



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**REEL OPSİYONLARLA YENİLENEBİLİR ENERJİ
TESİSLERİNİN DEĞERLEMESİ**

Doktora Tezi

Duygu BIYIKLI

Danışman
Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ

II. Danışman
Doç. Dr. Pelin KASAP

SAMSUN
2023

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



REEL OPSİYONLARLA YENİLENEBİLİR ENERJİ
TESİSLERİNİN DEĞERLEMESİ

Doktora Tezi

Duygu BIYIKLI

Danışman

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ

II. Danışman

Doç. Dr. Pelin KASAP

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Duygu BIYIKLI tarafından, Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ ve Doç. Dr. Pelin KASAP danışmanlığında hazırlanan “REEL OPSİYONLARLA YENİLENEBİLİR ENERJİ TESİSLERİNİN DEĞERLEMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 10.5.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Derya ÖZTÜRK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Gökhan DEMİR Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Okan YILDIZ Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Mehmet Ali DERELİ Giresun Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

20/03/2023
Duygu BIYIKLI

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : REEL OPSİYONLARLA YENİLENEBİLİR ENERJİ TESİSLERİNİN DEĞERLEMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 20/03/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 16

Tek kaynak oranı : % 5 çıkmıştır.

20/03/2023
Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ

ÖZET

REEL OPSİYONLARLA YENİLENEBİLİR ENERJİ TESİSLERİNİN DEĞERLEMESİ

Duygu BIYIKLI

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Doktora, Nisan/2023

Danışman: Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ

II. Danışman: Doç. Dr. Pelin KASAP

Rüzgâr Enerji Santralleri (RES) büyük bütçeli yatırımlardır ve ekonomik ömür süreleri oldukça uzundur. Bu süre boyunca yatırım değerlemede kullanılan proje parametrelerinin değişimlerini de kesin olarak bilmek imkânsızdır. Geleceğe dair risk ve belirsizlik durumlarının değerlendirilmesine mutlaka yansıtılması gerekmektedir. Geleneksel değerlendirme yöntemlerinden İndirgenmiş Nakit Akışlara (İNA) göre hesaplanan Net Bugünkü Değer (NBD), sadece bugünün şartlarına dayanarak sabit bir iskonto üzerinden nakit akışları indirgeyen bir hesaplama prensibine sahiptir. Bu durum yatırım değerinin olduğundan daha az hesaplanmasına neden olarak yetersiz kalmaktadır. Reel opsiyonlar, risk ve belirsizlikleri değerlemeye dâhil ederek ve erteleme, genişleme, terk etme gibi esneklik seçeneklerini yatırımcıya sunarak, yatırımın değerinin artmasını sağlamaktadır. Bu şekilde negatif NBD'ye sahip bir yatırım, opsiyon değeri ile birlikte pozitif bir Genişletilmiş Net Bugünkü Değer (GNBD)'ye sahip olabilmektedir.

Bu doktora tez çalışmasında Sinop ilinde, %35 kapasite faktörüne sahip, 5MW elektrik üretim kapasiteli RES-1 ve RES-2 yatırımları için hem geleneksel yöntemle hem de reel opsiyonlarla çalışma gerçekleştirilmiştir. RES-1 yatırım projesinin NBD'si negatifken, RES-2 yatırım projesinin NBD'si pozitiftir. İki farklı RES ile çalışılmasının sebebi, pozitif ve negatif yatırımların ikisi için de reel opsiyonların değer kazandırdığını göstermek olmuştur. Bu nedenle Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleriyle geniş kapsamlı bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Erteleme, genişleme ve terk etme opsiyonları kullanılarak yapılan bu çalışmada, esneklik faktörlerinin opsiyon üzerindeki etkileri de detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Özellikle erteleme opsiyonunun proje parametreleri üzerindeki etkileri belirli öngörüler ile sağlanarak, çok daha detaylı bir çalışma yürütülmüştür. Erteleme ile piyasalarda kaybedilen fırsat maliyetini ifade eden getiri kısıtlılığı parametresinin, Black-Scholes yönteminde kullanım şeklinin revize edilebileceği, bu bölümde elde edilen önemli sonuçlar arasında yer almıştır. Bu analizlerin devamında hem Crystal Ball hem de Matlab programı kullanılarak Monte Carlo Simülasyonu (MCS) ile analizler yapılmış ve MCS'nin analitik hesaplamalara göre benzer sonuçlar vererek birbirlerinin yerine kullanılabilecekleri sonucu elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Rüzgâr Enerji Santrali (RES), İndirgenmiş Nakit Akış (İNA), Net Bugünkü Değer (NBD), Reel opsiyon, Monte Carlo Simülasyonu (MCS)

ABSTRACT

VALUATION OF RENEWABLE ENERGY FACILITIES WITH REAL OPTIONS

Duygu BIYIKLI

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Geomatics Engineering

Ph.D., April/2023

Supervisor: Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ

II. Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Pelin KASAP

Wind Power Plants (WPP) are large-budget investments and have a very long economic life span. It is also impossible to know for certain the changes in the project parameters used in investment valuation during this period. Risks and uncertainties regarding the future must be reflected in the valuation analysis. Net Present Value (NPV), which is calculated according to Discounted Cash Flows (DCF), which is one of the traditional valuation methods, has a calculation principle that discounts cash flows over a fixed discount based only on today's terms. This situation is insufficient as it causes the investment value to be underestimated. Real options increase the value of the investment by including risks and uncertainties in the valuation and by offering flexibility options such as postponement, expansion and abandonment to the investor. In this way, an investment with a negative NPV can have a positive Extended Net Present Value (ENPV) along with the option value.

In this doctoral thesis study, both traditional method and real options were studied for WPP-1 and WPP-2 investments with 35% capacity factor and 5MW electricity generation capacity in Sinop province. The WPP-1 investment project has a negative NPV, while the WPP-2 investment project has a positive NPV. The reason for working with two different WPP was to show that real options add value for both positive and negative investments. For this reason, a comprehensive valuation was carried out with the Black-Scholes and Binomial valuation methods. The effects of flexibility factors on the option are also explained in detail in this study, which is carried out using deferral, expansion and abandonment options. A much more detailed study was carried out, especially by providing the effects of the postponement option on the project parameters with certain predictions. It is among the important results obtained in this section that the use of the scarcity of return parameter, which expresses the opportunity cost lost in the markets with postponement, can be revised in the Black-Scholes method. Following these analyses, analyzes were made with Monte Carlo Simulation (MCS) using both Crystal Ball and Matlab programs, and it was concluded that MCS could be used interchangeably by giving similar results according to analytical calculations.

Keywords: Wind Power Plant (WPP), Discounted Cash Flow (DCF), Net Present Value (NPV), Real option, Monte Carlo Simulation (MCS)

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Hem lisans hem de doktora sürecimde değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, yol gösteren, ihtiyacım olduğunda kıymetli vaktini bana sabırla ayıran, her daim samimiyet ve güler yüzle karşılayan, akademik çalışmalarım ve meslek hayatımda yolunda ilerlemek istediğim saygı değer tez danışmanım, hocam Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ'ye,

Kendisine her danıştığım özveriyle beni dinleyen ve yardımcı olan, bu süreçte bilgi ve birikimiyle kendisinden çok fazla şey öğrendiğim değerli tez ikinci danışmanım, hocam Doç. Dr. Pelin KASAP'a,

Doktora ve tez izleme sürecinde, çok değerli bilgi, görüş ve fikirleriyle doğru bir yolda yürümemi sağlayan, yapıcı yaklaşımlarıyla her zaman desteklerini hissederek ilerlediğim bu yolda çok değerli hocalarım Prof. Dr. Derya ÖZTÜRK'e ve Doç. Dr. Gökhan DEMİR'e, yapıcı eleştiri ve katkılarından dolayı tez savunma sınavındaki jüri üyeleri Doç. Dr. Okan YILDIZ ve Doç. Dr. Mehmet Ali DERELİ'ye,

Her daim bilgisini, görüşlerini ve desteğini esirgemediğim benimle paylaşan, değerli vaktini ayırarak bu süreçte ilerlememi sağlayan çok kıymetli hocam Doç. Dr. Hakan BİLİR'e,

Eğitim hayatım boyunca emeği geçen bütün hocalarıma, çalışma arkadaşlarıma ve destekleriyle yanımda olan herkese çok teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde çok büyük emekleri olan; her zaman başarabileceğime inanarak destekleyen ve yanımda olan çok sevgili annem, babam ve kardeşime de sonsuz teşekkür ederim.

Duygu BIYIKLI

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	2
1.2. Tezin Kapsamı	4
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....	6
2.1. Enerji Kaynakları	6
2.1.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	9
2.1.1.1. Fosil Enerji Kaynakları	10
2.1.1.1.1. Kömür	10
2.1.1.1.2. Petrol	12
2.1.1.1.3. Doğal Gaz	13
2.1.1.2. Nükleer Enerji Kaynakları	15
2.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	15
2.1.2.1. Rüzgâr Enerjisi	18
2.1.2.1.1. Rüzgâr Enerjisinin Avantajları	20
2.1.2.1.2. Rüzgâr Enerjisinin Dezavantajları ve Karşılaşılabilecek Zorluklar	20
2.1.2.1.3. Türkiye’de Rüzgâr Enerji Potansiyeli	21
2.1.2.1.4. Dünya’da Rüzgâr Enerji Potansiyeli	26
2.1.2.2. Güneş Enerjisi	29
2.1.2.3. Hidrolik/ Hidroelektrik Enerjisi	32
2.1.2.4. Biyokütle Enerjisi	34
2.1.2.5. Jeotermal Enerji	36
2.1.3. Yenilenebilir Enerji Politikaları	39
2.2. Geleneksel Değerleme Yöntemleri	45
2.2.1. İç Getiri Oranı (İGO) Yöntemine göre Değerleme	46
2.2.2. Geri Ödeme Süresi (GÖS) Yöntemine göre Değerleme	47
2.2.3. Net Bugünkü Değer (NBD) Yöntemine göre Değerleme	48
2.3. Opsiyonlar	52
2.3.1. Opsiyonların Değerini Etkileyen Faktörler	56
2.3.1.1. Dayanak Varlığın Fiyatı	56
2.3.1.2. Kullanım Fiyatı	56
2.3.1.3. Vadeye Kalan Süre	57
2.3.1.4. Volatilite	57
2.3.1.5. Risksiz Faiz Oranı	57
2.3.1.6. Temettü	58
2.3.2. Opsiyon Türleri	58
2.3.2.1. Taraflarına göre Opsiyonlar	58
2.3.2.1.1. Alım ve Satım Opsiyonu	58
2.3.2.2. Vadelerine göre Opsiyonlar	61
2.3.2.2.1. Amerikan ve Avrupa Tipi Opsiyonu	61
2.3.2.3. Kârlılık Durumlarına göre Opsiyonlar	61
2.3.2.3.1. Kârda Opsiyonlar	61
2.3.2.3.2. Başa Baş Opsiyonlar	62
2.3.2.3.3. Zararda Opsiyonlar	62

2.4. Reel Opsiyonlar	62
2.4.1. Reel Opsiyonların Enerji Yatırım Projelerinde Kullanımı.....	67
2.4.2. Yatırıma ait Belirsizlikler.....	68
2.4.3. Yatırımın Esnekliği.....	70
2.4.4. Risk Yansız Olasılık Yaklaşımı	71
2.4.5. Reel Opsiyon Türleri.....	72
2.4.6. Reel Opsiyonlar ile Finansal Opsiyonların Karşılaştırılması	75
2.4.7. Reel Opsiyonlar ile Geleneksel Yöntemlerin Karşılaştırılması	77
2.4.8. Reel Opsiyon Değerleme Yöntemleri	79
2.4.8.1. Black-Scholes Değerleme Yöntemi	80
2.4.8.1.1. Temettüsüz Black-Scholes Değerleme Yöntemi	81
2.4.8.1.2. Temettülü Black-Scholes Değerleme Yöntemi	82
2.4.8.2. Binomial Değerleme Yöntemi	83
2.4.8.2.1. Tek Dönemli Binomial Yöntem	83
2.4.8.2.2. Çok Dönemli Binomial (Multinomial) Yöntem	85
2.4.8.3. Monte Carlo Simülasyonu	86
2.5. Kaynak Özetleri	90
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	116
3.1. RES-1 Projesi için Değerleme	118
3.1.1. RES-1 Projesine ait Çalışma Alanı	118
3.1.2. RES-1 Projesini NBD Yöntemi ile Değerleme.....	118
3.1.2.1. Proje Geliri.....	119
3.1.2.2. Proje Giderleri.....	120
3.1.2.3. Ekonomik Ömür.....	121
3.1.2.4. Amortisman ve Vergi Oranı.....	121
3.1.2.5. Enflasyon Oranı (Tüketici Fiyat Endeksi- TÜFE).....	122
3.1.2.6. İskonto Oranı	123
3.1.3. RES-1 Projesini Reel Opsiyon Yöntemlerine Göre Değerleme.....	123
3.1.4. RES-1 Projesini MCS ile Değerleme.....	126
3.1.4.1. RES-1 Projesinin NBD ve Bugünkü Değeri için Crystal Ball ile MCS.....	126
3.1.4.2. RES-1 Projesinin Volatilitesi için Crystal Ball ile MCS	130
3.1.4.3. RES-1 Projesinin NBD ve Bugünkü Değeri için Matlab ile MCS	131
3.1.4.4. RES-1 Projesinin Volatilitesi için Matlab ile MCS	133
3.2. RES-2 Projesi için Değerleme	133
3.2.1. RES-2 Projesine ait Çalışma Alanı	133
3.2.2. RES-2 Projesini NBD Yöntemi ile Değerleme.....	134
3.2.3. RES-2 Projesini Reel Opsiyon Yöntemlerine Göre Değerleme.....	135
3.2.4. RES-2 Projesini MCS ile Değerleme.....	136
3.2.4.1. RES-2 Projesinin NBD ve Bugünkü Değeri için Crystal Ball ile MCS.....	136
3.2.4.2. RES-2 Projesinin NBD ve Bugünkü Değeri için Matlab ile MCS	139
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	141
4.1. RES-1 Projesi için Uygulama ve Bulgular	141
4.1.1. RES-1 Projesine ait NBD için Uygulama ve Bulgular	141
4.1.2. RES-1 Projesi için Reel Opsiyon Yöntemleri ile Uygulama ve Bulgular.....	144
4.1.3. RES-1 Projesi için MCS ile Uygulama ve Bulgular	189
4.1.3.1. RES-1 Projesine ait NBD için Crystal Ball ile MCS	190
4.1.3.2. RES-1 Projesine ait Bugünkü Değer için Crystal Ball ile MCS	195
4.1.3.3. RES-1 Projesine ait Volatilitesi için Crystal Ball ile MCS	198
4.1.3.4. RES-1 projesine ait NBD, Bugünkü Değer ve Volatilitesi için Matlab yazılımı ile MCS	204
4.2.1. RES-2 Projesine ait NBD için Uygulama ve Bulgular	209
4.2.2. RES-2 Projesi için Reel Opsiyon Yöntemleri ile Uygulama ve Bulgular.....	212
4.2.3. RES-2 Projesi için MCS ile Uygulama ve Bulgular	245
4.2.3.1. RES-2 Projesine ait NBD için Crystal Ball ile MCS	246
4.2.3.2. RES-2 Projesine ait Bugünkü Değer için Crystal Ball ile MCS	250

4.2.3.3. RES-2 projesine ait NBD ve Bugünkü Değer için Matlab yazılımı ile MCS	255
4.2. Tartışma	260
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	264
5.1. RES-1 için Sonuçlar ve Öneriler.....	264
5.2. RES-2 için Sonuçlar ve Öneriler.....	270
KAYNAKLAR	274
EKLER	286
ÖZ GEÇMİŞ.....	325



SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

AHP	:Analitik Hiyerarşi Prosesi
AOSM	:Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti
BEPA	:Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası
CAPM	:Capital Asset Pricing Model
CBOE	:Chicago Board Options Exchange
DCF	:Discounted Cash Flows
ENPV	:Extended Net Present Value
EPDK	:T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	:T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FVÖK	:Faiz Vergi Öncesi Kâr
GEPA	:Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GBH	:Geometrik Brownian Hareketi
GNBD	:Genişletilmiş Net Bugünkü Değer
GÖS	:Geri Ödeme Süresi
GWEC	:Global Wind Energy Council
IRENA	:International Renewable Energy Agency
İGO	:İç Getiri Oranı
İKO	:İç Kârlılık Oranı
İNA	:İndirgenmiş Nakit Akışları
İVO	:İç Verim Oranı
MCS	:Monte Carlo Simülasyonu
MW	:Mega Watt
NBD	:Net Bugünkü Değer
NPV	:Net Present Value
REPA	:Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası
RES	:Rüzgâr Enerji Santrali
SBB	:Türkiye Cumhuriyeti Strateji ve Bütçe Başkanlığı
SREC	:Solar Renewable Energy Credit/Certificate
RPS	:Renewable Profolia System
TCMB	:Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
TEİAŞ	:Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TGC	:Tradable Green Certificate

TÜFE	:Tüketici Fiyat Endeksi
TÜREB	:Türkiye Rüzgâr Enerji Birliği
VYS	:Varlık Yönetim Sistemi
WPP	:Wind Power Plant
WWEA	:World Wind Energy Association
YEK	:Yenilenebilir Enerji Kaynağı
YEKDEM	:Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

Simgeler

C_0	:Alım opsiyonu değeri
P_0	:Satım opsiyonu değeri
S_0	:Varlığın şimdiki değeri
X	:Varlığın kullanım fiyatı
T	:Opsiyonun vadesine kalan süre (ekonomik ömür/yıl bazında)
σ	:Yıllık standart sapma (Votalite)
r_f	:Risksiz faiz oranı
$N(d)$:Kümülatif standart normal dağılım
δ	:Rakilere kaybedilen nakit akışı, gecikmenin fırsat maliyeti
u	:Dayanak varlık fiyatının artış oranı
d	:Dayanak varlık fiyatının azalış oranı
p	:Dayanak varlık fiyatının risk bağımsız olasılık artış oranı
$(1 - p)$:Dayanak varlık fiyatının risk bağımsız olasılık azalış oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. 2011-2021 yılları için birincil enerji kaynaklarının Türkiye'deki kurulu gücü (TEİAŞ, 2021).....	8
Şekil 2.2. Türkiye kurulu ve üretim gücünün 1978-2021 yıllar arasındaki değişimi (TEİAŞ, 2021).....	9
Şekil 2.3. Sektör bazlı kömür dağılım oranları.....	11
Şekil 2.4. 2016-2021 yılları arası kömür kullanım oranları.....	11
Şekil 2.5. Ülkeler arası petrol üretim dağılımı.....	12
Şekil 2.6. 2011-2019 yılları arasındaki petrol üretim miktarı (milyon ton).....	13
Şekil 2.7. Doğal gaz tüketiminin sektörel bazlı oranları.....	13
Şekil 2.8. Ülke bazlı doğal gaz rezerv oranları.....	14
Şekil 2.9. Türkiye'de 2015-2019 yılları arasındaki doğal gaz üretimi (milyon m ³).....	14
Şekil 2.10. Yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerji kaynaklarına göre kullanım oranları (TEİAŞ, 2021).....	16
Şekil 2.11. 2021 yılı yenilenebilir enerji üretim oranları (TEİAŞ, 2021).....	17
Şekil 2.12. SOMA rüzgâr enerji santralinden bir kesit (Polat Enerji, 2022).....	19
Şekil 2.13. London Array Offshore Wind Farm projesi (London Array, 2022).....	19
Şekil 2.14. Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızı dağılımı (Çalışkan, 2019).....	23
Şekil 2.15. Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu (Çalışkan, 2019).....	23
Şekil 2.16. Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama kapasite faktörü dağılımı (Çalışkan, 2019).....	24
Şekil 2.17. Türkiye'nin 2011-2021 yılları arasındaki rüzgâr enerjisine dayalı kurulu gücü.....	24
Şekil 2.18. 2010-2020 yılları arasında rüzgâr enerji santrallerinin yıllık kurulum miktarı.....	25
Şekil 2.19. 2020 yılına ait on iki aylık, Türkiye'deki enerji santrallerinin elektrik üretimindeki payı.....	25
Şekil 2.20. Dünya rüzgâr santrali kapasite dağılımı.....	28
Şekil 2.21. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) (ETKB, 2022c).....	30
Şekil 2.22. Aylık ortalama radyon dağılımı (ETKB, 2022c).....	31
Şekil 2.23. Güneş enerjisinin yıllara göre kurulu güç değişimi.....	31
Şekil 2.24. Güneş enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı.....	32
Şekil 2.25. Hidroelektrik enerjisinin yıllara göre kurulu güç değişimi.....	33
Şekil 2.26. Hidroelektrik enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı.....	33
Şekil 2.27. Biyokütle enerjisinin yıllara göre kurulu güç değişimi.....	36
Şekil 2.28. Biyokütle enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı.....	36
Şekil 2.29. Jeotermal enerjinin yıllara göre kurulu güç değişimi.....	38
Şekil 2.30. Jeotermal enerjinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı.....	39
Şekil 2.31. Alım opsiyonu (Ansbacher, 2000).....	59
Şekil 2.32. Satım opsiyonu (Ansbacher, 2000).....	60

Şekil 2.33. Belirsizlik kaynakları (Kozlova, 2017).....	69
Şekil 2.34. Geleneksel yöntemlerle değerlendirme.....	78
Şekil 2.35. Reel opsiyonlarla değerlendirme.....	78
Şekil 2.36. Binomial opsiyon değerlendirme yöntemine göre yatırım hareketleri.....	85
Şekil 2.37. Çok dönemli binomial ağaç yapısı.....	85
Şekil 3.1. NBD için Girdi-Çıktı parametreleri.....	129
Şekil 3.2. Volatilite için Girdi-Çıktı parametreleri.....	130
Şekil 3.3. NBD için Girdi-Çıktı parametreleri (RES-2).....	138
Şekil 4.1. NBD için istatistik değerler.....	190
Şekil 4.2. NBD için duyarlılık analizi.....	191
Şekil 4.3. NBD'nin 0'dan büyük olma olasılığı.....	192
Şekil 4.4. NBD'nin yüzdelik değerleri.....	193
Şekil 4.5. Tornado grafiği (1).....	194
Şekil 4.6. Tornado grafiği (2).....	195
Şekil 4.7. Bugünkü Değer için istatistik değerler.....	196
Şekil 4.8. Bugünkü Değer için duyarlılık analizi.....	196
Şekil 4.9. Tornado grafiği (3).....	197
Şekil 4.10. Tornado grafiği (4).....	198
Şekil 4.11. Volatilite için istatistik değerler.....	199
Şekil 4.12. Volatilite için duyarlılık analizi.....	199
Şekil 4.13. Volatilite'nin yüzdelik değerleri.....	200
Şekil 4.14. Tornado grafiği (5).....	201
Şekil 4.15. Tornado grafiği (6).....	201
Şekil 4.16. NBD için istatistik değerler (RES-2).....	246
Şekil 4.17. NBD için duyarlılık analizi (RES-2).....	247
Şekil 4.18. NBD'nin 0'dan büyük olma olasılığı (RES-2).....	248
Şekil 4.19. NBD'nin yüzdelik değerleri (RES-2).....	248
Şekil 4.20. Tornado grafiği (1) (RES-2).....	249
Şekil 4.21. Tornado grafiği (2) (RES-2).....	250
Şekil 4.22. Bugünkü Değer için istatistik değerler (RES-2).....	251
Şekil 4.23. Bugünkü Değer için duyarlılık analizi (RES-2).....	251
Şekil 4.24. Tornado grafiği (3) (RES-2).....	252
Şekil 4.25. Tornado grafiği (4) (RES-2).....	253

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması.....	7
Tablo 2.2. Türkiye’de yıllara göre RES kurulumu (MWm) (TÜREB, 2021b).....	26
Tablo 2.3. 2018-2021 yılları arasında dünyadaki rüzgâr enerji kapasite gücü (MW) (WWEA, 2021).....	27
Tablo 2.4. Avrupa’daki Yeni DRES Yatırımların Ülke Dağılımı (WindEurope, TSKB).....	28
Tablo 2.5. 30/06/2021 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesisleri için fiyatlar (Ek I sayılı cetvel).....	42
Tablo 2.6. 01/07/2021 tarihinden 31/12/2025 tarihine kadar işletmeye girecek üretim tesisleri için fiyatlar (Ek I sayılı cetvel).....	42
Tablo 2.7. Ek II sayılı cetvel.....	43
Tablo 2.8. Alım ve satım opsiyonunu etkileyen faktörler.....	58
Tablo 2.9. Reel opsiyon türleri.....	72
Tablo 2.10. Reel opsiyon ve finansal opsiyon karşılaştırması (Özoğul, 2005).....	75
Tablo 2.11. Literatür özeti.....	90
Tablo 3.1. Proje parametreleri (NBD).....	119
Tablo 3.2. Rüzgâr enerji santralının ilk yatırım maliyeti.....	120
Tablo 3.3. Rüzgâr enerji santralının operasyonel giderleri.....	121
Tablo 3.4. On iki aylık ortalamalara göre TÜFE oranları-1.....	122
Tablo 3.5. On iki aylık ortalamalara göre TÜFE oranları-2.....	122
Tablo 3.6. Proje parametreleri (Reel opsiyonlar).....	124
Tablo 3.7. Volatilite hesabı.....	125
Tablo 3.8. NBD ve Bugünkü Değer’e ait girdi parametrelerinin olasılık dağılımları.....	127
Tablo 3.9. Girdi parametrelerine ait alt-üst değerler (Crystal Ball).....	129
Tablo 3.10. Volatilite’ye ait girdi parametrelerinin olasılık dağılımları.....	130
Tablo 3.11. Girdi parametrelerine ait alt-üst değerler ve değişkenler (Matlab).....	131
Tablo 3.12. Proje parametreleri (NBD) (RES-2).....	134
Tablo 3.13. Proje parametreleri (Reel opsiyonlar) (RES-2).....	136
Tablo 3.14. NBD’ye ait girdi parametrelerinin olasılık dağılımları (RES-2).....	137
Tablo 3.15. Girdi parametrelerine ait alt-üst değerler (Crystal Ball) (RES-2).....	138
Tablo 3.16. Girdi parametrelerine ait alt-üst değerler ve değişkenler (Matlab) (RES-2).....	139
Tablo 4.1. İndirgenmiş Nakit Akışları (İNA) analizi.....	142
Tablo 4.2. Net Bugünkü Değer (NBD) tablosu.....	143
Tablo 4.3. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri.....	145
Tablo 4.4. Volatilite değerinin değişimi.....	147
Tablo 4.5. Volatilite değerinin değişmesi durumundaki proje parametreleri.....	148
Tablo 4.6. Vadenin uzaması durumundaki proje parametreleri.....	150
Tablo 4.7. Genişleme durumundaki proje parametreleri.....	152

Tablo 4.8. Terk etme durumundaki proje parametreleri.....	154
Tablo 4.9. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (1).....	157
Tablo 4.10. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (1).....	159
Tablo 4.11. 5 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (1).....	162
Tablo 4.12. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (1).....	163
Tablo 4.13. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (2).....	165
Tablo 4.14. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (2).....	168
Tablo 4.15. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (2).....	170
Tablo 4.16. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (3).....	171
Tablo 4.17. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (3).....	173
Tablo 4.18. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (3).....	174
Tablo 4.19. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (4).....	175
Tablo 4.20. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (4).....	177
Tablo 4.21. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (4).....	179
Tablo 4.22. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (5).....	180
Tablo 4.23. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (5).....	182
Tablo 4.24. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (5).....	184
Tablo 4.25. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (6).....	184
Tablo 4.26. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (6).....	186
Tablo 4.27. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (6).....	188
Tablo 4.28. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (7).....	188
Tablo 4.29. Simülasyon sonrası karşılaştırma.....	202
Tablo 4.30. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri (simülasyon sonrası-Crystal Ball).....	202
Tablo 4.31. Projeye bugün başlanması durumunda simülasyon öncesi ve sonrası sonuçların karşılaştırılması.....	204
Tablo 4.32. Geleneksel yöntem, Crystal Ball ve Matlab karşılaştırması.....	205
Tablo 4.33. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri (simülasyon sonrası-Matlab).....	205
Tablo 4.34. Projeye bugün başlanması durumunda simülasyon öncesi ve sonrası(Crystal Ball-Matlab) karşılaştırılması.....	207
Tablo 4.35. RES-1 projesi için opsiyonların ve GNBD'lerin karşılaştırılması.....	207
Tablo 4.36. İndirgenmiş Nakit Akışları (İNA) analizi (RES-2).....	210
Tablo 4.37. Net Bugünkü Değer (NBD) tablosu (RES-2).....	211
Tablo 4.38. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri (RES-2).....	212
Tablo 4.39. Vadenin uzaması durumundaki proje parametreleri (RES-2).....	214
Tablo 4.40. Genişleme durumundaki proje parametreleri (RES-2).....	216
Tablo 4.41. Terk etme durumundaki proje parametreleri (RES-2).....	218
Tablo 4.42. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (1) (RES-2).....	220

Tablo 4.43. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (1) (RES-2).....	222
Tablo 4.44. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (1) (RES-2).....	224
Tablo 4.45. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (2) (RES-2).....	224
Tablo 4.46. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (2) (RES-2).....	226
Tablo 4.47. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (2) (RES-2).....	228
Tablo 4.48. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (3) (RES-2).....	229
Tablo 4.49. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (3) (RES-2).....	230
Tablo 4.50. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (3) (RES-2).....	232
Tablo 4.51. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (4) (RES-2).....	233
Tablo 4.52. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (4) (RES-2).....	234
Tablo 4.53. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (4) (RES-2).....	236
Tablo 4.54. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (5) (RES-2).....	237
Tablo 4.55. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (5) (RES-2).....	239
Tablo 4.56. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (5) (RES-2).....	240
Tablo 4.57. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (6) (RES-2).....	241
Tablo 4.58. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (6) (RES-2).....	243
Tablo 4.59. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (6) (RES-2).....	244
Tablo 4.60. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (7) (RES-2).....	245
Tablo 4.61. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri (simülasyon sonrası-Crystal Ball) (RES-2).....	253
Tablo 4.62. Projeye bugün başlanması durumunda simülasyon öncesi ve sonrası karşılaştırılması (RES-2).....	255
Tablo 4.63. Geleneksel yöntem, Crystal Ball ve Matlab karşılaştırması (RES-2).....	256
Tablo 4.64. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri (simülasyon sonrası-Matlab) (RES-2).....	256
Tablo 4.65. Projeye bugün başlanması durumunda simülasyon öncesi ve sonrası (Crystal Ball-Matlab) karşılaştırılması (RES-2).....	258
Tablo 4.66. RES-2 projesi için opsiyonların ve GNBD'lerin karşılaştırılması	258

1. GİRİŞ

Yatırım değerlendirme sürecinin en önemli adımı doğru değerlendirme yönteminin seçilmesidir. Öyle ki bu seçim yatırımın onaylanıp onaylanmamasına kadar etkili olabilmektedir. Bir projenin onaylanabilir olması için yatırım karlılığının pozitif olmasının yanı sıra yatırımcı için de yeterli ölçekte olması gerekmektedir. Yatırım değerlemede özellikle son 50 yılda önemli gelişmeler yaşanmıştır. 1950’li yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan Net Bugünkü Değer (NBD) sonrasında farklı geleneksel değerlendirme yöntemleri de geliştirilmiştir. Reel opsiyonların uygulamaya geçişi ise yaklaşık bir 30 sene kadar sonra olmuştur. Reel opsiyonların çıkış noktası, İndirgenmiş Nakit Akış (İNA) yöntemine göre hesaplanan NBD’nin bazı sorulara yanıt verememesi ile başlamıştır. Bunlardan bir tanesine örnek verilecek olursa, yatırımın değerinin NBD ile hesaplanarak onaylandıktan sonra, piyasada gelişen ani durumlar sonrası ya da yatırımcının farklı kararlar almak istemesinden kaynaklı herhangi bir esnekliğin yatırıma dâhil edilememesi olmuştur. Oysa özellikle büyük bütçeli yatırımların ekonomik ömürlerinin de uzun olduğu düşünüldüğünde, zamanla değişen birçok parametrenin, yatırımın değerini de değiştireceği bilinen bir gerçektir. Vade boyunca hem belirsizlik hem de risk içeren, yani daha dinamik bir değerlendirme ortamının yatırımcıya sunulması gerektiği düşüncesi, reel opsiyonların kullanım gerekliliğini de ortaya koymuştur (Garvin and Cheah, 2004).

Geleneksel değerlendirme yöntemleri özellikle esneklik faktörlerinin yatırıma dâhil edilmemesi yönüyle oldukça eleştirilmektedir. Yatırımda her parametre değeri olasılıklar dâhilinde değişkendir. Gelecek net bir şekilde öngörülemediği için, olasılık burada kullanılması gereken en doğru terimdir. Gelecekteki maliyetler, giderler, enflasyon oranı, birim fiyatlar, devletin destek ve teşvikleri ya da gelir miktarı her yatırım için bünyesinde belirli bir risk ve belirsizlik barındırır. Bu gelişmelere karşı yatırımcı değişken kararlar almak isteyebilir. Öngörebildiği durumlarda yatırımı ertelemek, genişletmek, terk etmek ya da girdi-çıktı ürünlerini değiştirmek gibi istekleri de olabilir. Geleneksel yöntemler hem gelecekteki riskleri hem de bu esneklikleri yatırımcıya sunmamaktadır. Koşullar değişse bile değerlemenin statik kalması, olumsuz bir durum yaratmaktadır (Amram et al., 1999; Dixit and Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1995).

Geleneksel yöntemler, yatırımları “şimdi ya da hiçbir zaman” prensibiyle değerlendirir. Değerleme sonrası yatırım değeri pozitif ise proje kabul edilir, negatif

ise yatırım zarar edeceğinden reddedilir. Oysa projede, ertelemeyle birlikte oluşabilecek pozitif bir yatırım değeri olabilmektedir. Bu da reddedilen bir yatırımın, onaylanmasını sağlamaktadır. Geleneksel yöntemlerle opsiyonlar risk ve belirsizlik noktasında ayrılmaktadır. Geleneksel yaklaşım riski, iskonto edilmiş sabit bir iskonto oranı ile vade boyunca sadece nakit akışlar üzerinden indirirken; opsiyonlar vade boyunca olasılık faktörleri ile yatırıma dâhil etmektedir. Faiz oranı olarak sabit bir risk oranı kullanmak yerine de, risksiz faiz oranı ile çeşitli yöntemlerle formülize edilmiştir. Bunun nedeni, reel opsiyonların riske uyarlanmış olasılıkları tahmin etmeye çalışması ve nakit akışları risksiz oran üzerinden indirgemesidir (Samis, 2003, Smith and McCardle, 1999).

Reel opsiyonlar esneklik değerini yatırıma dâhil etmeyen ve yatırım değerini olduğundan daha az analiz eden NBD'nin ve diğer geleneksel yöntemlerin kısıtlamalarını düzeltmektedir. Bunu yaparken NBD'yi tamamen yatırım değerinden bağımsızlaştırmak yerine, tamamlayıcı olacak şekilde yapmaktadır. Reel opsiyonlarla değerlendirilmede esas proje değeri, GNBD'dir. GNBD, NBD'ye opsiyonun eklenmesiyle birlikte, iki bileşenden oluşmaktadır (Bilir, 2019; Culik, 2015). Her ne kadar geleneksel yöntemlerin kısıtlamalarından bahsedilse bile yatırım değerlemede hâlâ güçlü bir araçtır. NBD proje değeri için kullanılmakla birlikte, Geri Ödeme Süresi (GÖS) ve İç Getiri Oranı (İGO) gibi yöntemlerde ön fizibilite gibi yatırım öncesinde karar mekanizması için yaygın olarak tercih edilmektedir (Lint and Pennings, 2001; Miller and Park, 2002).

Yatırım değerlemenin içerdiği risk ve belirsizlikler, geleneksel yöntemlerde yatırım değerini azaltırken, reel opsiyonlarda bu durum tam tersidir. Belirsizliği ifade eden volatilité parametresinin artmasının hiçbir negatif bir etkisinin olmamasıyla birlikte kayıplara da yol açmamaktadır. Bunun nedeni kayıpların ilk yatırım maliyeti ile sınırlandırılmış olmasıdır. Ayrıca vadenin ya da karar verme sürecinin uzaması belirsizliği ve opsiyon değerini arttıran bir etkidir. Bu da büyük bütçeli ve uzun vadeli yatırımlar için reel opsiyonların kullanılması gereksinimini ortaya koymaktadır.

1.1. Tezin Amacı

Rüzgâr Enerji Santrali (RES) gibi büyük bütçeli yatırımların değerlemede kullanılacak yöntem ve teknik, yatırımın değerini doğrudan etkilemektedir. Uzun vadeli yatırımlarda geleceği net bir şekilde görmek imkânsızdır, ancak olasılıklar

dâhilinde en doğru tahmini yapabilmek mümkündür. Yatırıma başlamadan önce ve başladıktan sonraki dönemler için yatırımcı belirli durumları öngörmek isteyebilir. “Yatırıma başlamak için en doğru zaman nedir?”, “Yatırım yapıldıktan sonra her hangi bir zaman diliminde değişim yapmak mümkün müdür?”, “Nakit akışlar, nakit kaybını karşılamadığı durumda yatırımı terk etmek ya da ölçeği değiştirmek zarar etmeyi engeller mi?” gibi birçok soruyla karşılaşılabilir. Bu sorulara cevap verebilmek ya da zemin hazırlanmasına yardımcı olabilmek için bu doktora tez çalışmasında negatif NBD’ye sahip RES-1 projesi ile; pozitif NBD’ye sahip RES-2 projeleri için hem geleneksel yöntem hem de reel opsiyon değerlendirme yöntemlerine göre bir takım analizler gerçekleştirilmiştir.

Reel opsiyonlar ile ilgili “proje değeri negatif olan yatırımlar için kullanılmalı” gibi genel bir algı mevcuttur. Oysaki opsiyonlar her yatırım için ekstra değer kazandıran bir yöntem olarak literatürde yerini almıştır. Hem pozitif hem de negatif sonuç veren proje üzerindeki değeri göstermek için iki farklı RES yatırımı ile çalışma yapılmaya gerek duyulmuştur.

Geleneksel yöntemlerden yaygın kullanılan İNA yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. Bunun nedeni diğer geleneksel yöntemlerin NBD gibi bir değer tutarı vermemesi ve sadece yatırımın olumlu ya da olumsuz olması ile ilgili karar mekanizması olarak kullanılabilmelerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca GNBD elde etmek için de NBD’ye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada geleneksel yöntem ile reel opsiyonlar karşılaştırması yapılmış ve opsiyonların üstünlükleri gösterilmek istenmiştir. Her iki yöntem ile analizler yapılması için birden çok parametre değeri hesaplanmış ve farklı teknikler kullanılmıştır. RES-1 ve RES-2 yatırımları için işlem adımları aynı olsa da sonuçların farklı olması ve karşılaştırılabilir olması, çalışma için oldukça yararlı olmuştur.

Reel opsiyon değerlendirme yöntemlerinden Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yönteminin, hem en fazla tercih edilen yöntemler olması hem de birbirlerine çok benzer sonuçlar vermesi ile karşılaştırılabilir analizler yapılması açısından da çalışma için uygun olacağı düşünülmüştür. Reel opsiyonlar yatırıma sundukları esneklik seçenekleri ile ön plan çıkmaktadır. Burada yatırıma bugün başlanması durumuna göre genişleme, terk etme ve erteleme seçeneklerinin olasılıklar ve öngörüler dâhilinde yatırımı nasıl etkiledikleri araştırılmıştır. Bu analizler gerçekleştirilirken yöntemler arası benzerliğin olup olmadığı da araştırılarak, bu yöndeki literatür bilgisi

desteklenmek istenmiştir. Erteleme opsiyonu için kesin ve net bir yargının olmaması, çalışmada detaylı bir analiz yapılmasını sağlamıştır. Gelecekte olabilecek olasılıklar dâhilinde, kapsamlı bir çalışma yürütülmek istenmiş ve oldukça faydalı sonuç ve öneriler elde edilmiştir. Opsiyon değerinin her iki yatırım projesi içinde pozitif sonuç vererek özellikle NBD'den yüksek olması, erteleme opsiyonu için erteleme yılı hesaplanması konusunda gerekli görülmemiştir. Onun yerine çalışmada, erteleme süresinin yatırım üzerinde nasıl etkili olduğu? Erteleme süresinin belirsizliği azaltarak opsiyon değerini düşürdüğü yargısının her durum için geçerli olup olmadığı? ve yöntemler arası farklılıkların, kullanılan teknikler dâhilinde nasıl sonuçlar verdikleri, genel olarak araştırılmak istenmiştir.

Simülasyonlar, analitik yöntemlerden farklı olarak bilgisayar destekli hem ticari yazılımlar hem de paket programlar yardımıyla hızlı, pratik ve dinamik bir çalışma ortamı sunmaktadır. Reel opsiyonlarla değerlemede de oldukça yaygın kullanılan Monte Carlo Simülasyonu (MCS) ile iki farklı yazılım kullanılarak bir çalışma yürütülmüş ve analitik yöntemle hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır. Burada MCS'nin kullanım alanının yatırım değerlendirme için yeterli ve dinamik olup olmadığı araştırılmak istenmiştir. Farklı yazılımlar ile de sonuçlar desteklenerek yöntemin kullanım alanı ve teknikler açısından bir değerlendirmesi yapılmıştır.

1.2. Tezin Kapsamı

“Reel Opsiyonlarla Yenilenebilir Enerji Tesislerinin Değerlemesi” başlıklı doktora tez çalışması RES-1 ve RES-2 olmak üzere iki farklı yatırım projesi ile beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm “Giriş”, İkinci Bölüm “Kuramsal Temeller ve Kaynak Özetleri”, üçüncü bölüm “Materyal ve Yöntem”, dördüncü bölüm “Bulgular ve Tartışma” ve beşinci bölüm “Sonuçlar ve Öneriler”den oluşmaktadır. “Giriş” bölümünde, çalışma konusu ile ilgili açıklamalar, tezin amacı ve kapsamından bahsedilmektedir. “Kuramsal Temeller Ve Kaynak Özetleri” bölümünde, enerji kaynakları, yasal çerçeve, devlet destek ve teşvikleri, geleneksel değerlendirme yöntemleri, opsiyonlar ve reel opsiyonların metodolojisi ve kullanılan yöntem ve teknikler, MCS ile ilgili teknik bilgiler anlatılmaktadır. Bölümün en sonunda “Kaynak Özetleri” başlığı altında yenilenebilir enerji santralleri ile ilgili reel opsiyonlar kullanarak yatırım değerlendirme alanında yapılmış çalışmalar incelenerek detaylı bir şekilde özetlenmiştir. “Materyal ve Yöntem” bölümünde RES-1 ve RES-2 yatırımları için hem çalışma alanı ile ilgili bilgi verilmiş olup hem de kullanılan teknik ve yöntem

göre ayrı ayrı proje parametreleri belirlenmiştir. “Bulgular ve Tartışma” bölümünde hem NBD hem reel opsiyonlarla hem de MCS ile yapılmış tüm uygulamalar detaylı bir şekilde gösterilmiş olup, uygulamalar sonrası bulgular elde edilmiştir. “Tartışma” başlığı altında ise, elde edilen bulgular sonrası, çalışma sonuçlarını destekleyecek yönde, literatürde benzer alanlarda yapılmış çalışmalar ve sonuçları verilmiştir. “Sonuçlar ve Öneriler” bölümünde ise RES-1 ve RES-2 yatırımları için elde edilen sonuçlar hem kendi içlerinde hem de literatürdeki gerekli görülen çalışmalara göre yorumlanmıştır ve bazı sonuçlar içinde önerilerde bulunulmuştur.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde ilk olarak doktora tez çalışmasına konu olan enerji kaynakları, yasal düzenlemeler, devlet destek ve teşvikleri, geleneksel ve reel opsiyonlarla değerlendirme yöntemleri ve MCS ile ilgili detaylı literatür bilgisine verilmiştir. Kaynak özetlerinde ise yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlemesinde reel opsiyonların kullanılmasının üstünlüğünü gösteren son yıllarda yapılmış, güncel çalışmalara yer verilerek konu bütünlüğü sağlanmıştır.

2.1. Enerji Kaynakları

Bilimsel olarak, bir maddenin veya maddeler sisteminin iş yapma yeteneğine enerji denir. Enerji, çeşitli sınıflara ayrılabilir. Potansiyel enerji, bir maddenin konumu ve durumunu; kinetik enerji, maddenin hareket halinde olmasını; ısı enerjisi, maddelerin sıcaklıklarını; elektrik enerjisi, maddelerin sahip oldukları elektrik yüklerini; kimyasal enerji, kimyasal reaksiyonla ortaya çıkardıkları enerjisi; nükleer enerji, fizyün ve fizyon sonucunda elde edilen enerjisi ifade etmektedir. Bunların haricinde ışık ve ses enerjisi de başlıca enerji çeşitleri arasındadır (Boyle, 2004). Bu açıklamalardan anlaşılacağı üzere enerji hiçbir zaman yok olmaz sadece başka bir enerji türüne dönüşür. Enerji türleri her zaman başka bir enerji türüne de dönüşemez. Örneğin her maddenin yapısında potansiyel enerji bulunmasına rağmen her zaman kinetik enerji elde etmek mümkün değildir. Yaşadığımız dünyada enerji ihtiyacının sınırsız olması, enerji kaynaklarını ekonomik olarak sınıflandırmanın ve amaca yönelik enerji üretiminin önemini ön plana çıkartmaktadır. (Çelikkaya, 2017).

