institute Of Mining and Metallurgy, Victoria.

GUJ P (2006b); “Mineral Project Evaluation – Dealing ith Uncertainty and Risk”, Philip Maxwell (der.), *Australian Mineral Economics* içinde, The Australian Institute Of Mining and Metallurgy, Victoria

HACIRÜSTEMOĞLU R, BAHADIR O ve BOZ F (2006); “Petrol Arama ve Üretim İşletmeleri İçin Muhasebe Sistem Önerisi”, Mali Çözüm, İSMMMO, Sayı: 78, Kasım-Aralık.

HAND T J (2001); “Using Real Options for Policy Analysis”, National Energy Technology Laboratory Office of Systems and Policy Support November 9, 2001.  
[http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/real\\_options\\_1.pdf](http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/real_options_1.pdf) (07.05.2012)

İKİZ A K ve KOCAKOÇ İ D (2009); “Bilişim Teknolojisi Projelerinde Reel Opsiyonlar”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:11, Sayı:4, 17-51, ISSN:1302-3284  
[www.sbe.deu.edu.tr/dergi/cilt11\\_sayı4/ikiz%20Kocakoc%2011.4.pdf](http://www.sbe.deu.edu.tr/dergi/cilt11_sayı4/ikiz%20Kocakoc%2011.4.pdf) (07.05.2012)

KARSAK E (2001); “Petrol yatırımlarının finansal açıdan incelenmesinde reel opsiyon yaklaşımı”, Galatasaray Üniversitesi, İstanbul.

<http://www.ertugrulkarsak.com/> (07.05.2012)

KIHM S ve COWAN C (2009); “Uncertainty, Real Options and Industrial Energy Efficiency Decisions”, 2009 Summer Study on Energy Efficiency in Industry, July 28 – 31, New York.

<http://www.ecw.org/ecwresults/2009summerstudy-kihm-cowan.pdf> (07.05.2012)

KIRLI M ve KAYALI N (2010); “Stratejik Kararların Değerlemesinde Black Scholes Finansal Opsiyon Fiyatlama Modelinin Reel Opsiyonlara Uyarlanması”, Dayanışma, İzmir SMMMO, No: 109, İzmir.

[www.izsmmmo.com/DergiResimler/109.pdf](http://www.izsmmmo.com/DergiResimler/109.pdf) (07.05.2012)

LESLEY K J ve MICHAELS M P (1997); “The Real Power of Real Options”, The McKinsey Quarterly 1997, Number 3, 5 -22.

[http://faculty.fuqua.duke.edu/~charvey/Teaching/BA456\\_2006/McK97\\_3.pdf](http://faculty.fuqua.duke.edu/~charvey/Teaching/BA456_2006/McK97_3.pdf) (07.05.2012)

LISOWSKI S (2000); “Real Options in Practice: Two Examples from the Energy Sector” Texaco Inc. DAAG (Decision Analysis Affinity Group) 2000 Calgary, Canada

<http://www.slideworld.com/slideshows.aspx/Real-Options-in-Practice-Two-Examples-from-the-ppt-663065> (07.05.2012)

LUEHRMAN T A (1998a); “Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers”, Harvard Business Review, July - August 1998.

LUEHRMAN T A (1998b); “Strategy as Portfolio of Real Options”, Harvard Business Review, September - October 1998.

LUND, M. W. (1999); “Real options in offshore oil field development projects”, Proceedings 3rd International Conference on Real Options, 6-8 June Wassenaar, the Netherlands.

<http://www.realoptions.org/papers1999/LUND.PDF> (07.05.2012)

MECİT D ve ATILGAN T (2007); “Yatırım Kararlarının Değerlendirilmesinde Reel Opsiyonlar Yaklaşımı ve Hazır Giyim Sektörüne Bir Uygulaması”, Tekstil ve Konfeksiyon, 2007.

[www.tekstilvekonfeksiyon.com/pdf/20090723111925.pdf](http://www.tekstilvekonfeksiyon.com/pdf/20090723111925.pdf) (07.05.2012)

NEUFVILLE R (2003); “Real Options: Dealing With Uncertainty in Systems Planning and Design”, Integrated Assessment, Vol.4 , No.1, pp.26-34.