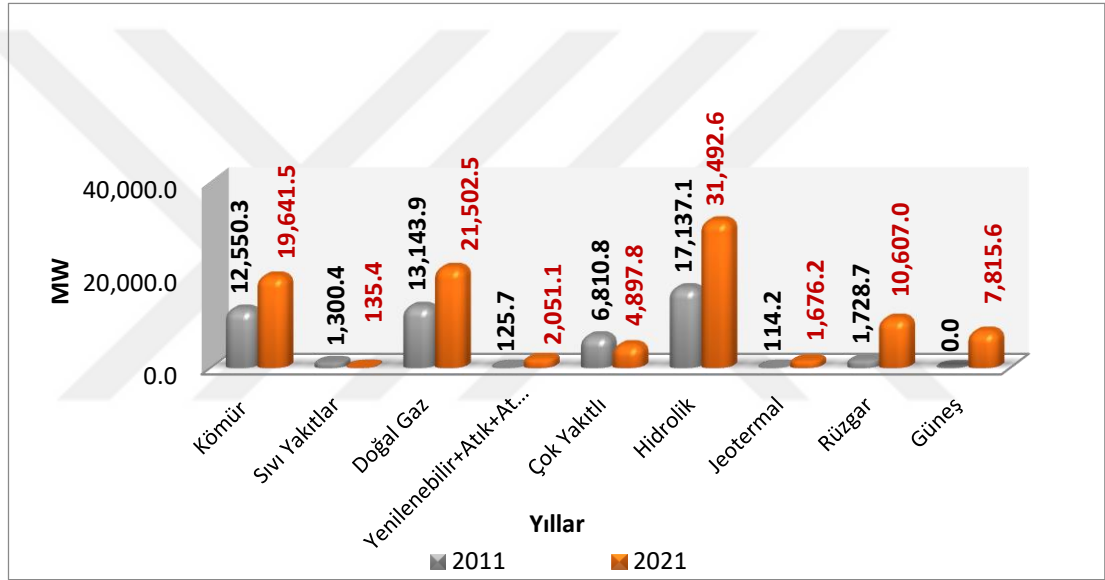
Değişik yöntemler ve teknikler kullanılarak elde edilen enerji türlerine, enerji kaynakları denilmektedir. Enerji kaynakları dönüştürülebilirliklerine göre birincil ve ikincil enerji kaynakları; sürdürülebilirliklerine göre de yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere ayrılmaktadır. Birincil enerji kaynakları enerjinin hiç bir işleme ve dönüşüme uğramamış, ikincil enerji kaynakları ise birincil enerji kaynaklarının işlenmesi ve dönüştürülmesiyle ortaya çıkan halidir. Doğada sınırlı miktarda bulunan, başka bir kaynak tarafından da üretilemeyen ve gelecekte tükenme riski bulunan enerji kaynaklarına yenilenemeyen enerji kaynakları; dünyada sürekli var olabilen ve kendini yenileyebilen enerji kaynaklarına da yenilenebilir enerji kaynaklı denilmektedir (Ersen, 2019; Koç ve Şenel, 2013). Aşağıdaki Tablo 2.1’de enerji kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması

Enerji Kaynakları	
Dönüştürülebilirliklerine Göre	Sürdürülebilirliklerine Göre
1) Birincil Enerji Kaynakları	
-Kömür	
-Petrol	
-Doğal Gaz	
-Nükleer	
-Biyokütle	
-Hidrolik/ Hidroelektrik	
-Güneş	
-Rüzgâr	
-Dalga(Gel-Git)	
2) İkincil Enerji Kaynakları	
-Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin	
-İkincil Kömür	
-Kok, Petrokok	
-Hava Gazı	
-Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)	
	1) Yenilenemez Enerji Kaynakları
	a) Fosil Kaynaklı
	-Kömür
	-Petrol
	-Doğal Gaz
	b) Çekirdek Kaynaklı
	-Uranyum
	2) Yenilenebilir Enerji Kaynakları
	-Biyokütle
	-Hidrolik/ Hidroelektrik
	-Güneş
	-Rüzgâr
	-Jeotermal
	-Hidrojen
	-Dalga(Gel-Git)

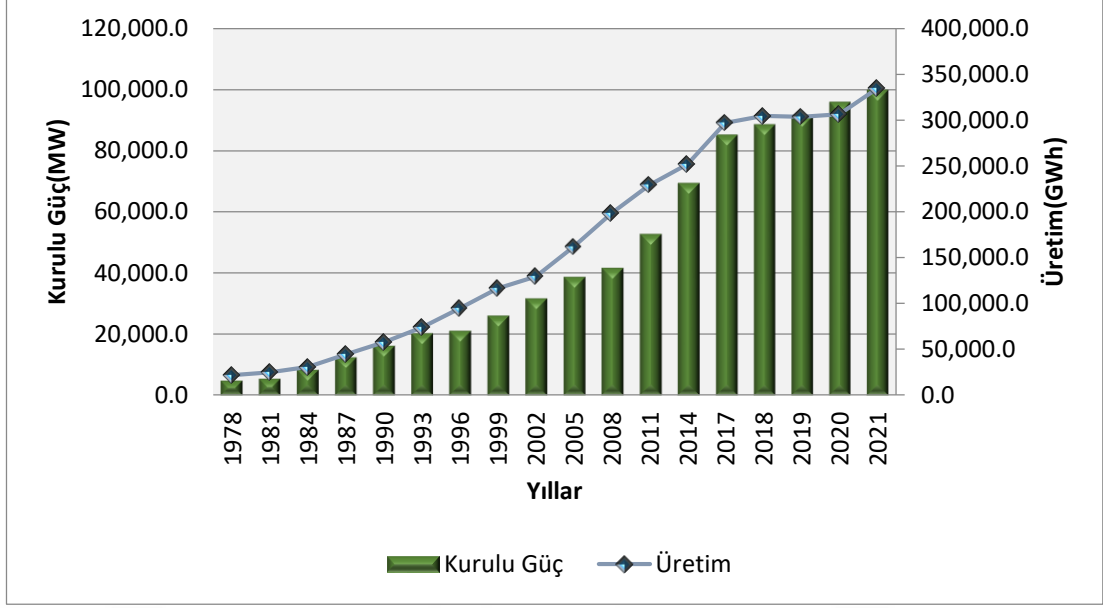
Fosil kökenli enerji kaynaklarının oluşumlarının uzun yıllar alması, kaynak rezervlerindeki azalma ve çevre için olumsuz etkiler oluşturmamasından kaynaklı, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına daha çok önem verilmiştir (Dincer, 2000). Bu konunun geniş kapsamlı uygulanabilmesi içinde dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını destekleyici politikalar geliştirilirken, yenilemeyen enerji kaynaklarının kullanımı için de ek vergi tarifeleri gibi caydırıcı politikalar geliştirilmiştir (Çelikkaya, 2017). Yenilenebilir enerji kaynaklarının geçilmesine ilişkin Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Kyoto Protokolü gibi uluslararası platformlarda konunun öneminin vurgulanmasının yanı sıra ulusal olarak kalkınma planlarında da bu konuya yer verilmiştir (Herzog, 2001; Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB), 2019). Ülkedeki petrol, kömür, doğalgaz gibi yenilemeyen enerji kaynaklarının sahip olduğu rezervlerin fazla olması ve dolaylı olarak da enerji üretiminin daha ucuza karşılanması durumu, fosil kökenli enerji kaynaklarının çevreye verdiği olumsuzlukların görmezden gelinmesine neden

olmaktadır. Bu yaklaşım yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelimi de olumsuz olarak etkileyebilmektedir (Payam and Taheri, 2018). Günümüzde hâlâ fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanımı yüksek oranlarda devam etmektedir. Bu konuda yapılan fizibilite çalışmalarının sonucunda, doğalgaz haricindeki diğer fosil kökenli kaynakların kullanımının 2025'ten sonra büyük oranda azalacağı öngörülmüştür (Mohr et al., 2015). Şekil 2.1'deki grafikte, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi'nin (TEİAŞ) hazırladığı, Türkiye'de 2011-2021 yılları arasında birincil enerji kaynaklarının kurulu gücü gösterilmektedir. Fosil kaynaklı enerji türlerinin kullanımında artış olması kadar yenilenebilir enerji türlerinden özellikle hidroelektrik, güneş ve rüzgâr enerjisi kurulu gücünde de önemli bir artış olduğu görülmektedir.



Şekil 2.1. 2011-2021 yılları için birincil enerji kaynaklarının Türkiye'deki kurulu gücü (TEİAŞ, 2021)

Şekil 2.2'de ise Türkiye'nin 1978 yılından 2021 yılına kadar olan tüm enerji kaynaklarının kurulu gücü gösterilmektedir. Gelişen dünyada, aynı oranda artan ihtiyaçlar ve hızla gelişen teknolojilerle birlikte hem kurulu gücün hem de üretim gücünün bu kadar artması ülkemiz içinde oldukça önemli bir gelişmedir.



Şekil 2.2. Türkiye kurulu ve üretim gücünün 1978-2021 yılları arasındaki değişimi (TEİAŞ, 2021)

2.1.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Doğada sürekliliği olmayan ve bir gün mutlaka tükenen kaynaklardır. Hayvan ve bitki atıklarının yıllar boyu uğradıkları kimyasal dönüşüm sonucunda elde edilirler. Yakıldıkları zaman çevreye zarar veren CO, CO₂, NO_x ve SO_x gibi gazlar ortaya çıkartırlar. Bunun yanı sıra kül, cüruf ve radyoaktif gibi zararlı atıklara da sahiptirler. Küresel ısınma, iklim değişiklikleri, asit yağmurları gibi dünyamızı etkileyen olumsuz olaylara da karbondioksit ve sera gazlarının salınımıyla neden olmaktadır. Bu durum ülkelerin sürdürülebilirlik hedeflerini olumsuz etkilemekle birlikte gelecek nesilleri de büyük bir tehlikeyle karşı karşıya bırakmaktadır (Boyle, 2004). Yenilenemez enerji kaynakları jeolojik olarak Orta Doğu, Orta Asya, Rusya ve ABD gibi coğrafyalarda bulunurlar ve pek çok sektör içinde hammadde ihtiyacını karşılarlar. Enerji kaynaklarının kullanıma hazır hâle gelmesi için yüksek maliyetli madencilik faaliyetlerine ihtiyaç vardır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarında fosil kaynaklı olarak kömür, doğalgaz ve petrol yaygın olarak kullanılırken; nükleer kaynaklı enerji için de genelde uranyum ve toryum gibi radyoaktif kaynaklar kullanılmaktadır. Bu kaynakların hepsi için söylenebilecek ortak özelliklerden bir tanesi yeni rezervlerin bulunmasıyla birlikte hali hazırda hâlâ üretilenler olsa da gelecekte mutlaka tükenme durumuyla karşı karşıya kalacak olmalarıdır (Kumbur vd., 2005; Özcan ve Ersöz, 2019).

2.1.1.1. Fosil Enerji Kaynakları

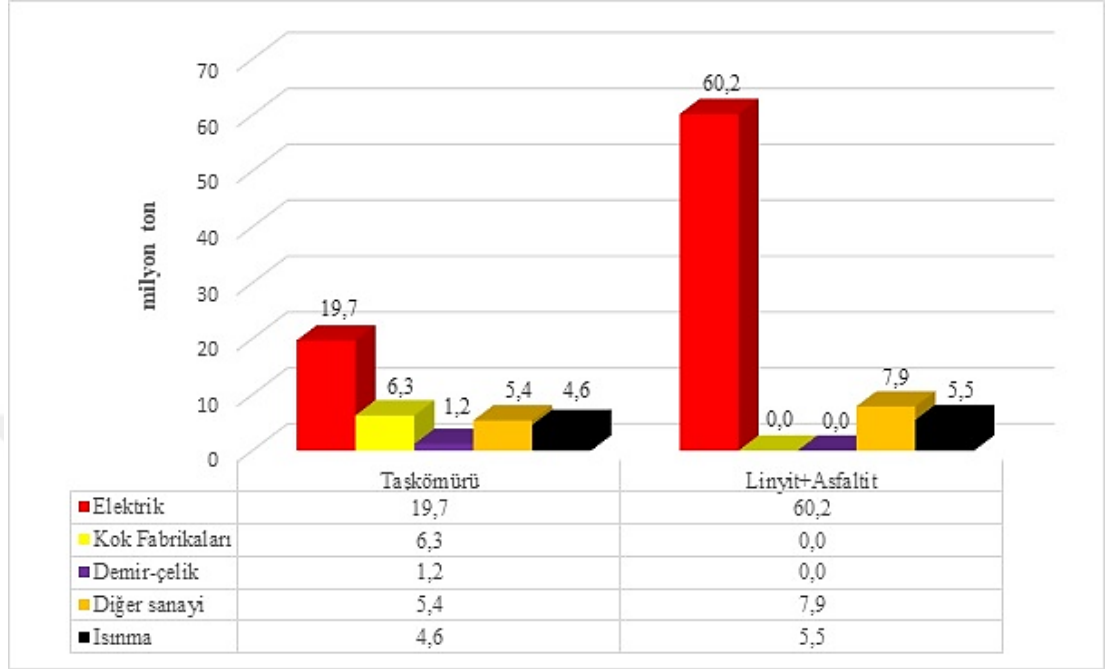
Fosil enerji kaynaklarının dünyadaki kullanım oranı kömür, petrol ve doğalgaz olarak sıralanmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynağı olan bu fosil yakıtların dünyada yaklaşık 300-370 milyon yıl önce var oldukları tahmin edilmektedir (Boyle, 2004).

Fosil yakıtlar her ne kadar sera gazı emisyonu salgılayarak çevre kirliliğine neden olsalarda dünyadaki üretim ve tüketim miktarları sürekli bir artış göstermektedir. Fosil yakıtların dünyada rezervlerinin sınırlı olması; günümüzde kaynağı tükenmeyen, sürekli yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi de sağlamıştır. Bu noktada yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu dünya için zorunlu hâle gelmiştir. Bu bölümde kömür, doğalgaz ve petrol ile ilgili bilgiler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)'den elde edilen güncel bilgiler doğrultusunda hazırlanmıştır.

2.1.1.1.1. Kömür

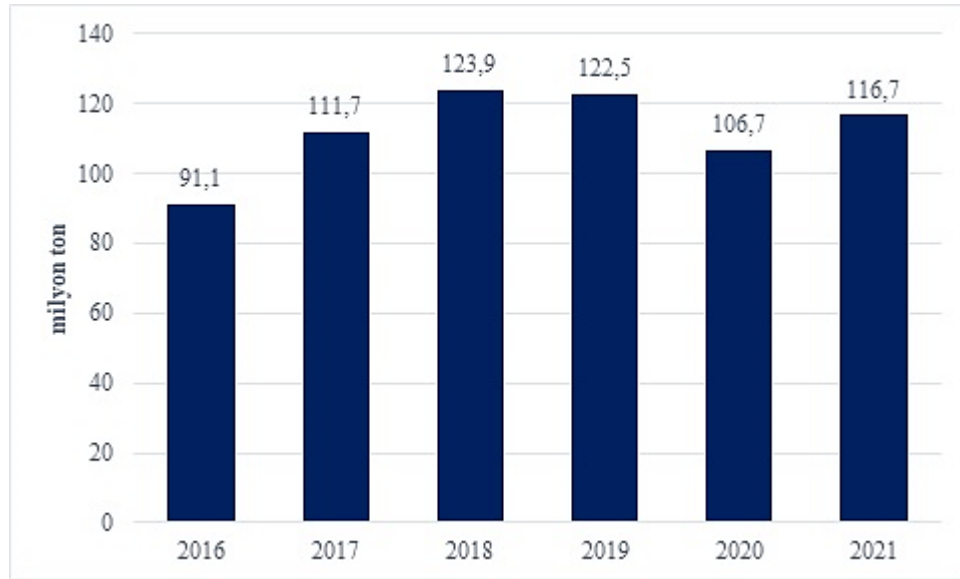
Kömür; siyah, koyu gri, kahverengi, parlak ya da mat görünümlü, karbon bakımından zengin, aynı zamanda sedimanter bir kayadır. Ağırlık olarak %50, hacim olarak da %70'ten daha fazla kömürleşmiş bitki kalıntılarında oluşur. Kömür başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşimlerinin diğer kaya tabakalarının arasında milyonlarca yıl ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkileri sonucunda meydana gelmiştir. Kömürleşme, bitkilerin alterasyonu sonucu turba, linyit, alt bitümlü kömür, bitümlü kömür (taşkömürü), antrasit ve grafitte dönüşerek ayrışır. Dönüşüm sonucunda elde edilen kömür türleri elektrik, ısınma, sanayi gibi birçok alanda kullanılabilir. Kömür, 2021 yılı sonundaki verilere göre enerji tüketiminde %26,9'luk bir oranla petrolden sonra ikinci sırada, elektrik üretiminde ise dünyada %35,9'luk bir oranla ilk sırada yerini almıştır. BP 2022 verilerinden elde edilen bilgilere göre 2020 yılı sonunda dünyadaki toplam antrasit ve bitümlü kömürler ile alt bitümlü kömürler ve linyit rezervleri 1,07 trilyon ton olup bu rezerv toplamının 753,6 milyar tonu (%70) antrasit ve bitümlü kömür (taşkömürü), 320,5 milyar tonu (%30) ise alt bitümlü kömürler ve linyit olduğu öğrenilmiştir. Dünyadaki antrasit ve bitümlü kömür rezervlerinin, %29,1'lik payla, en büyük bölümü ABD'de yer almaktadır. ABD'yi sırasıyla %17,9 oranla Çin, %14,1 oranla Hindistan, %9,8'oranla Avustralya ve %9,5'lik bir oranla da Rusya takip etmektedir. Dünya alt bitümlü kömür ve linyit rezervlerinin ise en büyük kısmı %28,2'lik oranla Rusya Federasyonu'nda yer almaktadır. Rusya'dan sonra ikinci sırada %23,9 oranla Avustralya, %11,2 oranla

Almanya, %9,4 oranla ABD %3,7 oranla Endonezya ve beşinci sırada %3,4'lük bir oranla Türkiye yer almaktadır. Şekil 2.3'teki grafikte 2021 yılında ülkemizin sektör bazlı kömür kullanım dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Sektör bazlı kömür dağılım oranları

Şekil 2.4'teki grafikte ülkemizde 2016-2021 yılları arasındaki kömür kullanım oranı milyon ton cinsinden gösterilmektedir.

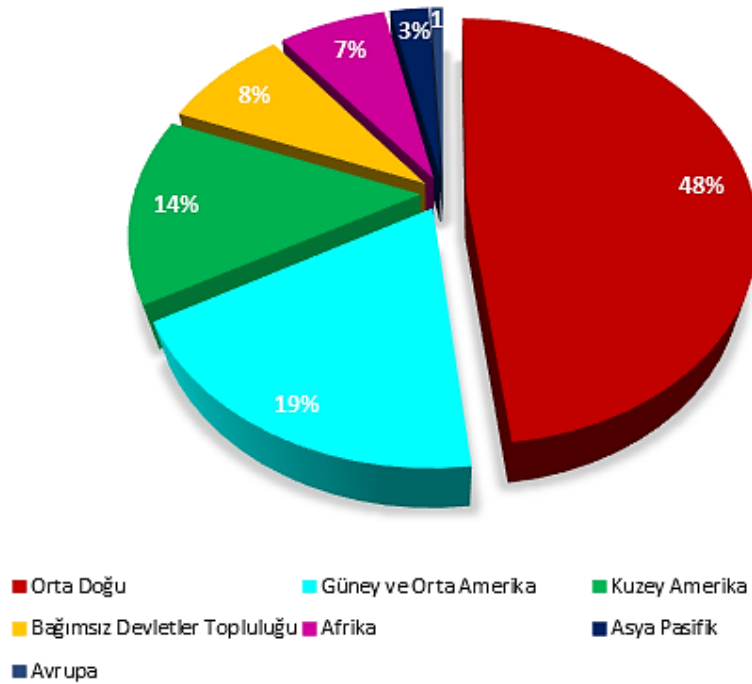


Şekil 2.4. 2016-2021 yılları arası kömür kullanım oranları

Ülkemizin 19,32 milyar ton linyit ve asfaltit (%92,7) ile 1,52 milyar ton taşkömürüyle (%7,3) birlikte toplam kömür rezervi 84 milyar ton'dur. Taşkömürlerimizin alt ısıl değeri 6.200 - 7.250 kcal/kg, linyit kaynağımızın ısıl değerleri ise 1.000 kcal/kg ile 4.200 kcal/kg arasında değişkenlik göstermektedir. 2022 yılı temmuz ayı itibarıyla, ülkemizin kömüre dayalı kurulu gücü, toplam kurulu gücün %20,7'sine, yerli kömüre dayalı kurulu gücün toplam kurulu güce oranı ise %11,2'ye karşılık gelmektedir.

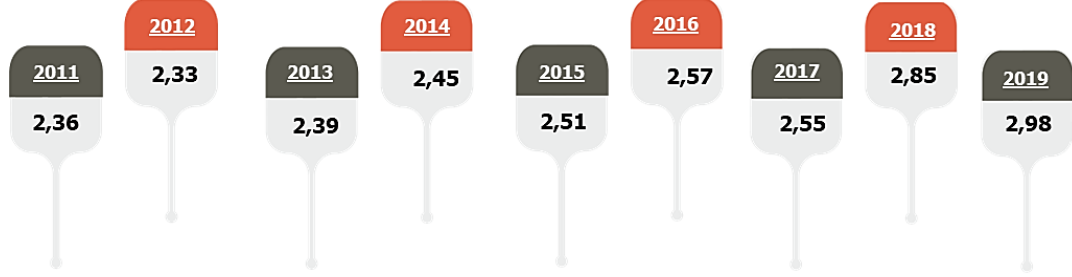
2.1.1.1.2. Petrol

Petrol bileşiminde hidrojen, karbon ve az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunan organik maddelerin, basınç ve ısıya maruz kalarak bozulmasıyla oluşan enerji kaynağıdır. Ham petrol, petrolün rafine edilmemiş sıvı haline; yarı katı ya da katı halde bulunan, ağır hidrokarbon ve katran içeren petrole de zift ve katran gibi isimler denilmektedir. Ham petrole, ana bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için, hidrokarbon da denilmektedir. 2019 yılı dünyadaki petrol rezervi 1.733,9 milyar varil olarak belirlenmiştir. Toplam rezervin 833,8 milyar varili Orta Doğu ülkelerinde, 324,1 milyar varili Güney ve Orta Amerika ülkelerinde, 244,4 milyar varili Kuzey Amerika ülkelerinde yer almaktadır. Şekil 2.5'teki grafikte 2019 yılına ait ülkeler arası petrol üretim dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Ülkeler arası petrol üretim dağılımı

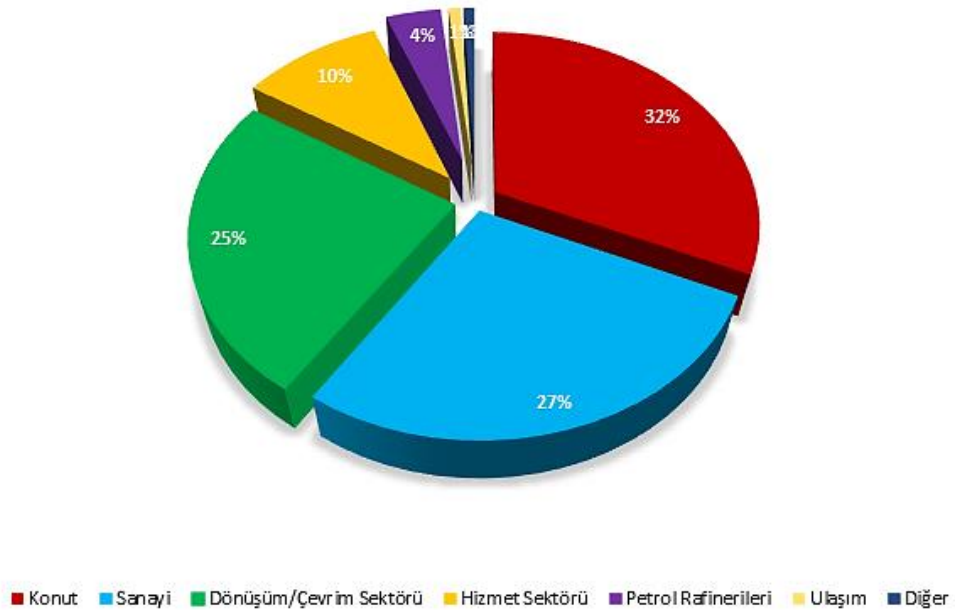
Ülkemizde ham petrol üretimi 2.984.800 ton, üretilebilir petrol rezervi de 51.076.078 ton olarak tespit edilmiştir. Şekil 2.6'daki grafiklerde ülkemizde 2011-2019 yılları arasındaki petrol üretimi (milyon ton) gösterilmektedir.



Şekil 2.6. 2011-2019 yılları arasındaki petrol üretim miktarı (milyon ton)

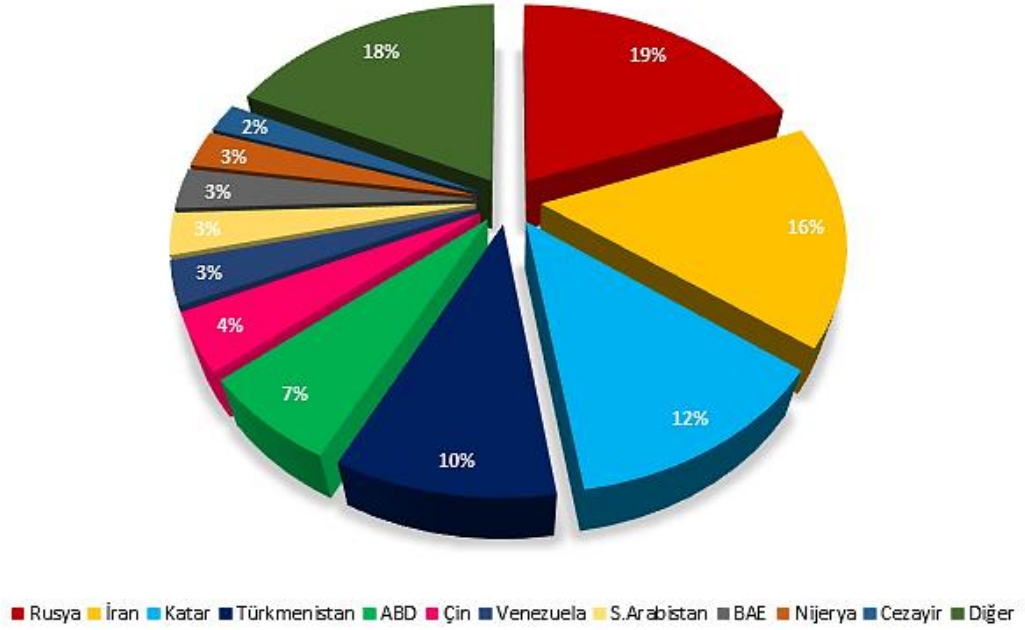
2.1.1.1.3. Doğal Gaz

Doğal gaz, büyük yoğunluğu metan (CH_4), etan (C_2H_6) ve propan (C_3H_8) gazı gibi hafif moleküler hidrokarbonların yanı sıra az miktarda karbondioksit, azot, helyum ve hidrojen sülfürden oluşan; yanıcı, havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gaz halindeki petrol ürünüdür. Doğal gazın en yaygın kullanıldığı alan elektrik üretimidir. Dünyada doğal gaz piyasası petrol piyasasıyla aynı oranda hareket etmektedir. Şekil 2.7'deki grafikte doğal gaz tüketiminin sektörlerdeki kullanım alanları ve oranları gösterilmektedir.



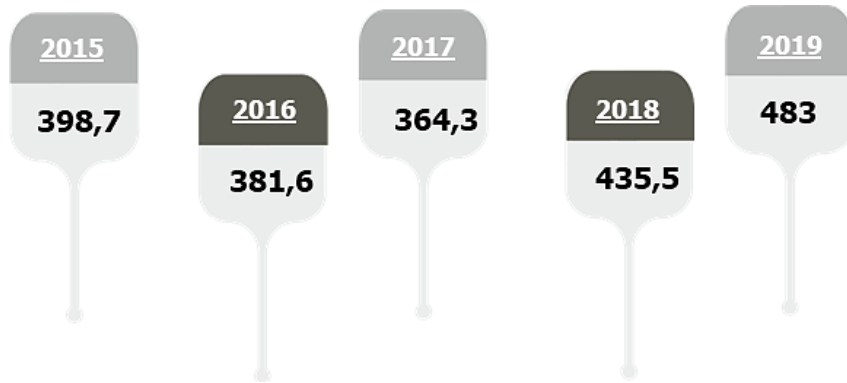
Şekil 2.7. Doğal gaz tüketiminin sektörel bazlı oranları

Dünyada en fazla doğal gaz rezervlerine sahip ülkeler sırasıyla Rusya, İran, Katar, Türkmenistan ve ABD'dir. 2019 yılı sonundaki verilere göre en yüksek üretim kapasitesine sahip ülke ABD iken onu sırayla Rusya, İran, Katar, Çin ve Kanada izlemiştir. Şekil 2.8'deki grafikte ülkelere göre doğal gaz kaynakları yüzdelerle birlikte gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Ülke bazlı doğal gaz rezerv oranları

Türkiye'de ise sayısal verilere bakıldığında, 2019 yılı sonunda yaklaşık 45,3 milyar m³ doğal gaz tüketilmiş olup 483 milyon m³ de üretim yapılmıştır. Kalan üretilebilir rezervin de yaklaşık 3,36 milyar m³ olduğu belirlenmiştir. Şekil 2.9'daki grafikte Türkiye'de 2015-2019 yılları arasındaki doğal gaz üretimi (milyon m³) gösterilmektedir.



Şekil 2.9. Türkiye'de 2015-2019 yılları arasındaki doğal gaz üretimi (milyon m³)

2.1.1.2. Nükleer Enerji Kaynakları

Nükleer enerji ilk olarak 1789 yılında Uranyum'un keşfi ile başlamıştır. Sonrasında 1934 yılında atomun parçalanması sonucunda ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüşmesi ile süreç devam etmiştir. Dünyada nükleer enerji, bilim insanlarının çalışmaları, savunma sanayi, askeri ve teknolojik amaçlı birçok konu ile gündeme gelmiştir. Nükleer enerji santralleri karbon salınımı yapmamalarından kaynaklı çevreye duyarlı bir enerji kaynağıdır. İklim krizi ile mücadelede fosil kaynaklı enerji türlerine göre de bu anlamda önemli bir yer tutmaktadır. Nükleer santraller meteorolojik ve doğa koşullarından etkilenmeden 7 gün 24 saat güvenli bir şekilde enerji üretimi de yapabilmektedirler.

Nükleer enerjinin hammaddesi olan uranyum dünyada farklı coğrafyalarda bulunmaktadır. 2022 yılı mayıs ayı itibarıyla 32 ülkede 441 nükleer reaktör işletmede, 17 ülkede 53 adet nükleer reaktör de inşa halindedir. Fransa elektrik ihtiyacının %70'inden fazlasını, Ukrayna %51'ini, İsveç yaklaşık %30'unu, Belçika yaklaşık %40'ını, Avrupa Birliği %26'sını, Güney Kore yaklaşık %30'unu ve ABD %20'sini nükleer enerji kaynağından elde etmektedir. Günümüzde birçok ülkede hâlâ nükleer enerji santrali inşaları devam etmektedir. Çin'de 15, Hindistan'da 8, Rusya'da 4, Güney Kore'de 4, Birleşik Arap Emirlikleri, ABD, İngiltere, Ukrayna, Slovakya, Bangladeş ve Japonya'da 2 ve Arjantin, Brezilya, İran, Beyaz Rusya ve Fransa'da 1 nükleer reaktör inşası devam etmektedir. Ülkemizde ise Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu arasında Akkuyu Sahasındaki nükleer güç santrali için 12 Mayıs 2010 tarihinde bir anlaşma imzalanmış olup, ilk ünitenin 2023 yılında hizmete girmesi planlanmaktadır (ETKB, 2022a).

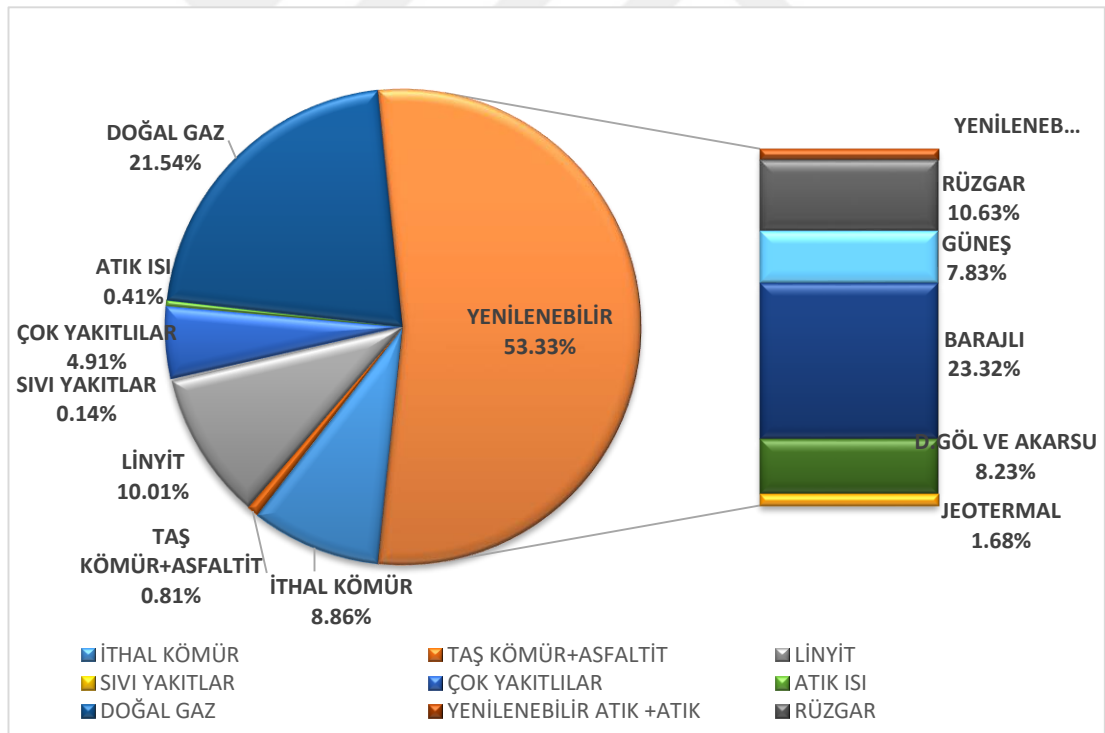
2.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları kendisini sürekli yenileyen, doğada sürekli var olan ve dünya var oldukça da tükenmeyecek enerji kaynaklarıdır (Boyle, 2004). Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli özellikleri karbondioksit ve sera gazı emisyonu salınımlarını azaltmasıdır (Xiao et al., 2004).

Yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir enerji olarak da tanımlanmaktadır. Bu durumu enerji ve çevre arasındaki yakın ilişkiyi sürdürülebilirlikle bağlantılı olarak açıklamak da mümkündür (Müller-Steinhagen 2004). Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımlarının dünyada artması için sürdürülebilirliğin önemli olması

kadar bu konuda geliştirilen politikalarda önemli bir rol oynamaktadır (Adib et al., 2015). Sürdürülebilir kalkınmanın devamlılığı için yapılması gerekenlerin başında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı özendirilmeli ve desteklenmelidir. Fosil yakıt kullanımı gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin, yakıt vergileri uygulanmalı ya da artırılmalıdır. Son dönemde dünyada iklim değişikliği eylem planları dâhilinde sera gazı emisyonlarının azaltılması ile ilgili de başlıklar eklenmiştir. Toplumları enerji kaynaklarının kullanımı ve çevresel etkileri hakkında bilgilendirme amaçlı eğitimlerin düzenlenmeye başlanması da bu konuda atılan önemli adımlardandır (Sawin et al., 2017).

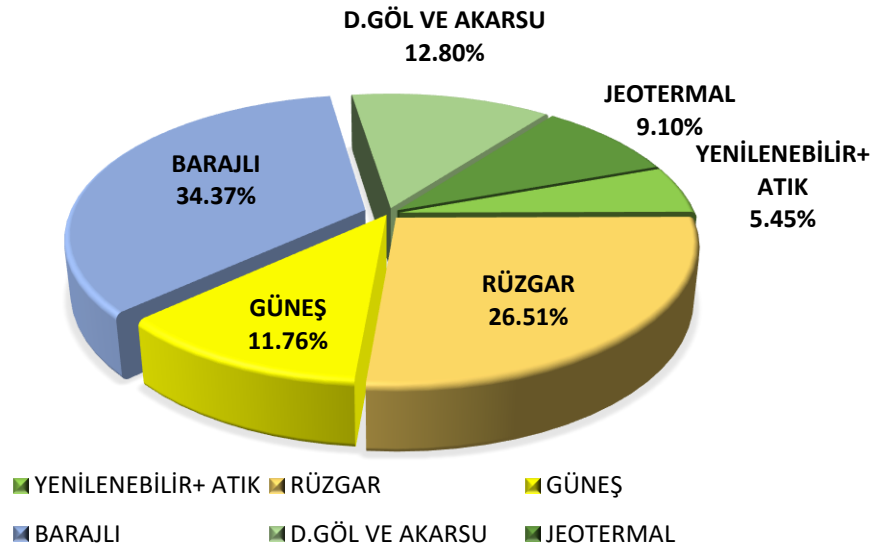
Şekil 2.10'da ise yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil kaynaklı enerji türleriyle birlikte kullanım oranları gösterilmektedir. Neredeyse yarı yarıya bir kullanım payına sahip oldukları görülmekle birlikte, yenilenebilir enerjinin günümüzde hâlâ yüksek oranda tüketilen fosil kaynaklı enerji türlerine yakın bir kullanım oranına sahip olması önemli ve olumlu bir gelişmedir.



Şekil 2.10. Yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerji kaynaklarına göre kullanım oranları (TEİAŞ, 2021)

Yenilenebilir enerji kaynakları ile fosil ve nükleer enerji kaynaklarına göre daha az uğraşla istenilen miktarda enerji üretilebilmektedir. Ayrıca yerli aksam

kullanımının artmasıyla birlikte, dışa bağımlılık azalarak, kalkınma desteklemektedir. Çeşitli enerji türleri ile de farklı yerleşim yerleri için en uygun olan kaynağı seçmek, yenilenebilir enerji için olumlu bir bakış açısı oluşturmaktadır (Bahgat, 2006). Fosil ve nükleer kaynaklı enerji türlerine göre, çok daha fazla devlet desteğine ve teşviklere sahip olmaları da kullanım oranında avantaj sağlamaktadır. Bunların haricinde yatırım tesislerinin kurulumu oldukça maliyetlidir. Dünyada hâlâ ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklı istenilen kurulum potansiyeli henüz yakalanamamıştır. Bu başlık altında, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yatırım desteği verilen rüzgâr, güneş, hidroelektrik, biyokütle ve jeotermal enerji kaynakları için detaylı olarak açıklanmıştır. Dalga ya da diğer bir adıyla gel-git ve hidrojen enerji kaynakları henüz yeterli düzeyde bir kurulu güce ve devlet desteğine sahip olmadıkları için bu başlık altında incelenmemiştir. Şekil 2.11’de gösterilen grafikte 2021 yılı sonu verileriyle elde edilen yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji miktarlarının, birbirlerine göre oranları gösterilmektedir. En fazla enerji üretiminin barajlı hidroelektrik enerji santralleri tarafından yapıldığı görülmektedir. Sonrasında sırasıyla rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle ya da yenilenebilir atık kaynaklarından elde edilen enerji kaynakları gelmektedir.



Şekil 2.11. 2021 yılı yenilenebilir enerji üretim oranları (TEİAŞ, 2021)

2.1.2.1. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisinin dünyadaki ilk kullanımı M.Ö. 2800'lü yıllarda Orta Doğu'da; M.Ö. 17. yüzyılda Mezopotamya'da ve yine aynı dönemde Çin'de olmuştur. İlk üretim tarımsal ürünleri öğütmek, su pompalamak gibi faaliyetleri gerçekleştirmek için yel değirmenleri kullanılarak başlamış sonrasında Avrupa'da Endüstri Devrimi'ne kadar hızla yayılmıştır. Rüzgâr türbininde ilk makineleşme 1890'ların başlarında Danimarka'da başlamış; rüzgâr enerjisinden elektrik üreten ilk türbin 1891'de yine Danimarka'da üretilmiştir. 1960'larda Almanya'da iki kanatlı fiberglas ve plastik maddelerden oluşan rüzgâr türbinleri tasarlanmış; 1980'lere gelindiğinde ise daha kullanışlı ve rüzgâr akımına hâkim türbin şekilleri ortaya çıkmıştır. Türbinler düşey ve yatay eksenli olmak üzere çeşitlendirilmiş ve kanat sayısı 2'den 3'e yükseltilmiştir. 1990'ların sonunda küresel olarak hızla büyüyen rüzgâr enerji kaynakları 2000'li yıllarda teknolojik gelişmelerle birlikte daha az maliyetli, çevre dostu, daha verimli ve güvenilir kaynak olarak hızla kullanılmaya devam edilmiştir (Kocaman, 2003; Öztürk, 2013).

Rüzgâr enerjisi, güneş ışınlarının dünya yüzeyinde yarattığı ısı farklılıklarından oluşan hava kütlelerinin yer değiştirmesiyle oluşmaktadır. Bu ısı farklılıkları nemi, sıcaklığı ve basıncı etkileyerek hareket etmektedir. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının yaklaşık %2'lik kısmı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir (Fanchi, 2013).

Rüzgâr enerji üretim tesislerinde esas yapı elemanı rüzgâr türbinleridir. Rüzgâr türbinleri yer değiştiren hava akımının sahip olduğu kinetik enerjiyi ilk önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştürmektedir (Boyle, 2003; Busby, 2012; Taylor, 2004). Türbinlerin çalışması için rüzgârın düzenli olarak belirli bir akımda olması gerekmektedir. Rüzgâr türbinlerinin Cut-in denilen devreye girme hızı 2-4 m/s, en fazla güç üretebildiği nominal hızı 10-15 m/s, cut-out denilen türbinlerin durdurulma hızı ise 25-35 m/s'dir. Şekil 2.12'de Manisa Soma RES'inden bir kesit gösterilmektedir.



Şekil 2.12. SOMA rüzgâr enerji santralinden bir kesit (Polat Enerji, 2022)

Dünyada rüzgâr enerjisi, deniz üstü RES'ler ya da literatürdeki diğer adıyla offshorelar ile de üretilebilmektedir. Rüzgâr enerji kapasitenin %95'inin karasal, %5'lik kısmının ise deniz üstü RES'lerden oluştuğu bilinmektedir. Deniz üstü RES'ler toplam rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücüne oranla küçük bir paya sahip olsa da özellikle son 10 yılda bu alanda yapılan gelişmelerle birlikte her durumdan faydalanılarak enerji üretimi yapılabilmektedir. Şu an hali hazırda kurulu deniz üstü RES'lerin büyük bir kısmı İngiltere, Almanya, Çin, Danimarka, Belçika ve Hollanda'da bulunmaktadır. Şekil 2.13'te İngiltere'de bulunan 630 MW kurulu gücündeki (3,6 MW'lık 175 türbin) London Array Offshore Wind Farm projesi gösterilmektedir.



Şekil 2.13. London Array Offshore Wind Farm projesi (London Array, 2022)

2.1.2.1.1. Rüzgâr Enerjisinin Avantajları

Rüzgâr enerji kaynaklarını kullanmanın hem avantajları hem de dezavantajları olabilmektedir. Avantajları sıralayacak olursak ilk olarak güvenilir ve sürekli bir enerji kaynağı olmasından bahsedilmelidir. Güneş olduğu ve rüzgâr estiği sürece daima rüzgâr enerjisi sürdürülebilir bir enerji kaynağı olacaktır. Dışa bağımlı değildir ve kirlilik oluşturmayan, çevreye bu anlamda çok az zarar veren bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisi, azot oksit ve kükürt dioksit yayan kömür veya doğal gaz gibi fosil yakıtların yanmasına dayanan santraller gibi havayı kirletmezken, rüzgâr türbinleri de asit yağmuru, duman veya sera gazlarına neden olan atmosferik emisyonlar üretmezler (Acaroğlu, 2013; Busby, 2012; Fanchi, 2013; Kocaman, 2003; Öztürk, 2013; Taylor, 2004). Rüzgâr enerji santrallerine maliyet bazlı bakıldığında diğer enerji türlerine göre daha maliyetli olsa da Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre 2010 ile 2020 yılı arasındaki ilk yatırım, bakım, onarım, yıllık operasyonel giderler gibi tüm elektrik enerji maliyetleri, karasal tip rüzgâr enerji sistemleri için %48, deniz üzerindeki sistemlerin maliyeti için ise %54 azalma göstermiştir (IRENA, 2020). Ayrıca yenilenebilir bir kaynak olduğu için ham madde maliyeti sıfırdır ve diğer fosil kaynaklar gibi ekstra bir madencilik maliyeti gerektirmediği için ulusal ekonomi açısından bu durum bir kazanç sayılmaktadır (Ünsal, 2010). Hızla büyüyen iş kollarından biri haline gelen rüzgâr enerji santrallerinin kurulumunda ihtiyaç duyulan teknik personel ile iş istihdamı da artmaktadır. Wind Vision Report'a göre sadece ABD'de 2050 yılına kadar bakım, onarım, üretim kurulum gibi iş kolları için rüzgâr enerji sektöründe 600.000'den fazla personele ihtiyaç duyulacağı düşünülmektedir. Rüzgâr türbinleri genel olarak tarım arazileri ya da çiftlikler üzerine kurulmaktadır. Bu durum kırsal alanlardaki ekonominin de olumlu yönde etkilenmesini sağlamaktadır. Ayrıca şahıs arazilerine kurulum yapıldığında hem kişi, arazisinin geri kalan kısmını kullanabilmekte hem de santral kurulumundan kaynaklı kira geliri elde edebilmektedir.

2.1.2.1.2. Rüzgâr Enerjisinin Dezavantajları ve Karşılaşılabilecek Zorluklar

Rüzgâr enerji kaynaklarının kullanımının avantajları olduğu kadar dezavantajları ve zorlukları da olabilmektedir. Bunlardan başlıcaları, rüzgâr türbinlerinin kurulum yapılacağı alanın belirlenmesidir. Türbinlerin birbirlerinin rüzgâr hızını kesmemeleri için belirli bir mesafe ve yönde seyrek yerleştirilmeleri

gerektiğinden hem alan olarak büyük bir arazi gereksinimi hem de rüzgâr kapasitesinin kabul edilebilir uygunlukta olabileceği alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Türbinlerin gürültülü çalışması nedeniyle yerleşim yerlerine de 400-500 metrelik bir mesafe olması istenilen bir diğer durumdur. Rüzgâr enerji santrallerinin çevre üzerindeki etkisi her ne kadar geleneksel enerji kaynaklarına oranla çok daha iyi olsa da çevresel peyzajı görsel olarak etkilemesi nedeniyle bazı durumlarda zorluklar yaşanabilmektedir. (Kocaman, 2003; Taylor, 2004). RES'ten üretilen enerji miktarı kurulan alana bağlı olmakla birlikte rüzgâr akımının kesintisiz, daimi olmaması da enerji miktarını etkilemektedir. Santral her dönem aynı miktarda enerji üretemeyebilmekte ve arz talep dengelerinin bozulmasına neden olabilmektedir. Bu gibi durumlar için mutlaka depolama sistemlerinin bulunması gereklidir. Bir diğer olumsuz durum ise eski tip türbin kanatlarına çarpan kuşların yaşamlarını yitirmesidir. Bu sorun gelişen teknoloji ve uygun konumlandırma ile çözülmeye çalışılsada tamamen ortadan kaldırılamamıştır.

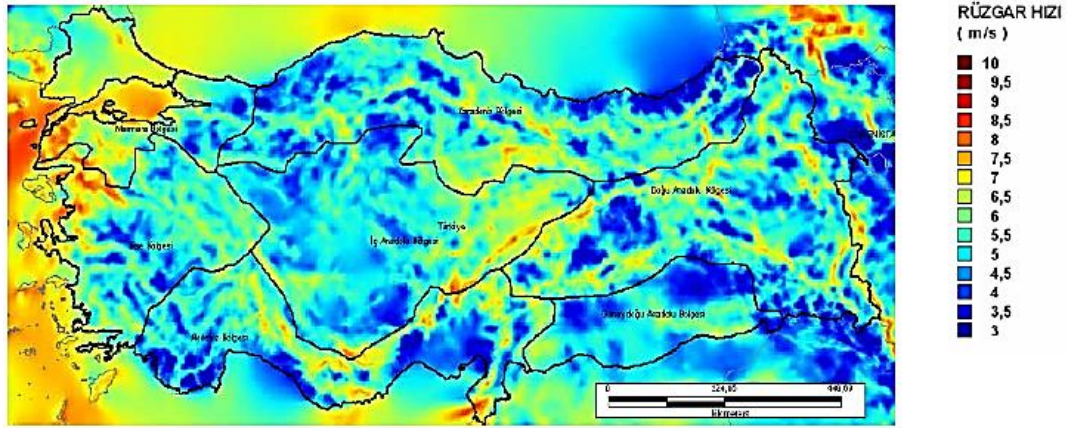
2.1.2.1.3. Türkiye'de Rüzgâr Enerji Potansiyeli

Türkiye rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine 1998 yılında başlamıştır. Türkiye Rüzgâr Enerji Birliği'nin yayınladığı 2021 yılı verilerine göre, Türkiye'de rüzgâr enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 1.796,80 megawatta (MW) ulaşmıştır. Rüzgâr santrallerinde üretilen elektrik enerjisi ülkenin toplam elektrik ihtiyacının ortalama %9,84'ünü karşılamaktadır. Rüzgâr enerji santralleri ile ilgili hem kurulum hem de teşvik, destek ve iyileştirmeler için çalışmalar hâlâ devam etmektedir (TÜREB, 2021a).

Rüzgâr kesintisiz bir akımda hareket etmediği için üretilen enerji miktarı da sürekli değişkenlik göstermektedir. Bu durumdan kaynaklı rüzgâr enerji santralleri kurulumundan önce ya da sonra kurulum alanına ait ortalama enerji potansiyellerinin bilinmesi gerekmektedir. Türkiye'de bölgesel olarak yapılan rüzgâr ölçümleri sonucunda Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası (REPA) hazırlanmıştır. REPA, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak hazırlanan, rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği atlasdır. Bu atlas sayesinde Türkiye genelinde 200 m x 200 m çözünürlüğünde, 30, 50, 70 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik, aylık ve günlük rüzgâr hız ortalamaları, 50 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgâr güç yoğunlukları, referans bir rüzgâr türbini için 50 m yükseklikteki yıllık kapasite faktörü, 50 m yükseklikteki yıllık rüzgâr sınıfları, 2 ve

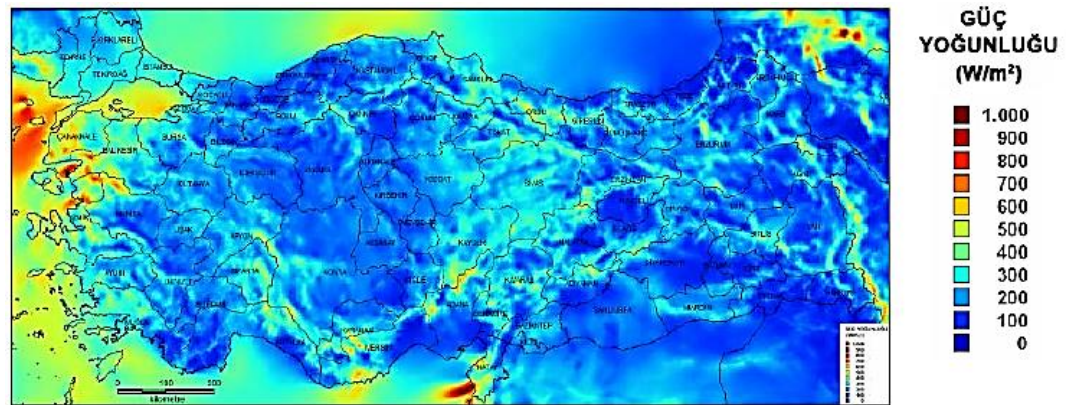
50 m yüksekliklerdeki aylık sıcaklık değerleri, deniz seviyesinde ve 50 m yüksekliklerdeki aylık basınç değerleri öğrenilebilmektedir. REPA ile daha önce ölçülemeyen denizlerimizde, kıyılarımızda ve yüksek rakımlı bölgelerimizdeki yüksek yoğunluklu potansiyeller görünür hâle gelmiştir (ETKB, 2022b).

2006 yılında orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak 200 m yatay çözünürlükte hazırlanan Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA-V1) verilerine göre, Türkiye’de kurulabilecek rüzgâr santrallerinin yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri yıllık ortalama rüzgâr hızlarına sahip kullanılabilir alanlarda kilometrekare başına 5 MW enerji üretebileceği uygun görülmüştür. Türkiye’de kurulabilecek rüzgâr enerji santralleri kurulumlarının toplam kapasitesinin 47.849,44 MW olduğu belirlenmiştir. Bu koşullar altında kurulabilecek rüzgâr enerji santralleri Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %1.30’una denk gelmektedir. Enerji potansiyelini kullanıcılara sunan REPA, Avrupa Birliği finansmanı ve Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası’nın destekleriyle T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı koordinasyonunda 100 m x 100 m çözünürlüğünde olacak şekilde güncellenerek, rüzgâr kaynak bilgileri için yer seviyesinden 30, 60, 100 ve 150 metre yükseklikler ve 100 metre yükseklikler için rüzgâr yönü verileri üretilmiş ve bu parametreler kullanılarak güç yoğunluğu, rüzgâr sınıfı ve 3 MW gücündeki bir rüzgâr türbini için kapasite faktörü ile yıllık enerji üretimi değerleri hesaplanmıştır. Bu güncelleme ile Türkiye’de kurulabilecek rüzgâr enerji santrallerinin toplam kapasitesi rüzgâr kaynak bilgileri, gelişen rüzgâr türbini teknolojileri, günümüz yatırım maliyetleri ve değişen kullanılabilir alan kabulleri gibi faktörler dikkate alınarak revize edilmeye devam etmektedir (ETKB, 2022b). Şekil 2.14’te Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızları dağılımı gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere 3-10 arası farklı skalalarda rüzgâr hızları mevcuttur. Bir RES’in ekonomik şartlar altında kurulabilmesi için 7 m/s veya üzerinde rüzgâr hızına sahip olması gerekmektedir.



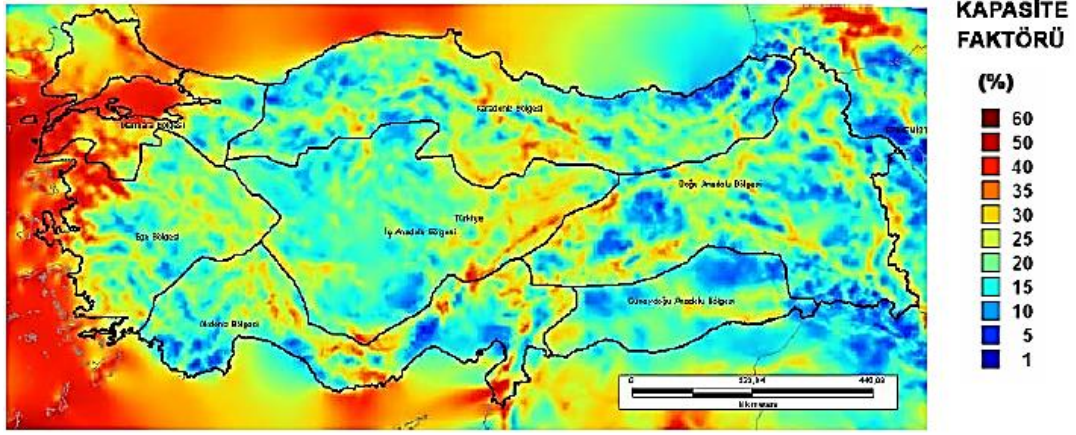
Şekil 2.14. Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızı dağılımı (Çalışkan, 2019)

Şekil 2.15'te Türkiye'de 50 m yükseklikteki güç yoğunluğu gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere en fazla güç yoğunluğu Ege kıyılarındadır.



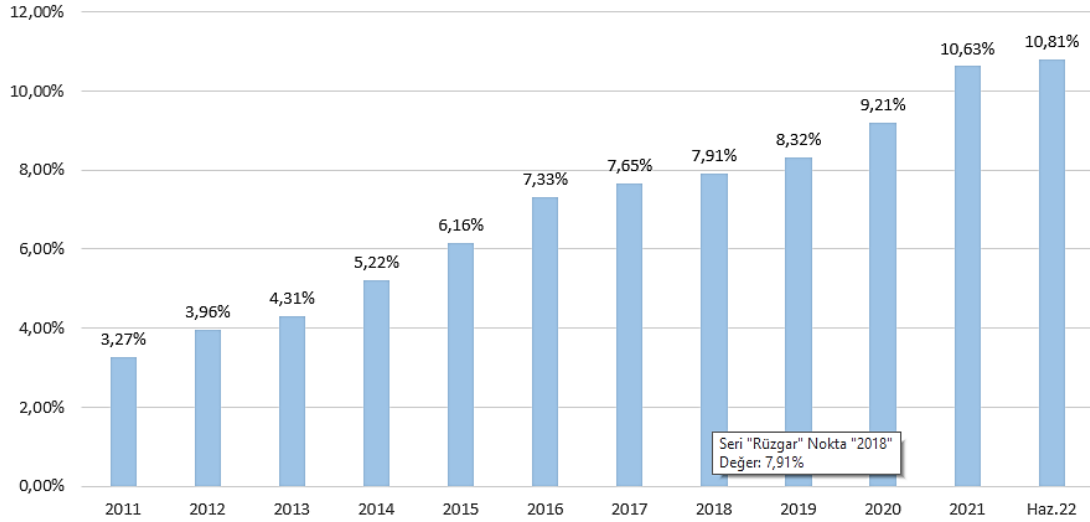
Şekil 2.15. Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu (Çalışkan, 2019)

Şekil 2.16'da Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama kapasite faktörü dağılımı gösterilmektedir. Kapasite faktörü bir enerji santralinin üreteceği yıllık enerji miktarını hesaplamada kullanılan en önemli faktörlerden biridir. Santralin bulunduğu konuma ait kapasite faktörü REPA'ya göre belirlenerek rüzgârın yüzde kaçını alabildiği tespit edilmelidir. Şekildeki kapasite faktörleri hesaplanırken 1 MW gücündeki referans rüzgâr türbinine ait teknik değerler kullanılmıştır. Bir RES'in kurulumu için gerekli minimum kapasitesi faktörü %35 olarak belirlenmiştir. Daha altındaki değer, enerji santrali için istenen enerji üretimini sağlamaya yeterli olmayacaktır (Çalışkan, 2019).



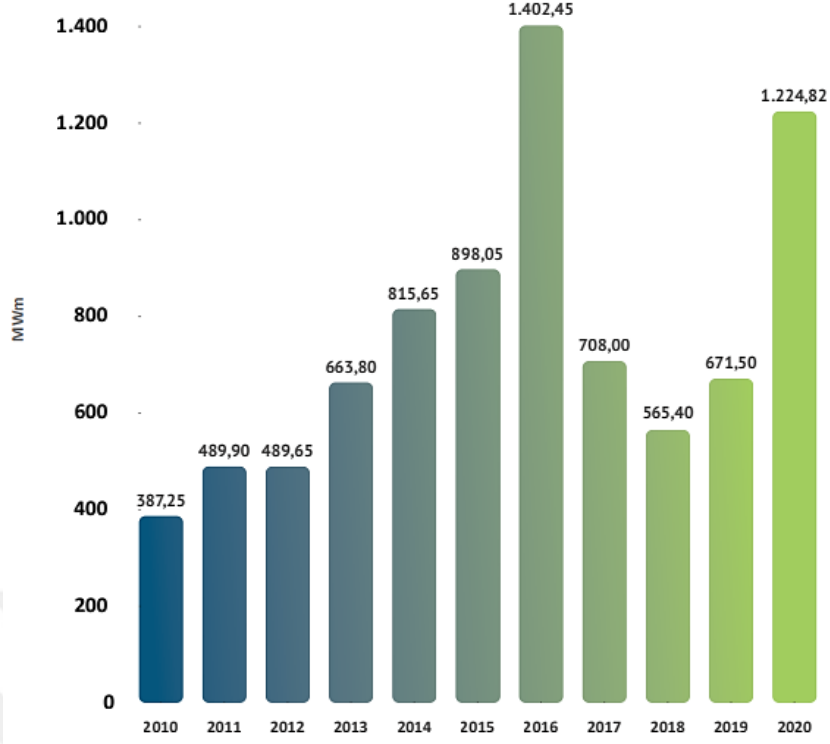
Şekil 2.16. Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama kapasite faktörü dağılımı (Çalışkan, 2019)

2022 yılı haziran ayı sonu itibariyle ülkemizin rüzgâr enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü 10.976 MW olurken toplam kurulu güç içerisindeki oranı % 10,81 olmuştur. Şekil 2.17'deki grafikte 2011-2022 yılları arasında T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın istatistiklerine göre hazırlanmış toplam kurulu güç içerisindeki rüzgâr enerji santralleri kurulum oranları gösterilmektedir.



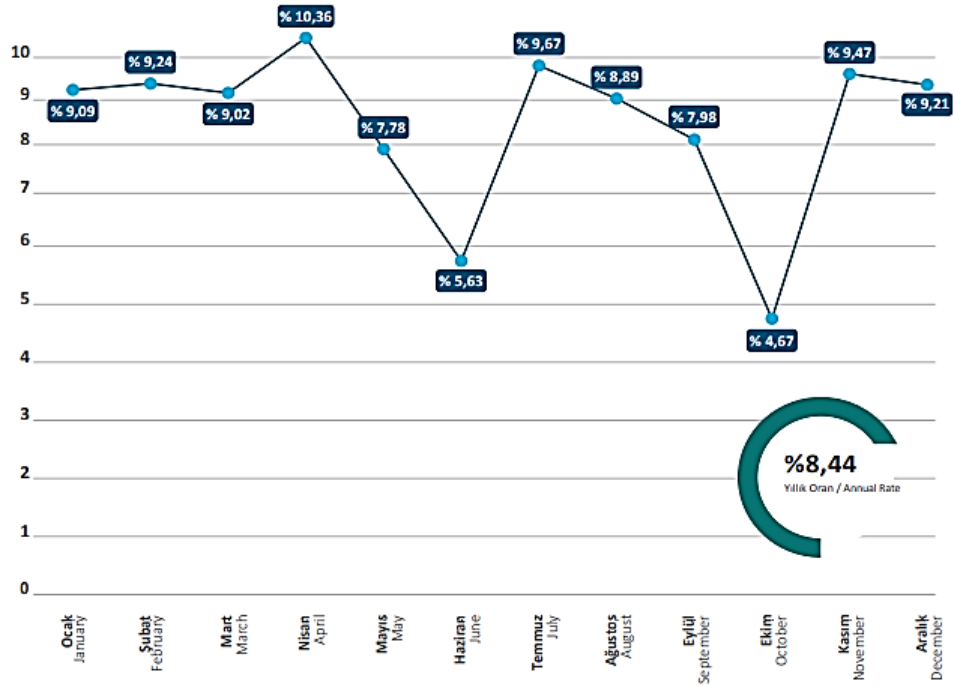
Şekil 2.17. Türkiye'nin 2011-2021 yılları arasındaki rüzgâr enerjisine dayalı kurulu gücü

TÜREB'in ocak ayı 2021 tarihli Türkiye İstatistik Enerji Raporuna göre 2010-2020 yılları arasında rüzgâr enerji santrallerinin yıllık kurulum miktarları Şekil 2.18'deki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 2.18. 2010-2020 yılları arasında rüzgâr enerji santrallerinin yıllık kurulum miktarı

Yine TÜREB'in yayınladığı aynı rapora göre 2020 yılına ait on iki aylık, Türkiye'deki enerji santrallerinin elektrik üretimindeki payı Şekil 2.19'daki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 2.19. 2020 yılına ait on iki aylık, Türkiye'deki enerji santrallerinin elektrik üretimindeki payı

Tablo 2.2’de Türkiye’de 2010-2021 yılları arasındaki RES kurulumları verilmiştir. Tablodaki değerlere göre 2017 yılına göre 2021 yılında %61’lik bir enerji üretim kapasitesi artışı olmuştur. Bu oranlar yeni rüzgâr türbinleri kurulumunda ve yeni yatırımların yapılmasında da artış olduğunu göstermektedir.

Tablo 2.2. Türkiye’de yıllara göre RES kurulumu (MWm) (TÜREB, 2021b)

Yıl	Yıllık Kurulum (MW)
2010	387,25
2011	489,90
2012	489,90
2013	663,80
2014	815,65
2015	898,05
2016	1.402,45
2017	708,00
2018	565,40
2019	671,50
2020	1.224,82
2021	1.796,80

2.1.2.1.4. Dünya’da Rüzgâr Enerji Potansiyeli

Dünya Rüzgâr Enerji Derneği’nin (WWEA- World Wind Energy Association) 2021 yılı için yayınladığı rapora göre, dünya da rüzgâr enerjisi üretiminde 97.3 gigawatt (GW) elektrik üretilerek önceki yıllara oranla kapasitesi artmıştır. Böylece küresel bazda üretilen toplam rüzgâr enerji kapasitesi 840 GW’a ulaşmıştır. Bu da dünyanın enerji talebinin %7’sinden fazlasını karşılayabileceği anlamına gelmektedir. 2019 yılında %10, 2020 yılında %14 büyüme gösteren rüzgâr enerjisi 2021 yılı itibariyle %13’lük dilime denk gelen bir büyümü oranına sahiptir.

Dünyanın rüzgâr enerji üretimini elinde bulunduran Çin, 2021 yılında tek başına 55.8 GW’lık bir kurulum yaparak, 2020 yılındaki 52 GW kendi kurulum rekorunu kırmıştır. Rakamlara göre bu durum %19.4’lük bir büyümeye eşdeğerdir. Çin’de şu an halihazırda kurulu gücü 344 GW enerji üretebilen rüzgâr türbinleri mevcuttur. Çin’in yeni rüzgâr türbini kurulumundaki liderliğini sürdürmesini de rüzgâr çiftliklerinin açık denizde konumlandırılmasının yanı sıra büyük yeni kara tabanlı rüzgârın önemli ölçüde geliştirilmesi gösterilebilir.

Dünyada en fazla ikinci kapasiteye sahip olan ülke ABD'dir. Burada 2021 yılında 12.5 GW'lık bir büyüme olmasına rağmen, 2020 yılındaki 17 GW'lık büyüme oranını sağlayamamıştır. ABD'de şu an kurulu rüzgâr enerji kapasitesi 135 GW'a yakın bir değerdedir.

Brezilya, yeni rüzgâr türbinleri için dünyanın en büyük üçüncü pazarı haline gelmiştir ve bir yılda kurulu gücüne 3,4 GW enerji ekleyerek %18,6 büyüme göstermiştir. Bu durum ülkeyi 21,4 GW'lık toplam rüzgâr enerjisi kapasitesi ile Güney Amerika'nın tartışmasız rüzgâr enerji lideri yapmaktadır.

Avrupa pazarları yıllar arasında farklı gelişmeler göstermiştir. Birleşik Krallık 2,6 GW ve İsveç 2,2 GW'ın üzerinde yeni kurulumlar yaparken, Almanya da 1,7 GW kapasite artırımı ile enerji üretimi önceki yıllara göre iyileşme göstermiştir. İsveç, şu anda 12 GW toplam rüzgâr kapasitesiyle rüzgâr pazarında ilk ona, yeni ülke olarak girmiştir. Ancak yine de Avrupa pazarına bakıldığında 2021 yılı büyüme oranları 2017-2018 yıllarındaki performansı gösterememiştir.

Asya'nın en büyük ikinci rüzgâr enerji ülkesi olan Hindistan, 2021 yılı itibariyle kapasitesine 1.5 GW enerji eklemiş ve toplam kapasitesi 40 GW'ın üzerinde olmasına rağmen ülke hedeflerinin gerisinde kalmıştır. Tablo 2.3'te 2018-2021 yılları arasında dünyadaki rüzgâr enerji kapasite gücü ülke sırasıyla gösterilmektedir.

Tablo 2.3. 2018-2021 yılları arasında dünyadaki rüzgâr enerji kapasite gücü (MW) (WWEA, 2021)

Ülke	2021	2021 Yılı Üretim Kapasitesi	2021 Yılı Büyüme Oranı (%)	2020	2019	2018
Çin	343,829	55,800	19,4	288,029	236,029	209,529
ABD	134,846	12,518	10,2	122,328	105,433	96,363
Almanya	63,924	1,716	2,8	62,208	61,357	59,313
Hindistan	40,100	1,475	3,8	38,625	37,529	35,129
İspanya	28,196	750	2,7	27,446	25,808	23,494
İngiltere	26,812	2,645	10,9	24,167	23,515	20,743
Brezilya	21,365	3,355	18,6	18,010	15,452	14,707
Fransa	19,081	1,132	6,3	17,949	16,646	15,313
Kanada	14,304	677	5,0	13,627	13,413	12,816
İsveç	12,097	2,175	21,9	9,922	8,985	7,406
Diğer Ülkeler	135,166	15,019	12,5	120,147	105,618	94,719

Toplam	839,730	97,272	13,1	742,458	649,785	589,547
--------	---------	--------	------	---------	---------	---------

Dünyada ilk deniz üstü RES, 1991 yılında Danimarka’da kurulmuştur. 2020 yılı sonunda elde edilen verilere göre rüzgâr enerji santralleri içerisinde %5’lik bir üretim standartına sahip deniz üstü RES’lerin 25 GW’lık bir üretim sağladığı bilinmektedir. Avrupa’da 2020 yılında deniz üstü RES ile toplam da 2.927 MW kurulu güç enerji üretimine başlamıştır. Hollanda 1.495 MW yeni enerji üretimi kapasite ile Avrupa’da bu alandaki en yüksek yatırımı yapan ülke olmuştur. Tablo 2.4’te Avrupa’daki en yüksek enerji üretim kapasitesine sahip ilk beş deniz üstü RES ve üretim miktarları gösterilmektedir.

Tablo 2.4. Avrupa’daki Yeni DRES Yatırımların Ülke Dağılımı (WindEurope, TSKB)

2020 Yılı Yeni Yatırımların Ülke Dağılımı	MW
Hollanda	1,495
Belçika	710
İngiltere	485
Almanya	220
Portekiz	17
Toplam	2,927

Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi (Global Wind Energy Council, GWEC) tarafından hazırlanan Küresel Rüzgâr Raporu 2020’ye göre Şekil 2.20’deki grafikte 2020 yılı sonu itibarıyla kurulu karasal ve deniz üstü RES’lerin toplam kapasitesi gösterilmektedir.



Şekil 2.20. Dünya rüzgâr santrali kapasite dağılımı

2.1.2.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneş ışınlarının elektrik ve ısı enerjisine dönüştürülmesiyle oluşmaktadır (Aydın, 2014; Boyle, 2003; Everett, 2004). Güneş enerjisinden doğrudan ve dolaylı yararlanılabilmektedir (Acaroğlu, 2013). Güneş'ten Dünya'ya gelen ışınların ancak 20.000'de biri enerjiyi dönüştürülmek üzere kullanılmaktadır. Bunun nedeni Güneş'ten gelen enerjinin yaklaşık olarak %30'u yansıma ve saçılmalarla uzaya geri gitmesi, %20'sinin atmosferde ve geri kalan %50'sinin de yeryüzünde soğurulmasından kaynaklanmaktadır. Güneş enerjisi; biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi, rüzgâr enerjisi ve dalga enerjisinin oluşmasının temel kaynağıdır (Fanchi, 2013; Hodgson, 2010).

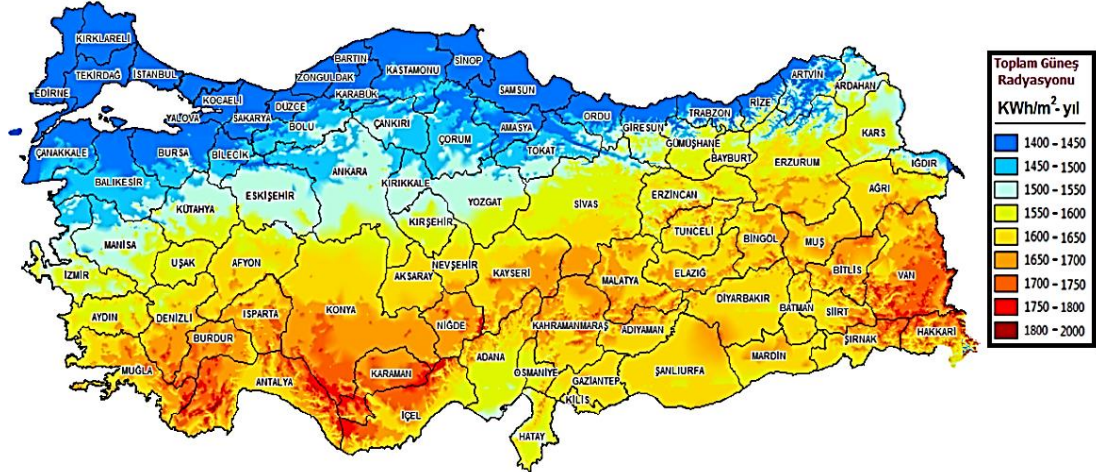
Güneş enerjisi fotovoltaik güneş teknolojisi ve ısı güneş teknolojisi olmak üzere başlıca iki gruba ayrılmaktadır. Isıl teknolojiler hem ısı hem de elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Bu tercih kullanım amacına göre değişebilir. Isıl teknolojiler de düşük sıcaklık sistemleri ve yoğunlaştırıcı sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Fotovoltaik güneş teknolojilerinde ise yarı iletken fotovoltaik hücreler yardımı ile direkt olarak güneş enerjisi, elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Fotovoltaik teknolojilerde arazi, çatı ve cephe olmak üzere üç farklı uygulama alanı mevcuttur.

Güneş ışığından yararlanarak hem ısı hem de elektrik elde edilmesi çok önemlidir. Günümüzde hâlâ güneş enerji kaynağından istenilen enerji kapasitesi üretilmemektedir. Her yıl bir önceki yıla göre enerji üretim kapasitesi artmasına rağmen, güneş enerjisi modüllerinin maliyetinin çok yüksek olmasından kaynaklı genel tüketim oranı diğer kaynaklara göre düşüktür (Ünsal, 2010).

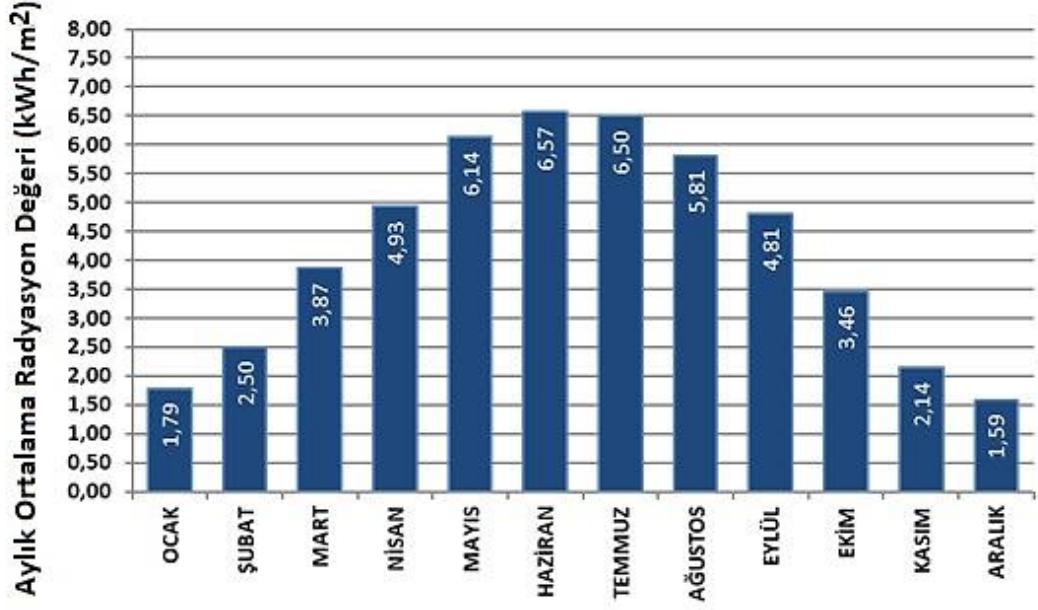
Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde kurulum gücü yüksek ve sürdürülebilir bir kaynak olmasına rağmen avantajları olduğu kadar dezavantajları ve kullanım zorlukları da mevcuttur (Öztürk, 2013). Güneş enerjisinin tükenmeyen bir enerji kaynağı olması ve başka bir kaynağa bağımlı olmaması avantajlarının başında gelmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte tüm dünyada belirli standartlarda kurulumun sağlanabilmesi, ekonomik ve çevre dostu olması da olumlu özelliklerindedir (Fanchi, 2013). Dezavantajlarından bahsedilecek olursa kesintisiz bir ışımaya göstermediği için gün içinde saat farklarından, aylık ya da mevsimsel kesikliklerden dolayı üretim kapasitesi değişkendir ve kesin bir hesaplama bu yüzden

yapılamamaktadır. Kesintili ışımadan kaynaklı depolama ve iletim sistemleri için gelişmiş düzeyde tesislerin kurulması maliyetli bir süreçtir. Gölge alanların da GES için büyük enerji kayıplarına neden olduğu bilinmektedir.

Ülkemiz coğrafi konumu sebebiyle önemli bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın hazırladığı Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat, ortalama yıllık toplam ışıyım değeri ise 1.527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. GEPA'da yer alan güneş enerjisi kapasitesinin genel potansiyel görünümü ve aylara göre ortalama global radyasyon dağılımı aşağıdaki Şekil 2.21'de gösterilmektedir. TEİAŞ'ın yayımladığı 2022 nisan ayı Kurulu Güç Raporuna göre, GES'lerin kurulu gücü 56 MW'lık bir artış ile 8084,9 MW seviyesine yükselmiştir. Güneş enerji santral sayısı da 8566 adete çıkmıştır. 2020 yılı verilerine göre dünyada enerji üretim sıralamasında 254.35 MW ile Çin birinci sırada yer almaktadır. Çini takip eden ülkeler sırasıyla ABD, 75.572 MW; Japonya, 67.000 MW; Almanya, 53.783 MW ve Hindistan, 39.211 MW enerji üretim kapasitesi ile ilk beşe giren ülkelerdir. Türkiye 8.275 MW enerji üretim kapasitesi ile dünya sıralamasında 14. sırada yer almaktadır. Ülkemizde bir yıllık güneşlenme süresinin aylara göre dağılımı Şekil 2.22'de gösterilmektedir.

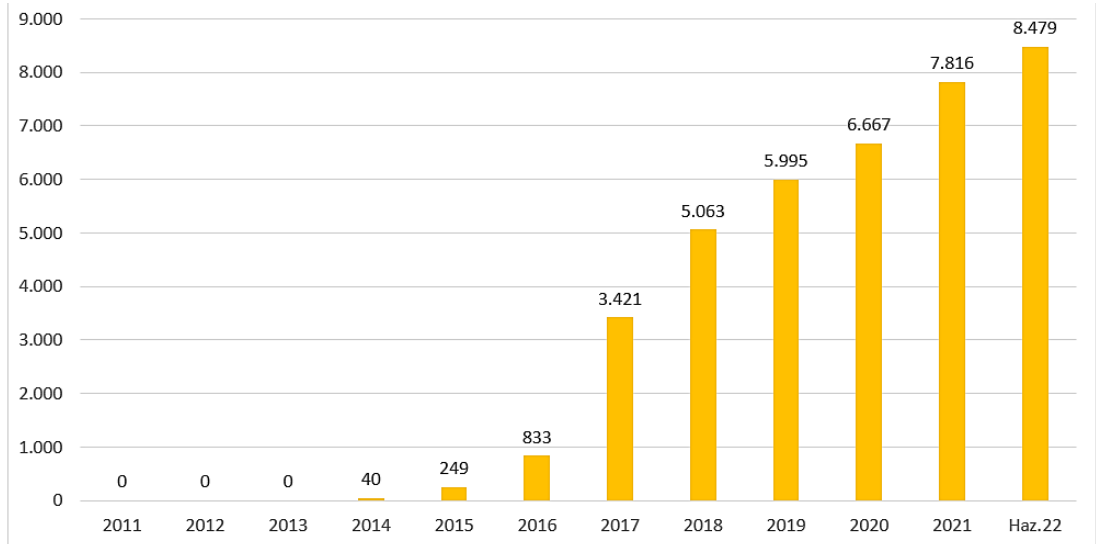


Şekil 2.21. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) (ETKB, 2022c)

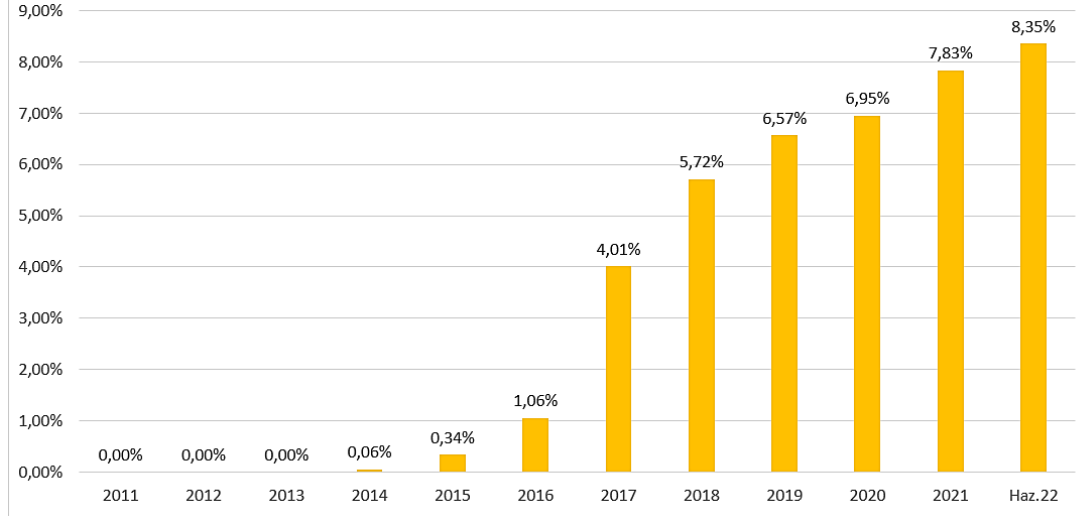


Şekil 2.22. Aylık ortalama radyon dağılımı (ETKB, 2022c)

Ülkemizde 2022 yılı haziran ayı sonu itibariyle güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücümüz 8,479 MW, toplam kurulu güç içerisindeki oranı ise %8,35 olmuştur. Yıllara göre kurulu güç değişimi Şekil 2.23'teki ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı Şekil 2.24'teki grafiklerde gösterilmektedir (ETKB, 2022c).



Şekil 2.23. Güneş enerjisinin yıllara göre kurulu güç değişimi



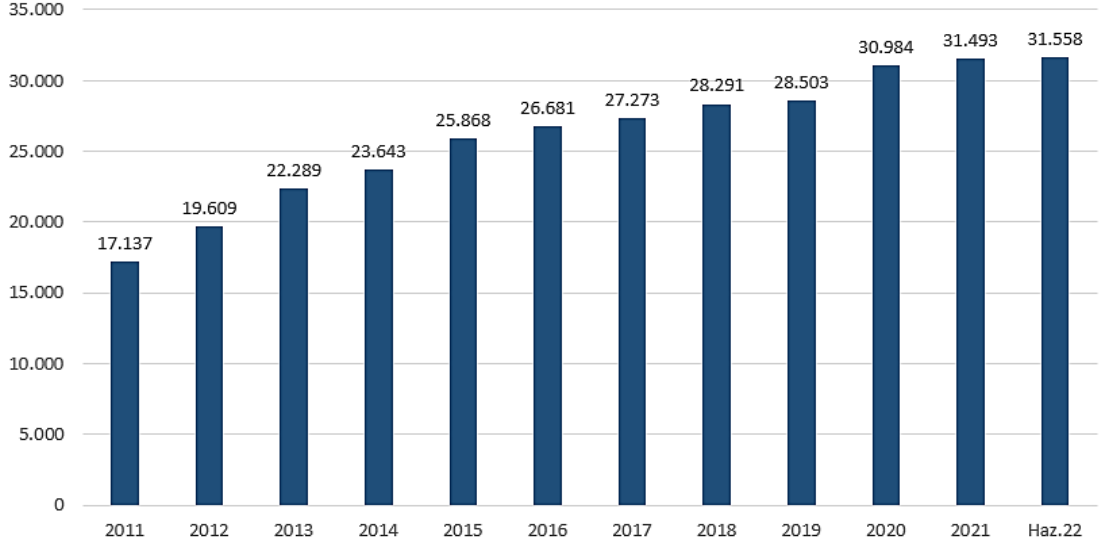
Şekil 2.24. Güneş enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı

2.1.2.3. Hidrolik/ Hidroelektrik Enerjisi

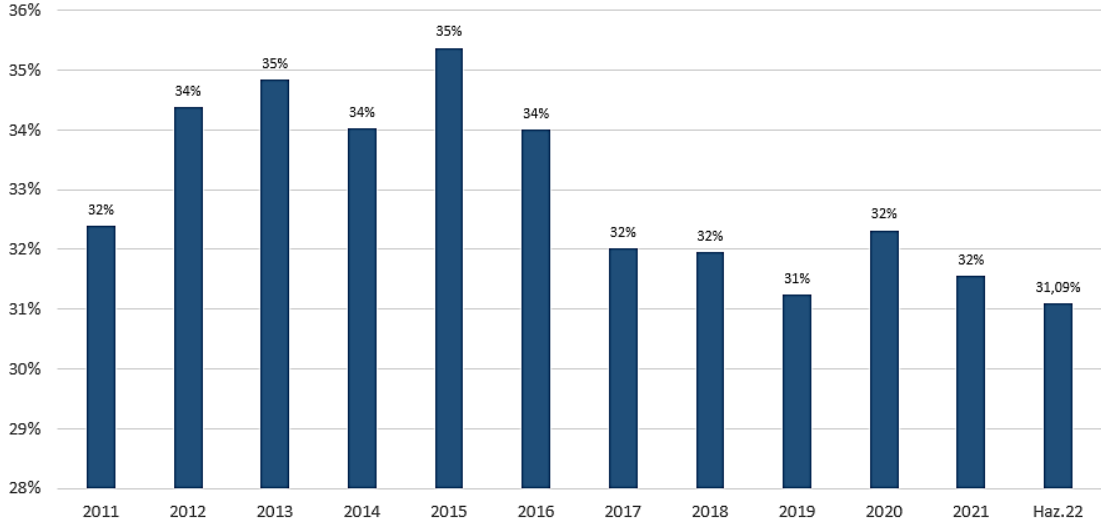
Hidroelektrik enerjisi, akarsu yatakları üzerindeki ya da barajlarda biriken suyun potansiyel enerjisinden faydalandığı ve dünyanın en eski bilinen enerji kaynağıdır. (Boyle, 2003). Suyun kinetik enerjisi önce mekanik enerjiye dönüşür sonrasında jeneratörler yardımı ile elektrik enerjisine dönüşerek kullanılabilir hâle gelir. Hidroelektrik enerjiden ilk akarsulara kurulan değirmenler ile yararlanılmıştır. Ayrıca günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları arasında üretim kapasitesi en fazla olan enerji kaynağıdır (Öztürk, 2013).

Dünyada üretilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık %20'si hidroelektrik santralleri (HES) tarafından enerji üretilerek sağlanmaktadır. Ülkemiz coğrafi özelliklerinden dolayı HES kurulumu için oldukça avantajlı konumdadır. Akarsuların çoğu dar ve derin vadilerden akmaktadır ve bu durum HES'lerin yapımı için en istenilen şartları sağlamaktadır. Türkiye, Avrupa'da Rusya ve Norveç'ten sonra hidroelektrik enerji üretim kapasitesi bakımından üçüncü sırada yer almaktadır (Kavcıoğlu. 2015).

Ülkemizde 2021 yılında hidroelektrik kaynaklı 55,5 milyar kWh elektrik üretilmiştir. 2022 yılı haziran ayı sonu itibariyle hidroelektrik enerjiye dayalı elektrik kurulu gücü 31.558 MW olurken, toplam kurulu güç içerisindeki oranı %31 olmuştur. Aşağıdaki Şekil 2.25'teki grafikte yıllara göre kurulu güç değişimi ve Şekil 2.26'daki grafikte de toplam kurulu güç içerisindeki oranı gösterilmektedir (ETKB, 2022d).