[http://ardent.mit.edu/real\\_options/Real\\_opts\\_papers/delftpaperpublication.pdf](http://ardent.mit.edu/real_options/Real_opts_papers/delftpaperpublication.pdf) (07.05.2012)

ÖZOĞUL C O, KARSAK E ve TOLGA E (2009a); “A Real Options Approach for Evaluation and Justification of a Hospital Information System”, The Journal of Systems and Software 82 (2009) 2091 -2102.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016412120900168X> (07.05.2012)

ÖZOĞUL C O, KARSAK E ve TOLGA E (2009b); “Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemlerinin Değerlemede Reel Opsiyon Yaklaşımı”, İTÜ Dergisi/d, Mühendislik, Cilt:8, Sayı:4, 71 – 82, Ağustos 2009.

[http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi\\_d/article/view/276/237](http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_d/article/view/276/237) (07.05.2012)

ÖZOĞUL S T ve ÜLENGİN B (2006); “Reel Opsiyonlar ile Bilişim Teknolojileri Yatırımlarının Değerlemesi”, İTÜ Dergisi/b, Sosyal Bilimler, Cilt:3, Sayı:1, 15 – 26, Aralık.

[http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi\\_b/article/view/1082/1071](http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_b/article/view/1082/1071) (07.05.2012)

PADDOCK J L, SIEGEL D R ve SMITH J L (1988); “Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases”, The Quarterly Journal of Economics, Vol.103, No.3, pp. 479 – 508.

<http://digilander.libero.it/vergalli/pdf/16.pdf> (07.05.2012)

PIESSE J ve PUTTE A V (2004); “Volatility estimation in Real Options with Applications to the Oil and Gas Industry”, 8th Annual International Conference on Real Options of The Real Options Group, June 16 – 17, Montreal.

<http://www.financialcertified.com/article12.pdf> (07.05.2012)

PINDYCK R S (1999); “The Long Run Evolution of Energy Prices”, The Energy Journal; Vol. 20, No: 2, ABI/INFORM Global.

<http://www.financialcertified.com/article12.pdf> (07.05.2012)

SAMIS M (2003); “Applying Advanced Financial Methods (Real Options) to Mine Valuation Problems”, MIRARCO Engineering Seminar Series, Kuiseb Minerals Consulting, Toronto.

SAMIS M R, DAVIS G T ve LAUGHTON D G (2007a); “Using Stochastic Discounted Cash Flow and Real Option Monte Carlo Simulation to Analyse the Impacts of Contingent Taxze on Mining Projects”, Project Evaluation Conference, Melbourne, Vic, 19 – 20 June 2007.

SAMIS M R, DAVIS G T ve POULIN R (2007b); “An Example of Using Real Options to Model A Mine Expansion Decision At T Multi-Zone Deposit, Application of Computer and Operation Research in the Mineral Industry”, Phoenix, 1-10.

SANISLO M J (2002); “Using Real Options to Estimate the Value of an Investment in Energy Storage”, Energy Storage Association Annual Meeting Milwaukee, Wisconsin October 10, 2002.

<http://www.highenergyconsulting.com/pdf/EnergyStorageAssnKeynote.pdf> (07.05.2012)

SCHUMLICH M ve WILSON C T (2007); “Reexamining The Hotelling Valuation Principle: Empirical Evidence from Canadian Oil and Gas Royalty Trusts”, Edwards School of Business University of Saskatchewan, Canada.

<http://www.realoptions.org/papers2009/62.pdf> (07.05.2012)

SHAFIEE S, TOPAL E ve NEHRING M (2009); “Adjusted Real Option Valuation to Maximise Mining Project Value – A Case Study Using Century Mine”, Project Evaluation Conference, Melbourne, 21- 22 April.

<http://www.infomine.com/publications/docs/Shafiee2009b.pdf> (07.05.2012)

SMITH J L (2003); “Petroleum Property Valuation”, Center for Energy and Environmental Policy Research, 03 – 011, WP, Dallas.