Şekil 2.25. Hidroelektrik enerjisinin yıllara göre kurulu güç değişimi



Şekil 2.26. Hidroelektrik enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı

HES'lerin de diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi avantajları olduğu gibi dezavantajları vardır. Avantajlarından bahsedilecek olursa ilk başta kurulan barajlarla birlikte bölgelerdeki sel ve taşkın riski önlemektedir. Yoğun yağış alan bölgelerde böyle bir riskin azalması büyük bir avantaj olarak görülmektedir. Ayrıca kurulduğu çevredeki yerleşim bölgelerinin ve kırsal alanlardaki tarım arazilerinin su ihtiyacını da karşılamaktadır. HES'ler çevre iklimini de yumuşatarak özellikle kış ayları şartları için daha olumlu durumlar oluşabilmektedir. Ucuz enerji sağlamaları ve devreye girip hızlı elektrik enerjisi üretebilmeleri diğer enerji kaynaklarına göre de avantajlı bir durum oluşturmaktadır. HES'ler uzun ömürlü santraller olmakla birlikte, işletme ve bakım

giderleri azdır ve çevre kirliliği yaratmazlar (Edenhofer et al., 2011; Fanchi, 2013; Öztürk, 2013).

HES'ler için her ne kadar sürdürülebilir, çevreyle uyumlu ve yüksek katkı oranlı denilsede yine ekolojik ve çevre tarafından bazı olumsuz durumları da beraberinde getirmektedir. Kamuoyunda da sıklıkla gündeme gelen ve olumsuz durum olarak görülen HES yapım ve inşaatındaki çevre tahribatı oldukça önemli bir sorundur. Ayrıca baraj inşaatlarının uzun sürmesi, yatırım maliyetlerinin fazla olması, her ne kadar iklimler üzerindeki etkisinden olumlu bahsedilsede özellikle kış turizmine sahip yerleşim yerleri için havayı yumuşatarak, olumsuz bir durum oluşturmaktadır. Baraj yapımı sırasında, bazı durumlarda, sular altında kalan yerler içerisinde antik bölgeler ya da ekolojik kazı alanları da olabilmektedir (Ramage, 2004).

2.1.2.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, son on yıl içerisinde, en az %80'i toplanmış organizmalardan oluşan biyoyakıtların kullanılarak elde edildiği enerji türüdür (Boyle, 2003; Fanchi, 2013; Larkin, 2004). İlk başlarda sadece gelişmiş ülkelerin kullanabildiği bir enerji kaynağı iken günümüzde çoğu ülke için stratejik bir önem taşımaktadır (Hodgson, 2010).

5346 sayılı Kanun'a göre biyokütle enerjisiyi oluşturan biyoyakıtlar ya da diğer bir ifadeyle biyokütle kaynaklar, çöp gazı ve bitkisel yağ atıkları dâhil olmak üzere tüm atıklar, gıda ve yem değeri olmayan tarımsal atıklar, endüstriyel odun dışındaki orman ürünleri ile atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynakları ve sanayi atık çamurları ile arıtma çamurlarından oluşmaktadır. Daha detaylı bir şekilde incelenecek olunursa biyokütle enerji kaynağı tarımsal, hayvansal, kentsel ve endüstriyel, orman ve orman ürünleri olmak üzere dört başlık altında toplanabilir.

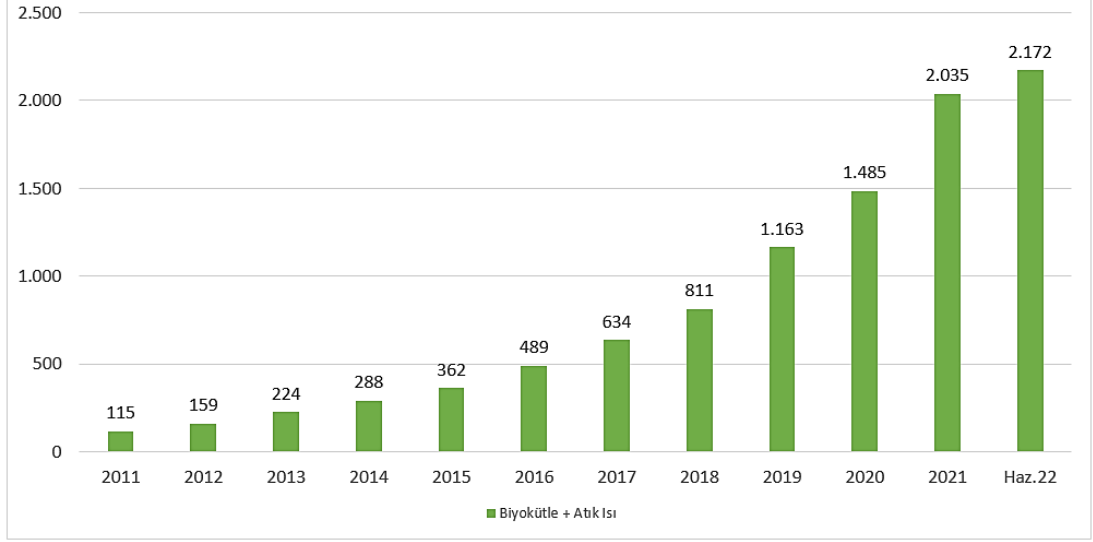
Tarımsal biyokütle kaynaklar; yağlı tohumlu bitkiler (kanola, ayçiçeği, soya vb.), şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, mısır, şeker pancarı vb.), elyaf bitkileri (keten, kenevir, sorgum, miskantus, vb.) ve bitkisel artıklardan (dal, sap, saman, kök, kabuk, vb.) oluşmaktadır. Orman ürünlerinden elde edilecek biyokütle kaynaklar ise; orman ve ormancılık endüstrisi atık ve artıkları, enerji ormanları ve enerji bitkilerini içermektedir. Hayvansal biyokütle kaynakları; büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının dışkıları, mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında

ortaya çıkan atıklardan oluşmaktadır. Son olarak kentsel ve endüstriyel atıklardan elde edilen biyokütle kaynakları; biyolojik kökenli endüstri atıkları, belediye atıkları, arıtma çamurlarından elde edilmektedir.

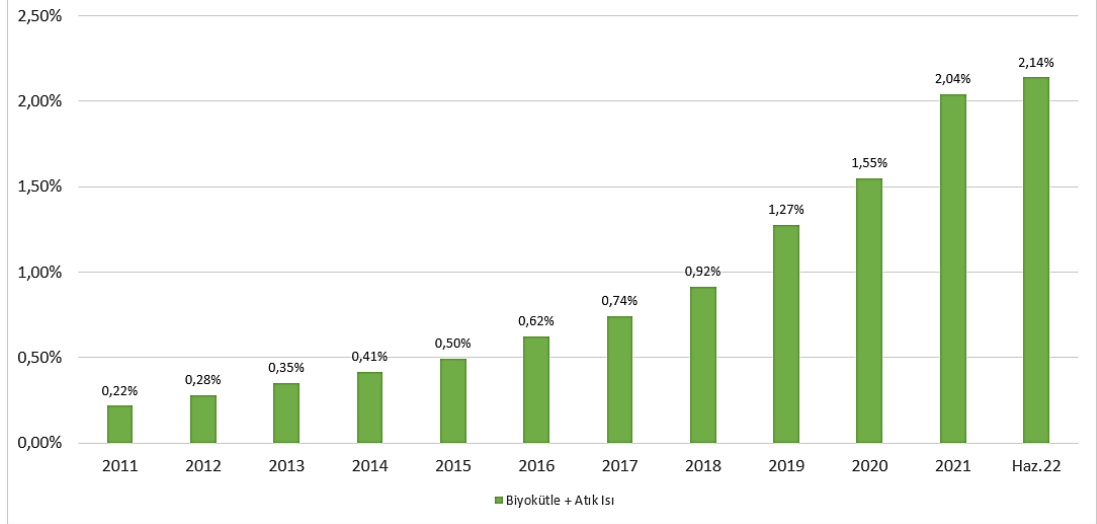
Biyokütle enerjisinin de diğer enerji kaynakları gibi avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Avantajlarından bahsedilecek olursa, sera gazı emisyonlarının olmaması, çevre dostu olması, enerji verimliliği için uygun bir enerji kaynağı türü olması, depolanabilir ölçeklerde işleyişe sahip olması ve hemen her yerde ve konumda elde edilebilir olması denilebilir. Olumsuz tarafları ise, özellikle toprağın yapısının bozulmasına neden olmaları, en sık kullanılan biyokütle kaynakları olan tarımsal kaynaklar için rekabet ortamı oluşturabilmeleri ve teknik sorunlar nedeniyle de mecburi sınırlamalar getirilmesidir. Her ne kadar her konumda işleyişe sahip santraller kurulsada, verim her yer için aynı oranda olmamaktadır (Demirtaş, 2010; Öztürk, 2013).

Dünyada biyokütle kaynaklardan enerji elde edilmesinin en fazla olduğu ülke ABD'dir. Daha sonra sırasıyla Almanya, Çin, Hindistan ve Japonya biyokütleden elektrik üretimi sıralamasında ilk beşte yer almaktadır.

Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) verilerine göre değerlendirilmeye uygun biyokütle atıklarımızın toplam ekonomik enerji eşdeğeri yaklaşık 3,9 MTEP/yıl olarak belirlenmiştir. 2020 yılı haziran ayı sonu itibarıyla biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç 2.172 MW olurken, toplam kurulu güç içerisindeki oranı %2.14 olarak belirlenmiştir. Şekil 2.27'deki grafikte yıllara göre kurulu güç değişimi gösterilirken, Şekil 2.28'teki grafikte de toplam kurulu güç içerisindeki oranı gösterilmektedir (ETKB, 2022e).



Şekil 2.27. Biyokütle enerjisinin yıllara göre kurulu güç değişimi



Şekil 2.28. Biyokütle enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı

2.1.2.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkürenin derinliklerindeki kayalar içinde birikmiş olan aşırı ısınmış akışkanların, taşınarak haznelerde birikmesi ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir (Canik vd., 2000; Hodgson, 2010; Öztürk, 2013). Jeotermal enerji diğer çoğu enerji kaynağından farklı olarak, enerji kaynağını güneşten değil yer kabuğundan almaktadır (Gan and Lei, 2020). Jeotermal enerji bu özelliğiyle günün her saatinde, iklim koşullarından bağımsız bir şekilde enerji üretebilen bir kaynaktır (Yılmaz, 2014). Jeotermal enerjinin, yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki toplam üretim gücü

düşüktür. Ancak bölgesel enerji ihtiyacına da katkı sağlamaktadır (Gan and Elsworth, 2014). Jeotermal enerjinin genel olarak kullanım alanları, jeotermal sahalarda açılan kuyularda buhar ve suyun türbin ve jeneratörlerle ayrıştırılmasıyla elektrik üretimi; organik tarım, sera, ürün kurutma gibi ihtiyaçların karşılanması için düşük sıcaklık, basınç ve debideki jeotermal kaynaklarla ısı üretimi ve son olarak Türkiye’de de sağlık ve turizm bakımından oldukça önemli yer tutan düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynakların termal turizmi amacıyla kullanılmasıdır.

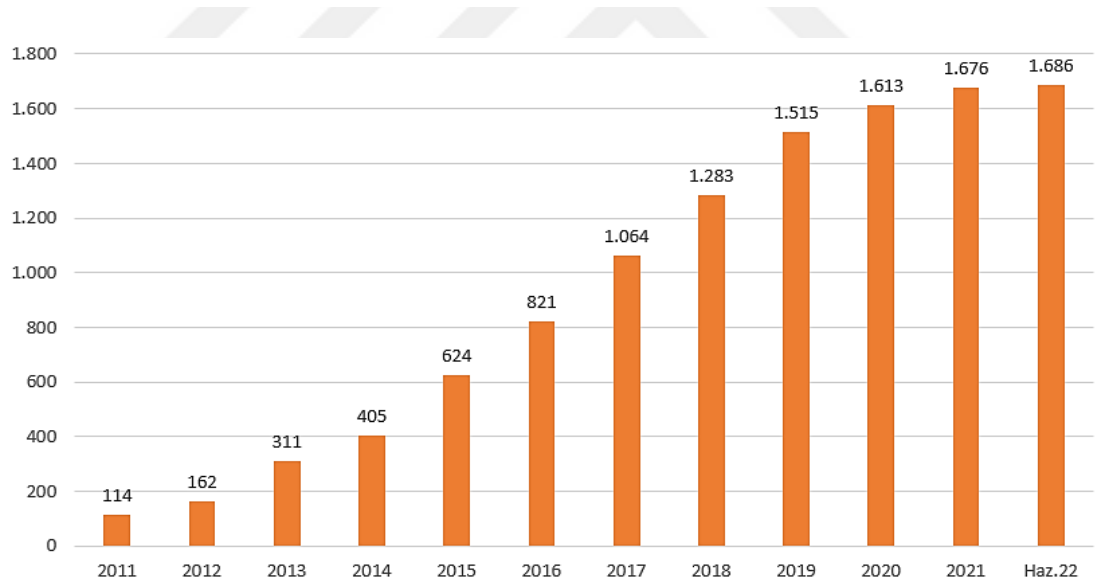
Yenilenebilir enerji kaynakları içinde jeotermal enerjinin de avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Avantajlarına bakılacak olursa, öncelikle doğal bir enerji kaynağı olduğu için dışa bağımlı değildir, doğrudan elde edilebilir ve bu sebeple de maliyetleri düşüktür, enerji verimi yüksek olup sudan enerji ve ısı elde etmek için ekstra bir sisteme ihtiyaç duyulmamaktadır. Bunların haricinde çevre dostu ve sürdürülebilir bir kaynak olması ve iklim koşullarından bağımsız elde edilmesi de jeotermal enerji kaynağı kullanımı için oldukça önemli özelliklerdir (Bockris, 2009; Canik vd., 2000; Bockris, 2009). Dezavantajlarının başında ise, üretiminin kolay ve enerjisinin verimli olması kadar, tüketilen kısmının kısa bir sürede yeniden elde edilememesi gelmektedir. Kayaçların içerisindeki bazı zararlı kimyasal maddeler hem aşındırıcı hem de çevreye zararlı olabilmektedir. Jeotermal enerji santrali için maliyetler yüksek olmakla birlikte, kırsal alanlarda ve özellikle yerleşim yerlerinden uzak bölgelere kurulan santrallerde elektrik iletimi sırasında enerji kayıpları da yaşanan olumsuzluklar arasında yer almaktadır (Gan and Lei, 2020).

Jeotermal enerji, dünya üzerinde homojen bir şekilde dağılmamıştır. Amerika kıtası, Orta Amerika ülkeleri, Anadolu’da Ege Bölgesi ve Avrupa’da İtalya, jeotermal enerji santrallerinin en fazla kurulduğu bölgelerdir. Dünyada ABD, diğer ülkeler arasında jeotermal enerji üretiminde açık ara öndedir. ABD’yi takip eden ülkeler Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda’dır. 2020 yılı aralık ayı verilerine göre ABD, 3.714 MW; Endonezya, 2.133 MW; Filipinler, 1.918 MW; Yeni Zelanda, 1.005 MW enerji üretim kapasitesine sahiptir (Enerji Atlası, 2022).

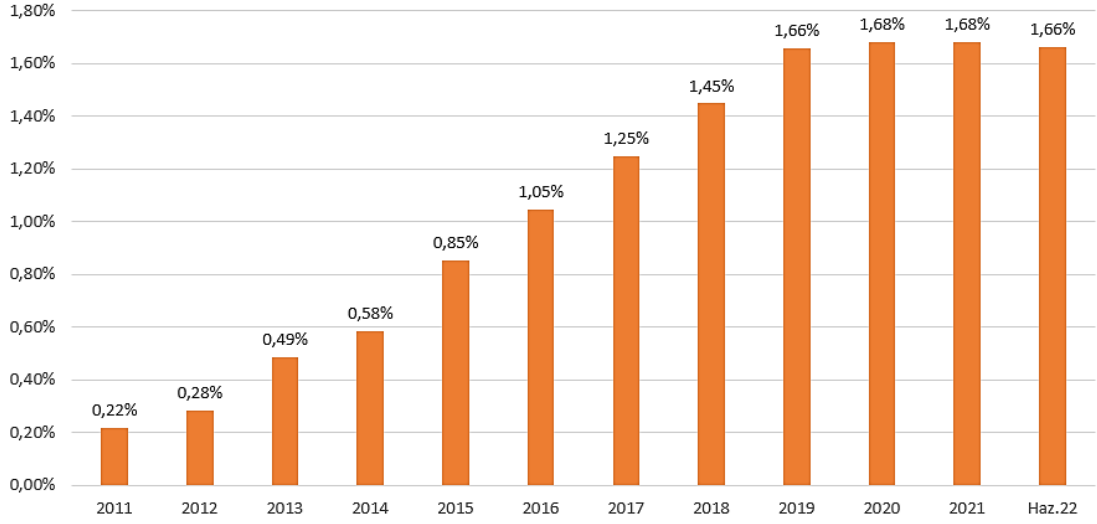
Ülkemizde farklı bölgelerde ve farklı sıcaklık değerlerine sahip yaklaşık 1000 adet jeotermal kaynak mevcuttur. Türkiye jeotermal enerji kapasitesi bakımından Avrupa’nın 1. ve kurulu güç bakımından ise Dünyanın 4. ülkesi konumundadır. Jeotermal kaynakların %90’ı düşük ve orta sıcaklıklı olup ısıtma, termal turizm, mineral elde etme gibi uygulamalarda, %10’u elektrik enerjisi üretimi için

kullanılmaktadır. Ülkemizde en fazla enerji üretim potansiyeli %78'lik bir oranla Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7'si Marmara Bölgesi'nde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır (ETKB, 2022f).

2005 yılından itibaren T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın desteğiyle yeni kaynakların aranması ve mevcut kaynaklarında geliştirilmesi yönündeki çalışmalara ağırlık verilmiştir. 2004 yılı sonunda 3.100 MWt olan kullanılabilir jeotermal ısı kapasitesi; 2008 yılında, Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun yürürlüğe girmesi sonrasında, özel sektöründe bu yöndeki ar-ge çalışmaları ve yatırımları sayesinde, Türkiye'nin jeotermal ısı potansiyeli 35500 MWt'e elektrik üretimi potansiyeli ise 4500 MWe ulaştığı tahmin edilmektedir. Hem ısınma hem de elektrik enerjisi üretimi için kullanılan jeotermal enerji gücünün 2022 yılı haziran ayı sonu itibariyle 1686 MW olurken, toplam kurulu güç içerisindeki oranı da %1,66 olmuştur. Şekil 2.29'daki grafikte jeotermal enerji kaynaklarının yıllara göre kurulu güç değişimi gösterilirken, Şekil 2.30'daki grafikte de toplam kurulu güç içerisindeki oranı gösterilmektedir.



Şekil 2.29. Jeotermal enerjinin yıllara göre kurulu güç değişimi



Şekil 2.30. Jeotermal enerjinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı

2.1.3. Yenilenebilir Enerji Politikaları

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, ülkemizdeki enerji politikalarını kanun ve yönetmeliklerle belirleyen başlıca kurumdur. Yenilenebilir enerji mevzuatı ile ilgili 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu başlıca yararlanılacak kanunlardır. Ayrıca Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik'te, amaç ve kapsamı uyarınca sıklıkla kullanılan bir mevzuattır. Bu kanunlar kapsamınca doktora tez çalışmasına konu olan ve ilerleyen bölümlerdeki uygulamalar için gerekli görülen kanunların, amaç ve kapsamı haricinde faydalanılan maddeleri de incelenmiştir.

5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun amacı, Jeotermal ve doğal mineralli su kaynaklarının araştırılması, aranması, geliştirilmesi, korunması, hak sahibi olunması için gerekli değerlendirmelerin yapılması ya da kaynak ve santralin terk edilmesi konu başlıkları ile ilgili esas ve usûlleri düzenlemektedir. Ayrıca bu kanun tespit edilmiş ya da edilecek jeotermal ve doğal mineralli su kaynakları ile jeotermal kökenli gazların arama, değerlendirme ve işletme dönemlerinde, kaynaklar üzerinde santraller kurulması ve hak sahibi olunması, gerekli durumlarda devredilmesi, terk edilmesi, ihale edilmesi, denetlenmesi, kaynak ve kaptajın korunması ile ilgili usûl ve esasları da kapsamaktadır.

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ise tek bir enerji kaynağı değil tüm yenilenebilir enerji kaynakları için açıklayıcı bir kanundur. Bu kanunun amacı genel anlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, desteklerle sağlanması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, ekonomiye kazandırılması ve kaynaklara ilişkin santraller kurularak yerli aksam kullanımı ile imalat sektörünün geliştirilmesidir. Kanun kapsamı yenilenebilir enerji kaynak alanlarının korunması, elektrik enerji üretiminin yasal dayanaklarla belgelendirilmesi ve bu kaynakların kullanımına ilişkin usûl ve esasları içermektedir. Amaç ve kapsamı içeren birinci bölümden sonra kanunun ikinci bölümünde “Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanlarının Belirlenmesi, Korunması, Kullanılması ile Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Elektrik Enerjisinin Belgelendirilmesi” konularını içeren maddeler yer almaktadır. Bu bölümde Madde 4,5 ve 6’ya çalışmamızın içeriğinde faydalanılan ve kullanılan maddeler oldukları için yer verilmiştir. Madde 4’te yer alan ifadeler; Bakanlık, yenilenebilir enerji kaynak alanları oluşturmak ve kaynakları verimli kullanabilmek amacıyla kamu ve Hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarla ilgili kurum ve kuruluşların görüşlerini alarak yer seçimini yapmaktadır. Eğer söz konusu yenilenebilir enerji kaynak alanı, özel mülkiyete konu bir taşınmaz üzerinde ise 2942 sayılı Kanununun 27’nci maddesi uyarınca ivedilikle kamulaştırma kararı alınabilir. Elektrik enerjisi üretimine yönelik yenilenebilir enerji kaynak alanlarının belirlenmesinde ilgili kurum ve kuruluşların görüşlerinin alınması ve gerekli görüldüğünde disiplinler arası çalışmaların kurumlar arası yürütülmesi, bu alanların korunması, kullanılması, derecelendirilmesi, TEİAŞ ya da ilgili dağıtım şirketi tarafından dağıtımlarının yapılması, teminatların alınması, yükümlülüklerin yerine getirilmesi ve denetlenmesi, yerli aksam kullanımı ile uygulamaya ilişkin usûl ve esaslar Bakanlık tarafından çıkarılan yönetmelikle düzenlenir. Kurulacak üretim tesisleri için ön lisans ve lisans verme koşulları, iptali ve değişimi ile ilgili esaslar T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından hazırlanan yönetmelikle düzenlenmektedir. Madde 5’te yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin hem iç hem de dış piyasada alım satımında enerji kaynağı türünün belirlenmesi ve üretim lisansının takibi için de EPDK tarafından "Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi" (YEK Belgesi) verilmektedir. YEK Belgesi ile ilgili usûl ve esaslar “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik’ ile belirlenir. Kanununun 3. bölümünde “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik

Enerjisi Üretiminde Uygulanacak Usûl ve Esaslar” hakkında bilgilendirmeler yapılmaktadır. YEK Destekleme Mekanizması (YEKDEM) için açıklayıcı 6. Madde, 30/6/2021 tarihinden önce ve sonra işletmeye girecek olan elektrik üretim tesisleri için uygulanacak usûl ve esasları içermektedir. Ek I sayılı cetvelde yazan fiyatlardaki güncellemeler Cumhurbaşkanı tarafından belirlenir. Lisanslı elektrik üretim tesisi işletmek isteyip de YEK Destekleme Mekanizmasına bir sonraki takvim yılında tabi olmak isteyenler YEK Belgesi almak ve EPDK tarafından belirlenecek tarihe kadar EPDK’ya başvurmak zorundadır. Tamamı yenilenebilir enerji kaynağı olmak üzere, kurulan tesiste birden fazla enerji kaynağından elektrik üretmek amacı ile sisteme verilen net enerji miktarının YEK Destekleme Mekanizmasından faydalanmasına ilişkin usûl ve esaslar EPDK tarafından çıkarılan yönetmelikle düzenlenmektedir. Yine yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretiminin hem desteklenmesi hem de YEK Destekleme Mekanizması kapsamındaki gelirlere ilişkin usûl ve esaslar da EPDK tarafından hazırlanan yönetmelikle düzenlenir. Madde 6/a’da kendi tüketim ihtiyacını karşılamaya yönelik kurulan elektrik üretim tesisleri, ihtiyaç fazlası ürettikleri elektrik enerjisini iletim veya dağıtım sistemine vermeleri halinde Ek I sayılı cetveldeki fiyatlardan on yıl süre ile faydalanabilirler. Madde 6/b’de, 30/06/2021 tarihinden önce işletmeye giren elektrik üretim tesislerindeki yerli aksam kullanımında Ek I sayılı cetvelde belirtilen fiyatlara ilaveten, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle; aynı kanunun EK II sayılı cetvelde belirtilen fiyatları ekleneceği, belirtilmektedir. 30/6/2021 tarihinden sonra işletmeye girecek YEK belgeli lisanssız elektrik üretim tesisleri için yerli aksam kullanımında uygulanacak fiyatlar Türk lirası üzerinden olacak ve bu fiyatların güncellenmesi, uygulanacak süre ve uygulamaya ilişkin diğer usûl ve esaslar Cumhurbaşkanı tarafından belirlenerek ilan edilecektir. Yerli aksam tanımının genel olarak kapsamı, esas ve usûlleri Bakanlık tarafından çıkarılacak yönetmelikle düzenlenmektedir. Tablo 2.5’te 30/06/2021 tarihinden önce işletmeye giren elektrik üretim tesisleri için belirlenen fiyatların verildiği Ek I sayılı cetvel gösterilmektedir.

Tablo 2.5. 30/06/2021 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesisleri için fiyatlar (Ek I sayılı cetvel)

(Değişik:25/11/2020-7257/22 md.)	
I Sayılı Cetvel	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3 (ABD Doları cent/kWh)
b. Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3 (ABD Doları cent/kWh)
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5 (ABD Doları cent/kWh)
ç. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dâhil)	13,3 (ABD Doları cent/kWh)
d. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3 (ABD Doları cent/kWh)
e. 10/5/2019 tarihinden itibaren bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu almaya hak kazanılan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisanssız elektrik üretim faaliyeti kapsamındaki tesisler	EPDK tarafından TL kuruş/kWh olarak ilan edilen kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli

Tablo 2.6’da 01/07/2021 tarihinden 31/12/2025 tarihine kadar işletmeye girecek YEK belgeli üretim tesisleri için güncellemeye esas YEKDEM ile yerli fiyatları ve uygulama süreleri, Tablo 2.7’de ise yerli aksam kullanımında uygulanacak ek fiyatlar gösterilmektedir.

Tablo 2.6. 01/07/2021 tarihinden 31/12/2025 tarihine kadar işletmeye girecek üretim tesisleri için fiyatlar (Ek I sayılı cetvel)

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	YEKDEM Fiyatı (Türk lirası kuruş/kWh)	YEKDEM Fiyatı Uygulama Süresi (yıl)	Yerli Katkı Fiyatı (Türk lirası kuruş/kWh)	Yerli Katkı Fiyatı Uygulama Süresi (yıl)
Hidroelektrik üretim tesisi	40,00	10	8,00	5
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	32,00	10	8,00	5
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	54,00	10	8,00	5
Çöp gazı/ atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynaklar	32,00	10	8,00	5
Biyokütleyle dayalı üretim tesisi	54,00	10	8,00	5
Termal Bertaraf (Belediye atıkları, bitkisel yağ atıkları, gıda ve yem değeri olmayan tarımsal	50,00	10	8,00	5

atıkları, endüstriyel odun dışındaki orman ürünleri, sanayi atık çamurları ile arıtma çamurları)				
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	32,00	10	8,00	5

Tablo 2.7. Ek II sayılı cetvel

II Sayılı Cetvel		
(29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)		
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı Fiyatları (ABD Doları cent/kWh)
A-Hidroelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	1- Kanat	0,8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
B-Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	3- Türbin kulesi	0,6
	4- Rotor ve nasele gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,3
	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
C-Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İntertör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5
	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
D-Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışınını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6- Stirling motoru	1,3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6
	1- Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
E-Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi		

	2- Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
	3- Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
	4- Buhar veya gaz türbini	2,0
	5- İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9
	6- Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	7- Kojenerasyon sistemi	0,4
	1- Buhar veya gaz türbini	1,3
F-Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
	3- Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun amacı; elektriğin tüketicilerin kullanımına yeterli miktarda, sürekli, düşük maliyetli, kaliteli bir şekilde sunulmasını ve özel hukuk hükümlerine uyumlu ve güvenilir, bağımsız ve şeffaf bir elektrik piyasasının oluşmasını sağlamaktır. Bu Kanunun kapsamı, özel ve tüzel kişilerin elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan veya perakende satışı, ithalat ve ihracatı, piyasa işletimi ile bu faaliyetlerle ilişkili hak ve yükümlülüklerini içermektedir.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik ise yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretiminin teşvik edilmesi amacıyla; üretim lisansı sahibi tüzel kişilere Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi verilmesi ile 10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında işletilecek YEKDEM'in işleyişini düzenleyerek kamu tüzel kişilerinin görev ve yetkileri ile ilgili gerçek ve tüzel kişilerin hak ve sorumluluklarına ilişkin usûl ve esaslarını yatırımcılara sunmaktır.

Son olarak yukarıdaki kanun maddelerinde de sıklıkla adı geçen EPDK'nin kısaca görev ve yetkilerinden bahsedilecek olunursa elektrik piyasasında lisansların verilmesi ve gerekli diğer işlemlerin yapılması, piyasa performanslarının izlenmesi, değerlendirilmesi ve performans standartlarının oluşturulması, gerekli durumlarda ikincil mevzuatın hazırlanması, lisans sahibi tüzel kişilerin denetlenmesi, düzenlemeye tabi tarifeler ve fiyatların belirlenmesi ve Elektrik Piyasası Kanunu uyarınca hareket edilmesinin sağlanmasıdır.

2.2. Geleneksel Değerleme Yöntemleri

Yatırım değerlemenin temel amacı, finansal ya da gerçek varlıkların gelecekteki nakit akışlarının bugünkü değerini hesaplamaktır. Başka bir ifadeyle varlığın gelecekteki tüm gelirlerinin, bugüne indirgenmiş hali olarak da tanımlanabilmektedir. Yatırımcılar gelecekteki gelirlerinin tam olarak ne kadar olacağını bilmek isteselerde bunun kesin bir cevabını alamamaktadırlar. Varlığın ekonomik ömrü boyunca elde ettiği nakit akışların bugünkü değerleri toplamının, yatırımın maliyetinden fazla olup olmadığını değerlendirme ile hesaplamak mümkündür. Bir yatırımın gelecekteki nakit akışlarının tahmini birçok soru işareti ve belirsizlikle doludur (Mun, 2012). Geleneksel değerlendirme belirsizlik durumlarının aksine belirlilik koşulları altında yapılan değerlendirme olarak da bilinmektedir. Bu yöntem sermaye bütçelemede ya da gerçek varlıkların değerlemesinde geleceğin içerdiği belirsizlik durumlarını yok sayarak, bugünün şartları ile analizler yapma yaklaşımını benimsemiştir (Ajak ve Topal, 2015).

Mun (2006)'a göre, geleneksel değerlendirme yöntemi üç farklı değerlendirme prensibine sahiptir. Bunlar piyasa (emsal), gelir ve maliyet yaklaşımıdır. Piyasa yaklaşımında, piyasada bulunan diğer karşılaştırılabilir varlıklara ve fiyatlarına bakılarak bir varlığın değeri tahmin edilmektedir. Bu yöntem ile değerlendirme yapılacak varlıkla benzer özellikte ne kadar fazla emsal varlık bulunabilirse, gerçeğe o kadar yakın sonuçlar elde edilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, değerlendirme yapılacak varlıkların niteliklerinin birbirleri ile farklılık göstermemesi gerekliliğidir. Farklılık gösterdiği durumlarda ise revizyon işlemleri ile düzeltmeler yapılabilmektedir (Pitts, 2007). Gelir yaklaşımı, İNA'ya dayalı değerlendirme olup, bir varlığın değerini, o varlığın gelecekte beklenen nakit akışlarının bugünkü değeriyle ilişkilendirmektedir. Sonrasında bu varlığın uygulama veya üretim maliyeti, şimdiki değerden çıkartılarak NBD hesaplanmaktadır. Maliyet yaklaşımı ise şirketin, vade sonunda kâr elde edebilmesi için ne kadar maliyete katlanması gerektiğini inceler. Söz konusu yaklaşım, yatırımcının proje değerinin maliyetle ilişkisi olduğunu kabul etmesine dayanmaktadır. Yatırımın maliyeti, tahmin edilen arsa bedeline mevcut yapıların aynısı ya da benzerini yapmanın bedeli eklenerek bundan amortismanın (yıpranma, eskime) çıkartılmasıyla hesaplanmaktadır. Bu son yaklaşımda, koşulları opsiyon özellikleri içeren varlıkların değerini ölçmek için opsiyon fiyatlandırma modelleri de kullanılmaktadır (Kumar, 2015). Her bir yöntem yatırımcıya kullanım amacına göre farklı avantaj ve dezavantajlar da sunmaktadır. Yöntemin doğru

seçilmesi, varlıklara ilişkin yatırım kararını doğrudan etkilediği için de dikkat edilmesi gereken bir unsurdur. Bu üç yöntemden hangisinin kullanıldığına bağlı olarak değerlendirme sonuçlarında, yatırım kararını dahi etkileyebilecek önemli farklar oluşabilmektedir (Damodoran, 2012).

Gelecekteki belirsizlikleri değerlemeye yansıtmadan analiz etme prensibine sahip geleneksel yöntemler, paranın zaman değerini dikkate alan ve almayan şeklinde iki ana gruba ayrılmaktadır. Paranın zaman değerini dikkate almayan yöntemlerin en önemlisi ve en sık tercih edileni Geri Ödeme Süresi (GÖS) Yöntemidir (Cheah and Garvin, 2009). Paranın zaman değerini dikkate alan yöntemlerde hem literatür de hem de piyasalarda yatırım öncesi değerlendirme ve yatırım kararı alma aşamalarında en yaygın kullanılan NBD ve İç Getiri Oranı (İGO)'dur (Graham and Harvey, 2001; Jog and Srivastava, 1995; Klammer and Walker, 1984). Devam eden kısımlarda bu yöntemler detaylı olarak açıklanmaktadır.

2.2.1. İç Getiri Oranı (İGO) Yöntemine göre Değerleme

İç Getiri Oranı (İGO), NBD'yi sıfır yapan iskonto oranıdır (Mun, 2006). Birçok kaynakta İç Kârlılık Oranı (İKO), İç Verim Oranı (İVO) ya da Başa Baş İskonto Oranı olarak da yer almaktadır. Yine kaynaklarda iskonto oranı yerine indirgeme oranı, getiri oranı ya da iskonto değeri seçiminde kullanılan Ağırlıklı Ortalama Sermaye Modeli (AOSM) gibi yöntemlerin isimleriyle de karşılaşılmaktadır. Paranın zaman değerini dikkate alan bu yöntemde hesaplamalar deneme yanılma ya da enterpolasyon yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. Eğer bir yatırımın İGO'su iskonto oranından büyük ise NBD'de pozitif demektir ve yatırım kabul edilebilecektir (Baker, 2011; Brounen, 2004). Aksi durumda NBD negatif sonuç verir bu da yatırım ile ilgili olumsuz bir karar alınmasına neden olmaktadır. Birden fazla yatırım seçeneği içerisinde ise iç getiri oranı en büyük olan yatırım için onay verilmelidir (Bolak, 2000). Bu değer, yüzdelik olarak sonuç vermekle birlikte yatırım ile ilgili bir değer vermemektedir. Sadece kabul ya da red edilmesi durumları ile ilgili sonuçlar elde edilmektedir. Yatırımın iç getiri oranının hesaplanmasında aşağıda gösterilen denklem kullanılmaktadır.

Yatırımın harcamalarının şimdiki değeri = Nakit girişlerinin şimdiki değeri

$$\sum_{t=1}^n \frac{NNA_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \quad (2.1)$$

NNA_t = Net nakit akışları

I_0 =Başlangıçtaki yatırım tutarı

i = İskonto oranı

2.2.2. Geri Ödeme Süresi (GÖS) Yöntemine göre Değerleme

Geri Ödeme Süresi (GÖS), projedeki vergi sonrası amortisman toplamıyla elde edilen nakit akışların sabit yatırım tutarı olan ilk yatırım maliyetini karşılayabilmesi için geçmesi gereken süre olarak tanımlanmaktadır. Buradaki asıl amaç yatırımın maliyet bedelini nakit akışlarla karşılayarak kâra geçebileceği süreyi hesaplamaktır. Başka bir ifadeyle, bir yatırım için harcanan miktarın ortalama olarak kaç yıl içinde geri alınabileceği hesabına dayanmaktadır (Bolak, 2000). Bir yatırımın geri ödeme süresi ne kadar kısa olursa yatırım için durum aynı oranda olumlu olmaktadır. Birden fazla alternatif yatırım arasında ise geri ödeme süresi en düşük olan tercih edilmelidir. Aşağıdaki denklemde GÖS hesabı gösterilmektedir.

$$\text{GÖS} = \frac{\text{İlk Yatırım Maliyeti}}{\text{Yıllık Nakit Akış Miktarı}} \quad (2.2)$$

GÖS yöntemi oldukça yaygın kullanılan bir yöntem olmakla birlikte NBD ve İGO yöntemi kadar sıklıkla tercih edilmemektedir. Bu duruma neden olarak paranın zaman değerini dikkate almaması ve geri ödeme süresinden sonraki nakit akışlarla ilgilenmemesi gösterilebilir (Sarıaşlan, 2006). Yatırımın ilerleyen dönemlerinde nakit akışların artış ya da azalış gösterme ihtimali değerlendirilmediği için yatırım kararı alırken bu yöntem tek başına yeterli olmamaktadır. Projenin geri ödeme süresi kısa olsa dahi, kârlılık durumunun bilinmesinin gerekliliği oldukça önemlidir. Bunun dışında yatırım öncesi fizibilite çalışmaları için öngörülen piyasa koşullarında yaygın olarak tercih edilmektedir. Kısacası GÖS yöntemi yatırım projelerindeki karar süreçlerinde tek başına yeterli olmamakla birlikte daha çok karar verme aracı olarak kullanılmaktadır.

Klammer (1972) yaptığı çalışmada, yatırımlar için GÖS'ün, İNA ile hesaplanan bugünkü değerler kullanılarak geliştirilmesi gerektiğini düşünmüştür. Nakit akışların sabit bir iskonto üzerinden indirgenerek, ilk yatırım maliyetine karşılık gelen sürenin hesaplanması yöntemine, İndirgenmiş GÖS adı verilmektedir. Bu yöntemle yapılan hesaplama NBD'ye dayanmakta olup, kümülatif NBD'nin sıfır olduğu süre aranmaktadır. Nakit akışların vade süresince indirgenmesi, paranın zaman değerini dikkate aldığını da göstermektedir. Eğer projenin indirgenmiş GÖS, planlanan

ekonomik ömrünün altında ise proje kabul edilebilir olarak değerlendirilmektedir (Bhandari, 2009; Farragher et al., 2001).

2.2.3. Net Bugünkü Değer (NBD) Yöntemine göre Değerleme

NBD yöntemi, paranın zaman değerini dikkate alan ve gelecekteki nakit akışlarını sabit bir iskonto oranı ile bugüne indirgeyen yöntemdir (Brigham and Houston, 2004). Nakit akışların bugünkü değeri hesaplanırken getiri ya da indirgeme oranı olarak da literatürde adı geçen iskonto oranınca indirgenmesi en önemli işlem adımlarından biridir. Buna neden olarak da iskonto oranının belirlenmesinin hem yatırım kararı için önemli bir rol oynaması hem de zor belirlenen bir parametre olması gösterilmektedir.

Yatırım yapılacak projenin NBD'si negatif ise nakit akışlar, yatırım maliyetini karşılamadığı için yatırım kararı alınmaz. Projenin NBD'si pozitif olursa nakit akışların toplamı yatırım maliyetinden fazla olduğu için kârlı bir yatırım gözüyle bakılır ve onay kararı alınabilir. NBD'nin sıfır olması, projenin sağladığı nakit akışların, yatırılan sermayeyi ve bu sermaye üzerinden beklenen getiri oranını tam olarak karşıladığını göstermektedir (Winger and Mohan, 1991). Dolayısıyla NBD'si pozitif ve sıfır olan yatırımların gerçekleşmesi mümkündür (Sarıaslan ve Erol, 2008). Nakit akışların iskonto oranıyla indirgenmesi ile elde edilen NBD hesabı aşağıdaki denklemde gösterildiği şekildedir.

$$A = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{(1+r)^i} \right) - C \quad (2.3)$$

Eşitlikte;

A = Nakit girişlerinin şimdiki değeri toplamı (NBD)

A_i = Yatırımdan sağlanacak net nakit akımları

C = İlk Yatırım Maliyeti

r = İskonto oranı

i = Yıl

NBD yönteminde nakit akışların bugüne indirgenmesinde kullanılacak iskonto oranının doğru belirlenmesi çok önemlidir. İskonto oranının doğru belirlenmesi yatırımın değerinin ölçülmesinde direkt olarak etkili olmaktadır. Yanlış belirlenen iskonto oranı proje kabulü için yanlış kararlar alınmasına neden olabilmektedir. Kabul

edilebilecek bir projenin onaylanmayan bir proje olarak değerlendirilmesine ya da kârlı olmayan bir yatırım için de tam tersi bir durum ortaya çıkabilmektedir. İskonto oranı işletmenin sermaye maliyeti, fırsat maliyeti, benzer yatırımlardaki kârlılık oranı, yatırımın riskliliği ve yatırımcının bu projeden beklediği asgari getiri oranı gibi birçok faktörle ilişkilendirilerek değerlendirilebilmektedir. (Saraç, 2012). Ancak iskonto oranı olarak en yaygın kullanılan faktör AOSM'dir (Kumar, 2016). AOSM hesabında, özkaynak dâhil olmak üzere tüm kullanılan dış kaynakların (kredilerin) fiili faiz oranları ile beklenen enflasyon oranı (fiyat artış oranı) arasında bağlantı kurulur ve bir anlamda, paranın zamana karşı ortalama yıpranma oranı hesaplanır (Koller et al., 2001; Pettit and Ferris, 2013).

İskonto oranı ile indirgenen nakit akışların, dolayısıyla NBD'nin de ters yönlü bir ilişkisi vardır. İskonto oranı arttıkça NBD azalacak, iskonto oranı azaldıkça NBD artacaktır (Brealey and Kaplanis, 2004). NBD hesabında iskonto oranının belirlenmesi kadar önemli olan bir diğer husus da, nakit akışların hesaplanmasındaki diğer birçok parametrenin gerçeğe yakın sonuçlar verecek şekilde öngörülmesidir.

AOSM ise aşağıdaki denklemde gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$AOSM = R_e * \frac{\ddot{O}}{A} + R_d * \frac{B}{A} (1 - KV) \quad (2.4)$$

R_e = Özsermaye Maliyeti

\ddot{O} = Özsermaye Tutarı

R_d = Borcun Maliyeti

B = Borç Tutarı

KV = Kurumlar Vergisi

A = Toplam Yatırım Tutarı

Özsermaye maliyeti, Sharpe (1964) ve Lintner'in (1965) çalışmalarıyla ortaya çıkan Finansal Varlıkları Fiyatlama Modeli (FVFM) ya da Capital Asset Pricing Model (CAPM) hem finansal hem de gerçek varlıkların sistematik riski ve beklenen getirisi arasındaki basit ve doğrusal ilişkiyi göstermektedir. CAPM modeli öncelikle yatırımın belirli bir risk seviyesinde ne kadar getiriye sahip olacağı bilgisini açıklamaktadır. Böylece yatırımın şimdiki zamanda gerçekleşen getirisi ile gelecekte sahip olması gereken getirisini karşılaştırarak analiz etme imkânı doğmaktadır. Bu durum sadece yatırım kararı alınan varlıklar için değil yatırım öncesi fizibilite çalışmaları için nakit akışların öngörülmesini de sağlamaktadır (Giglio et al., 2022).

Bu model ile özsermaye maliyetinin hesaplanabilmesi için risksiz getiri oranı, sistematik risk (Beta) katsayısı ve risk priminin belirlenmiş olması gerekmektedir. Aşağıdaki denklemlerde CAPM modeli ile özsermaye maliyetinin nasıl hesaplandığı göstermektedir.

$$R_e = \text{Risksiz Getiri Oranı} + \text{Risk Primi (Yatırıma Özel)} \quad (2.5)$$

$$R_e = \text{Risksiz Getiri Oranı} + \beta * \text{Pazar Risk Primi} \quad (2.6)$$

$$R_e = R_f + \beta_e(R_m - R_f) \quad (2.7)$$

Formülde yer alan risksiz getiri oranı, varlığın getirisinin risksiz olduğunu ifade etmektedir. Yani varlık ile ilgili gelecekteki getiriler öngörülmeden direk beklenen değer biliniyorsa varlık risksizdir denilmektedir. Varlıkların risksiz olması için iki koşul sağlanmaları gerekir. Bunlardan ilki varlığın temerrüt riskini taşımamasıdır. Büyük bütçeli yatırımlar için en güvenilir şirketlerde bile bir miktar temerrüt riski bulunmaktadır. Bu durumda bu gibi özel şirketlerin sahip oldukları yatırımlar için, risksiz getiriye sahiptir, denilemez. Risksiz getiri için en uygun varlıklar, hükümetlerin para basma gücünü hükmedebilmelerinden ve genel olarak ödeme sözlerini yerine getirme olanaklarından kaynaklı, menkul kıymetler içerisindeki devlet tahvilleridir. Risksiz varlıklar için ikinci koşul ise menkul kıymetler gibi bu varlıkların, yeniden yatırım riski içermemesidir. Yeniden yatırım riski, varlığın alındığı ilk seferdeki faiz oranından daha düşük bir faiz oranıyla yatırım yapma riskidir. Bu durum genel olarak faizlerin düştüğü dönemde yaşanmaktadır. Bu riski ortadan kaldırmanın tek yolu, her dönem için farklı risksiz getiri oranının hesaplanmasıdır (Damodoran, 2008).

Risk primi ise, yatırımın sistematik riskini ifade eden “Beta Katsayısı” ve “Pazar Riski Priminin” çarpımı ile hesaplanmaktadır. Riskli ve risksiz varlıklar arasında beklenen getiri farkını esas almaktadır. Başka bir ifadeyle riskli bir varlıktan beklenen getirinin risksiz bir varlıktan gelen getiriden fazla olduğu kısım risk primi olarak adlandırılmaktadır (Damodoran, 2008; Damodoran, 2014). Riskli varlığın getirisi ile risksiz getirinin farkına eşittir de denilebilir. Getirilerin belirsizliği arttıkça risk ve dolayısıyla risk primi ve getiri oranı da artmaktadır. Belirsizliğe neden olan risk türleri iş riski, finansal risk, likidite riski, döviz kuru riski ve ülke riskleri gibi çok çeşitli türlerde olabilmektedir.

Risk primini oluşturan parametrelerden biri olan pazar riski primini öngörebilmenin üç yolu bulunmaktadır. Bunlardan ilki, benzer yatırımların geleceğe

ilişkin risk primlerini belirlemek için yaptırdığı anketlerdir. Anketlere verilen cevapların doğruluğu ve objektifliği oldukça önemlidir. Bazı durumlarda cevaplar arası farkların çok fazla olması, sonuçların gerçeği yansıtmayacak ölçüde fark edilir olması ve yakın geleceğe dair görüşlerin sonuçlara yansımaları, anketlerle pazar riski belirlemenin güvenini azaltmaktadır (Damodoran, 2013). İkinci yöntem, pazar ve piyasa koşullarındaki mevcut fiyatlarla “Çıkarımsal Risk Priminin” hesaplanmasıdır. Bu yöntemde, yatırım yapılacak varlığın nakit akışlarını belirlemek için iskonto oranı hesaplanmaktadır. Bu işlemler yapılırken varlığın doğru ve gerçeğe yakın fiyatlandırıldığı öngörülür. Sonuçta getiri oranı hesaplanmış ve bu orandan risksiz getiri oranı çıkartıldığında pazar risk primi elde edilmiş olur. Yöntemin olumsuz tarafı geleceğe dair birçok belirsizlik içeren nakit akışların bugünkü değer hesabında kullanılmasının, gerçeği yansıtmama oranı üzerindeki etkisidir (Schroeder, 2007). Son olarak üçüncü ve en yaygın kullanılan yöntem tarihsel verilerin kullanılmasıdır. Bu yaklaşımda belirli bir zaman dilimi belirlenir ve bu zaman dilimi içerisinde bir finansal varlık için, örnek verilecek olursa hisse senedinin ortalama getirileri ile risksiz bir menkul kıymetin ortalama getirilerinin farkı alınarak, tarihsel risk primi hesaplanır (Bodie et al., 2009; Financial Times Limited, 1998).

Sistemik riskin göstergesi olan Beta katsayısı ise, bir hisse senedinin getirisinin pazar portföyünün getirisine duyarlılığını ifade etmektedir (Pike and Neale, 2003). Bu katsayı üç farklı yöntem ile tahmin edilebilmektedir. Birinci yöntemde, emsal gösterilebilecek varlıkların piyasa fiyatlarına ilişkin tarihsel veriler kullanılmakta; ikinci yöntemde, yatırımın yer aldığı sektör, operasyonel ve finansal kaldıraç gibi temel değişkenler kullanılmakta; üçüncü yöntemde ise muhasebe verilerine başvurulmaktadır. Tarihsel Beta yöntemi, birçok değerlendirme uzmanı, yatırımcı ya da analist tarafından tercih edilen geleneksel bir yaklaşımdır. Tarihsel Beta yaklaşımının bazı olumsuz durumları da mevcuttur. Bunlardan ilki sadece tarihsel verilere dayanarak hesaplanması ve gelecekte getiriye etkileyebilecek başka durumların göz önüne alınmamasıdır. Bir diğeri ise, geçmiş ile ilgili zaman içerisinde daha fazla bilginin elde edilmesi Beta değerinin de aynı süreklilikte değişimine neden olmaktadır. Bu yöntemin kullanılması geçmiş veriye sahip olunabilecek finansal ya da gerçek varlıklar için uygunken, yeni yapılan bir yatırım için henüz bir getiri tarihçesinin bulunmamasından kaynaklı uygun olmamaktadır. Bu durum için temel betaların hesaplanması daha uygun olacaktır (Tepeli, 2017). Temel betalar hesaplanırken

şirketin faaliyette bulunduğu süre içerisindeki hareketlilikleri esas alınır. Beta varlıklarla ilgili risk ölçütü olarak kullanıldığı için, belirsizliği yüksek olan ve ekonomik koşullara duyarlı büyük bütçeli yatırımlar için Beta değeri de daha yüksek olmaktadır. Sektörler arası yapılan yatırımlarda bu fark net bir şekilde görülmektedir. Örneğin enerji sektörüyle gıda sektörü arasındaki Beta değeri, birbirlerine göre oldukça farklı olacaktır. Muhasebe verileri kullanılarak yapılan Beta hesabında ise genellikle halka açık olmayan şirketlerin ve şirket hisselerinin işlem gördükleri fiyat üzerinden değil de üç ayda bir ya da yıllık bazdaki muhasebe kazançları kullanılarak yapılmaktadır (Damodaran, 2002).

İskonto oranı hesaplaması için gerekli son değer ise borcun maliyetidir. Şirketlerin varlıklarına yatırımlarını gerçekleştirebilmek için tahvil gibi benzeri finansman enstrümanları ya da faaliyetlerini yabancı kaynaklar (borçlar) ile finanse etmesi için finansal kuruluşlardan kredi kullanarak borçlanmayı ifade etmektedir. Bu şekildeki borçlanmalar için maliyet hesaplanırken kredi faiz oranı, tahvil getirisi ve sentetik derecelendirme yöntemleri, faiz, dosya masrafı, ekspertiz gibi çeşitli giderler de eklenerek, kullanılmaktadır (Hatipoğlu ve Yener, 2013). Kredi kullanan şirketler için borca ödenen faiz tutarı, vergi avantajı ile gider olarak gösterilebilmekte ve borcun maliyeti de bu şekilde vergiden sonra düşülen miktar ile ifade edilebilmektedir. Borcun vergiden sonraki maliyeti aşağıdaki denklemde gösterildiği şekildedir.

$$\text{Borç Maliyeti} = \text{Vergiden Önceki Borç Maliyeti} * (1 - \text{Vergi}) \quad (2.8)$$

2.3. Opsiyonlar

Tarihsel olarak opsiyon teorisinin uygulanması çok eski zamanlara dayanmaktadır. Antik Mari şehrinde (bugünün Suriye-Irak sınırında) milattan önce 1500-1800 yılları arasında metal ya da hububat gibi varlıklara dayalı hazırlanmış 20.000'den daha fazla sayıda tablet, bu konudaki zengin bir kanıt olarak görülmektedir (Bostan, 2007). Uygulamalardan bir diğeri de Finikeliler ve Romalılar arasında yapılan, gemilerle taşınan malların teslimatını konu edinen opsiyon sözleşmeleridir (Korkmaz, 1999). Astronomi ile ilgilenen Thales de zeytin hasılatının bir sonraki mevsim iyi olacağını öngörerek zeytin preslenmesi için hasat döneminden önce anlaşmalar yaparak yüksek kazançlar elde etmiştir. Thales'in yaptığı bu anlaşmalar opsiyon sözleşmelerinin başlangıcı olarak görülmektedir (Öztürk, 2010). 17. Yüzyılda Hollanda'da lale soğanları fiyatlarını kontrol etmek amacıyla da çeşitli opsiyonlar

kullanılmıştır. ABD’de 1790’lı yıllarda özellikle tarım ürünlerine dayalı opsiyonlar kullanılmaktaydı. Sonrasında 1800’lü yıllarda New York Menkul Kıymetler Borsası’nın (New York Stock Exchange) kurulmasıyla birçok işletmenin piyasalardan yararlanarak kâr elde etmek amacıyla New York’u dönemin önemli finans merkezi haline getirmişlerdir (Korkmaz, 1999). Opsiyon piyasalarının tam anlamıyla hareketlenmesi ve değer kazanması 1973 yılında Chicago Board Options Exchange’in (CBOE) kurulmasıyla olmuştur. CBOE’in açılış yapmasıyla birlikte opsiyonlar resmi borsalarda işlem görmeye başlamıştır. İkinci el piyasalarda alım ve satım da, opsiyon sözleşmeleri ile gerçekleşmeye başlamıştır. Alım opsiyonları CBOE’nin kurulmasından itibaren kullanılmaya başlanmış olup, satım opsiyonu piyasalarda 1977 yılından sonra işlem görmeye başlamıştır. Bundan kısa bir süre sonra da emtia, döviz, tahvil gibi birçok ürün hem alım hem de satım opsiyonları için işlemlere alınmıştır (Sarıaslan, 2006).

Opsiyon tercih etme anlamına gelen Latince kökenli bir kelimedir. En basit anlamıyla opsiyon, gelecekteki risk ve belirsizlik durumlarına karşı, yatırım yapılacak herhangi bir varlık için oluşabilecek artıştan kazanç imkânının yanında varlığın değerindeki bir düşüştü de korunma imkânına sahip olmaktır (Chambers, 2005). Günümüzde opsiyonlar daha çok hisse senedi, sabit getirili menkul kıymetler, emtia, döviz, endeks, faiz ve vadeli sözleşme üzerine yazılabilmektedir (Öztürk, 2010). Bu ürünlerin tamamı finansal opsiyonlar olarak piyasaya giriş yapmış olup, son 30 yılda da özellikle büyük bütçeli gerçek varlık yatırımları için geliştirilen reel opsiyonlar piyasada geleneksel yöntemlere göre büyük değişimler yaratmıştır. (Chambers, 2005). Yatırım öncesi planlamada ya da yatırım sonrası yeterli nakit akışın sağlanamadığı durumlarda belirlenen sınırın altına inmek istemeyen yatırımcı için opsiyon, kurtarıcı bir durum yaratmaktadır. Gelecekteki olası piyasa dalgalanmalarından etkilenme riskini almak istemeyen yatırımcılar opsiyon primi ödeme koşuluyla finansal opsiyon anlaşmaları yaparlar. Finansal opsiyon en basit tanımıyla, finansal bir varlığın belirli bir vade süresi içerisinde ve belirli koşullara bağlı olarak alma veya satma hakkıdır (Black and Scholes, 1973).

Diğer bir tanımla opsiyon, finansal bir yatırımı ya da gerçek bir varlığı belirlenen bir tarihte sabit bir fiyattan satma ya da alma hakkı sağlayan araçtır. Opsiyonu alan taraf, opsiyon için belirlenen vade süresi tamamlandığında bu hakkından vazgeçebilmektedir. Bu hakka sahip olmak yani almak ya da satmak opsiyon

sözleşmeleri ile gerçekleşmektedir. Opsiyon sahibi yani alıcı kişi söz konusu haklar için satıcıya prim ödemektedir. Söz konusu prime opsiyon fiyatı da denilmektedir. Opsiyon vadesi sonunda satıcının kazancı ödenen prim ile sınırlı iken, alıcının kârı duruma göre değişkenlik göstererek, sınırsız dahi olabilmektedir. Opsiyon alıcısının riski de yine yatırdığı prim ile sınırlı kalmaktadır (Özoğul ve Ülengin, 2011).

Risk opsiyon teorisi için kredi faiz oranı riski, kur riski, enflasyon riski, uyumluluk riski gibi çok çeşitli türlerin bazen tek bazen de bir kaçının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır (Demireli, 2007). Bu riskleri tamamen ortadan kaldırmak ya da etkilerini azaltmak amacıyla çeşitli enstrümanlar ya da türev ürünler kullanılmaktadır. Türev ürünler, getirisi başka bir kıymetin getirisine bağlanmış mali araçlardır. Maddi olan ve olmayan olarak piyasalarda sınıflandırılabilirler. En yaygın işlem gören türev ürünler emtia, hisse senedi, faiz, döviz gibi maddi varlıklardır. Opsiyon sözleşmeleri de diğer türev ürünler kadar finansal varlıklar üzerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Opsiyonları diğer türev ürünlerden ayıran en önemli fark, satın alınan hakkın kullanım zorunluluğunun olmamasıdır. Eğer opsiyon alındıktan sonra kullanılmak istenmezse bu haktan ödenen primle sınırlı kalınacak şekilde vazgeçilebilmektedir. Bir opsiyon sözleşmesinde yer alan temel kavramlar aşağıda belirtildiği şekildedir (Sayılğan, 2008; Suleimenov, 2009).

- Opsiyonun / Sözleşmenin tipi: Avrupa veya Amerikan tipi / Alım veya Satım opsiyonu Opsiyona konu varlık: Döviz, Hisse Senedi, Faiz vb.
- Kullanım fiyatı: Opsiyon hakkı için ödenecek fiyat
- Vade sonu: Opsiyonun kullanımına kalan sürenin bitimi
- Prim: Opsiyonun fiyatı

Opsiyon teorisi, varlıkların gelecekteki getirilerinin kesin ve net bir şekilde bilinmemesinden dolayı olasılık dağılımlarını dikkate alır. Finansal ya da gerçek varlıkların değerlerinin bu şekilde zamana bağlı olarak belirsiz bir şekilde değişmesi stotastik bir sürecin takip edildiğini tanımlamaktadır. Stotastik süreç, değişkenlerin zaman içindeki değişimlerinin net bir şekilde öngörülemediği ve bu değerlerin olasılıklar dâhilinde rassal olarak değiştiği süreç olarak da bilinmektedir (Brach, 2003; Lawler and Limic, 2010). Örneğin finansal varlık olan hisse senedi fiyatları günlük, haftalık, aylık hatta anlık değişim göstererek stokastik bir süreç meydana getirmektedir. Gerçek varlıklar içinde benzer durumlar mevcuttur. Bir enerji tesisinin değerini birden çok parametre ile belirlemek mümkündür. Bu parametrelerin her biri

ekonomik ömür boyunca piyasa koşullarına göre değişim gösterecektir. Bu değişimin kesin olarak nasıl, hangi yönde gerçekleşeceğini ya da miktarını öngörmek mümkün olmayacağı için bu süreci de stokastik bir süreç olarak tanımlamak uygun olacaktır. Stokastik süreç, kesikli zaman ve sürekli zaman olarak ikiye ayrılmaktadır. Kesikli zamanda, sadece belirli zamanlarda değişkenin değeri değişirken; sürekli zamanda değişkenin değeri herhangi bir anda değişebilmektedir. Stokastik süreçleri zamansal olarak ayırmanın mümkün olduğu kadar kesikli değişken veya sürekli değişken olarak sınıflandırma da mümkündür. Sürekli değişken zamanda olduğu gibi aynı mantıkla, belirli bir değer aralığı içinde herhangi bir değeri alabiliyorken; kesikli değişken de aynı aralıkta sadece belirli değerleri alabilmektedir (Bhattacharya and Waymire, 2021; Hull and White, 2015; Özoğul, 2005).

Stokastik süreçlerin en bilinenlerinden Geometrik Brownian Hareketi (GBH) (GBM- Geometrik Brownian Motion) ve Winer Süreci, hisse senedi, döviz kuru ya da yatırımlar için volatilitenin yani değişkenliğin fazla olduğu durumlarda fiyatların gelecekteki tahminlerini modellemek için kullanılmaktadır. Varlıkların değeri piyasalar ve çevre etkenler gibi birçok sebepten ötürü sürekli bir değişime maruz kalmaktadır ve olasılık dâhilinde gerçeğe en yakın olabilecek değerler öngörülebilmektedir (Bhattacharya and Waymire, 2021). Bu süreçlerde kesinlik yoktur sadece olasılıklar dâhilinde öngörülen değerler mevcuttur. Hiçbir piyasada da aksi bir durum gerçekleşmemekte olup sadece stokastik süreçte devam edilmektedir. Stokastik süreçler içerisinde Markov sürecinin de özel bir hali olan GBH, ekonomi ve işletme alanlarında yapılmış çalışmaların çoğunda, varlıkların zaman içerisindeki değişimini tanımlayan en önemli modeldir. Önceleri finansal opsiyonlar için kullanılırken sonrasında gerçek varlıkların değerlendirilmesi için yani reel opsiyon teorisinde de kullanılmaya başlanmıştır. Stokastik sürecin en bilindik ve önemli özelliği ise getirinin lognormal dağılıma sahip olduğudur. Yani değer artış ya da azalış gösterebilmektedir ama hiçbir zaman negatif bir değere sahip olamamaktadır (Paul and Baschnagel, 2013). Hisse senedi fiyatlarının veya yatırım projelerinin sürekli stokastik süreci takip ettiği kabul edilir (Spitzer, 2001). Markov sürecinde bir değişkenin o dönemki değeri, geçmiş dönemlerdeki değerlerinden tamamen bağımsız olduğu ve söz konusu değişkenin gelecekteki değerini tahmin etmede kullanılabilir verinin sadece cari dönem yani içinde bulunulan o döneme ait veri seti olduğu varsayılmaktadır (Lawler and Limic, 2010). Başka bir ifadeyle finansal ya da gerçek

varlığın değeri için geçmiş verilerin ya da bu döneme gelirkenki değişimlerinin, bir sonraki adımda kullanılmayacağıdır. Örneğin, Markov sürecini takip eden bir finansal varlık olan hisse senedi için gelecek tahminlerde bulunurken öngörülmeği sağlayan tek durum cari dönemdeki yani şu andaki durum olacaktır. Hisse senedinin bu dönemden önceki dönemlere ait verileri, gelecek için bir önem arz etmemektedir. Gelecek veriler için öngörüler kesin ve net bir şekilde olmayacağından dolayı olasılık dağılımları ile süreç tanımlanacaktır. Sürecin Markov özelliğine sahip olması için, varlıkların belli bir gelecekteki değerine ilişkin olasılık dağılımlarının, geçmiş verilerden tamamen bağımsız olarak tanımlanmasını gerektirmektedir (Hull and White, 2015).

2.3.1. Opsiyonların Değerini Etkileyen Faktörler

Opsiyonların değerini etkileyen faktörler dayanak varlığın fiyatı, kullanım fiyatı, vadeye kalan süre, volatilité, risksiz faiz oranı ve temettüdüdür. Opsiyon değerlendirme yöntemleri ile hesaplamalar yapılırken de bu parametre değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

2.3.1.1. Dayanak Varlığın Fiyatı

Hem alım hem de satım opsiyonu için, opsiyon sözleşmesinden elde edilecek kazanç, dayanak varlığın fiyatı ile opsiyonun kullanım fiyatı arasındaki farkı ifade etmektedir (Öztürk, 2010). Alım opsiyonunda yatırımcı, opsiyon sözleşmesinde belirlenen dayanak varlığın fiyatının vade sonunda kullanım fiyatına göre daha yüksek olacağını varsayarak, satım opsiyonu için de bu durum alım opsiyonun tam tersi düşünülerek, opsiyon sözleşmesi yapılmaktadır. Sonuç olarak dayanak varlığın fiyatı, yatırımdan elde edilecek gelir ile doğru orantılı olarak etkilenmektedir. Alım opsiyonunda dayanak varlığın fiyatındaki artış opsiyonun değerini yükseltirken, satım opsiyonunda fiyat artışı, opsiyon değerini düşürmektedir.

2.3.1.2. Kullanım Fiyatı

Opsiyonun kullanım fiyatı, varlığın opsiyon sözleşmesinde alım ya da satımı için belirlenen fiyattır. Literatürde işleme koyma fiyatı olarak da adlandırılmaktadır. Başka bir ifadeyle opsiyon sözleşmelerinde alıcı ve satıcının anlaştıkları fiyattır. Opsiyon ancak kullanılmaya karar verildiğinde geçerli olmaktadır (Bostan, 2007). Alım opsiyonunda kullanım fiyatındaki artış opsiyonun değerini düşürürken satım

opsiyonunda bu durum tam tersi olmaktadır. Satım opsiyonlarında kullanım fiyatının artması aynı şekilde opsiyonun değerini de artırmaktadır.

2.3.1.3. Vadeye Kalan Süre

Opsiyon alıcısının opsiyonu işleme koyabileceği son tarihtir. Amerikan tipi opsiyonlarda vadeye kalan süre uzadıkça opsiyonun da değeri arttığından, vadesi uzun olan opsiyonun fiyatı da yüksek olacaktır (Öztürk, 2010). Avrupa tipi opsiyonlarda ise opsiyon vade sonuna kadar kullanılamayacağından dolayı, vade süresince ortaya çıkacak gelişmelerden kaynaklı, vadesi uzun olan opsiyon değerine göre daha olumsuz etkilenebilecektir (Özoğul ve Ülengin, 2011). Çünkü bir opsiyon sözleşmesinde vade ne kadar uzun olursa opsiyon ile ilgili belirsizlikler ve riskler artacağından opsiyonun fiyatı da artacaktır. Opsiyonun vade süresi arttıkça hem alım hem de satım opsiyonunun değeri artmaktadır.

2.3.1.4. Volatilité

Borsa Terimler sözlüğüne göre volatilité, bir menkul kıymetin kısa vade içerisinde fiyatındaki iniş ve çıkışları ifade etmektedir. Varlığın fiyatındaki oynaklık olarak da ifade edilen volatilitenin yüksek olması, fiyattaki belirsizliklerin ve dalgalanmaların fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Volatilité, standart sapma olarak da ifade edilebilmektedir. Dalgalanmanın ve oynaklığın fazla olduğu durumlar için sabit bir standart sapmadan bahsetmek çok zordur. Getirilerdeki yüksek fiyat değişkenliği, belirsizliğinde fazla olduğunu ifade etmekte olup, doğru orantılı olarak opsiyon değerinin artmasına da neden olmaktadır. Volatilité hesabında yaygın olarak, varlığın fiyatındaki belirsizliğin standart sapmasının bulunmasıyla, yıllık ve yüzdelik olarak ifade edilen tarihsel volatilité kullanılmaktadır (Hull and White, 2015; Öztürk, 2010).

Varlığın içerdiği riskin ve belirsizliğin artması volatilité değerini artırırken, volatilité değerinin artması da aynı şekilde hem alım hem de satım opsiyonunun değerini artırmaktadır (Damodaran, 2005).

2.3.1.5. Risksiz Faiz Oranı

Risksiz faiz oranının yüksek olması, opsiyonun kullanım fiyatını düşürürken, elde edilecek gelir miktarını da artırmaktadır. Hull (2009)'a göre risksiz faiz oranının artması, opsiyondan beklenen getiriyi artırmasına rağmen, belirli bir zaman sonra beklenen getirilerin bugünkü değerini düşürmektedir. Bundan dolayı, risksiz faiz

oranının artması alım opsiyonunun değerini yükseltirken, satım opsiyonunun değerinin azalmasına neden olmaktadır.

2.3.1.6. Temettü

Kâr payı dağıtımını olarak ifade edilen temettü, rakiplere kaptırılan fırsat maliyeti olarak da tanımlanmaktadır. Bir varlığın temettü dağıtması getiri kaybı olarak görülmektedir. Aynı zamanda bu durum alım opsiyonunun değerini de düşürmektedir. Satım opsiyonu için ise temettü dağıtımını opsiyon değerini artıran bir durumdur (Hull, 2009).

Tablo 2.8’de opsiyon değerini etkileyen faktörlerin değerlerindeki artışın alım ve satım opsiyonlarını nasıl etkilediği gösterilmektedir.

Tablo 2.8. Alım ve satım opsiyonunu etkileyen faktörler

Opsiyon Değerini Etkileyen Faktörler	Alım Opsiyonu Değeri	Satım Opsiyonu Değeri
Dayanak Varlığın Fiyatı	Artar	Azalır
Kullanım Fiyatı	Azalır	Artar
Vadeye Kalan Süre	Artar	Artar
Volatilité	Artar	Artar
Risksiz Faiz Oranı	Artar	Azalır
Temettü	Azalır	Artar

2.3.2. Opsiyon Türleri

Opsiyon sözleşmeleri taraflarına göre Alım ve Satım; vadelerine göre Avrupa ve Amerikan; kârlılık durumlarına göre de Kârda, Başa Baş ve Zararda opsiyonlar olmak üzere ayrılmaktadırlar. Aşağıdaki bölümlerde opsiyon türleri detaylı olarak anlatılmaktadır.

2.3.2.1. Taraflarına göre Opsiyonlar

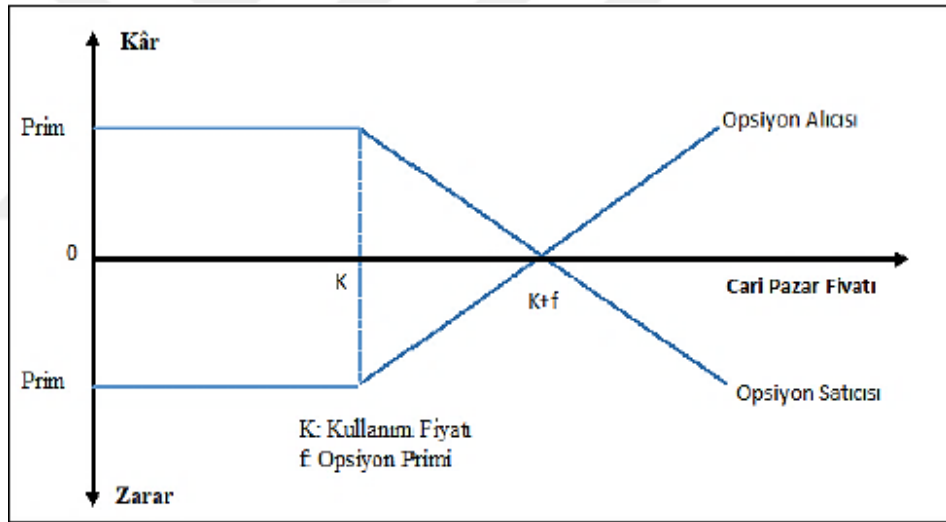
2.3.2.1.1. Alım ve Satım Opsiyonu

Genel olarak ifade edilecek olursa alım opsiyonu, opsiyona konu varlığın belirli bir fiyat üzerinden alım hakkını; satım opsiyonu da aynı varlığın belirli bir fiyattan satım hakkını ifade etmektedir.

Alım opsiyonları opsiyon alıcısına herhangi bir sorumluluk yüklemeyiz, alıcının istediği zaman ödediği opsiyon primi karşılığında vazgeçme olanağı vardır. Opsiyon

satıcısının ise alıcının opsiyonu kullanmaya karar vermesi durumunda zorunlu bir sorumluluğu vardır (Hull, 2009). Opsiyonun sahibi, vade tarihinde veya vade tarihine kadar, kârlı olduğunu veya zararını azaltabileceğini düşündüğü durumlarda opsiyonu kullanma hakkına sahiptir. Ayrıca alıcı, opsiyon sözleşmesi için anlaşmanın başında opsiyon primini ödemek zorundadır.

Bir yatırımcı, sahip olmak istediği varlığın fiyatının gelecekte yükseleceğini öngörüyorsa yani piyasa fiyatının vade bitiminde kullanım fiyatından yüksek olacağını tahmin ediyorsa alım opsiyonunu satın alır. Alıcı, opsiyon vadesi geldiğinde, opsiyonu satın aldığı zamanki tahminleri doğru ise, opsiyonu kullanmaya karar verir. Alıcının fiyat karşılaştırmasında dikkat edeceği husus kârlı bir yatırım olup olmayacağıdır (Ansbacher, 2000). Opsiyona konu olan varlığın elde edeceği kâr ile ilgili bir üst sınır bulunmadığı gibi aynı durum, satıcının zararı için de geçerli olacaktır. Alıcı ve satıcı arasındaki bu ters orantılı durum Şekil 2.31’de gösterilmektedir.



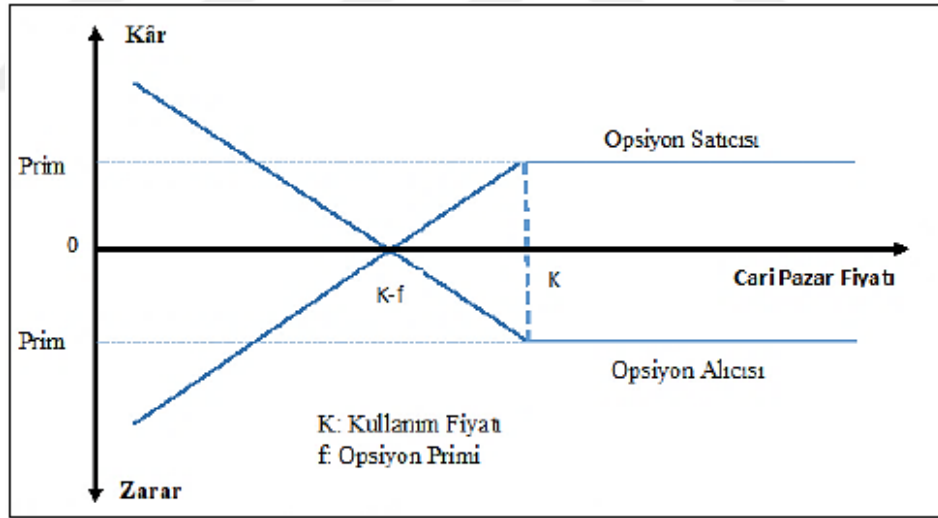
Şekil 2.31. Alım opsiyonu (Ansbacher, 2000)

Konu ile ilgili sayısal bir örnek verilecek olursa, bir yatırımcı 2,000 TL opsiyon primi ödediği 1 yıl vadeli opsiyon sözleşmesinde tanesi 5,000 TL’den 10 adet hisse senedi almıştır. 1 yıllık vade sonunda hisse senedi fiyatları 7,000 TL’ye çıktığı varsayılırsa, yatırımcının opsiyonu kullanması kârlı bir durum olacaktır. Bu durumda 10 adet hisse için vade sonu fiyatı olan 70,000 TL’den opsiyonun alındığı 50,000 TL ve alıcının ödediği 2000 TL opsiyon primi çıkartıldığında 18,000 TL kâr edilerek işlem tamamlanmaktadır. Burada satıcının tek kârı, alıcının ödediği opsiyon primi kadar olmaktadır. Tam tersi durumu düşünecek olursak, 1 yıl vade sonunda 5000 TL’den

alınan hisse senedi fiyatları 3000 TL'ye düşerse bu kez alıcı zarar edeceğini bilerek opsiyonu kullanma hakkından vazgeçecektir. Bu durumda alıcının zararı opsiyon primi ile sınırlı kalmaktadır.

Satım opsiyonu, opsiyonu alan tarafa bir varlığı belirli bir tarihte belirli bir fiyata satma hakkı veren sözleşmelerdir. Bu tip sözleşmelerde opsiyon vade bitimine kadar, istenilen zamanda kullanılabilir (Hull, 2009). Sözleşme sahibi satma hakkını, opsiyon primini ödeyen alıcı tarafa, alıcı da hâlâ vazgeçmediyse, vermek zorundadır.

Yatırımcı ilgilendiği varlığın ileride piyasa fiyatının düşeceğini öngörebiliyorsa satım opsiyonunu almak ister. Öngörüsü doğru çıkarsa yüksek fiyata sattığı varlığı piyasadan yeniden düşük fiyata alarak kâr etmesi mümkün olacaktır. Durum tam tersi yönde gelişirse bu kez opsiyonu daha yüksek bir piyasada satarak zarar etmek yerine piyasa koşullarının yükselmesini bekleyerek opsiyonu kullanmaktan vazgeçecektir. Bu durumda opsiyon sahibi sadece ödediği opsiyon primi kadar zarar edecektir. Satım opsiyonunun alıcı ve satıcı için doğurduğu kâr/zarar durumu Şekil 2.32'de gösterilmektedir.



Şekil 2.32 Satım opsiyonu (Ansbacher, 2000)

Bu konu bir örnekle açıklanacak olursa, bir yatırımcının 1,000 TL ödediği opsiyon primi karşılığında, piyasada tanesini 2,000 TL'den aldığı 10 adet hisse senedinin piyasa fiyatları 1,500 TL'ye düştüğünde, satım opsiyonu hakkını kullanacaktır. Tanesi 2,000 TL'den aldığı hisse senetlerini 1,500 TL'ye yeniden piyasadan alabilecek ve bu opsiyon sözleşmesinden 6,000 TL kâr elde edecektir. Tam tersi durum ile karşılaşırsa yani 1,500 TL'den alınan hisse senetleri 2,000 TL'ye

yükselirse bu kez satıcı opsiyonu zarar edeceği için kullanmaktan vazgeçecek, zararı ilk başta ödediği 1,000 TL'lik opsiyon primi kadar olacaktır.

2.3.2.2. Vadelerine göre Opsiyonlar

2.3.2.2.1. Amerikan ve Avrupa Tipi Opsiyonu

Amerikan tipi opsiyon yatırımcıya, vade bitimine kadar olan süre içerisinde herhangi bir zaman diliminde opsiyonu kullanma hakkı sunmaktadır. Hangi zamanda kullanılacağı belli olmamasından ve kullanılacak zamanki piyasa şartlarının bilinmezliğinden kaynaklı satıcı tarafından daha riskli olarak algılanmakta ve bu nedenle opsiyon primi daha yüksek tutulmaktadır (Öztürk, 2010).

Avrupa tipi opsiyonun kullanım hakkı ise sadece sözleşmede belirtilen tarihte yani vade sonunda olabilmektedir. Bu durum alıcı için esnekliği azaltırken, satıcı için de risk faktörünü düşürmektedir (Öztürk, 2010). Riskin azalması, opsiyonun değerini azalttığı için Amerikan tipi opsiyonlara göre daha az tercih edilmektedir. Bu durumun yanı sıra Luehrman (1998), Avrupa tipi opsiyonların, Amerikan tipi opsiyonlara göre daha kolay işleme konulabilmesi nedeniyle avantaj sağladıklarını da belirtmiştir.

2.3.2.3. Kârlılık Durumlarına göre Opsiyonlar

2.3.2.3.1. Kârda Opsiyonlar

Vade süresi boyunca opsiyonun kullandığı durumlarda sahibine getiri elde ettiren opsiyonlara kârda opsiyonlar denir. Alım opsiyonlarında dayanak varlığın kullanım fiyatı piyasa fiyatından düşük, satım opsiyonlarında ise dayanak varlığın kullanım fiyatı piyasa fiyatından yüksek olduğu durumlarda opsiyon kârda demektir (Hull et al., 2005).

Alım opsiyonlarında yatırımcı opsiyon sözleşmesine konu olan varlığı ucuza alıp, vade sonunda daha pahalıya piyasada satarak kâr elde edebilecektir. Bu durum bir örnekle açıklanacak olunursa, opsiyon sözleşmesinde kullanım fiyatı 500 TL olan bir varlığın piyasa fiyatının 800 TL olduğu varsayıldığında bu alıcı için kârlı bir durum olacaktır.

Kârda opsiyonlar satım opsiyonu açısından örneklendirecek olunursa, opsiyon sözleşmesinde varlığın kullanım fiyatı 600 TL ve piyasa fiyatı 400 TL olduğu öngörüldüğünde, satıcı yüksek değerli kullanım fiyatı üzerinden varlığı satıp, aynı varlığı piyasadan 200 TL daha ucuz alarak kâr elde edebilecektir.

2.3.2.3.2. Başa Baş Opsiyonlar

Dayanak varlığın kullanım fiyatı ile piyasa fiyatının eşit olduğu alım veya satım opsiyonlarına başa baş opsiyonlar denilmektedir (Hull et al., 2005). Başa baş opsiyonların varlık üzerinde uygulanması durumunda, opsiyon sahibi kişi için ne kâr ne de bir zarar durumu olmayacaktır.

2.3.2.3.3. Zararda Opsiyonlar

Kârda opsiyonlarda olduğu gibi zararda opsiyonlar içinde alım ve satım opsiyonlarını değerlendirmek mümkündür. Alım opsiyonlarında dayanak varlığın kullanım fiyatı piyasa fiyatına göre yüksek; satım opsiyonlarında ise kullanım fiyatı piyasa fiyatından düşük ise opsiyon zararda olarak ifade edilmektedir (Hull et al., 2005).

Zararda opsiyonlar alım opsiyonları için örneklendirilecek olunursa, opsiyon sözleşmesindeki kullanım fiyatının 1000 TL olduğu bir varlığın piyasa fiyatının 700 TL'ye düşmesi alıcı için zararda bir durum olacaktır. Bu durumda alıcının edinmek istediği varlığı opsiyon sözleşmesi ile değil, piyasadan uygun bir fiyat ile alması daha ekonomik olacaktır.

Satım opsiyonları için zararda opsiyonlar örneklendirilecek olunursa, opsiyon sözleşmesinde kullanım fiyatı 700 TL'lik varlığın piyasa fiyatının 1000 TL olduğu öngörüldüğünde bu durum satıcı için zararda bir durum olacaktır. Satıcı taraf ucuz sattığı varlığı piyasadan daha pahalıya almak zorunda kalacaktır.

2.4. Reel Opsiyonlar

Reel opsiyonlar, gerçek varlıkları konu edinen opsiyon sözleşmelerini ifade etmektedir. Bu tanımda gerçek varlıklar olarak kast edilen emtia, hisse senedi, tahvil gibi finansal varlıklar dışındaki sabit, kalıcı ve taşınmaz nitelikteki varlıklardır. Belirli bir bilgi dâhilinde karar verme özgürlüğü olarak ifade edilen opsiyon kavramı, seçimli hareket veya seçim gücü gibi anlamlar da taşımaktadır. Buna göre reel opsiyonlar, stratejik hedeflere ulaşmada ve işletme değerini maksimize etmede kullanılan, yönetime hak tanıyan fakat zorunluluk yüklemeyen, reel varlıklar üzerinde gerçekleştirilen bir yönetsel karar mekanizması olarak tanımlanabilir (Brach, 2003; Mun, 2003).

Reel opsiyonlara başlarda akademik çalışmalarda daha sık rastlanmış olsa da günümüzde yatırımcılar için avantajlı bir durum yaratarak uygulanabilir olması ile değerlendirme çalışmalarında da aktif rol oynamaktadırlar (Broyles, 2020). İlk kullanım alanı olan petrol ve doğal gaz endüstrisinden sonra diğer endüstriyel sektörler için de kullanılmaya başlanmıştır (Borison, 2005). Özellikle yenilenebilir enerji tesisleri gibi büyük bütçeli ve bundan kaynaklı belirsizlik ve risk durumunun fazla olduğu yatırım projeleri için oldukça fazla tercih edilmektedir.

Black ve Scholes (1973) tarafından başlarda finansal varlıklar için geliştirilen opsiyon teorisi, reel opsiyon teorisinin de temelini oluşturmuştur. Bu teori, yatırımdan ekonomik ömür sonunda elde edilecek kârın, piyasa koşullarına göre değişkenlik gösterecek proje parametrelerinin içerdiği risk ve belirsizlik durumlarını modele dâhil ederek sonuca ulaşmaktadır. Opsiyonlar, finansal varlıklar olan hisse senedi, tahvil veya döviz gibi ürünlerin opsiyon sahibine belirsizlik durumlarında opsiyonu alım ya da satım, devam etme ya da terk etme gibi haklar tanırken benzer olarak reel opsiyonlara konu olan büyük bütçeli yatırımlar için de çeşitli esneklikler sunmaktadır (Copeland and Antikarov, 2001). Bu esneklikler planlama ve değerlendirme aşamalarında kullanılabilirdiği gibi piyasalardaki olumlu ya da olumsuz gelişmeler sonrasında yeniden değerlendirme yapılarak da kullanılabilirlerdir. Buradaki amaç kârın maksimum seviyede, hangi şartlarda ve zamanda elde edileceğini öngörmek ve zarar riskinin en aza indirilmesi yoluyla yatırımın ve yatırımcının çıkarlarına en uygun şekilde hareket edilmesini sağlamaktır (Lambrecht, 2017; Mun, 2012).

Reel opsiyonlar, belirsizliğin fazla olduğu enerji yatırımları için oldukça kullanışlı bir yöntemdir (Bazilian et al., 2013). Yenilenebilir enerji yatırımlarının, ekonomik ömürlerinin uzun olması ve uzun yıllar belirsizlik ve risk faktörlerinin proje üzerindeki etkilerinin tam olarak öngörülememesinden kaynaklı, stokastik bir süreci takip etmektedirler (Mun, 2006). Bu nedenle büyük bütçeli enerji yatırımlarının değerlemesinde riski sabit bir iskonto oranıyla hesaplamaya dâhil eden NBD yöntemi yerine reel opsiyon değerlendirme yöntemlerinin kullanılması tercih edilmelidir. Reel opsiyonlar geleneksel yöntemlerden farklı olarak belirsizlik ve risk faktörlerini modellere dâhil ederek ve olası durumlarda yatırımcıya erteleme, genişleme ya da terk etme gibi seçenekler sunarak, geleneksel değerlendirme yöntemlerine göre daha yüksek ve kabul edilebilir sonuçlar vermektedir. Böylelikle reel opsiyon yöntemi ile değerlendirilen yatırımlardan elde edilebilecek maksimum kâr miktarı da yatırımcıya

sunulabilmektedir (Trigeorgis, 1995). Doğal kaynak yatırımları için reel opsiyonlarla değerlendirme yaklaşımını ilk olarak Brennan ve Schwartz (1985) kullanmıştır.

Reel opsiyonlar, yeni projelerin kârlılığını hesaplamak, devam eden projeler için de sonraki adıma geçip geçmemek ve eğer geçilecek ise bunun için uygun zamanı tespit etmek için kullanılabilir bir yöntemdir. Örneğin “Bir şirket yeni bir e-ticaret yatırımı için para harcamalı mı?”, “İlerleyen dönemlerde şirket genişlemeye gitmeli mi?” ya da “Ertelense daha kârlı bir yatırım olur mu?” gibi sorulara cevap arayarak geri dönülemez kararlar vermenin de önüne geçilebilmektedir. Yanlış kararlar birçok işletme için kötü sonuçlar doğurabilir. Geleneksel proje değerlendirme yöntemleri ile bu sorulara yanıt bulunamamaktadır. Çünkü bu yöntemler yatırım sürecini durgun ve tek kademeli karar alma süreci olarak varsayarlar. Reel opsiyonlar yöntemi ise belirsizlik şartlarında esnekliği ortaya koyarak uygun zamanda opsiyonun kullanımı ya da terk etme gibi farklı seçenekleri göz önünde bulundurur (Mun, 2012). Bu nedenle belirsizliğin çok fazla olduğu ve elde edilecek bilgilerle bu belirsizliğin azaltılabileceği durumlarda, opsiyonu uygulamaya koymak ideal bir yöntemdir. Belirsizlikler aynı zamanda yeni fırsatlar da sunabilir. Belirsizlik arttıkça, esneklik değeri de artar; bu yüzden opsiyonun değeri de artmış olur. Reel opsiyonlar, işletmelerin opsiyonlarını açık tutmakla yarar sağlayacaklarını savunan bir yaklaşımdır (Broyles, 2020).

Gerçek hayatta birçok yatırım projesi geri dönülemez karaktere sahip olmakla birlikte ertelemeye de uygundur. Yatırımın yapılması yönünde verilmiş bir karar, bekleyerek piyasa ile ilgili yeni bilgilerin elde edilme şansını ortadan kaldırmakta, bu da opsiyonun kullanılmaması 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 değişimlerin olabilmesi nedeniyle yukarıda yer verilen problemlerin çözümüne yardımcı olmaktadır (Dixit and Pindyck, 1995). Geleneksel İNA yöntemi yatırım değerlemede, sonucun pozitif çıkması halinde 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 and Cowan, 2009). Analiz, NBD'si negatif veya başa baş noktasına yakın olan

projeler bakımından öne çıkmaktadır. Bu durumun nedeni ise, reel opsiyon analizinin geleneksel yöntemlerin hesaplamadığı değerleri ortaya çıkartabilmesinde yatmaktadır (Mun, 2002).