<http://web.mit.edu/ceepr/www/publications/workingpapers/2003-011.pdf> (07.05.2012)

SMITH J E ve MCCARDLE K F (1999); “Options in The Real World: Lessons Learned in Evaluating Oil and Gas Investments”, Operations Research, Vol. 47, No.1, January – February 1999.

[http://faculty.fuqua.duke.edu/~jes9/bio/Options\\_in\\_the\\_Real\\_World.pdf](http://faculty.fuqua.duke.edu/~jes9/bio/Options_in_the_Real_World.pdf) (07.05.2012)

TAŞ O, YAŞAROĞLU Ç ve TOKMAKÇIOĞLU K (2007); “Finansal Opsiyonlarla Reel Opsiyonların Karşılaştırılması ve Gerçek Bir Yatırım Projesinde Reel Opsiyonların Hesaplanması”, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt:22, Sayı:2, 339 – 355.

[www.iibf.deu.edu.tr/.../2007\\_2\\_9\\_tas\\_yasaroglu\\_tokmakcioglu.pdf](http://www.iibf.deu.edu.tr/.../2007_2_9_tas_yasaroglu_tokmakcioglu.pdf) (07.05.2012)

THOMPSON M, DAVISON M ve RASMUSSEN H (2007); “Natural Gas Storage Valuation and Optimization: A Real Options Application ”, Erasmus Energy Library.

<http://www.erasmusenergy.com/articles/106/1/Natural-Gas-Storage-Valuation-and-Optimization-A-Real-Options-Application/Page1.html> (07.05.2012)

TPAO (2011); “2010 yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Ağustos 2011.

[http://www.tpao.gov.tr/tpfiles/userfiles/files/sektorraporu\\_2010.pdf](http://www.tpao.gov.tr/tpfiles/userfiles/files/sektorraporu_2010.pdf) (07.05.2012)

TRIGEORGIS L (1998); “Real Options and Investment Decisions”, Lecture Note 15, Business 337 - Financial Instruments, GSB University of Chicago.

<http://www.angelfire.com/bc/bcox/images/options.pdf> (07.05.2012)

TRIGEORGIS L (2002); “Real Options: A Primer”, James Alleman ve Eli Noam (der.), The New Investment Theory of Real Options and Its Implications for Telecommunications Economics içinde, Kluwer Academic Publishers, USA.

[http://www.iscr.org.nz/f202\\_4194/4194\\_Real\\_options\\_INFENZ\\_110504](http://www.iscr.org.nz/f202_4194/4194_Real_options_INFENZ_110504). (07.05.2012)

TSPAKB (2002); “Finansal Yönetim”, Sermaye Piyasası Faaliyetleri İleri Düzey Lisansı Eğitimi, Eylül 2002.

UYSAL E (2001); “Yatırım Projeleri Analizinde Black - Scholes Opsiyon Fiyatlama Modelinin Kullanımı”, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, Cilt: 56, Sayı: 1, 135-148, (2001).

[dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/42/470/5403.pdf](http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/42/470/5403.pdf) (07.05.2012)

## **Diğer Kaynaklar**

BOSTAN İ (2007); “Yatırım Projelerinin Analizinde Reel Opsiyonların Kullanılması ve Bir Uygulama”, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

BOZ M. F (1997); “Petrol Arama ve Üretim Faaliyetlerinde Maliyet Muhasebesi ve TPAO'ndaki Uygulamanın Değerlendirilmesi”, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

ERDOĞAN S (2008); “Sermaye Bütçelemesinde Geleneksel Yöntemlere Alternatif Olarak Reel Opsiyonlar Yöntemi”, Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.

ERGÜN M E (2008); “Sermaye Bütçelemesi ve Türk Sanayi İşletmelerinde Uygulaması”, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

HE Y (2007); “Real Options in the Energy Markets”, PhD Dissertation, University of Twente, the Netherlands.