Yatırımlarda reel opsiyonların kullanımı oldukça geniş bir metodolojiye sahiptir. Literatürde metodoloji için önemli gelişmelerin sağlandığı düşünülen çalışmalara bu paragrafta yer verilmiştir. Castelli (1877), piyasa profesyonellerine opsiyonların riskten korunma ve spekülasyon yönünü tanıtmak amacıyla “The Theory of Options in Stocks and Shares” adlı kılavuz niteliğinde bir kitap yazmış ancak teorik bir temel sunamamıştır. Sprenkle (1961), piyasaya yönelik beklentileri ve risk tercihlerini ön plana çıkartarak, karmaşık ve çok problemlili olan parametrelere dayalı, bir fiyatlama formülü geliştirmiştir. Samuelson (1965), opsiyon sözleşmesinin hisse senedinden farklı risk seviyelerindeki hareketlerini gözlemlemiş ve hisse senedinin fiyatının sürekli pozitif değerler alacak şekilde GBH’yi izlediğini öngörmüştür. Kassouf ve Thorp (1967), menkul kıymet aracı olan varantlar için, gerçek varant fiyatlarına uyan bir eğrisel fonksiyon yardımıyla deneysel amaçlı bir değerlendirme formülü elde etmişlerdir. Samuelson ve Merton (1969), opsiyon fiyatının, hisse senedi fiyatının bir fonksiyonu olarak ifade edilmesi gerektiğini öne sürerek, fiyatlama teorisinde bir ilerleme sağlamışlardır. Black ve Scholes (1973), opsiyon sözleşmelerinin değerini belirlemek için analitik bir yöntem geliştirmişlerdir. Yöntem, Chicago Opsiyon Borsası’nın faaliyete geçmesiyle birlikte kullanılmaya başlanarak borsanın işlem hacminin artmasına katkı sağlamıştır. Bachelier (1990), “Theorie de la Speculation Spekülasyon Teorisi” başlıklı doktora tezinde, opsiyon fiyatlaması ile ilgili ilk analitik değerlendirme modelini sunmuştur. Metodolojinin bu kısmına kadar opsiyonların, finansal varlıklar üzerindeki kullanımının tarihteki gelişimine verilmiştir.

Bu paragrafta ise reel opsiyonlara geçiş sürecinin, farklı yatırımlar üzerindeki uygulama şekillerine yer verilmiştir. Margrabe (1978), yatırımında genişleme seçeneğini uygulamak üzere Black-Scholes modelini kullanmıştır. Cox vd. ve Tourinho (1979), opsiyon fiyatlamadaki ilk kafes modeli olan binomial yöntemi geliştirmişlerdir. Sonrasında Binomial yöntem ile Black-Scholes yöntemini basitleştirerek, formülün kullanım alanını genişletmişlerdir. Ayrıca Cox et al. ve Tourinho reel opsiyon yöntemlerini doğal kaynaklar alanında kullanan ilk öncülerdir. Stulz (1982) iki alım opsiyonunu, değiştirme opsiyonu ile birleştiren bir modeli reel opsiyonlar çerçevesinde uygulamıştır. Myers (1984), geleneksel İNA yaklaşımlarının

büyük bütçeli yatırımlara stratejik yaklaşmadığını ve reel opsiyonlarla proje değerlemenin avantajlarından bahsetmiştir. Aase; Brennan ve Schwartz; Titman (1985), fiyatlama yöntemlerini doğal kaynak yatırımlarına uygulamışlardır. Opsiyon modeli ile bir madenin çalışmasının durdurulması veya işin tamamen bırakılmasına ilişkin çalışmalar yürütmüşlerdir. Boş bir arsanın değerini bulmak için de reel opsiyonları ilk kez kullanmışlardır. Ayrıca ani artış ve azalışlara sahip ar-ge değerleri için oldukça genel bir kavramsal model geliştirmişlerdir. Kulatilaka; Paddock et al. (1988), obeziteyi tedavi eden bir ilacın geliştirilmesi ile ilgili, büyüme opsiyonunu kullanarak gelecek için öngörülerde bulunmuşlardır. Triantis ve Hodder (1990), birden çok varlık arasındaki korelasyonu dikkate alan ve değiştirme opsiyonunu çalışmaya dâhil eden, esnek üretim sistemlerini değerlemek için bir model geliştirmişlerdir. Petrol işleme sektöründe durdurma ve iptal etme üzerine de çalışmaları mevcuttur. Hermelot (1992), termal güç kaynaklarının çevreye verebileceği zarar üzerine, yatırım kararı alma konusunda reel opsiyonlarla değerlemeler yapmışlardır. Quigg (1993), arsaların değerlerini reel opsiyonlarla analiz eden, bölgesel bir çalışma yapmıştır. Kumar (1996), reel opsiyonlarla yeni bilişim teknolojileri yatırımlarını değerlemiştir. Amram vd.; Childs ve Triantis (1999), dinamik ar-ge yatırım politikalarını incelemişler ve ar-ge programlarını reel opsiyonlarla değerleyerek, fizibilite çalışmaları yapmışlardır. Trigeorgis (1999) reel opsiyonları ar-ge projeleri, internet ticareti, esnek işletim sistemleri, şirket birleşmeleri, işletmelerin kazançları hatta küresel ısınma ve çevresel politikalara kadar pek çok alanda kullanmıştır. Castro; Schwartz ve Moon (2000), termal güç santrallerinin maliyetlerini sıfır korelasyonlu stokastik değişkenler olarak ele almış ve kullandığı opsiyon modeline, başarı ya da başarısızlığı temsil eden bir Poisson bileşeni eklemiştir. Huchzermeier ve Loch (2001), ar-ge alanına özgü belirsizlik türlerini tanımlanmışlar ve bunları dikkate alan reel opsiyon modelleri geliştirmişlerdir. de Neufville.; Lint ve Pennings; Louberge vd. (2002), nükleer enerji kaynaklarının çevreye verebileceği zarara ilişkin reel opsiyonları kullanarak çalışmalar yürütmüşlerdir. Aynı zamanda birbirine alternatif olan benzer teknolojik standartlara sahip iki santralin, aynı anda yatırım yapma opsiyonunu değerlemek için bir model geliştirmişlerdir. Mühendislik tasarımlarına ilişkin de, reel opsiyonları ayrı bir kategoride değerlendirecek çalışmalar yapmışlardır. Cui et al. (2004), karayolu inşaatı ihaleleri için garanti çözümler sunabilecek bir opsiyon modeli geliştirmişlerdir. Dias (2005), reel opsiyon teorisini, oyun kuramı ve genetik algoritma ile birleştirerek modele yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Tibben-

Lembke ve Rogers (2006), lojistik ve ulaştırma alanında ilk kez reel opsiyonlar yaklaşımını kullanmışlardır. Bu alışma alanları dışında yenilenebilir enerji santrali değerleme analizleri için sıklıkla kullanılan reel opsiyonlar ile ilgili yürütülmüş diğer alışmalar, “Kaynak zetleri” bölümünde detaylı literatür araştırması ile verilmiştir.

2.4.1. Reel Opsiyonların Enerji Yatırım Projelerinde Kullanımı

Yenilenebilir enerji kaynakları, evre ve sürdürülebilirlik kaygıları nedeniyle günümüzde önemli bir konu haline gelmiştir. Enerji santrallerinin ekonomik ömür sürelerinin uzun olması belirsizliğin artması durumunu da beraberinde getirmektedir. Bir yatırım projesinin içerdiği belirsizlikler, geleneksel değerleme yöntemleri için olumsuz bir durum oluştururken, reel opsiyonlarla değerleme de tam tersi bir durum oluşturarak, yatırımın değerinin artmasını sağlamaktadır. Büyük btli yatırım değerlemeleri için düşük NBD elde edilerek projenin reddedilmesi yerine, opsiyon değerinin proje değerine eklenmesiyle, yüksek bir yatırım değeri elde etmek tercih edilecek bir durum yaratmaktadır. Bu noktada da yatırımcılar için reel opsiyonlar ön plana çıkan bir uygulama olmaktadır.

Amram ve Kulatilaka (1999), reel opsiyonların enerji sektöründe kullanımının önemini şu şekilde özetlemiştir;

- Koşullu bir yatırım kararı olduklarında,
- Belirsizlik, beklemenin mantıklı olacağı ve erteleme, genişleme, terk etme gibi esneklik faktörüne ihtiyaç duyulacak kadar büyük olduğunda,
- Ekonomik mr boyunca, projede güncelleme ve değişimler yapılması gereken durumlarda tercih edilmesi avantajını savunmaktadır.

Daha spesifik olarak enerji sektöründeki uzmanlar ve yatırımcılar  nedenden dolayı reel opsiyon teorisini desteklemektedirler. Bunlar,

- Stratejik yatırım kararları vermek ve üretim maliyeti açısından farklı tipteki tesisler arasından seçim yapmak,
- Kr ve zarar dağılımları, işletme bünyesinde risk yönetimi gz önünde bulundurulurken fiziksel üretim varlıklarını finansal sözleşmelerle entegre etmek,
- Yatırım kararı ertelenen bir tesisin, reel opsiyon yöntemleri ile kür edilen bir tesis olarak kurulabileceği için tercih edilmesi avantajını savunmaktadırlar (Mun, 2006).

Reel opsiyonlar akademisyenler tarafından sermaye bütçeleme ve yatırım değerlendirme için bir araç olarak geniş çapta kabul görmektedir. Uygulamadaki zorluklar, reel opsiyonların enerji sektöründe gördüğü ilgiye rağmen, az talep görmesine neden olmaktadır. Danimarka, Norveç ve İsveç'teki 1500 büyük şirkette yapılan anket, finans müdürlerinin sadece %6'sının reel opsiyon kullanmayı tercih ettiklerini göstermiştir (Horn et al., 2015). Kullanmayanların %58'i bu duruma neden olarak, çok fazla karmaşık olduğu gerekçesini savunmuşlardır. Ayrıca volatilitenin sadece proje tasarımındaki uzman kişiler tarafından belirlenebilmesi, proje yöneticilerinin tasarım kısmıyla ilgili bilgi eksikliklerinin bulunması gibi etkenler de neden olarak gösterilmiştir. Yine aynı anket sonuçlarına göre reel opsiyonlar ile ilgili aşağıda açıklandığı şekilde, olumlu yaklaşımlarda da bulunulmuştur. Bu görüşler,

- Kavramsal olarak anlaşılmasının kolay olması,
- Enerji sektörü için gerçekçi hipotezlere dayanması,
- Değerleme sonucunda proje değerinin geleneksel yöntemlere göre daha olumlu sonuçlar vermesi,
- Yatırımın ekonomik ömrü boyunca risk ve belirsizliklerinin öngörülebilmesi,
- Hangi enerji santraline ne zaman yatırım yapılması gerektiğine karar verilebilmesi, nicel ve stratejik veriler sağlaması, kamu ve özel sektörün bu çerçevede değerlendirme yapmaya istekli olması, şeklindedir (Brach, 2003).

2.4.2. Yatırıma ait Belirsizlikler

Reel opsiyonlarda belirsizlik, volatilitenin değişkeni ile ifade edilmektedir. Finansal opsiyonlarda volatilitenin, dayanak varlığın tarihsel verilerinden hareketle elde edilebilirken, gerçek yatırım projelerinde bu değişkenin tam olarak hangi parametrelerin belirsizliğinden kaynaklandığı dahi soru işaretidir. Reel opsiyonlarda bu belirsizlik durumu, yatırımın cinsine göre değişebilmektedir. Eğer bu değişken ağırlıklı olarak tek bir parametreden etkileniyorsa ve bu parametrenin tarihsel verileri mevcutsa, tarihsel volatilitenin/oyunluk kullanılabılır. Ancak çoğu zaman nakit akışları belirleyen birden çok etken mevcuttur. Şekil 2.33'te farklı yayınlarda tanımlanan belirsizlik kaynakları gösterilmektedir.

Belirsizlik Kaynakları

- Elektrik fiyatı
- Teknoloji
- Üretim
- Yakıt fiyatı
- Proje değeri
- Sübvansiyon ödemesi
- Biyokütle fiyatı
- Yenilenemeyen enerji fiyatı
- Biyoyakıt fiyatı
- Talep
- Enflasyon
- Yönetmelik/Düzenlemeler
- Değişim fiyatı
- Sermaye maliyeti



Şekil 2.33. Belirsizlik kaynakları (Kozlova, 2017)

Enerji sektörü için incelenen yayınların neredeyse yarısından fazlası elektrik fiyatını belirsizlik faktörü olarak uygulamaya dâhil etmiştir. Bazı yayınlar ekonomik faaliyet açısından belirsizlik faktörü olarak yakıt fiyatı ve proje değerinin de kullanılabileceğini savunmuşlardır. Örneğin biyoenerji projeleri için genel olarak belirsizlik kaynakları yakıt ve biyokütle fiyatları olmaktadır. Ar-ge değerlemesinde ise odaklanılan belirsizlik kaynağı, yenilenemeyen enerji teknolojisinin maliyetidir. İncelenen literatürde çalışmaların %40'ı değerlendirme modellerinde elektrik fiyatı ya da proje değeri gibi tek bir belirsizlik kaynağına odaklanmışlardır. Birseysel çalışmaların bazılarında ise maksimum 5, ortalama da ise 2 olacak şekilde belirsizlik faktörü ile çalışmaların yürütüldüğü görülmüştür (Fernandes et al., 2011).

Finansal opsiyonlarda belirsizlik, dayanak varlığın fiyatında meydana gelebilecek dalgalanmaları ifade etmekte ve standart sapma ile ölçülmektedir. Reel opsiyonlarda ise belirsizlik yatırımdan kaynaklanacak nakit akışların dalgalanmasını (değişkenliğini) ifade etmektedir. Finansal opsiyonlarda, opsiyonun üzerine yazıldığı hissenin fiyatının değişken olması, opsiyonun değerini artırmakta ve elde tutulmasını çekici hâle getirmektedir. Benzer bir durum yatırım fırsatı için de geçerlidir. Yatırımın

kârlılığına yönelik belirsizlik ne kadar fazla olursa, söz konusu fırsatın değeri ve bir an önce yatırım yapmak yerine beklemenin projeye katacağı değer o kadar artmaktadır. Belirsizlik her ne kadar geleneksel İNA yöntemlerinde de önemli bir yer tutuyor 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 ertelenmesine yol açmaktadır (Dixit and Pindyck, 1995). Bir projenin opsiyon değeri belirsizliğin artması ile birlikte artmaktadır (Kihm and Cowan, 2009). Bu çerçevede geleneksel yöntemlerde belirsizlik bir musibet gibi algılanırken, opsiyon değerlendirilmede belirsizlik bir lütuf olarak görülmektedir.

Yeterli sermayenin bulunmadığı hallerde firmalar genellikle daha kısa geri ödeme süresine sahip projeleri tercih etmektedirler. Birçok firma için bu süre en fazla iki ila üç yıl arasında değişmektedir. Peki bu durumda sermaye kısıtlamasının 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 yaklaşım olacaktır. Bu çerçevede opsiyon yaklaşımının pragmatik bir biçimde uygulanış biçimi, kısa sürede geri dönüşleri sağlayan projelerin seçimi ile olmalıdır. 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 and Cowan, 2009).

2.4.3. Yatırımın Esnekliği

Esneklik yatırımcı için reel opsiyonun, uygulama ya da iptal etme olasılıklarını temsil etmektedir (Hoşgör, 2009). Bir yatırımın değeri, yalnızca o anki değerinden değil, yatırım yapabilme fırsatından da kaynaklanmaktadır. Bir başka deyişle, belirsizliğin mevcut olduğu durumlarda, yatırım fırsatının kendisi hemen yatırım yapmaktan daha değerli olabilmektedir. Bu durum ise koşullar oluşana kadar yönetime erteleme fırsatı tanınması anlamına gelmektedir. 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

opsiyon değeri ile projeler pozitif hâle gelebilmektedir (Martzoukos and Trigeorgis, 2002).

Yatırımın karar verilmesi aşamasında esas kriter GNBD olacaktır. Reel opsiyon değerlemesinin verdiği erteleme esnekliği payı ile projenin gelecek yıllarda kârlı bir şekilde yapılıp yapılamayacağı, eğer yapılırsa hangi yılda en kârlı biçimde yapılabileceği araştırılmalıdır. Trigeorgis (1993)'e göre bir projenin kârlılığı *Genişletilmiş NBD = Geleneksel NBD + Opsiyon Primi* şeklinde hesaplanmalıdır.

Literatürde incelenen esneklik türlerini kısaca özetleyecek olursak; daha fazla bilgi edinmek veya teknolojik gelişmeleri beklemek için erteleme seçeneği; riskleri en aza indirmek için yatırımı birkaç aşamaya ayırarak olumsuz koşullar durumunda, sonraki aşamaların sonlandırılmasını sağlayan aşamalandırma/kademeli yatırım seçeneği; projeyi durdurma veya satma durumunu ifade eden terk etme seçeneği; yöneticilerin projeyi küçültmesine veya genişletmesine olanak tanıyan genişleme/küçülme ya da ölçeği değiştirme seçeneği; piyasa koşulları ya da diğer faktörler beklenenden daha elverişliyse, yatırımcıların daha fazla gelir sağlaması için büyüme seçeneği; girdi ya da çıktı ürünleri değiştirme yeteneğini ifade eden girdi/çıktı değiştirme seçenekleri reel opsiyon türleri olarak uygulamalarda kullanılmaktadır. Devam eden bölümlerde reel opsiyon türleri daha detaylı olarak açıklanmaktadır.

2.4.4. Risk Yansız Olasılık Yaklaşımı

Risk yansız olasılık yaklaşımı, değerlemede nakit akışların belirli sabit bir riske göre uyarlanmış iskonto oranından indirgenmesi yerine, belirli bir zamandaki nakit akışların riske uyarlanmış olasılıklar dâhilinde şimdiki zamana risksiz faiz oranından indirgenmesi ile elde edilmektedir. Risk yansız bir dünyada herkes tarafından riske karşı bir kayıtsızlık vardır. Opsiyon değerlemede risksiz bir olasılık yaklaşımının kullanılmasının nedeni de opsiyon değerinin hiç kimsenin risk tercihine bağlı olmamasındandır. Opsiyonlar risk yansız bir olasılıkla değerlendirilir ve bunun değerlendirme için hiçbir olumsuz tarafı yoktur. Sonuçta elde edilen değerler sadece risk yansız bir dünyada değil gerçek dünyada da aynı değeri alması gerektiği için doğru kabul edilecektir. Bu durumun olumlu sonuçlarından biri de iskonto oranının içindeki risk priminin tahmin edilmesine gerek kalınmaması nedeniyle, hesaplamayı çok büyük oranda kolaylaştırmasıdır (Özkeserli, 2007). Risk yansız dünya, en basit anlamda, finansal ya da gerçek bir varlığın taşıdığı risklerden arındırıldığı bir ortam olarak

düşünülebilir. Reel opsiyonlardaki varlıklar içinde risk yansız varlık, yatırımın nakit akışlarıdır. Nakit akışların risk yansız olasılıklarla değerlendirilerek riskten arındırılması, risksiz faiz oranı ile nakit akışların indirgenmesi anlamına gelmektedir (Özoğul, 2005). Bu durum Black-Scholes, Binomial yöntem ve MCS’de farklı şekillerde uygulanmaktadır. Black-Scholes değerlendirme yönteminde olasılıklar analitik denklemde $N(d1)$ ve $N(d2)$ kümülatif normal dağılım değerleri ile, Binomial yöntemde düşümlerdeki artış ya da azalış olmak üzere iki farklı olasılıktan birinin gerçekleşebilme ihtimali ile ve MCS’de ise parametrelere ait olasılık dağılımı ve değer aralıkları belirlenerek ifade edilmektedir.

2.4.5. Reel Opsiyon Türleri

Geleneksel değerlendirme yöntemlerine farklı bakış açıları getiren ve birçok yönüyle finansal opsiyonlardan ayrılan reel opsiyonlar, bünyesinde barındırdığı özellikleri itibarı ile de farklı türlere ayrılmaktadırlar.

Belirsizliklerin fazla olduğu bir çevrede doğru karar verebilmek sıkıntılı bir süreci beraberinde getirmekle birlikte, bu süreç içerisinde yatırımın bünyesinde barındırdığı opsiyonun da iyi bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Literatürde reel opsiyonlar ile ilgili analizlere bakıldığında temelde altı farklı türde opsiyonun söz konusu olduğu görülmektedir. Reel opsiyon türlerine ilişkin bilgiler Tablo 2.9’da gösterilmektedir.

Tablo 2.9. Reel opsiyon türleri

Reel Opsiyon Türü	Kısa Açıklama	Kullanım Alanı
Erteleme	Yatırım ve piyasa koşulları iyileşinceye kadar beklemek. Daha kârlı bir yatırım kararına kadar yatırımın ertelenmesinin mümkün olması.	Tüm doğal kaynak çıkarım endüstrileri (petrol, doğalgaz, kömür gibi), gayrimenkul geliştirme alanı, tarım ve kağıt sanayi.
Terk Etme	Mevcut piyasa koşullarının kötüleşmesi sonrası projeyi sonlandırıp, fırsat maliyetinin veya hurda değerinin kazanılması.	Sermaye yoğun endüstriler (havayolu, demiryolu işletmeleri gibi), finansal hizmetler, piyasalara yeni ürün girişimleri.
Büyüme	İlk olarak yapılan yatırım sayesinde ileride başka kârlı yatırım seçeneklerine sahip olunması.	Tüm altyapı temelli veya stratejik endüstriler, ilaç sanayi, bilgi teknolojileri, çokuluslu operasyonlar ve stratejik edinimler.

Genişleme/ Küçülme	Piyasa şartlarına uyum sağlamak için yatırımcının faaliyet gösteren kapasitesini artırarak veya azaltarak yeni ve kalıcı olmayan duruma çözüm getirilmesi.	Doğal kaynak endüstrileri (madencilik gibi), konjonktürel endüstrilerde tesislerin planlanması ve yapımı, moda giyim sektörü, tüketim malları sanayi ve ticari gayrimenkul sektörü.
Kademeli Yatırım	Yatırımın bölüm bölüm reelize edilerek, negatif bir durumda geri kalan bölümlerin iptal edilerek gerçekleştirilmemesi.	Ar-Ge yoğun endüstriler (özellikle ilaç sanayi), sermaye yoğun yatırımlar, risk sermayesi yatırımları.
Girdi ya da Çıktı Değiştirme	Fiyatların veya talebin değiştiği durumlarda, çıktının veya üretim biçiminin değiştirildiği durumları ifade etmektedir.	Çıktı değişimi: Talebi oynaklık gösteren alanlar (tüketici elektroniği gibi), otomobil, oyuncak ve makine parça sanayi. Girdi değişimi: Tüm hammaddeye bağlı tesisler, elektrik üretim tesisleri, kimyasallar.

- Erteleme Opsiyonu: Erteleme opsiyonu ya da başka bir ifadeyle yatırım için bekleme opsiyonu, daha fazla bilgi edinilmesi yoluyla belirsizliğin hangi ölçüde olduğunu öngörebilmek için yatırım kararının ertelenmesini ifade etmektedir (Brach, 2003). Örneğin, RES için yatırım yapmak isteyen bir yatırımcı, öngörülen belirli bir yıl dâhilinde değişecek piyasa koşullarına göre proje değerinin daha fazla olacağı durumu bekleyerek ertelemeyi seçebilmektedir (Guthrie, 2009).
- Terk Etme Opsiyonu: Bu opsiyon finansal opsiyonda yer alan satma opsiyonuna benzemektedir. Eğer yatırım kararlarının sonuçları beklenenden daha düşük ise yönetim, herhangi bir zaman diliminde projeyi terk ederek ve yapılan yatırımı satarak nakite çevirebilmektedir (Hitchner, 2003). Yatırımı terk etmenin iyi tarafı, özellikle büyük bütçeli ve geri dönülemez bir yatırımın var olması durumunda, nakit çıkışlarını azaltan kaybın daha da büyümesine engel olup durumu zarar etmeden bitirebilmeyi sağlamaktır (Kapucugil İkiz ve Deveci Kocakoç, 2009).
- Büyüme Opsiyonu: İşletmeler büyüme opsiyonunu genel olarak yeni piyasalar, yeni ürün hattı veya yeni teknoloji alanlarındaki yatırımlarda kullanmaktadırlar. Bazı yatırımlar beklenen getirilerden daha fazla maliyetli olurlar. Başka bir deyişle, yatırımların proje değeri negatif olabilir. Ancak, bu

tür yatırımlar gelecekte işletmeler için büyüme fırsatları yaratabilmektedir. Örneğin, yeni bir ürün hattı pilot piyasada başarı yakaladığında, üretim artırılarak başka piyasalara da giriş yapılabilir. Aynı şekilde, eğer işletmenin belli bir bölümünde yeni üretim teknolojisi uygulaması ile maliyetler düşerken verimlilik artıyor ise uygulanan yeni teknolojinin işletmenin bütününe dâhil edilmesi söz konusu olabilmektedir. Dolayısıyla, büyüme opsiyonları, gelecekte büyüme fırsatları yarattığından, işletmeler için stratejik değer oluşturmaktadır (Brach, 2003).

- Genişleme/Küçülme Opsiyonu: Yönetimsel esneklik çerçevesinde, yatırım kapasitesinde değişiklik yapmak isteyen yatırımcılar için kullanılması uygun opsiyon türüdür. Bu durum projede genişleme veya küçülme hususlarına odaklanmayı içermektedir (Brach, 2003). Genişleme opsiyonu proje kazancının iyi olması halinde herhangi bir zorunluluk yüklemeyen, yatırım kapasitesini istenilen ölçüde artırarak devam ettirme hakkını kapsamaktadır. Proje için geçerli olan küçülme opsiyonu ise kavramsal olarak satma opsiyonuna benzerdir. Bu opsiyon ile projenin gelecekteki harcama tutarından vazgeçilmektedir. Söz konusu harcama tutarı, satma opsiyonundaki işlem fiyatına denk gelmektedir (Koller et al., 2010). Örneğin, bir RES için türbin sayısı artırılarak genişleme opsiyonunu kullanmak ya da piyasa koşulları ve gelen nakit akışlara göre küçülmeye giderek zarar etmeden belirli bir seviyede yatırıma devam etmek de mümkündür.
- Kademeli Yatırım Opsiyonu: Yatırım projelerinin gerçekleştirilmesi zaman almakla beraber, projelerin bünyelerinde barındırdığı belirsizlikler, yapımı devam eden projeyi terk ettirmeyi de gerektirebilir. Yatırımcının projeden beklediği, gelecekte elde edilecek getirilerin yatırım maliyetinden fazla olmasıdır (Brosch, 2008). Aksi takdirde, istenilen kâr elde edilemeyecektir. Buna göre, yatırımı adımlara bölmek ve adımları koşullara göre gerçekleştirmek daha mantıklı bir yaklaşım olacaktır. Kademeli yatırım opsiyonunun temelinde de bu düşünce yatmaktadır. Bu sayesinde olumsuz bir durum karşısında yatırımdan tamamen vazgeçmek, kademe opsiyonunun kullanılmasıyla engellenebilmektedir.
- Girdi ya da Çıktı Değiştirme Opsiyonu: Fiyat veya talepteki değişikliklere bağlı olarak, yönetimin çıktı miktarında değişiklik yapması (ürün esnekliği) veya aynı üretim çıktısını farklı süreçler kullanarak elde etmesi (süreç

esnekliği) olarak ifade edilebilmektedir (Alleman et al., 1999). Örneğin, bir elektrik üretim tesisinin kömür ile faaliyetini sürdürdüğü varsayılınsın. Bu tesisin doğalgaz ile üretim yapılacak şekilde dönüştürülmesi istendiğinde, yüksek maliyete de katlanılmak zorunda kalınacaktır. Ancak, esnek sistem yatırımcılara, kömür veya doğalgaz ile üretim yapılabilir olduğunda, fiyat dalgalanmalarına göre yönetimin süreç esnekliğini kullanmalarını ve daha ucuza çıktı üretebilmelerini sağlayacaktır. Süreç esnekliği doğal kaynak endüstrilerinde, madencilik faaliyetleri, petrol çıkarımı, elektrik üretimi, kimya sanayi gibi birçok alanda oldukça fayda sağlamaktadır (Smit and Trigeorgis, 2004).

Yukarıda açıklanan opsiyon türlerinden hariç, birden fazla opsiyon türünün yatırım için seçilmesi ile birlikte “Bileşik Opsiyon” ortaya çıkmaktadır. Pek çok proje, opsiyonlardan oluşan bir kombinasyonu temsil eder ve bu kombinasyonun veya portföyün değeri genellikle her bir opsiyonun bağımsız değerlerinin toplamından küçüktür (Trigerogis, 1999). Bu nedenle bağımsız opsiyon değerlerini analitik bir değerlendirme formülü ile bulup, sonradan toplamını almak yanlış yönlendirmelere yol açabilir. Örneğin, aşamalandırılmış projeler, terk etme veya bir sonraki geliştirme adımlarında büyüme opsiyonlarını içerir. Genellikle bileşik opsiyonlar, anında getiri sağlamayan opsiyonları kullanma kararlarının bir serisinden oluşmaktadır. Bu kararların tümü, bir başka deyişle proje ile ilgili reel opsiyonların hepsi, projeye özgü esnekliği ifade etmektedir.

2.4.6. Reel Opsiyonlar ile Finansal Opsiyonların Karşılaştırılması

Reel opsiyonlar temel olarak finansal opsiyonların, reel olarak yatırım yapma ve karar verme süreçlerine göre uyarlanmasıdır. Tablo 2.10’da gösterildiği üzere reel opsiyonlar, finansal opsiyonlar ile benzerlikler taşısada aslında aralarında birçok farklılık mevcuttur (Özoğul, 2005).

Tablo 2.10. Reel opsiyon ve finansal opsiyon karşılaştırması (Özoğul, 2005)

Finansal Opsiyon	Değişken	Reel Opsiyon
Dayanak varlık fiyatı / Hisse Fiyatı	S_0	Varlığın Şimdiki Değeri
Kullanım fiyatı	X	Varlığın Kullanım Fiyatı/Yatırımın Maliyeti

Vade	t	Ekonomik Ömür
Belirsizlik	σ	Volatilite/Yıllık Standart Sapma
Risksiz faiz oranı	r_f	Risksiz faiz oranı
Temettü	Δ	Rakiplere kaybedilen nakit akışı, gecikmenin fırsat maliyeti/ Getiri kıtlığı/Temettü

Değişkenlerin, opsiyonun değerine olan katkısı ise aşağıda açıklandığı şekildedir (Copeland and Antikarov, 2003):

- Yatırımın beklenen nakit akışlarının artması yani “Varlığın Şimdiki Değeri”nin artması, varlığın NBD’sinin artmasına ve orantılı olarak opsiyonun değerinin de artmasını sağlamaktadır.
- Yatırım maliyetinin yani “Varlığın Kullanım Fiyatı”nın artması hem NBD’nin hem de opsiyonun değerinin azalmasına neden olmaktadır.
- Vadeye kalan sürenin yani yatırımın “Ekonomik Ömrü”nün uzun olması belirsizliklerin artmasına neden olduğu için opsiyon değerini de artırmaktadır.
- Belirsizliği ifade eden “Volatilite” değerinin artması, reel opsiyonun değerinin artmasını sağlamaktadır.
- Risksiz faiz oranının artması da reel opsiyonunun değerini artırmaktadır.
- Temettü ödenmesi, nakit akışların azalmasına yol açacağından, opsiyonun değerinin azalmasına neden olmaktadır.

Aralarındaki en temel fark finansal opsiyonlar hisse senetleri, emtialar, döviz kurları, vadeli işlem sözleşmeleri, endeksler gibi gösterge ve menkul kıymetleri dayanak varlık olarak işleme alırken, reel opsiyonlar reel yatırımlar ve sermaye bütçeleri gibi konuları dayanak varlık olarak işleme almaktadır (Brach, 2003).

Finansal opsiyonlar hakkındaki değişkenler ve buna bağlı olarak varlık değeri, vade bitim tarihi yaklaştıkça netleşmeye başlar. Ancak reel opsiyonlar için bu durum geçerli değildir. Yatırımın değeri, ekonomik ömrü boyunca piyasa koşullarına göre değişkenlik gösterebilir ve finansal opsiyonlarda olduğu gibi bir netlik söz konusu değildir. Finansal opsiyonlarda kullanım fiyatı vade süresi boyunca değişmezken reel opsiyonlarda yatırım maliyetine denk kullanım fiyatı, yatırımcının opsiyonu kullanmasına kadar olan sürede, piyasadaki koşullar ya da esneklik seçeneklerinin kullanılmasından kaynaklı değişebilmektedir. Böylelikle belirsiz yatırım maliyetleri ve belirsiz nakit akışları opsiyon ve buna bağlı yatırım projesinin değerini doğrudan

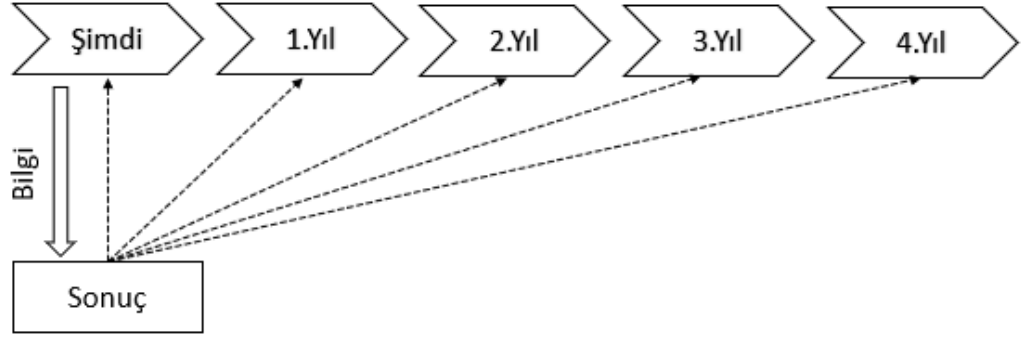
etkilemektedir. Ayrıca finansal opsiyonlarda yönetsel etkiler, pazardaki rekabet ve koşullar, opsiyon değerini etkilemezken reel opsiyonlarda durum tam tersidir (Peters, 2016).

Finansal opsiyonlar genel olarak fiyat değişimlerinin devamlı takip edilebildiği düzenli piyasalarda işlem görürken, reel opsiyonlarda böyle bir piyasadan söz edilemez ve bu nedenle geçmiş fiyat hareketlerinin takibi için uygun değildir (Tolga, 2009). Böylece finansal opsiyonların değerinin hesaplanmasında kullanılan volatilité verisi, geçmiş verilerden hesaplanabilmektedir. Reel opsiyonlar için bu tip verilere ulaşmak çok daha zordur (Özoğul, 2005). Ancak yatırım sektöründeki bir başka şirketin geçmiş verilerinden faydalanılabilmektedir. Nakit akışların ya da elektrik fiyatı gibi gelecekteki belirsizliği fazla olan bir parametrenin, yıllar içerisinde belirli oranlarda değişeceği öngörülerek, volatilité değerinin hesaplanması için kullanılmaları daha sağlıklı sonuçlar vermektedir (Copeland and Antikarov, 2001).

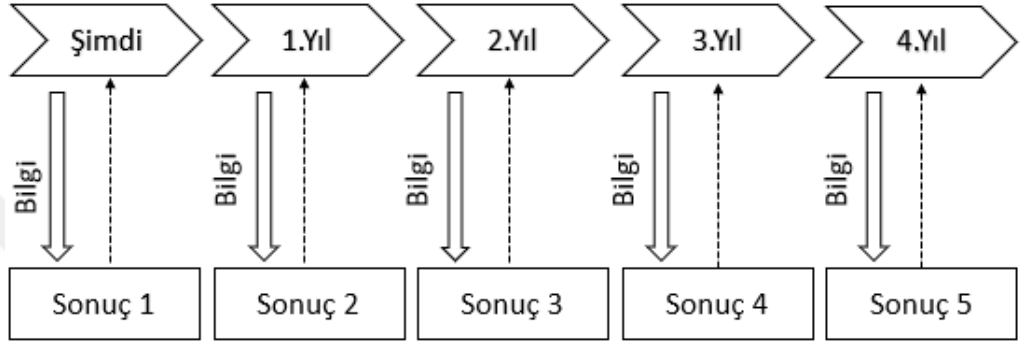
Finansal opsiyonlar genellikle kısa vadeli düzenlenirken, reel opsiyonlar genellikle uzun vadeli düzenlenmektedir. Finansal opsiyonlar genellikle küçük meblağlar üzerine hazırlanırken, reel opsiyonlar finansal opsiyonlara göre daha büyük meblağlar üzerinden hazırlanmaktadır.

2.4.7. Reel Opsiyonlar ile Geleneksel Yöntemlerin Karşılaştırılması

Geleneksel yöntemlerin en yaygın kullanılanı NBD yöntemidir ve bu yöntemin mantığı İGO, GÖS gibi yöntemlerle farklılık göstermektedir. Bu üç yöntemin çalışma prensibi farklı da olsa, sonuçlarının pozitif oranda olması projenin kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. Geleneksel değerlendirme yöntemleri yatırımın, ekonomik ömrü boyunca piyasa koşullarından etkilenme ihtimalini göz önünde bulundurmamaktadır. Yani bugünün şartları ile hesaplamalar yapılmakta ve gelecekteki belirsizlik ve risk durumları göz ardı edilmektedir. Reel opsiyon değerlendirme yönteminde ise belirsizlik, yöntemlere direkt dâhil edilmektedir (Chambers, 2005). Şekil 2.34'de geleneksel değerlemede kullanılan parametrelerin vade süresi boyunca sabit kalarak hesaplandığını, Şekil 2.35'teki reel opsiyonlarla değerlendirilmede ise vade süresi boyunca her yıl parametrelerdeki değişkenliğin uygulamaya dâhil edildiği gösterilmektedir.



Şekil 2.34. Geleneksel yöntemlerle değerlendirme



Şekil 2.35. Reel opsiyonlarla değerlendirme

Geleneksel değerlendirme yöntemleri varlıkların değerini genellikle olduğundan daha az değerlemektedir. Bu durum yatırımcının olumsuz ve yanlış kararlar almasına neden olabilirken, reel opsiyonlar da GNBD ile proje değeri çok daha yüksek elde edilebilmektedir. NBD negatif çıkan yatırımlarda bile opsiyon değerinin pozitif ve özellikle NBD'den büyük olması durumunda, uygulanabilir kararı alınabilmektedir. Buda geleneksel yöntemle reddedilen bir yatırımın reel opsiyonla kâr edilebilir bir yatırıma dönüşmesini ifade etmektedir. Esnekliği hesaba katan reel opsiyonlar, yatırım öncesi ya da yatırım sonrası erteleme, genişleme, terk etme gibi farklı opsiyonları yatırımcıya sunarak, sabit bir karar alma zorunluluğunu ortadan kaldırmakta ve en kârlı seçeneği kullanabilme imkânı sunmaktadır (Mun, 2002).

Reel opsiyon ve NBD yaklaşımıyla değerlendirme yapılmasındaki farklılardan biri de ekonomik ömür boyunca gelişen durumların yöntemlere uygulanma şekli ve etkileridir. Örneğin, yüksek belirsizlik veya yatırımı düşünülen zamandan daha sonra başlatmak, NBD gibi geleneksel yöntemlerde proje değerini düşürürken, reel opsiyonlarla değerlemede proje değerinin artmasını sağlamaktadır (Trigerogis, 1999).

Risk durumu ise geleneksel yöntemlerde sabit bir iskonto üzerinden indirgenerek nakit akışlara uygulanmakta iken reel opsiyonlar risksiz faiz oranı kullanılarak riskin sadece nakit akışlara uygulanması prensibine karşı çıkmaktadır. Reel opsiyonlarda risk, olasılıklar dâhilinde sadece nakit akışları değil tüm yatırımı etkilemektedir (Mun, 2012).

2.4.8. Reel Opsiyon Değerleme Yöntemleri

Reel opsiyonların değerlemede multinomial ağaçlar için kesikli zaman yaklaşımlarını esas alan kapalı formdaki denklemler, sürekli zaman yaklaşımını esas alan stokastik diferansiyel denklemler ve yine sürekli zaman yaklaşımları için modellenen MCS yaygın kullanılan tekniklerdir. Bu yaklaşımlar ve modeller için finansal opsiyon değerleme yöntemleri esas alınmıştır (Mun, 2006; Özoğul ve Ülengin, 2006). Gerçek bir varlığın değerleme sonucu elde edilen proje değeri, GNBD elde edilerek bulunmaktadır. Bunun içinde geleneksel yöntemlerle elde edilen NBD ve opsiyon değerinin bilinmesi gerekmektedir (Mun, 2006).

Fisher Black ve Myron Scholes (1973), risk içeren modellerin dışına çıkıp, nakit akışların indirgenmesi için en doğru oranın risksiz faiz oranı olduğunu öngörerek Black-Scholes yöntemini yayınlamışlardır. Merton modele yatırımın temettü dağıttığını varsayarak getiri kısıtlılığı parametresini eklemiş ve bazı esneklik durumları için, temettülü Black-Scholes yöntemi kullanılmak üzere hazır hâle gelmiştir. Avrupa tipi opsiyonlar için geliştirilen Black-Scholes yöntemi dayanak varlığın değerinin sürekli zamanda GBH'yi takip ettiği varsayımına dayanmaktadır. Cox, Ross ve Rubinstein (1979) tarafından geliştirilen Binomial model ise Black-Scholes yönteminin kesikli zamandaki karşılığı olarak görülmekte olup, Amerikan tipi opsiyonları değerlemek için geliştirilmiştir (Arratia, 2014). Opsiyonları değerlemede ilk defa kullanılan simülasyon tekniği, Boyle (1977) tarafından MCS geliştirilerek hazırlanmıştır. MCS, projeyi temsil eden parametrelerin istenilen deneme sayısındaki olasılıklarının hesaplanması ve sonuçta ortalama bir değerin elde edilmesi prensibine dayanmaktadır (Brabazon and O'Neill, 2009; Schwartz and Trigeorgis, 2004). MCS, proje parametrelerine ilişkin olasılık dağılımları ve değer aralıkları doğru tanımlandığında Black-Scholes ve Binomial yöntemlerle çok benzer sonuçlar vermektedir. Ayrıca MCS, matematiksel denklemlerle analiz yapan Black-Scholes ve Binomial yöntemlerin tercih edilmediği durumlarda pratik ve dinamik bir teknik olarak kullanılmaktadır (Mun, 2006).

Bu doktora tez çalışmasında literatürde sıklıkla kullanılan Black-Scholes ve Binomial yöntem ile opsiyon ve GNBD; MCS tekniği ile de NBD, Bugünkü Değer ve volatilité elde edildiği için sadece bu üç yöntemle ilişkin açıklamalara yer verilmiştir.

2.4.8.1. Black-Scholes Değerleme Yöntemi

Black-Scholes değerleme yöntemi, Fischer Black ve Myron Scholes tarafından 1973 yılında yazılan "*The Pricing Of Options And Corporate Liabilities*" adlı makale ile o yıla kadar yapılan en iyi modelleme olarak literatürde yerini almıştır. Daha sonra Robert C. Merton'un yöntemle dayanak varlığın temettü dağıttığı varsayımı ile getiri kısıtlığı parametresini eklemesiyle birlikte Black-Scholes-Merton Modeli olarak da anılmaya başlamıştır. Bu çalışmalar sayesinde, Merton ve Scholes, 1997'de Ekonomi alanında Nobel Ödülü de almışlardır.

Yönteme ilişkin bazı eleştiriler de mevcuttur. Bunlar, opsiyonun değerini etkileyen erken işleme konulma ya da erteleme gibi durumlarda opsiyonu kullanmak için vade bitimini bekleme zorunluluğu ve temettü ödemelerinin dikkate alınmadığı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Temettü ödemeleri için Merton tarafından bazı düzeltmeler yapılarak yeni formül elde edilmiştir. Temettü ödemelerinin hisse fiyatlarını düşürmesi ise başka dikkat edilmesi gereken bir konudur. Temettü dağıtımının yapılması, alım opsiyonunun değerini düşürürken satım opsiyonunun da değerini artırmaktadır. Opsiyonların proje değerini artırdığı düşünöldüğünde, temettü için kullanılan getiri kısıtlığı parametresinin opsiyon üzerindeki olumsuz etkisi araştırılmalıdır (Damodaran, 2005). Bir diğer eleştiri konusu ise yöntemin Avrupa tipi opsiyonları dikkate almasıdır. Amerikan tipi opsiyonların vade bitimini beklemeden istenilen zaman da işleme konulabilme özelliği, opsiyonun değerini artmaktadır. Formölün Amerikan tipi opsiyonlarda olduğu gibi kullanılması için yine bazı düzenlemelerin yapılması gereklidir. Bu çerçevede, T vadeli bir opsiyonun t noktasındaki opsiyonun değerini ölçebilmemiz için formölde vade ile ilgili olan kısımlar T yerine "T-t" değişkeni eklenerek düzenleme yapılmasının uygun olacağı düşünölmüştür (Uzunlar, 2006). Literatürde bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde vade ile ilgili "T-t" değişkeni kullanmak yerine opsiyonu en yüksek seviyede tutan zaman dilimini seçerek değerlemeler yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu durum için de en doğru vade seçiminin yatırım yapılan gerçek varlıkla ilgili ekonomik süreyle ifade ettiği düşünölerek analizlerin yapıldığı yönünde olmuştur.

Black-Scholes değerleme yöntemi, dayanak varlık fiyatlarının arbitrajı yok saydığı yani kıymetli maden, tahvil, hisse senedi vb. varlıkların alım-satım işlemini önleyecek şekilde ayarlandığı, fiyatların düzenli olarak değiştiği, getirilerin lognormal dağılıma sahip olduğu, vade boyunca risksiz faiz oranı ve volatilité değerinin de sabit olacağı varsayımına dayanmaktadır. (Uzunlar, 2006).

Yöntem Fischer Black ve Myron Scholes tarafından opsiyona dayanak varlık olan hisse senedinin temettü dağıtmadığı varsayımı altında Avrupa tipi alım opsiyonlarının değerlemesi ve sonrasında Robert C. Merton tarafından, temettülü hisse senedi opsiyonlarının fiyatlandırılmasına adapte edilerek Amerikan tipi, döviz ve futures opsiyonlarının değerlendirilmesine imkân veren modeli ile iki farklı şekilde, aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

2.4.8.1.1. Temettüsüz Black-Scholes Değerleme Yöntemi

Black ve Scholes (1973) tarafından geliştirilen bu modelde değişkenler, stokastik bir süreci takip etmektedirler. Model, opsiyon vadesi boyunca risksiz faiz oranı ile dayanak varlığın varyansı başka bir ifadeyle belirsizliği ifade eden volatilité parametresinin sabit olduğu, dayanak varlık fiyatlarının lognormal dağılım gösterdiği, opsiyonun Avrupa tipi olduğu ve ancak vade sonunda kullanılabildiği, varlığın kullanım fiyatının ya da gerçek bir varlık olan yatırımların maliyetlerinin sabit oldukları, opsiyonun temettü dağıtmadığını ya da rakiplere karşı kaybedilen bir fırsat maliyetinin ve alma veya satma işlemlerinde herhangi bir vergi ya da maliyetin olmadığı varsayımlarına dayanmaktadır (Black and Scholes, 1973).

Sürekli zaman modelleri genellikle matematiğe dökülen sezgisel değerlendirmeler ve kısmi diferansiyel denklemlerin çözümü ilkesine dayanmaktadır. Black-Scholes yöntemi de vade sonunda işleme konulmak istenen Avrupa tipi bir opsiyonu analiz etmek için, kısmi diferansiyel denklemlerle ortaya çıkan bir modeldir. Black ve Scholes'un 1973 yılında opsiyonların fiyatlandırılması sonrasında gerçek yatırım projelerinin değerlendirilmesi için de geliştirdiği model aşağıdaki denklemlerde gösterildiği şekildedir.

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{r_f T} N(d_2) \quad (2.9)$$

$$P_0 = X e^{-r_f T} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (2.10)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r_f + \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} \quad (2.11)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (2.12)$$

Modelde kullanılan terimler şu şekildedir:

C_0 = Alım Opsiyonu Değeri

P_0 = Satım Opsiyonu Değeri

S_0 = Varlığın Şimdiki Değeri

X = Varlığın Kullanım Fiyatı

T = Opsiyonun Vadesine Kalan Süre (Ekonomik Ömür/Yıl Bazında)

σ = Yıllık Standart Sapma (Votalite)

r_f = Risksiz faiz oranı

$N(d)$ = Kümülatif Standart Normal Dağılım

2.4.8.1.2. Temettülü Black-Scholes Değerleme Yöntemi

Merton (1973), Black-Scholes değerlendirme yöntemine, temettü ödemesini ifade eden “ δ ” getiri kısıtlılığı parametresini ekleyerek yeniden düzenlemiştir. Merton’un önerdiği bu yeni yöntem hem finansal opsiyonlar hem de reel opsiyonlar için temettü dağıtımının geçerli olacağı anlamına gelmektedir.

Nakit akıflarda meydana gelen kaybı, pazarda rakiplere karşı kaybedilen fırsat maliyeti ya da gecikmenin işletmeye olan maliyetinin piyasaya göre artan orandaki değişimi ile ifade etmek mümkündür. Değerleme yöntemlerinde ise bu kayıp $n=ekonomik\ ömür$ olarak baz alındığında $1/n$ formülü ile nakit akıflardaki getirilere uygulanmaktadır. Örneğin; projenin ekonomik ömrünün 10 yıl olduğu varsayılırsa; $\delta = 1/n$ formülünden, δ değeri % 0.01 (1/10) olarak hesaplanmaktadır (Damodaran, 2005). Reel opsiyonlarda fırsat maliyeti genelde erteleme opsiyonunun kullanılmasında ortaya çıkan bir durumdur. Yatırımın ertelenmesinden kaynaklı maliyetlerde artan ya da azalan oranda bir değişim olabilirken, nakit akıflarda da ertelemeden kaynaklı bir getiri kaybı olduğu öngörülmektedir. Erteleme her ne kadar yatırım için alınan olumlu bir karar olsa da vadenin uzaması, rakiplere kaptırılan fırsat maliyetinin de artmasına neden olmaktadır. Bu da erteleme süresinin yatırım için rasyonel ölçülerde olması gerektiğini göstermektedir (Özoğul vd., 2009). Getiri kısıtlılığı parametresinin kullanılmasının yatırım için temettü ödemesi sonrası nakit akıflardaki reel durumu göstermesi olumlu bir durum oluştururken, alım opsiyonunda opsiyon

değerini düşürmesi olumsuz bir durum olarak yatırıma yansımaktadır (Damodaran, 2005). Modelde kullanılan formüller aşağıdaki denklemlerde gösterildiği şekildedir:

$$C_0 = S_0 e^{-\delta T} N(d_1) - X e^{-r_f T} N(d_2) \quad (2.13)$$

$$P_0 = X e^{-r_f T} N(-d_2) - S_0 e^{-\delta T} N(-d_1) \quad (2.14)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r_f - \delta + \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} \quad (2.15)$$

2.4.8.2. Binomial Değerleme Yöntemi

Binomial yöntem, herhangi bir finansal ve reel varlığın değerinin, ihtimaller dâhilinde artış ya da azalış olmak üzere iki olası fiyattan birine doğru hareket edebileceğini öngören yöntemdir. Black-Scholes yöntemi, Cox, Ross ve Rubinstein (1979) tarafından Amerika tipi opsiyonların da değerlendirileceği bir yöntem olarak tasarlanmıştır (Bostan, 2007; Brach, 2003).

Bu yöntem opsiyon değerlendirilmede Black-Scholes yöntemi kadar sıklıkla tercih edilmektedir. Black-Scholes yönteminden farklı olarak, analitik denklemlere gerek duymadan daha basit matematiksel işlemlerle sonuç değer elde edilebilmektedir (Conroy, 2003). Binomial yöntemde işlem adım sayısı arttıkça Black-Scholes yöntemi ile çok benzer sonuçlar da elde edilebilmektedir. Binomial değerlendirme yöntemi tek ve çok dönemli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

2.4.8.2.1. Tek Dönemli Binomial Yöntem

Tek dönemli Binomial yöntemde opsiyonun vadesi sonunda finansal ya da reel varlığın sadece artış ve azalış olmak üzere olası iki fiyatının olacağı varsayılmaktadır. Yukarı veya aşağı yönlü hareket etme olasılığı binomial olasılık dağılımına göre belirlenmektedir (Chance and Brooks, 2015). Kâr payı dağıtmayan bir proje için düzenlenmiş bir opsiyonun değerlendirilmesi için, ilk olarak opsiyonun vadesi Δt uzunluğunda kısa zaman aralıklarına bölünür. Her zaman aralığında, hisse senedi fiyatının; S ilk değerinden, S_u ve S_d değerlerine vardığı kabul edilir. Bu model aşağıda gösterilmiştir. Çoğu zaman, $u > 1$ ve $d < 1$ 'dir. S 'den S_u 'ya geçiş hareketi bir 'yukarıya doğru' harekettir, S 'den S_d 'ye geçiş hareketi ise bir 'aşağıya doğru' harekettir. Yukarıya doğru bir hareketin olasılığı p ile dolayısıyla aşağıya doğru hareketin olasılığı da $1 - p$ ile gösterilir. Ayrıca, $u = 1/d$ olduğu kabul edilerek işlemler yapılmaktadır (Bilir, 2012).

C_0 = Alım Opsiyonu Değeri

S_0 = Varlığın Şimdiki Değeri

X = Varlığın Kullanım Fiyatı

u = Dayanak Varlık Fiyatının Artış Oranı

d = Dayanak Varlık Fiyatının Azalış Oranı

Artış durumunda bir dönem sonraki fiyat:

$$S_1 = S_0 u \quad (2.16)$$

Azalış durumunda bir dönem sonraki fiyat:

$$S_2 = S_0 d \quad (2.17)$$

Modelde bir p olasılıkla artış oluyorsa, $1-p$ olasılıkla da azalış olmaktadır. Bu artış ve azalışların olasılıkları ile çarpımlarının toplamı ancak ve ancak risksiz faiz oranı kadar getiri sağlamalıdır:

$$pu + (1-p)d = e^{r\Delta t} \quad (2.18)$$

Artışın olasılık değerinin bulunması için p çekilir:

$$p = e^{r\Delta t} - d / u - d \quad (2.19)$$

Opsiyonun temettü ödemesinin yapacağı öngörülürse getiri kısıtlı parametresi denkleme dâhil edilerek p olasılık değeri yeniden hesaplanır:

$$p = e^{(r-\delta)\Delta t} - d / u - d \quad (2.20)$$

Modelde u ve d değişimi piyasa koşullarına göre sezgisel veya bir modele bağlı olarak belirlenebilir. Diğer taraftan Cox-Ross ve Rubinstein'a göre u 'nun artışı standart sapma değişkeni ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca u 'nun d ile bölmenin tersi ilişkisi vardır.

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (2.21)$$

$$u = 1/d \quad (2.22)$$

Bir dönem sonraki fiyat değişimlerinden sonra alım opsiyonunun değerlemesinde market fiyatları kullanım fiyatlarından çıkarılarak bir dönem sonraki opsiyon fiyatı bulunur. Eğer bu değer negatifse sözleşmeyi alan taraf alım hakkını uygulamaz:

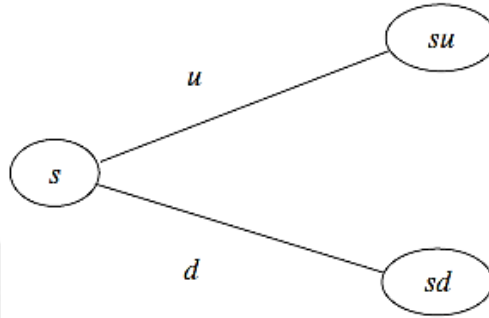
$$C_1 = maks.[0, S_1 - X] \quad (2.23)$$

$$C_2 = maks.[0, S_2 - X] \quad (2.24)$$

Bu iki değerin olasılıkları ile çarpılması bir sonraki dönemin beklenen değerini verecektir. Bu değerin bugüne indirgenmesi ile opsiyonun değeri ortaya çıkacaktır:

$$C_0 = e^{-r\Delta t} (pC_1 + (1-p)C_2) \quad (2.25)$$

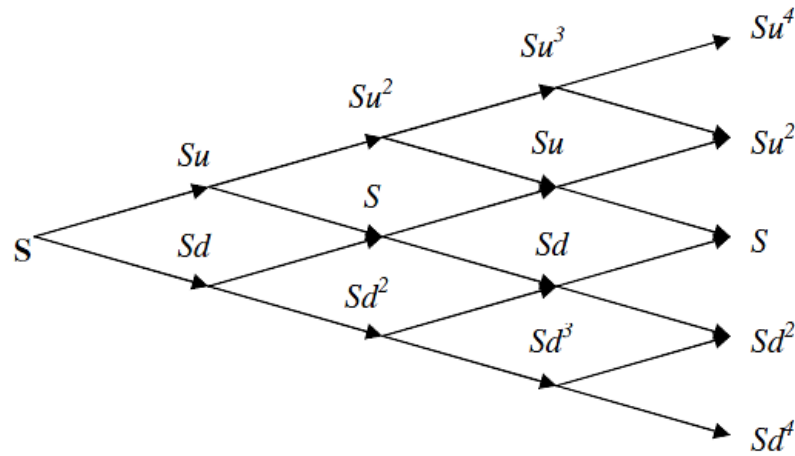
Binomial opsiyon değerlendirme yapısı Şekil 2.36'da gösterilmektedir.



Şekil 2.36. Binomial opsiyon değerlendirme yöntemine göre yatırım hareketleri

2.4.8.2.2. Çok Dönemli Binomial (Multinomial) Yöntem

Çok dönemli Binomial yöntem, tek dönemli yöntemle aynı mantık çerçevesinde olup opsiyon vadesinin N sayıda zaman periyotlarına bölünmesiyle, birden fazla işlem adımından oluşmaktadır. Binomial yöntem, çok dönemli işlem adımlarında ağaç şekli görünümüne bir diyagram oluşturmaktadır (Breen, 1991). Bu durum Şekil 2.37'de gösterilmektedir.



Şekil 2.37. Çok dönemli binomial ağaç yapısı

Binomial yöntemde opsiyon değeri iki aşamalı olarak elde edilir. İlk aşamasında varlığın şimdiki değerinin aşağı ve yukarı faktörleri ile çarpılması sonucu Şekil 2.36'da görülen ilk binom ağacı elde edilir (Mun, 2006). Binom ağacının son düğümünde reel opsiyon değeri; alım opsiyonu için $\text{Mak} [(S-X), 0]$ ve satım opsiyonu için $\text{Mak} [(X-S), 0]$ 'dir (Loncar et al., 2017). Binom ağacının elde edilmesinden sonraki aşama yani ikinci aşama denilen kısımda son düğümünden başlayarak risk-nötral olasılık ölçütü kullanılarak geriye doğru hesaplama yapılır (Mun, 2006). Buna göre son düğümünden başlayarak, $[(P*u) + (1-P)*d] * e^{(-rf*\Delta t)}$ formülü ile geriye indirgeme yoluyla tüm diyagramın düğüm noktalarının değerleri tespit edilebilmektedir. Son düğüm, opsiyonun değerini vermektedir.

Binom ağacında opsiyon değerleri hesaplanırken dikkat edilmesi gereken önemli nokta ise bir satım opsiyonu için maksimum değer $(0, X - S)$, alım opsiyonu için ise maksimum değer $(0, S - X)$ olmasıdır.

2.4.8.3. Monte Carlo Simülasyonu

Monte Carlo Simülasyonu adını, şans oyunları ile ünlü şehir Monte Carlo'dan almıştır. Rulet çarkları, zarlar ve slot makineleri gibi şans oyunları rastgele davranışlar sergiler. Şans oyunlarındaki rastgele davranış, MCS'nin bir modeli simüle etmek için rastgele değişken değerleri seçmesine benzer. Bir zar attığınızda, 1, 2, 3, 4, 5 veya 6'nın geleceğini bilirsiniz, ancak herhangi bir deneme için hangisinin geleceğini bilemezsiniz (Gobet, 2016). Bu durum bilinen veya tahmini bir değer aralığına sahip olan ancak belirli bir zaman veya olay için belirsiz bir değeri olan değişkenler için de aynıdır (Örneğin, faiz oranları, personel ihtiyaçları, gelirler, hisse senedi fiyatları, envanter, iskonto oranları).

Simülasyon yaklaşımı, proje parametrelerine ait tek bir değer kullanmak yerine belirli bir olasılık dağılımı ve değer aralıkları dâhilinde birden fazla değer alarak işlem yapma prensibine dayanmaktadır. Bu durum parametrelere ve projeye ait risk ve belirsizlik durumunu tamamen kaldırmaya bile, en aza indirgediği düşünülmektedir. MCS, girdi değişkenler için kullanıcının belirlediği deneme sayısı boyunca yüzlerce ya da binlerce değer alarak sonuç ürün elde etmektedir (Mun, 2006). Değişkenlerin çok fazla sayıda kez tekrarlanması, istenen çıktı parametresinin de doğruluğunu artırmaktadır. Bu durum Büyük Sayılar Yasası ile ifade edilecek olursa bir deneyin n kez, her seferinde aynı koşullarda ve birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilerek

elde edilecek ortalama değeri, yüksek olasılıkla beklenen değere çok yakın olacaktır (Graham and Talay, 2013). Sonuç rn olarak tanımlanan çıktı parametrelerinin doğruluğunun bağlı olduğu diğer durum ise girdi parametreler için tanımlanan olasılık dağılımları ve dağılımlara bağlı değer aralıklarının seçimidir. Normal, Lognormal, Düzgün ve üçgen dağılım, en yaygın kullanılan olasılık dağılımlarıdır (Malesevic, 2017). Bu olasılık dağılımları ayrıca ticari yazılımlar içine entegre edilerek de kullanıcıya sunulan başlıca dağılımlardır. Aşağıda bu dört dağılım için detaylı açıklamalar yapılmaktadır (Bouleau and Lepingle, 1994).

- Normal dağılım, özellikle yatırım projelerinde en sık kullanılan dağılım türüdür. lme hataları, kişilerin ayakkabı numaraları, beden ölçüleri, bir fabrikada üretilen ürünlerin ağırlıkları gibi unsurlar örnek olarak verilebilir. Ayrıca, enflasyon oranı veya gelecekteki benzin fiyatı gibi belirsizlik taşıyan değişkenlerin dağılımında da karar vericiler normal dağılımı kullanmaktadır. Bu tür tesadf değişkenlerin dağılımları tam olarak normal dağılıma uymasa da yaklaşık olarak benzerlik gösterirler (Mun, 2006). Normal dağılımda gözlemler ortalama etrafında toplanmaktadır. Ortalama, eğrinin maksimum noktasına karşılık gelmektedir. Ayrıca dağılım, ortalama etrafında simetriktir.
- Üçgen dağılım, gerçekleşmesi gereken minimum, maksimum ve en olası değerlerin bilindiği bir durumu tanımlar. Örneğin, geçmiş satışlara bakarak minimum, maksimum ve normal araba sayısını görerek, haftada satılan toplam araba sayısını tanımlayabiliriz. Üçgen dağılımda minimum ve maksimum değer, varlık için sabittir. En olası durumda ortalama değer ise minimum ve maksimum değerler arasında bir değer alır ve bu şekilde üçgen şeklinde bir dağılım oluşur. Bu durum, minimum ve maksimuma yakın değerlerin, ortalama değere yakın değerlerden daha az olasılığa sahip olduklarını da gösterir.
- Lognormal dağılım, değerlerin belirsiz, çarpık ya da stokastik bir süreçte olduğu durumlarda, örneğin menkul kıymet değerlemesi için finansal analizde veya yatırım değerlemesi için gayrimenkulde, sıklıkla kullanılan bir dağılım türüdür. Hisse senedi fiyatları, normal (simetrik) dağılımdan ziyade genellikle pozitif çarpıktır yani sıfırın altına dşemezler, ancak sınırsız herhangi bir fiyata da ykselebilirler. Benzer şekilde, emlak fiyatları da negatif bir değer alamayacağından ama kendi pozitifliği içerisinde de fiyatta oynaklıkların

olabileceği öngörülerek, emlak fiyatları pozitif çarpıktır yani lognormal dağılıma uygundur denilebilir. Lognormal dağılımın altında yatan üç koşul vardır. Bunlardan ilki belirsiz değişken değerinin sınırsız olarak artabileceği ama sıfırın altına hiçbir zaman düşmeyeceğidir. İkinci koşul belirsiz değişkenin çoğu zaman sıfıra yakın bir alt sınırdan olabileceği ama kendi içinde yine de pozitif çarpıklığa sahip olacaktır. Son koşul ise belirsiz değişkenin bazı durumlardaki doğal logaritması, normal bir dağılımı da gösterebilecektir. Bu durum değişkenlik katsayısının yüzde 30'dan büyük olduğunda dağılımın lognormal yerine normal olarak seçilmesi gerekliliğini göstermektedir.

- Düzgün dağılım, minimum ve maksimum arasındaki tüm değerlerin eşit olasılıkla gerçekleştiği dağılım türüdür. Düzgün dağılımın minimum ve maksimum değeri sabitken, minimum ve maksimum arasındaki tüm değerler de eşit olasılıkla gerçekleşmektedir.

Doğru olasılık dağılımını seçmek için aşağıdaki adımlar kullanıcıya yol gösterebilir (Mun, 2006).

- Söz konusu değişkenin türü önemlidir. Bir RES projesinde elektrik fiyatı, üretim kapasitesi, yatırım maliyeti, enflasyon oranı, kurumlar vergisi gibi birçok parametre bulunmaktadır. Her biri kendi içinde farklı tür ve işleve sahip olmakla birlikte yine her biri için tanımlanacak olasılık dağılımı da özelliklerine göre değişmektedir. Belirsiz değişken olarak nitelendirdiğimiz parametreler hakkında geçmiş verilerden de yararlanmak olası bir durumdur. Geçmiş veriler mevcut değilse, değişkenin türüne uygun olacak dağılım denenecek seçilebilir. Seçilen dağılımın kontrolü ise, simülasyonun kullanıcılara sunduğu duyarlılık analizi ya da tornado grafiği gibi analizlerle denetlenerek yapılabilir.
- Olasılık dağılımlarının açıklamaları gözden geçirilerek ve yorumlanarak da değişkene ait doğru dağılım türü seçilebilmektedir.

MCS için olasılık dağılımı kadar diğer bir önemli konu ise güven aralığı ve girdi parametreler için tanımlanan alt-üst sınır aralıklarıdır. MCS, model sonuçlarını tahmin etmek için rastgele örneklem kullanan bir tekniktir. Bu sonuçlar üzerinden hesaplanan ortalama, standart sapma ve yüzdeler gibi istatistikler her zaman bir tür ölçüm hatası içerecektir. Güven aralığı, bu hatayı belirli bir olasılık düzeyiyle ölçmeye çalışan ve bir istatistik etrafında hesaplanan sınırdır. Örneğin 95'lik bir güven aralığının

tanımlaması, ortalamanın belirtilen aralık içinde yer alma olasılığının yüzde 95 olduğunu ifade etmektedir. Tersine durum olarak da ortalamanın, aralığın dışında kalma olasılığı yüzde 5'tir. Güven aralıkları, istatistiklerin ve dolayısıyla simülasyonun doğruluğunu belirlemek için önemlidir (Mun, 2006). Deneme sayısının artması güven aralığını daraltır ve istatistikler daha gerçeğe yakın sonuçlar verir. Girdi parametreleri için tanımlanan alt-üst sınır değerleri de çıktı parametresi olan sonuç değeri için oldukça önemlidir. Parametrelerin simülasyonda hangi aralıklar arasında rastgele değerler olarak değişebileceğinin tanımlanması sonuç değeri önemli ölçüde etkilemektedir. Aralığın tanımlanmadığı durumlarda parametrelerin deneme sayısı boyunca alabileceği değerler sonsuz olabilmekte buda sonuç değerinin olması gerekenden oldukça farklı değere sahip olmasına neden olabilmektedir. Böyle bir durumda pozitif çıkması beklenen bir çıktı parametresi yani sonuç ürününün değerinin negatif çıkma olasılığı bile vardır. Projelerde %5-10 genel olarak sıklıkla kullanılan alt-üst sınır değerleridir (Kodukula and Papudesu, 2006; Mun, 2006).

MCS ile sonuç ürün elde etmek için, kesin veya öngörülen değerlerle belirlenen deterministik girdi parametreleri kullanılarak, stokastik bir model elde edilmektedir. MCS'nin proje değerlemede en yaygın kullanıldığı alan projeye ait NBD'nin hesaplanması ve sonrasında proje parametreleri yani girdi parametrelerinin NBD'yi nasıl veya hangi sırayla etkilediklerinin analizlerinin elde edilmesidir (Kodukula and Papudesu, 2006). MCS'nin buradaki esas amacı, girdi parametrelerinin türüne göre belirlenen olasılık dağılımları ve rasgele üretilen değerleri kullanarak, projenin kârlılığını hesaplamaktır. Simülasyon, parametrelere ait belirlenen olasılık dağılımları için tanımlanan aralıklar içerisinde, her çalıştırıldığında farklı değerler olarak, çıktı parametresi olan sonuç ürün değerinde de aynı oranda değişimin olmasına neden olmaktadır. Bu değişim belirlenen alt-üst sınır değerleri arasında olduğu için kullanıcının proje değeri ile ilgili kararını tersi yönde değiştirecek büyüklükte bir sonuçla karşılaşılmamaktadır. Günümüzde pek çok ticari yazılım aracılığıyla, olasılık dağılımı ile tanımlanan bir proje parametresine ait rasgele değerler üretmek mümkündür. Crystal Ball, @Risk, IBM, Decision Pro, Decide ve Precision Tree özellikle MCS için yaygın kullanılan ticari yazılımlardır. Bunların haricinde kullanıcıların kendi algoritmalarını hazırlayarak simülasyonu çalıştırabildikleri, Matlab gibi yazılımlar da mevcuttur.

2.5. Kaynak Özetleri

Bu bölümde farklı ülkelerde yenilenebilir enerji santralleri ile ilgili ve reel opsiyon değerlendirme yöntemleri kullanılarak yapılan, literatürdeki çalışmalara yer verilmiştir. Tablo 2.11’de yıllara göre hazırlanmış çalışmalardan bazıları, farklı ülkelerdeki devlet destek politikaları, opsiyon değeri için kullanılan esneklik seçeneklerinin farklılığı ya da geliştirilen farklı yöntem ve modellere göre seçilerek özetlenmiştir.

Tablo 2.11. Literatür özeti

Yazar	Yıl	Ülke	Proje Tipi	Seçenek Türü	Değerleme Yöntemi	Belirsizlik
Yang et al.	2023	Çin	Güneş	Erteleme	MCS	Yatırım Maliyeti Elektrik Fiyatı Karbon Fiyatı
Zhang et al.	2023	ABD	Güneş	Erteleme	MCS	Elektrik Fiyatı SREC Fiyatı
Bangjun et al.	2022	Çin	Güneş	Kademeli Yatırım	Biomial	TGC Fiyatı
Ersen et al.	2022	Türkiye	Güneş	Erteleme	Black-Scholes	Elektrik Fiyatı Elektrik Fiyatı Yakıt Fiyatı
Zhang et al.	2022	Çin	Güneş Rüzgâr	Erteleme	MCS	Karbon Fiyatı Yatırım Maliyeti REC Fiyatı
Assereto and Byrne	2021	İrlanda	Güneş	Erteleme	MCS	Elektrik Fiyatı SREC Fiyatı
Gupta	2021	Hindistan	Güneş Rüzgâr	Genişleme	Binomial	Küresel Kömür Fiyatı

Tablo 2.11. Literatür özeti (devam)

						Yatırım Maliyeti
Liu et al.	2021	Çin	Rüzgâr (Offshore)	Erteleme	Binomial MCS	Elektrik Fiyatı Karbon Fiyatı
Aquila et al.	2020	Brezilya	Rüzgâr	Terk Etme	MCS Binomial	Elektrik Fiyatı
Balibrea-Iniesta	2020	Fransa	Güneş	Şimdiki Zamanda	MCS	Elektrik Fiyatı Yatırım Maliyeti Endüstriyel Fiyatlar
Bari	2020	İtalya	Güneş	Erteleme	Binomial	Elektrik Fiyatı
Liu and Romm	2020	Çin	Güneş	Erteleme	Binomial MCS	Elektrik Fiyatı Karbon Fiyatı Yatırım Maliyeti
Zhang et al.	2020	Çin	Güneş	Erteleme	Binomial	Elektrik Fiyatı Karbon Fiyatı Borç Faiz Oranı Yatırım Maliyeti
Liu et al.	2019	Çin	Rüzgâr	Erteleme Terk Etme	Black-Scholes	Elektrik Fiyatı
Maeda and Watss	2019	ABD	Rüzgâr	Erteleme	MCS	Elektrik Fiyatı Yatırım Maliyeti
Penizzotto et al.	2019	Arjantin	Güneş	Erteleme	MCS Binomial	Yatırım Maliyeti Elektrik Fiyatı

Tablo 2.11. Literatür özeti (devam)

Gazheli and Bergh	2018	-	Güneş Rüzgâr	Erteleme	MCS	Elektrik Fiyatı
Li et al.	2018	Çin	Rüzgâr	Erteleme	MCS	Karbon Fiyatı
Moon and Baran	2018	ABD Almanya Japonya Kore	Güneş	Erteleme	MCS	Yatırım Maliyeti
Eissa and Tian	2017	Mısır	Güneş	Erteleme	Black-Scholes Monte Carlo Simülasyonu	Elektrik Fiyatı Enerji Üretim Kapasitesi Tarife Garantisi
Kitzing et al.	2017	Baltık Denizi	Rüzgâr (Offshore)	Erteleme Kapasite Değişimi	Black-Scholes	Elektrik Fiyatı Rüzgâr Hızı
Zhang et al.	2017	Çin	Güneş	Erteleme	MCS Binomial	Elektrik Fiyatı Yatırım Maliyeti
Nadarajah et al.	2017	-	Hidroelektrik	Genişleme	MCS Binomial	Elektrik Fiyatı
Loncar et al.	2017	Sırbistan	Rüzgâr	Genişleme Terk Etme	Binomial	Elektrik Fiyatı
Gahrooei et al.	2016	ABD	Güneş	Büyüme Kademeli yatırım	MCS Binomial	Elektrik fiyatı
Fleten et al.	2016	Norveç	Hidroelektrik	Erteleme	Black-Scholes	Elektrik Fiyatı Sübvansiyon Ödemeleri
Gong and Li	2016	Çin	Rüzgâr Güneş Biyokütle	Erteleme	Triomial	Karbon Fiyatı

Tablo 2.11. Literatür özeti (devam)

Sisodia et al.	2016	İspanya	Rüzgâr	Erteleme	MCS Black-Scholes	Proje Değeri
Zhang et al.	2016	Çin	Güneş	Erteleme	Binomial MCS	Karbon Fiyatı Yatırım Maliyeti
Jeon et al.	2015	Kore	Güneş	Şimdiki Zamanda	MCS	Enerji Üretim Kapasitesi Elektrik Fiyatı
Li et al.	2015	ABD	Güneş	Erteleme	Black-Scholes Binomial	Yakıt Fiyatı Biyoyakıt Fiyatı
Onar and Kılavuz	2015	Türkiye	Rüzgâr	Şimdiki Zamanda	MCS	Enerji Üretim Kapasitesi Elektrik fiyatı Yatırım faliyeti
Sisodia et al.	2015	İspanya	Rüzgâr	Erteleme Genişleme	MCS Black-Scholes	Proje Değeri
Xian et al.	2015	ABD	Biyokütle	Erteleme	Black-Scholes	Yakıt Fiyatı Biyoyakıt Fiyatı
Anderson and Weersink	2014	ABD	Biyokütle	Erteleme	Black-Scholes	Proje Değeri
De Oliveira et al.	2014	Brezilya	Biyokütle	Girdi/ çıktı değiştirme	MCS	Elektrik Fiyatı
Santos et al.	2014	Portekiz	Hidroelektrik	Erteleme	Binomial	Elektrik fiyatı
Sheen	2014	-	Rüzgâr	Şimdiki Zamanda	Black-Scholes	Proje Değeri

Tablo 2.11. Literatür özeti (devam)

Zhang et al.	2014	Çin	Güneş	Erteleme Terk Etme Şimdiki Zamanda	Binomial	Fizibilite Maliyeti Karbon Fiyatı Sübvansiyon Ödemeleri
Brandao et al.	2013	Brezilya	Biyokütle	Girdi/ Çıktı Değiştirme	Black- Scholes MCS	Biyokütle Fiyatı
Detert and Kotani	2013	Moğolistan	Kömür Rüzgâr Güneş Jeotermal	Erteleme	MCS	Yakıt Fiyatı
Lin et al.	2013	Çin	Güneş	Erteleme Terk Etme	Binomial	NRE Maliyeti Teknoloji
Monjas-Barraso and Balibrea-Iniesta	2013	Danimarka Finlandiya Portekiz	Rüzgâr	Şimdiki Zamanda	MCS Binomial	Elektrik fiyatı Enflasyon oranı Enerji Üretim Kapasitesi Yatırım Maliyeti
Rohlf and Madlener	2013	Almanya	Rüzgâr	Erteleme	MCS Binomial	Elektrik Fiyatı Yakıt Fiyatı Karbon Fiyatı Teknoloji
Bartolini and Viaggi	2012	İtalya	Biyokütle	Erteleme	Binomial MCS	Proje Değeri Biyokütle Fiyatı Elektrik Fiyatı

Tablo 2.11. Literatür özeti (devam)

Boomsma et al.	2012	Norveç	Rüzgâr	Erteleme Büyüme	Black-Scholes MCS	İşçilik Maliyeti Teknoloji Elektrik Fiyatı Sübvansiyon Ödemeleri
Kim et al.	2012	Kore	Güneş	Şimdiki Zamanda	Black-Scholes	Proje Değeri
Martinez-Cesena and Mutale	2012	-	Rüzgâr	Erteleme Terk Etme	Binomial MCS	Enerji Üretim Kapasitesi
Min et al.	2012	ABD	Rüzgâr	Terk Etme Şimdiki Zamanda	Black-Scholes	İşletme ve Bakım Maliyeti
Tas and Ersen	2012	Türkiye	Güneş	Erteleme	Black-Scholes	Elektrik Fiyatı

Türkiye güneş enerjisinden elektrik üretimi için 2012 yıllarında henüz çok yeni teknolojilere ve gelişmelere sahipti. Bu yüzden Türkiye'de güneş enerjisi üretim projelerinin uygulanıp uygulanamayacağını ve optimum yatırım süresinin ne olabileceğini görmek yatırımcılar için iki önemli soru olmuştur. Taş ve Ersen (2012) bu iki soruya cevap bulabilmek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma alanı olarak yıllık güneş ışınım oranı ve coğrafi konumu nedeniyle Karaman ilini seçmişlerdir. Yatırımın ekonomik ömür süresi 30 yıl olarak belirlenmiştir. Yatırım kararlarının değerlendirilmesinde geleneksel yöntemlerin eksikliğini gidermek için birçok yeni model kullanılmaktadır. “Yatırıma değer biçmek için hangi yöntem kullanılır” sorusunun cevabını bulmak, yatırımcının doğru yatırım kararı vermesi açısından önemlidir. Yatırım değerlemede güncel yöntemlerden biri olan reel opsiyonlar, yatırımcılara geleneksel yaklaşımların dışında pek çok avantaj sağlamaktadır. Bu avantajı göstermek isteyen Taş ve Ersen çalışmalarına ilk olarak geleneksel yöntemlerle değerlendirme ile başlamışlardır. NBD hesabında kullanılan en önemli parametrelerden biri olan iskonto oranının belirlenmesi için diğer çalışmalardan farklı olarak Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanmışlar ve parametre değerini %10 olarak belirlemişlerdir. Ayrıca GÖS ve İGO’yu da hesaplayarak geleneksel yöntemle hesaplanan yatırım değerinin her biri için nasıl sonuç verdiklerini de araştırmışlardır.

NBD ile elde edilen sonuç -15,450,118.00 avro değerinde iken GÖS 11,44 yıl, İGO da %9,27 olmuştur. NBD'nin negatif, GÖS'ün çok uzun olması ve İGO'nun da iskonto oranından düşük çıkması nedeniyle projenin bu haliyle kabul edilebilir bir yatırım olmadığı sonucu elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda yatırımın ertelenmesi söz konusudur. Erteleme opsiyonu kullanmayı sunan reel opsiyonlarla değerlendirme yapmak üzere Black-Scholes yöntemini seçen araştırmacılar belirlenmesi en zor parametre olan volatilité için tarihsel elektrik fiyat verilerini modellemeyi tercih etmişlerdir. Black-Scholes yöntemi ile 6 yılda 34,143,393,00 avro ile maksimum yatırım değeri sonucu elde edilmiştir. Bu nedenle firma yatırım kararını 6 yıl ertelemeli, ardından yatırımını yapmalıdır. Firma 6. yıldan önce de yatırımını yapabilir ancak daha az kâr eder, bu durum mühendislik ve teknolojik iyileştirmelerini, fiyatları, teşvikleri, üretim koşullarını değiştirerek yatırım değerinin olumlu şekilde etkilenmesi ile açıklanabilir. Yani her değişken opsiyon değerini farklı şekilde etkilemektedir. Sonuç olarak, proje geleneksel değerlendirme yöntemleriyle uygulanabilir değildir. Ancak erteleme seçeneğinin uygulanması bu projeyi kârlı ve uygulanabilir kılmıştır.

Yatırım değerlemede yöntemler arası farklılıkların karşılaştırılması kadar ülkeler arası karşılaştırmalarda mevcuttur. Her ülkenin devlet destek politikası, teşvikleri ve yatırımı direkt etkileyen elektrik fiyatı farklı olduğu için, yenilenebilir enerjiden elde edilen getiri de farklı olmaktadır. Bu farklılıkları göstermek adına Monjas-Barraso ve Balibrea-Iniesta (2013), üç Avrupa Birliği ülkesi Danimarka, Finlandiya ve Portekiz'de RES değerlemesini hem ülkelerin farklı enerji politikaları hem de değerlendirme yöntemleri ile elde edilen sonuçları karşılaştırmak amacı ile yatırıma bugün başlanması durumundaki şartlarda gerçekleştirmişlerdir. Elektrik fiyatı, enflasyon oranı, enerji üretim kapasitesi ve yatırım maliyeti çalışmanın belirsizlik faktörleri olarak belirlenmiş ve MCS ile bu faktörler modellenerek nakit akışlar elde edilmiştir. Elde edilen nakit akışlardan logaritmik indirme yoluyla da volatilité parametresi analitik olarak hesaplanmıştır. Parametrelerin belirlenmesinden sonra, önce NBD sonrasında opsiyon ve en son GNBD sonucu elde edilmiştir. NBD ve parametreler MCS ile opsiyon değeri ise hem MCS hem de Binomial yöntemle hesaplanmıştır. Sonuçları farklılaştıran en önemli etkenin, ülkelerin farkı devlet destek politikaları olmuştur. Örneğin, Portekiz tarife garantisi sistemini seçerken, Finlandiya ve Danimarka prim garantisi sistemini seçmiştir. Ayrıca ülkeler aynı kamu teşvik planını seçmiş olsa da her durumda uygulanan primler ve sübvansiyona ilişkin

limitlerin nasıl belirleneceği farklıdır. Her ülke tarafından benimsenen kamu destek sistemini (Tarife Garantisi veya Prim Garantisi) etkileyen ve mali desteğin seviyesini değiştiren fiilen meydana gelebilecek herhangi bir siyasi değişiklik, projenin NBD'si ve opsiyon değeri sonucunu etkileyecektir. Çalışmanın sonucunda devlet destek politikaların yatırım değerleri üzerinde direkt etkilerinin olduğu ve bu şekilde GNBD'si en yüksek ülkenin Finlandiya sonrasında Danimarka ve en son da Portekiz olduğu belirlenmiştir. MCS ve Binomail yöntem arasında yapılan değerlendirmeler sonucunda ise iki yöntemde benzer sonuçlar verdikleri görülmüştür. MCS'deki deneme sayısı ve Binomail yöntemdeki düğüm sayısı arttıkça sonuçların gerçeğe daha yakın ve birbirlerine daha benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca her iki yöntemde de aynı volatilité değerinin kullanılmasının sonuçları birbirlerine daha da yakınlaştırdığı sonucu elde edilmiştir.

Güneş ve rüzgâr enerjisinden farklı olarak biyokütle enerji kaynakları genelde her türlü yer ve konumda elde edilmektedir. Kendi içerisinde tarımsal, hayvansal, endüstriyel ve orman ürünlerinden elde edilmesi ile de çok çeşitli ve yaygın kullanılabilir bir enerji çeşidi olarak dünyada kullanılmaktadır. Brandao vd. (2013) bu çalışmalarında soya ve hint fasulyesi arasında girdi/çıktı değiştirme opsiyonu kullanarak bir biyokütle enerji santrali için yatırım değeri analizi yapmışlardır. Gelecekteki fiyatların belirsizliği stokastik bir süreci kapsamaktadır. Bu stokastik süreç genel olarak GBH ile tanımlanırken bu çalışmada farklı olarak Ortalamaya Geri Dönüş modeli de çalışmaya dâhil edilerek iki farklı süreç takip edilmiştir. Bu şekilde model ve parametre seçimlerinin değerlendirme üzerindeki etkisini de göstermişlerdir. Brezilya'nın Kuzeydoğu bölgesinde, toprağın söz konusu ürün türlerine uygun olduğu ve hint fasulyesi üretiminin yaklaşık %80'lik bir üretim oranına sahip olduğunu varsaymışlardır. Ayrıca, biyokütle enerji santralinin üretim alanına yakın kurulacağını ve böylece ilgili nakliye maliyetlerinin de ortadan kalkacağı varsayılarak gider ve maliyet hesabı yapılmıştır. Hem NBD hem de opsiyon değeri MCS ile analiz edilmiş olup, yatırım belirsizliği olarak da biyokütle fiyatı modellenmiştir. Elde edilen ilk sonuç GBH sürecini takip eden ve soya ve hint fasulyesi arasında değiştirme seçeneğine sahip bir biyokütle enerji tesisi için GNBD 87.744,82 dolar olarak hesaplanmıştır. Bu durum esneklik olmadığı ve yalnızca soya fasulyesi üretimi yapıldığı varsayımı ile değerlendirildiğinde, yatırımın NBD'si 40.139,87 dolar olmuştur. Yani bu yatırımda girdi/çıktı değiştirme opsiyonunun kullanım değeri

46.806,65 dolardır. İkinci analiz olan stokastik sürecin Ortalamaya Geri Dönüş sürecini takip ettiği varsayıldığında hesaplanan GNBD 50,216.44 dolar, NBD 47,139.87 dolar ve opsiyon değeri de 3,076.57 dolar olmuştur. İki süreç arasında opsiyon değerinden kaynaklı asıl yatırım değerini ifade eden GNBD'lerde oldukça fazla fark olduğu görülmektedir. Her ne kadar NBD için yaklaşık benzer sonuç elde edilmiş olsa da yatırım değerlemede opsiyonların olumlu etkileri düşünüldüğünde GBH'yi takip etmenin daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca araştırmacıların bir diğer görüşleride projenin NBD'si pozitif olsa dahi esneklik faktörü ile hesaplanan opsiyon değerinin yatırıma daha fazla değer kattığı için her durumda kullanılması gerektiği yönündedir.

Aynı yıl iki farklı stokastik süreci takip eden bir çalışmayı Detert ve Kotani (2013)'de yapmıştır. Bu çalışmalarında Moğolistan'da kömüre dayalı enerji sektöründen, rüzgâr, güneş ve termal enerji kaynaklarının kullanımına geçiş için reel opsiyonlar ile bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Brandao vd.'lerinin yaptıkları çalışmada olduğu gibi GBH ve Ortalamaya Geri Dönüş stokastik süreçleri ile ayrı ayrı analizler gerçekleştirmişlerdir. Moğolistan'daki yüksek belirsizliğe sahip kömür fiyatlarını, volatilité parametresi olarak MCS ile modellemişler ve sonrasında NBD ve opsiyon değeri ile GNBD elde etmişlerdir. Bu çalışmada da opsiyon değerinin yatırıma ekstra bir değer kattığı ve GBH ile daha yüksek opsiyon değerleri elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Biyokütle enerji kaynaklarından hayvansal atıkların kullanıldığı bir başka çalışma ise Anderson ve Weersink (2014) tarafından ABD'nin Kaliforniya eyaletine bağlı Ontario şehrinde yapılmıştır. Süt üretimi yapan çiftçiler için biyokütle enerji kaynağı olan anaerobik çürütücülerin kârlılığını, mevcut ve önerilen devlet fiyatlandırma politikalarını, yatırım belirsizliği altında reel opsiyonlar kullanarak incelemişlerdir. Anaerobik çürütme sistemi, yatırımcılara pozitif net gelir kazandıran ve sera gazı emisyonlarını azaltan çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Ontario şehri için geçerli olan Yeşil Enerji Yasası, üretilen enerji için hibeler ve devlet desteği yoluyla bu tesislerin kurulmasını teşvik etmeye çalışmaktadır. Ontario'daki çiftliklere yalnızca bu tarz 10 tesis yerleştirildiğinden, teşvikler olsa dahi büyük yatırımlar bu alanda yapılamamaktadır. Bu çalışmanın sonuçları da bu yatırım eksikliği ile orantılı olmuştur. Yenilenebilir Enerji Tarife Garantisi fiyatı yaklaşık %38 oranında artarsa veya yatırım maliyeti %48 oranında düşerse, 150 ineklik bir sürü için NBD istenilen

pozitif bir değer aralığında elde edilebilmekte ve ürütme tesisi kurulumu onaylanabilmektedir. Elektrik fiyatında %1'lik bir artış veya maliyette bir azalma olursa bu kez 600 ineklik bir sürü için pozitif bir NBD oluşturulabilmektedir. Bununla birlikte, erteleme opsiyonu kullanılarak piyasalarda ve teşviklerde istenilen değişimin rakamlara yansması da beklenen bir durum olmuştur. Yani erteleme opsiyonunu kullanmak bu tarz bir yatırım için de oldukça büyük bir değer kazandırmaktadır. Reel opsiyonlar analizi için çalışmada NBD ile elde edilen nakit akışlar, logaritmik yöntemle hesaplanarak volatilitte değeri olarak kullanılmıştır. Analitik bir yöntem olan Black-Scholes yöntemi ile yapılan analizde erteleme seçeneğinin Ontario şehrindeki bir mandıra iftliği için yaklaşık 300.000 dolar değer kazandıracadığı hesaplanmıştır. Devlet desteği sona erse dahi erteleme opsiyonu bu yatırım için oldukça avantajlı bir durum yaratmıştır. Böyle kârlı yatırımlar için önemli miktarda hibe fonu ya da daha yüksek tarife garanti oranları gerektiği de bu çalışma ile elde edilen sonuçlar arasındadır.