HOŞGÖR E (2009); “Gerçek Opsiyonlar ve İnsan Kaynaklarında Uygulamaları”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.



KVALEVAG T (2009); “How the Discounted Cash Flow Analysis and Real Options Differ as Basis for Decision Making About Oil and Gas Field Developments”, Master Thesis, MSc Finance and Strategic Management, Copenhagen Business School.

ONAR S Ç (2009); “Stratejik Kararların Gerçek Opsiyonlar ile Değerlendirilmesi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği, Doktora Tezi, İstanbul.

ÖZKESERLİ P (2007); “Gerçek Opsiyonlar ve Otomotiv Sanayinde Bir Uygulama”, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

ÖZOĞUL S T (2006); “Yatırım Kararlarının Değerlemesinde Reel Opsiyonlar: Bilişim Teknolojileri Yatırım Uygulaması”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.

SAFAROV S (2009); “Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Reel Opsiyon Yöntemi ve Enerji Sektöründe Bir Uygulama”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Finansman Programı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

SCHOPPE J (2010); “The Valuation of Natural Gas Storage: A Knowledge Gradient Approach with Non-Parametric Estimation”, Bachelor of Science in Engineering, Department of Operations Research and Financial Engineering, Princeton University.

TERZİ T (2006); “Gerçek Opsiyonlar ve Değerleme Yöntemleri” Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

TURAN U (2008); “Firm Valuation By Using Real Options: Empirical Evidence For Selected Firms In Turkey”, İstanbul Bilgi University, Institute of Social Science, MSc in International Finance, İstanbul.

YILDIRIM E (2007); “Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Reel Opsiyon Yöntemi ve Madencilik Sektöründe Bir Uygulama”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Finansman Programı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

EK 1

d	N(d)	d	N(d)	d	N(d)
		-1,00	0,1587	1,00	0,8413
-2,95	0,0016	-0,95	0,1711	1,05	0,8531
-2,90	0,0019	-0,90	0,1841	1,10	0,8643
-2,85	0,0022	-0,85	0,1977	1,15	0,8749
-2,80	0,0026	-0,80	0,2119	1,20	0,8849
-2,75	0,0030	-0,75	0,2266	1,25	0,8944
-2,70	0,0035	-0,70	0,2420	1,30	0,9032
-2,65	0,0040	-0,65	0,2578	1,35	0,9115
-2,60	0,0047	-0,60	0,2743	1,40	0,9192
-2,55	0,0054	-0,55	0,2912	1,45	0,9265
-2,50	0,0062	-0,50	0,3085	1,50	0,9332
-2,45	0,0071	-0,45	0,3264	1,55	0,9394
-2,40	0,0082	-0,40	0,3446	1,60	0,9452
-2,35	0,0094	-0,35	0,3632	1,65	0,9505
-2,30	0,0107	-0,30	0,3821	1,70	0,9554
-2,25	0,0122	-0,25	0,4013	1,75	0,9599
-2,20	0,0139	-0,20	0,4207	1,80	0,9641
-2,15	0,0158	-0,15	0,4404	1,85	0,9678
-2,10	0,0179	-0,10	0,4602	1,90	0,9713
-2,05	0,0202	-0,05	0,4801	1,95	0,9744
-2,00	0,0228	0,00	0,5000	2,00	0,9773
-1,95	0,0256	0,05	0,5199	2,05	0,9798
-1,90	0,0287	0,10	0,5398	2,10	0,9821
-1,85	0,0322	0,15	0,5596	2,15	0,9842
-1,80	0,0359	0,20	0,5793	2,20	0,9861
-1,75	0,0401	0,25	0,5987	2,25	0,9878
-1,70	0,0446	0,30	0,6179	2,30	0,9893
-1,65	0,0495	0,35	0,6368	2,35	0,9906
-1,60	0,0548	0,40	0,6554	2,40	0,9918
-1,55	0,0606	0,45	0,6736	2,45	0,9929
-1,50	0,0668	0,50	0,6915	2,50	0,9938
-1,45	0,0735	0,55	0,7088	2,55	0,9946
-1,40	0,0808	0,60	0,7257	2,60	0,9953
-1,35	0,0885	0,65	0,7422	2,65	0,9960
-1,30	0,0968	0,70	0,7580	2,70	0,9965
-1,25	0,1057	0,75	0,7734	2,75	0,9970
-1,20	0,1151	0,80	0,7881	2,80	0,9974
-1,15	0,1251	0,85	0,8023	2,85	0,9978
-1,10	0,1357	0,90	0,8159	2,90	0,9981
-1,05	0,1469	0,95	0,8289	2,95	0,9984

## ÖZET

Yatırım projelerinin seçimi, firmaların gelecekteki nakit akışlarını ve dolayısıyla firma değerini etkileyen en önemli kararların başında gelmektedir. Geleneksel olarak yatırım projelerinin değerlendirilmesi indirgenmiş nakit analizi (İNA) yöntemleri kullanılarak yerine getirilmektedir. Yatırım projelerinin değerlemesinde geleneksel İNA yöntemlerinin kullanıldığı durumlarda genellikle iki temel kaygı ön plana çıkmaktadır. Öncelikle, geleneksel yöntemlere yönelik analizler projenin içinde barındırdığı esneklikleri göz ardı etmektedir. Geleneksel yöntemlerde nakit akışlarını indirgemedi kullanılan iskonto oranının sabit olarak kabul edilmesi, koşullar değişse dahi değerlemenin statik kalmasına neden olmaktadır.

Yatırım fırsatlarının gelecekte bir şey yapma yükümlülüğünden ziyade bir hak olarak formüle edilebilmesiyle, opsiyon teorisinin sınırları emtiaları da kapsayacak şekilde genişlemiştir. Reel opsiyon olarak adlandırılan bu yeni anlayış, geleneksel yöntemlerin ihmal ettiği “belirsizlik”, “esneklik” ve “dinamik öğrenme” gibi öğeleri değerlendirme sürecine dahil ettiği gibi, riskin olasılık dağılımları yoluyla ele alınmasına olanak sağlamaktadır. Reel opsiyon analizi, geleneksel yöntemlerin projenin kabul veya reddedilmesine yönelik karar yaklaşımını; “erteleme, büyüme, genişleme, terk etme, seçeneleştirme” gibi açılardan geliştirmektedir.

Reel opsiyon değerlemesinin kullanıldığı alanların başında enerji sektörünün en önemli bölümlerden olan doğal kaynak yatırımları gelmektedir. Bu tarz sektörlerde fiyat ve rezerv miktarı gibi belirsizliklere ek olarak, yatırımların arama, geliştirme ve üretim gibi belirli aşamalara sahip olması, reel opsiyon analizine uygun ortamların doğmasına olanak sağlamaktadır. Bu çerçevede Çalışmada reel opsiyon analizin petrol ve doğal gaz yatırım projelerinde uygulaması ele alınmaktadır.

## **ABSTRACT**

Because of impacting over cash flows and firm value, selecting an investment project is one of the most important decisions of many firms. Historically, investment project valuation is done by discounting cash flows (DCF) analysis. However, two important concerns emerge when discounting cash flow analysis is used. Firstly, DCF ignores project's flexibilities. Secondly, using the discount ratio in discounting cash flow as fixed ratio causes static valuation process even if the conditions change.

The ability of formulating the investment opportunities as a right rather than responsibility helps option theory to enlarge its border covering assets. This new approach called "reel option" annexes conceptions which are ignored by DCF such as "uncertainty", "flexibility" and "dynamic learning" in valuation process, besides it helps evaluating risks by the way of probability distribution. Moreover, reel option analysis develops the DCF decision approach in accepting or rejecting the project in terms of delaying, expanding, contracting or compounding.

Reel option analysis is most suitable for natural resource investment which is one of the fundamental parts of energy sector. Not only having certain phases such as exploration, development and production, but also comprising price and reserve quantity uncertainties directs these sectors to reel option analysis. In this context, this thesis deals with application of reel option analysis in oil and gas investment project.