Avrupa Birliği'nin yenilenebilir enerji santrali öncülerinden olan Portekiz'de, jeopolitik konumundan dolayı, hidroelektrik santrallerinin kurulum oranı rüzgâr enerjisinden hemen sonra gelmektedir. Ülkede her yıl artan oranda yapıımı devam eden hidroelektrik santrallerinin reel opsiyonlarla değerlemesi için Santos vd.. (2014) bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. İlk olarak yatırım parametrelerini öngörerek, geleneksel yöntemlerle analize başlamışlardır. Yatırımın en büyük belirsizliği olarak ifade edilen elektrik fiyatlarının içerdiği riski göz ardı eden NBD ve İGO yöntemlerinden farklı olarak, reel opsiyonlarla bu durum volatilitte parametresi olarak analize dâhil edilmiştir. Böylece yatırımcı daha kapsamlı ve gerçekçi bilgilere sahip olmakta ve zararlardan kaçınabilmektedir. Ayrıca, proje getirilerindeki küçük olumsuz değişikliklerin bile projenin uygulanabilirliğini riske atabileceği unutulmamalıdır. Bu çalışmada, sonuçları güçlü bir şekilde etkileyen üç temel varsayıma göre proje uygulanabilirliğini değerlendirmek için NBD, İGO ve GÖS yöntemleri kullanılmıştır. İlk olarak, tesisin tam kapasite ile üretim yapacağı ve proje ömrü boyunca tüm üretilen enerjinin dışarıya satılacağı varsayılmıştır. Bu, iyimser ve gerçekçi olmayan bir varsayımdır, çünkü yıl boyunca hidroelektrik santrallerindeki su akışının belirsizliği dikkate alınmamıştır. İkincisi, enerji ödemesi projenin ömrü boyunca (50 yıl) sabittir. Bu başka bir iyimser varsayımdır çünkü hükümetin enerji ödemelerini sabit tutmasına rağmen enerji fiyatlarının 50 yıl boyunca sabit kalması pek olası olmayacaktır.

Bununla birlikte, bu ödemenin sabit kalması haricinde 50 yıl süren bir ödeme hiç bir ülkede bu zamana kadar olmamıştır. Üçüncü olarak, maliyetlerin ve ödemelerin kompozisyonu dikkate alınarak iskonto oranı %10,3, enflasyon oranı da %3 olarak varsayılmıştır. Bu varsayımlar, proje sonuçlarını güçlü bir şekilde etkilemiştir. Bu sonuçlar üzerinden pozitif değerler elde edilerek projenin ekonomik olarak uygulanması gerektiği sonucu elde edilmiştir. Ancak fiyat ve üretim belirsizliği gibi bazı hususların hiç bir şekilde dikkate alınmaması sonuçların gerçekliğini yatırımcıya illaki sorgulatacaktır. Bu durumlar için aynı proje Binomal yöntemle, elektrik fiyatının volatilité parametresi olarak belirlendiği ve 5 yıllık erteleme seçeneğinin kullanıldığı bir analiz daha gerçekleştirilmiştir. Ertelme opsiyonlu proje değeri 433.659 avro iken statik NBD'den 51.371 avro sonucu elde edilmiştir. İGO'nun %11,22 ve GÖS'ünde 35 yıl olarak hesaplandığı bu projede geleneksel yöntemlerle elde edilen değerlerin kendi içlerinde olumlu sonuçlar verse bile opsiyon değeri karşısında tercih edilmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji santrallerinin kuruluma devlet destek politikaları elektrik fiyatının dışında birde yerli aksam kullanımı için ayrı bir teşvik sağlamaktadır. Yatırımcılar bu teşviği kullanmakta zorunlu olmamakla birlikte kullanımlarda yatırımdan elde edilecek getiri üzerinde büyük rol oynadığı da gözlemlenmektedir. Onar ve Kılavuz (2015) yaptıkları bu çalışmada yerli ve ithal aksam kullanımı olmak üzere iki farklı yatırım değerlendirme analizi gerçekleştirmişlerdir. Yatırım zamanlaması olarak bir esneklik kullanmadan bugün başlanması durumunda MCS ile reel opsiyon değerlemesini tercih etmişlerdir. Modelde rüzgâr enerjisi yatırımlarının riskini artıran, üretilen elektriğin gücü, elektriğin fiyatı ve yatırımın maliyeti olmak üzere üç temel belirsizliği ele almışlardır. Üretilen elektrik gücü doğrudan rüzgâr hızı ile ilişkilidir; bu nedenle ilk adım rüzgâr hızlarını tahmin etmek olmuştur. Rüzgâr hızlarının genellikle bir Weibull dağılımını takip ettiği varsayılır ve çalışmada rüzgâr hızları bu varsayım kullanılarak tahmin edilmiştir. Ek olarak, elektrik fiyatının GBH'yi izlediği varsayılmış ve yatırım maliyetlerinin uzmanlar tarafından tanımlanan bir aralıkta değiştiği öngörülmüştür. Belirsizliği yüksek bu üç parametre içinden elektrik fiyatının MCS yöntemiyle volatilité parametresi olarak modellenmesine karar verilmiştir. Geleneksel NBD için riske göre uyarlanmış iskonto oranı kullanırken; opsiyon teorisi risksiz faiz oranını modellerinde kullanmaktadır. Araştırmacılar çalışmalarında hem risksiz faiz oranında hem de riske göre uyarlanmış

iskonto oranında değişimler yaparak yöntemler arası karşılaştırmalar da yapmışlardır. Sonuçlara bakıldığında proje değerini sadece iki oranın değişimi değil, esneklik faktörünün dâhil edilip edilmemesinde önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. NBD'nin negatif sonuç verdiği yatırım, reel opsiyonlarla pozitif bir sonuca dönmüştür. Diğer bir elde edilen sonuçta yerli aksam desteğiyle RES yatırımı yaparak devlet teşviği kullanan yatırımcının ortalama opsiyon değerinin 2,5 milyon dolar, ithal üretim türbin parçaların kullanılmasıyla da elde edilen ortalama opsiyon değerinin 1,5 milyon dolar olduğu sonucu elde edilmiştir. Yapılan analizlerle, Türkiye'de devlet teşviklerinin RES yatırımlarında opsiyon değerine ekstra bir değer kazandırdığı sonucuna varılmıştır.

Devlet destekleri yenilenebilir enerji santrali yatırımında her ülke için farklı ve oldukça önemlidir. Bazı dönemler piyasa koşullarına göre destek programları da değişiklik göstererek revizeler ya da yeni uygulamalar yürürlüğe girmektedir. Böyle bir farklılık için Sisodia vd. (2015), 2014 yılı haziran ayı içerisinde İspanya'da revize edilen yeni enerji düzenlemelerinden önce ve sonra olmak üzere iki farklı senaryo ile çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın esas amacı opsiyonların yatırım için sunduğu esneklik seçeneklerini kullanarak, NBD'ye göre farklılığını göstermek olmuştur. Palisade (2000) tarafından geliştirilen @Risk yazılımının deneme versiyonu ile gerçekleştirilen MCS, hem NBD hem de opsiyon değeri hesaplamak için kullanılmıştır. İlk senaryo revize öncesi fiyat cetveli uygulanarak ve öngörülen değerlerle gerçekleştirilmiş olup, hesaplanan NBD 20,8 milyon avro olmuştur. Bununla birlikte, parametrelerin piyasa değişimi sonucu NBD'nin 1,5 ile 23,7 milyon avro arasında değişebileceği de simülasyon ile elde edilen sonuçlar arasındadır. MCS ile yapılan duyarlılık analizi sonuçlarına göre NBD'yi önemli ölçüde etkileyen değişkenler proje değeri, yatırım maliyeti, enerji üretim miktarı ve işletme ve bakım maliyeti olmuştur. Bununla birlikte, bu senaryoda NBD'nin pozitif değer aralıkları içerisinde olması kabul edilebilir bir yatırım olduğunu da göstermektedir. Opsiyon değeri ise hem erteleme hem de genişleme opsiyonları kullanılarak hesaplanmıştır. Erteleme opsiyonu ile elde edilen proje değeri NBD'den düşük değer verirken, genişleme opsiyonu ile de tam tersi yüksek değer elde edilmiştir. Bu durumda NBD'ye göre ertelemek yerine genişleme opsiyonunun kullanılması avantajlı bir yatırım değeri sunacaktır. Senaryo 2'de revize sonrası yeni fiyat cetveli uygulanarak hesaplamalar yapılmış ve duyarlılık analizinde proje değerini etkileyen en önemli değişkenin

elektrik fiyatı olduğu görülmüştür. Bu duruma sebep olan etkenin yeni düzenlemede teşvik süresinin kısa tutulması olmuştur. MCS sonuçlarına göre NBD -74,6 ila 40,8 milyon avro arasında değişebilmektedir. Bununla birlikte, ortalama NBD -12,50 milyon olarak hesaplanmıştır. Ortalama NBD'nin negatif çıkması ile bu senaryoda geleneksel değerlendirme ile karar olumsuz olmuştur. Bu senaryoda erteleme ve genişleme opsiyonlarının kullanımında ise ilk senaryonun tam tersi olarak erteleme opsiyonunun kullanılması genişleme opsiyonuna göre çok daha yüksek değerli sonuç vermiştir. Bu nedenle böyle bir yatırımda NBD'nin negatif çıkması ile opsiyon kullanımı ön plana çıkmış; opsiyonda kendi içerisinde erteleme opsiyonunun kullanımı ile daha olumlu sonuç vermiştir.

Bazı ülkelerde yenilenebilir enerji konusundaki devlet destek politikaları ihmal edilmiş ve yatırımlar teşvik olmadan gerçekleştirilmiştir. Norveç'te bu ülkeler arasındadır ve Fleten vd. (2016) yaptıkları çalışmada 2001-2008 yılları arasında Norveç Su Kaynakları ve Enerji Müdürlüğü (NVE) tarafından verilen ve devlet desteği olmadan kurulmuş 214 lisanslı hidroelektrik santralini konu almışlardır. Santrallerin yatırımı aşamasında değerleri geleneksel NBD yöntemi kullanılarak analiz edilmiş olup, reel opsiyon yöntemleriyle değerlendirilseydi yatırım zamanı ve değerinin nasıl bir farklılık göstereceği bu çalışma ile araştırılmıştır. Araştırmacılar bugün yapılan hesaplamalarda İsveç'te belirlenen teşvik oranlarına benzer değerler kullanılarak analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Değerlemeler çok fazla veri seti olduğu için simülasyon yerine Black-Scholes analitik yöntemiyle yapılmıştır. Norveç'te devlet teşviği konusu uzun yıllar müzakerelerde tartışılmış ama uygulamaya konulamamıştır. Son gelişmelerde 1 Ocak 2012 ile 2020 sonu arasında olan yeni veya iyileştirilmiş küçük hidroelektrik santrallerine yatırım yapıldığı sürece ticari belge olan yeşil sertifika almaya hak kazanacakları açıklanmıştır. Bu noktada ülkeler yeşil sertifikaya sahip lisanslı işletmeleri devlet desteği politikaları içerisinde gördüğü için, Norveç'te bu tarihler arasında HES yatırımları için teşvik alabilmiştir. Bu nedenle de Black-Scholes yönteminde kullanılmak üzere belirlenen volatilité parametresi teşvik fiyatı ve elektrik fiyatı olarak modellemiştirler. Lisans alan 214 yatırımdan 190'ı yatırıma başlamaya karar vermiş ve hiçbir destek almadan 122 yatırım pozitif NBD'ye, 68 yatırım da negatif NBD sonucuna sahip olmuşlardır. Norveç'teki teşvik fiyatını belirlemek adına araştırmacılar NBD'yi sıfır yapan proje değerini baz alarak bir değer belirlemişler ve ortalama olarak bu değer in İsveç'te belirlenen teşvik fiyatıyla yakın

sonuçlar verdiği sonucunu da elde etmişlerdir. Bu noktada NBD ile hem pozitif hem de negatif çıkan yatırımlar Black-Scholes yöntemi ile yeniden değerlendirilmiş olup, negatif çıkan projelerde ertelemenin hatta pozitif çıkan projeler de dahi beklemenin, daha etkili getiri sağlayacağı sonucuna varmışlardır.

Reel opsiyonlarla değerlemede sıklıkla kullanılan Black-Scholes, Binomial yöntem ve MCS dışında bazı araştırmacılar bu yöntemlere ek bazı analitik modellerde geliştirmişlerdir. Bunlardan bir tanesi de Eissa ve Tian (2017)'ın geliştirdikleri Lobatto3C-Milstein (L3C2M) yöntemidir. Yine aynı yılda araştırmacılar Mısır'daki bir güneş enerjisi santrali projesi için bu yöntemi kullanarak reel opsiyonlarla değerlemesini gerçekleştirmişlerdir. Bu alışma ile erteleme opsiyonunun yatırım üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve üç aşamalı sayısal yöntem olan L3C2M modelini test etmişlerdir. L3C2M modeli Black-Scholes yöntemine benzer analitik bir yöntem olup farklı olarak dört ekonomik unsur olan maliyet, değer, risk ve esneklik faktörleri ile bütünleştirilmiştir. L3C2M modeliyle elde ettikleri sonuçları sonlu farklar yöntemi ve MCS ile elde ettikleri opsiyon ve proje değerleriyle karşılaştırmışlardır. Böylece hem projenin yatırım zamanı hem de geliştirdikleri modelin sonuç doğruluğunu bu çalışma ile test etmişlerdir. Sonuçlara bakıldığında  yöntemle de elde edilen değerler birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. MCS birden fazla parametrenin simüle edilmesi ve modellenmesi gibi durumlarında çok avantajlı olsa da diğer yöntemlere göre daha uzun çalışma süresi gerektirmektedir. Sonlu farklar yöntemi doğruluğu yüksek, MCS'ye oranla daha hızlı çözümlenmeler yapabilen bir yöntem olmakla birlikte karmaşık matematiksel işlemlere sahip olmasından kaynaklı fazla tercih edilmemektedir. Son olarak, L3C2M yönteminin diğer tüm yöntemlere göre daha hızlı ve basit çözümlenebilen bir performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Tarife garantisi, prim garantisi, yeşil sertifikalar ve çeşitli destek planları gibi yenilenebilir enerji kaynakları için tüm dünyada geliştirilen politikalar mevcuttur. Yenilenebilir enerji projelerinin doğasında bulunan stratejik esneklikler nedeniyle, farklı destek programları, aynı ortalama maliyet ve fiyat varsayımlarında bile çok farklı yatırım kararlarının alınmasını sağlayabilmektedir. Kitzing vd. (2017) Baltık Denizi'nde deniz st RES (offshore) için reel opsiyon yöntemi ile bir fizibilite çalışması gerçekleştirmişlerdir. alışmalarının amacı yatırımı ertelemenin ve kapasite seçiminin proje üzerindeki etkisini değerlendirmek olmuştur. Erteleme opsiyonunu kullanmanın kapasite değişimi üzerinde etkisinin olduğunu düşünerek, kapasite

kısıtlamasının yatırım belirsizlikleri ve devlet desteği ile birlikte bir eşik değerde tutulması gerektiği sonucuna varmışlardır. Kapasite kısıtlamaları ve piyasa durumu dikkate alındığında, bir yeşil sertifika planının, tarife garantisinden %3 daha yüksek kâr getirebileceği sonuçları da elde edilmiştir. Destek araçları arasındaki seçim, küçük ve büyük kapasiteli yatırımların zamanlama ve kapasite gibi parametrelerini de oldukça fazla etkilemektedir. Bu etki, hiçbir esnekliği dikkate almayan geleneksel NBD kullanıldığında ihmal edilir. Bu çalışmadaki yatırım için bir üst sınır belirlenerek kapasite kısıtlaması uygulanmıştır. Kapasite kısıtlaması, Avrupa'da deniz üstü RES'ler için giderek daha popüler hâle gelen açık artırma veya ihale planlarında özel bir öneme sahiptir. Sınır getirilmesinin sebebi kapasite artırımına gidildiğinde yatırımın belirli bir zaman aktif olmayabileceği ve diğer potansiyel yatırım fırsatlarından vazgeçilmeye başlanacak olmasındandır. Bu durumun genişleme opsiyonunun kullanılması ile çözümlenebileceği de öngörülen sonuçlar arasında olmuştur. Bu tür bir yaklaşım ve çalışma, özellikle devlet destek ve politika seçeneklerini karşılıklı olarak analiz etmek için uygundur.

Reel opsiyonların yatırımcıya sunduğu esneklik seçenekleri ayrı ayrı yatırım içerisinde değerlendirilebilirken, birleştirilerek bileşik opsiyon şeklinde de uygulanabilmektedir. Loncar vd. (2017) yaptıkları bu çalışmada genişleme, büyüme ve terk etme opsiyonlarını bileşik opsiyon olarak Sırbistan'daki RES projesi yatırımına uygulamışlardır. 12 yılı yerel yenilenebilir enerji düzenlemelerine göre hazırlanan Tarife Garantileri ile gerçekleşen, geri kalan 15 yılda normal işletme dönemini kapsayan bu yatırım, Binomial yöntem kullanılarak analiz edilmiştir. Volatilite parametresi için birçok projede olduğu gibi elektrik fiyatı kullanılmıştır. Elektrik fiyatı logaritmik nakit akış yöntemine göre MCS kullanılarak modellenmiştir. MCS için Crystal Ball yazılımı kullanılırken, NBD ve opsiyon değeri için kullanılan Binomial yöntem MS Excel ortamında hazırlanmıştır. Çalışmalarının özgünlüğü reel opsiyonların yatırımcıya sunduğu esneklik seçeneklerini birleştirerek kullanmaları olmuştur. Her opsiyon aşama olarak uygulanmaktadır. RES yatırımı öngörülen her aşama için olumlu sonuçlar verdiğinde diğer bir opsiyonun uygulama aşamasına geçilmektedir. Bu şekilde yatırımın ekonomik ömrü boyunca hangi durumlar için en fazla getiri elde edebileceği de önceden hesaplanmış olmaktadır. Bu fizibilite çalışmasında bileşik opsiyonun herhangi Binomial değerlendirilmesinde, NBD yöntemine göre daha yüksek risk ve daha düşük getiri, reel opsiyon modelinde daha

düşük risk ve daha yüksek getiriye dönüştürerek proje değerini artırdığı görülmüştür. Tüm bunlar dikkate alındığında, RES projelerinin reel opsiyon yöntemleri ile değerlendirilmesi, sadece yatırım dönemi ya da sonrasında değil, yatırım öncesinde de yatırımcılara stratejik düşünme ve karar verme sürecinde önemli ölçüde yarar sağladığı görülmektedir.

Güneş enerji santralleri kurulumunda çatı üstü fotovoltaik sistemlerle yapılan yatırımlar da oldukça fazladır. Fakat literatürde bu tarz çalışmalara fazla rastlanmamaktadır. Moon and Baran (2018) bu eksikliğı gidermek adına ABD, Almanya, Japonya ve Kore’de çatı üstü konut fotovoltaik güneş enerji sistemleri için bir değerlendirme çalışma yürütmüşlerdir. Bu makale, maliyet belirsizliğı olduğunda ve konut sakininin kararı esnek olduğunda, yani konut sakininin fotovoltaik sistemini kurmayı erteleme seçeneğine sahip olduğuna anlamına geldiğinde, yatırımı ekonomik olarak analiz etmek için reel opsiyonlarla yapılmış bir değerlendirme çalışmasıdır. Analizler için hem NBD hem de reel opsiyon değerlendirme yöntemlerinden Binomial yöntemle hesaplanan opsiyon değeri kullanılmıştır. Araştırmacılar çalışmalarında Binomial yöntemle hesaplanan GNBD ve NBD karşılaştırması yapmayı tercih etmişlerdir. Bu durum yatırım için beklenen optimum süreyi ve belirsizlikle ilgili karşılaştırmalı istatistikleri açıkça tahmin etmeye olanak da tanımaktadır. Yatırım maliyeti belirsizlik faktörü olan volatilité parametresi olarak belirlendikten sonra MCS ile modellenerek simüle edilmiştir. Farklı fotovoltaik sistem boyutlarına ve farklı ülkelere ait ampirik veriler kullanılarak, her senaryo için yatırımın kâr elde etme süresi yani başa baş süresi de analiz edilmiştir. Daha küçük boyutlu bir fotovoltaik sisteminin optimal zamana ulaşması 10.8-11.5 yıl sürerken, daha büyük bir sistemin 7.8-9.1 yıl sürebileceğı tahmin edilmiştir. Ayrıca, çoğu analizde NBD ile opsiyon değeriyle hesaplanan GNBD arasında yaklaşık 10-12 yıllık bir değer farkı olduğuna da elde edilen sonuçlar arasındadır. Buradan negatif çıkan bir yatırımın opsiyon değeriyle pozitif olması ve aralarındaki değer farkının zamana yansımalarını da bu çalışmada sunulmuştur. Erteleme sürelerine bakıldığında ABD, Almanya, Japonya ve Kore ile ilgili sırasıyla 7,49, 0,28, 3,65 ve 0,33 yıl sürenin beklenmesi gerektiğini hesaplamışlardır. Yani Almanya dışındaki tüm ülkelerde yatırımın ertelenmesi gerekmektedir. Fotovoltaik yatırımlarında ertelenen sürenin dikkatli bir şekilde tahmin edilmesi, sürdürülebilir konut fotovoltaik sistemlerinin yatırımını teşvik etmek için uygun politikalar geliştirmek ve desteklemek için önemli bir konudur. Ülkeler arası

yapılan bu çalışmada görüldüğü üzere geleneksel yöntem olan NBD sonuçlarının yatırımcıyı yanıltabildiği ve hatta yatırımın yapılmasına bile engel olabildiği, opsiyon değerinin ve erteleme seçeneğinin ise proje üzerinde olumlu etkide bulunduğu sayısal olarak da gösterilmiştir.

Dünya’da RES’lerin kurulum oranının en çok olduğu ülke olan Çin’de, üretimin fazla olmasından kaynaklı depolama tesisi gibi ek ihtiyaçlar da ortaya çıkmaktadır. Literatürde rüzgâr enerjisi depolama sistemlerinin ekonomisini değerlendirmek için reel opsiyon yöntemlerini kullanan çok az çalışma mevcuttur. Bu boşluğu doldurmak ve esneklik seçeneklerinin opsiyonun değerini artırabileceğini göstermek için Liu vd. (2019) Çin’deki bir RES’in, reel opsiyon yöntemini kullanarak enerji depolama sistemini değerlendirmişlerdir. Yenilenebilir enerji Çin’de hızla artmakla birlikte devlet politikalarının yetersiz kalması ile son yıllarda bazı bölgelerde azalma görülmeye de başlamıştır. Rüzgâr enerji santrallerine entegre edilen bu enerji depolama sistemleri, üretim miktarını daha da artırmak için Çin’de ideal bir sistem olarak da görülmektedir. Araştırmacılar reel opsiyonlarla değerlemede analitik bir yöntem olan Black-Scholes yöntemini kullanmayı tercih etmişlerdir. Proje geneline bakıldığında yatırım süresi boyunca en belirsiz yatırım faktörünün bu projede de elektrik fiyatı olacağına karar verilmiş ve volatilité parametresi hesaplanmıştır. Opsiyon değeri hesaplanırken yatırımı erteleme ve terk etme seçenekleri değerlendirilmiştir. Uygulamada düşük, orta ve yüksek düzeyde yatırım senaryoları ele alınmıştır. Orta ve yüksek seviyeli senaryolarda beş yıl erteleme opsiyonu ile istenilen kâr düzeyi elde edilebilmiştir. %10’luk bir kapasiteye sahip enerji depolama sistemi için orta seviyeli senaryoda 3 yıl, yüksek seviyeli senaryoda ise 1 yıl içerisinde kâr elde edilmeye başlanacağı hesaplanmıştır. Yatırımda terk etme opsiyonun kullanılması da yine bu yatırım için olumlu bir karar olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca Çin’deki enerji piyasası reformunun, enerji depolama sistemleri için de geçerli hâle gelmesi açısından dikkat çekici bir çalışma olmuştur.

Çatı üstü fotovoltaik sistemlerinin yatırım değerlerini ve risklerini tahmin etmek; tarifeleri, teknoloji maliyetlerini ve düzenleyici politikayı etkileyen büyük belirsizlikler nedeniyle gerçekten de zorlu bir görevdir. Penizzotto vd. (2019), Arjantin’de gerçekleştirdikleri çalışmada, mevcut binaların çatılarına kurulacak fotovoltaik üretim sistemlerine yapılan yatırımların değerlendirilmesi için reel opsiyon teorisine dayalı, analitik bir yöntem ya da hazır bir simülasyon paketi kullanmak

yerine, kendilerinin hazırladığı bir yazılım geliştirerek analizlerini tamamlamışlardır. Fotovoltaik üretim projesi, Arjantin'in San Juan Eyaleti Hükümetine ait büyük bir ofis binasının çatı katına yerleştirilecektir. Genel olarak, yenilenebilir enerji projelerine ilişkin yatırım kararları, geleneksel yaklaşım olan NBD yöntemi ile değerlendirilmektedir ve negatif NBD'ye sahip projelerin reddedilmesi gerektiği belirtilir. Ne yazık ki, çatı üstü fotovoltaik projelerinin uzun vadeli olmasından kaynaklı, finansal getirileri büyük belirsizliklere tabidir. Aynı zamanda, fotovoltaik projelerde "şimdi ya da asla" kararları alınmaması gerektiğinden önemli ölçüde zaman esnekliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Geliştirilen değerlendirme metodolojisi için yenilenebilir tarife ve yatırım maliyetinin gelecekteki değişikliklerine ilişkin belirsizliği göz önünde bulundurmalıdır. Elektrik tarifelerinin ve fotovoltaik yatırım maliyetlerinin gelecekteki dinamiklerinde süregelen belirsizlikler, karışık bir stokastik süreç olan GBH ile açıklanmaktadır. Bu şekilde, hem elektrik oranlarında hem de güneş paneli ve invertör fiyatlarında düzenli rastgele dalgalanmalar ve büyük fiyat sıçramalarının meydana gelmesi uygun şekilde karşılanabilmektedir. Araştırmacılar çalışmalarında hem NBD hem de opsiyon değeri için MCS ile hesaplamalar yapmışlardır. Çalışmaya konu olan fotovoltaik sisteme ait hali hazırda bir veri seti olmadığı için, fotovoltaik sistemine ait tasarım Valentin yazılım şirketi tarafından geliştirilen PVSOL'un deneme sürümü kullanılarak simüle edilmiştir. Yazılım, yıllık olarak üretilen enerji tahmininin yanı sıra ekipman, pano yerleşimi, elektrik devresi ve yatırım maliyetini de kullanıcılara sunmaktadır. Çalışmanın devamında belirsiz değişkenlerin modellenmesi, NBD hesabı ve reel opsiyon değerlemesini analiz etmek için Matlab 2016a versiyonuna dayalı, araştırmacılar tarafından oluşturulan bir araç kutusu kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda NBD'nin negatif sonuç vermesi ile erteleme opsiyonu kullanılarak pozitif GNBD elde edilmiştir.

Reel opsiyonların yatırımcılara proje değerlerinin artması ya da en azından zarar etmemeleri için sunduğu esneklik seçeneklerinden sadece terk etme opsiyonu satım opsiyonu olarak işlem görmektedir. Satım opsiyonu her yatırım için olumlu sonuçlar yaratmamaktadır. Ama bazı yatırımlarda öngörülemeyen piyasa değişimlerinden ya da üretim ile ilgili durulmalardan kaynaklı yatırımcı için zarar etmeden yatırımı terk etmek en avantajlı durum olabilmektedir. Aquila vd. (2020) yaptıkları bu çalışmada Braziya'nın Bahia eyaletindeki Caetitsee bölgesinde kurulacak ve ekonomik ömrü boyunca her yıl terk etme opsiyonunu kullanabilecek bir RES projesinin ekonomik

fizibilitesini araştırmak için reel opsiyonlar kullanarak değerleme yapmışlardır. Değerlemede hem MCS hem de Binomial yöntem kullanılmıştır. Hesaplamalar MS Excel ve Crystal Ball yazılımında geliştirilen matematiksel modeller kullanılarak gerçekleşmiştir. Volatilite parametresini ifade eden elektrik fiyatı ve projenin NBD'si 5000 deneme sayısı ile MCS'de modellenerek hesaplanmış olup, NBD'nin negatif sonuç vermesiyle bir sonraki adım olan reel opsiyon yöntemiyle değerleme işlemine geçilmiştir. Binomial yöntemle hesaplanan terk etme opsiyonu ve projenin GNBD'si, RES'in NBD'sini %30,29 oranında artırdığı sonucu elde edilmiştir. Brezilya'da elektrik piyasası ile ilgili politikalarda eksiklikler olmasına rağmen, reel opsiyonlarla sunulan terk etme seçeneği proje değerini artıran bir çözüm olmuştur. Terk etme seçeneğinin, özellikle proje değerinde düşme söz konusu olduğunda, yatırımcıyı değer kayıplarından belirli bir şekilde koruduğu sonucu da ilerleyen dönemlerde yapılacak projeler için bir olumlu yaklaşımdır. Farklı senaryolar sonucu elde edilen bir diğer sonuç ise yatırımın ekonomik ömrünün sonuna kadar terk etme ihtimalinin %70,9 olduğu ve yatırımdan kâr elde edilebilmesi için özellikle piyasa koşullarındaki dalgalanmalara göre dönemsel bu opsiyonun kullanılabilceği olmuştur.

Alım ve satım opsiyonlarının değerleri her ülkenin yatırımcıya sunduğu şartlara ve devlet politikalarına göre değişebilmektedir. Fransa'nın da yenilenebilir enerji yatırımı için kullanıcılara alım ve satım opsiyonu kullanma hakkını belirli durum ve şartlarda sunduğunu göstermek için Balibrea-Iniesta (2020) bir çalışma yürütmüştür. Fransa'da 100 KW'tan büyük kapasiteli güneş enerji projelerinin değerlendirilmesi için reel opsiyon teorisine dayalı yürüttükleri çalışmada yatırım zamanlaması için bir esneklik kullanmayıp, projeye bugün başlanılması durumuna göre değerlendirme yapmışlardır. Fransa'da böyle bir yatırım için en belirsiz proje faktörleri elektrik fiyatı, yatırım maliyeti ve endüstriyel fiyatlar olarak belirlemiş olup, volatilite parametresi için MCS ile modellenmişlerdir. Değerleme ilk olarak geleneksel yöntemle hesaplanan NBD'nin bulunmasıyla başlamış sonrasında da yatırım için alım ve satım opsiyonlarının gerçekleştirileceği varsayılarak tamamlanmıştır. MCS ile yapılan bu değerlemelerde dört farklı senaryo geliştirilmiştir. Bunlar Fransa'da yenilenebilir enerji politikaları için düzenlenen Tarife Garantisi Sistemine dayandırılarak yapılmıştır. Tarife Garanti Sistemi üreticilere her yıl ürettikleri elektriği, belli bir birim fiyat üzerinden satma hakkı veren sistemdir. Fransız mevzuatı yatırımcılara alım ve satım opsiyonlarını kullanmaları için farklı düzenlemeler sunmuştur. Satım opsiyonu,

üreticinin Tarife Garanti Sistemi üzerinden belirlenen fiyatlarla satış yapmasını ifade etmektedir. Diğer bir yandan da Fransız yönetiminin, kamunun çıkarlarının korunması için düzenlediği alım opsiyonu mevcuttur. Yani yatırımcının lehine bir satış opsiyonu ile idarenin lehine bir alım opsiyonu mevcuttur. NBD için yapılan uygulamadaki dört senaryoda tarifede belirlenen fiyatlarda sırasıyla %25, %50, %75 ve %100 artış olması durumunda yatırımcının elde edeceği kâr miktarı hesaplanmıştır. Aynı artış oranları ile opsiyon değerleri de hesaplanmış ve NBD'ye eklenerek GNBD elde edilmiştir. %25 ve %50 artış oranlarında hem NBD hem de GNBD negatif sonuç verirken %75 ve %100 artış miktarlarında her iki proje değeri de pozitif değer almıştır. %59 oranında GNBD'nin ancak başa baş noktasına geldiği yani proje değerinin 0 olduğu hesabı da yapılmıştır. Bu durum yatırımcının avantajına olan satış opsiyonu için geçerli proje değerleridir. Alım opsiyonu için yatırımcı bu projede hiçbir durumda kârlı duruma geçememiştir. Buna neden olarak da Fransız mevzuatının belirlediği miktar kadar enerji üretimi olduğunda yatırımcı için avantaj sağlayacağı hükümden kaynaklanmaktadır. Fransa, güney bölümü hariç düşük güneş ışınımı alan bir bölge olduğu için enerji üretimi bu miktarı karşılayamamaktadır. Balibre-Iniesta yaptığı bu çalışmada Fransa'daki GES yatırımlarında reel opsiyonlarla alım ve satım opsiyonlarının, devlet politikası karşısında nasıl sonuçlar verdiğini; kârlı bir yatırım için hangi şartların mevcut olması gerektiğini araştırarak gelecek çalışmalara yön vermiştir.

Bir yatırımdan maksimum elde edilecek getiri, enerji üretimi ile ilgili olduğu kadar birim elektrik fiyatı ile de doğru orantılıdır. GES'lerin kurulurken devlet desteklerinin önemi kadar tesisin kurulacağı bölgenin alacağı güneş ışınımında oldukça önemli olduğu yukarıdaki Fransa örneğinde belirtilmiştir. Her ülkede devlet destek ve teşviği benzer oranlarda olmamakla birlikte, yenilenebilir enerji santralleri ile ilgili yapılan yatırım değerlendirme analizlerinde devlet politikalarının iyileştirilmesi yönünde sonuçlarda elde edilmektedir. Hem devlet politikalarının hem de güneş ışınımının yatırım değeri üzerindeki etkisini araştıran bu çalışma, İtalya'nın güneyinde yer alan Puglia bölgesindeki şehirler için Bari (2000) tarafından GES yatırımlarının ayrı ayrı reel opsiyonlarla değerlendirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Analizler için hem NBD hem de Binomial yöntemle opsiyon değeri hesaplanmıştır. İtalya'da güneş enerji yatırımlarının artması İtalyan Hükümeti tarafından bazı teşvik edici politikaların geliştirilmesi yönünde çalışmaları başlatmıştır. Yatırım maliyetlerine vergi avantajları

sağlanması durumunda NBD'si negatif çıkan bir projenin, terk etmeden sadece bir süre erteleyerek, kârlı bir yatırım haline gelinebileceği öngörülmektedir. Araştırmacı güneş ışınımı ile sıcaklık arasında güçlü bir ilişki olduğunu göz önünde bulundurarak ilk olarak Bari şehrinde GES kurmanın avantajlarını incelemek üzere meteorolojik ve mikro-iklim etkilerini analiz ettikten sonra, Amerikan alım opsiyonu olarak hesaplanmasına imkân veren Binomial yöntemi kullanarak yatırım değerini hesaplamıştır. Yatırımcının belirli bir olasılıkla vergi avantajı elde edebileceği bir bağlamda yatırımı erteleyebilmesi esnekliğiyle karakterize edilen bu çalışmanın sonucunda, Puglia bölgesindeki her şehrin güneş enerji yatırım değerlerini analiz etmiş ve güneş ışınımına maruz kalma oranı yüksek olan şehirlerin hem NBD hem de GNBD'sinin pozitif değer aldığı sonucunu elde etmiştir. Öte yandan, NBD'nin negatif olduğu şehir sayısı daha fazla olmasına rağmen, yatırım kararına esnekliğin dâhil edilmesi, negatif NBD değerlemesinin pozitif GNBD'ye dönüşmesini de sağlamıştır. Böylece, İtalya'nın her bölgesinde güneş panellerinin kârlılığı erteleme seçeneği ile reel opsiyonlar kullanarak kabul edilebilir yatırım değeri elde edilmiştir. Devlet politikalarının etkisi ile ilgili olarak, teşvik politikaları daha çekici ve daha olası hâle geldiğinde opsiyon değerinin nasıl arttığı da yine çalışmada gösterilmiştir. Böylece İtalya'da devlet teşviklerinin de artan yönde olacağı varsayıldığında yapılacak GES'in NBD'si negatif çıksa dahi erteleme seçeneği ile opsiyon değeri eklenerek, her bölgesinde güneş enerji yatırımlarının kârlı bir yatırım seçeneği olacağı sonucu elde edilmiştir.

İrlanda'da rüzgâr enerjisi dışındaki yenilenebilir enerji tesis kurulumları yok denilecek kadar azdır. Özellikle, diğer ülkelerde kurulumu yaygın ve enerji üretimi oldukça fazla olan fotovoltaik güneş enerji sistemleriyle oldukça az elektrik üretilmektedir. Buna sebep olarak da devlet teşviklerinin ve bu anlamda yürütülen politikanın yetersiz olması gösterilmektedir. Asserto ve Byrne (2021) bu konu ile ilgili İrlanda'da fotovoltaik güneş enerjisi ile elektrik üretimi yapan bir tesis için reel opsiyonlarla bir fizibilite çalışması gerçekleştirmişlerdir. Değerleme için belirsizliğin ana kaynağını elektrik fiyatı olarak belirlemişler ve analiz için de MCS kullanmışlardır. MCS ile yaptıkları bu değerlemede üç farklı senaryo ile çalışmışlardır. Senaryoları maliyet bazlı düşünerek yüksek, orta, düşük olmak üzere değerlendirmişler ve NBD ile GNBD'nin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Uygulama sonrası yüksek maliyetli senaryoda negatif bir NBD ve 0 değerinde bir opsiyon değeri

elde etmişlerdir. Orta ve düşük maliyetli senaryoda ise NBD hâlâ projenin reddedilmesini gerektiği yönünde sonuç verirken, gecikmenin bu yatırım için optimal olduğunu ve erteleme opsiyonunun kullanılmasıyla proje değerinin istenilen şekilde pozitif olduğu analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre devlet desteği olmadan, yalnızca en iyi durum senaryosunda, yani teknoloji maliyetlerinin düşük olduğu durumlarda, İrlanda'da güneş enerjisi yatırımı yapmanın gelecekte kârlı olabileceği görülmüştür. Yetersiz kalan bu devlet desteği için Amerika'da geçerli olan SREC (Solar Renewable Energy Credit/ Certificate) gibi yenilenebilir güneş enerji kredi ya da sertifika politikaları ile daha çok yenilenebilir enerji santrali kurulmasının da gerçekleştirilebileceği öngörülmüştür. Bu kapsamda yeni bir çalışma daha yaparak bu kez devlet desteği olarak görülen SREC fiyatlarını volatilité parametresi olarak belirlemişlerdir. Bunun üzerine yeni bir simülasyon daha gerçekleştirilmiş ve SREC desteği sunulan haliyle analiz sonuçları çok daha olumlu olmuştur. Yatırıma bugün başlanması ve erteleme durumunun her ikisi için de opsiyon değeri pozitif olurken, NBD'ye göre üstünlüğü bu uygulamada da kanıtlanmıştır. Ayrıca araştırmacılar bu çalışma ile İrlanda'daki yenilenebilir enerji tesisleri için devlet desteğinin önemini göstererek yeni politikaların geliştirilmesine yön vermeye çalışmışlardır.

Hindistan'da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı kömüre oranla çok düşüktür. 2021 yılında elektrik ihtiyacının %18'i güneş enerjisinden karşılanırken, %70'i kömürden karşılanmaktaydı. Güneş ve rüzgâr enerjisinin Hindistan'ın toplam enerji üretimindeki oranı ise %4'tür. Gupta (2021), Hindistan'da rüzgâr ve güneş enerji santrallerinin kapasite artırımına giderek genişleme opsiyonu kullandığındaki yatırım değeri için bir çalışma yürütmüşlerdir. Amaçları, 2030 yılına kadar elektriğin %25'ini rüzgâr ve güneşten üretebilmek için nasıl politikalar geliştirilebileceğini tespit etmek olmuştur. Yatırımlarındaki belirsizliği, yüksek kömür fiyatlarından sonra yenilenebilir enerjide kapasite artırımını ve yatırım harcamalarını teşvik edici politikalarla desteklemek için, küresel kömür fiyatları ile modellemişlerdir. Rüzgâr ve güneş enerji santralleri için yapılan yatırım değerlemesi Binomial yöntem kullanılarak ve 16 yıllık bir ekonomik süre düşünülerek analiz edilmiştir. Hindistan'ın, Paris Antlaşması hedeflerine göre 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kullanımının %40 gibi bir orana sahip olması için bu çalışmadan elde edilen sonuç, yeni politikaların geliştirilerek birim elektrik fiyatında yeni güncellemeler yapılmasının ve kapasite artırımında da %7

oranında büyüme gerçekleşmesinin, hedefler için uygun bir değerlendirme olacağı yönünde olmuştur.

Çin karasal rüzgâr enerjisinin yanı sıra deniz üstü RES'ler ile de dünyada ilk sırada yer almaktadır. 2021 yılı Çin Ulusal Enerji İdaresinin yayınladığı rapora göre Çin'in bir yılda, dünyanın geri kalanının son beş yılda kurabildiğinden daha fazla deniz üstü RES kapasitesi inşa edilmiştir. Gelişen dünyada çevre dostu enerji kaynaklarını daha fazla kullanmak insanlar ve dünya için her zaman önemli bir durum olmuştur. Liu vd. (2021), daha önce yapılan çalışmaların çoğunlukla karasal RES'ler için yapıldığını ancak Çin'deki deniz üstü RES'lerin geliştirme zamanlaması ve sübvansiyon etkisi hakkında yapılan araştırmaların yetersiz olduğunu görerek bir yatırım değerlendirme çalışması yürütmüşlerdir. Çalışmalarında erteleme opsiyonunu kullanarak Binominal yönteme dayalı bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Çin'in Guangdong eyaletindeki bir deniz üstü RES'i etkileyen kritik risk faktörlerini incelemişler ve teknolojik gelişmelerin ve farklı sübvansiyon planlarının proje değeri üzerindeki etkisini ve uygun geliştirme zamanlaması üzerine yoğunlaşmışlardır. Gelecekteki belirsizliklerin varlığında ekonomik kayıp riskini azaltmak için, stokastik süreci takiben yatırım maliyetini, elektrik ve karbon fiyatını MCS ile modelleyerek volatilité parametresini belirlemişlerdir. Gelecekteki enerji yatırım kararlarını optimize etmek için hangi faktörlerin deniz üstü RES yatırım teşviklerini kısıtladığını ve hızlandırdığını açıklığa kavuşturmak ta büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden devlet desteğinin olmadığı durumda bir analiz gerçekleştirmişler ve NBD'si negatif çıkan bir yatırım için erteleme opsiyonu ile yatırımın uygulanabilir olabileceği sonucuna varmışlardır. Reel opsiyonların yatırımcıya sunduğu esnekliğin yatırıma kattığı değer bu çalışma ile de gösterilmiş olsa da, devlet desteğinin uygulamaya yansıtılması sonuçları çok daha olumlu yönde etkileyeceği de elde edilen sonuçlar arasındadır. Ayrıca bu uygulama çalışması, Çin'de deniz üstü RES'ler ile düşük karbonlu bir yaşama geçişin sağlıklı gelişimini desteklemek için yatırımcılara uygun geliştirme zamanlamasını ayarlamaları ve kamunun teşvik politikalarını geliştirme ve iyileştirme için gerekli önemi göstermelerini sağlayacak bir kılavuz niteliğindedir. Bu anlamda reel opsiyonlarla yatırım değerlemede elde edilen olumlu sonuçlar önemli rol oynamaktadır.

Çin'de yenilenebilir enerjinin kullanımı çok yüksek oranlarda olduğu için farklı devlet politikaları da mevcuttur. Bu politikalar dâhilinde enerji santrali kurulumunda

geleceğe dair belirsizliklerde değişebilmektedir. Reel opsiyon teorisi yatırımcıya erteleme, genişleme, büyüme, terk etme ya da kademeli yatırım gibi farklı seçenekler sunmaktadır. Bunlar arasında en sık kullanılan erteleme opsiyonu olmakla birlikte, çalışmanın niteliğine göre diğer opsiyonlarında avantaj sağlayabilecekleri bu zamana kadar yapılmış uygulamalarla desteklenmiştir. Çin'deki farklı devlet politikaları ve esneklik türlerinden kademeli yatırımın proje değeri üstündeki etkisini göstermek için Bangjun vd. (2022) Çin'deki bir fotovoltaik enerji santrali değerlemesi için ön fizibilite çalışması yürütmüşlerdir. Bu çalışmada araştırmacılar, Yenilenebilir Portföy Sistemi (RPS- Renewable Portfolio System) ve devletin sübvansiyon ödemeleri yani devlet teşviklerine rağmen, yatırımcıların enerji santrali yatırımı için en uygun zamanı ve koşulu bulmalarını sağlamak olmuştur. Bunun için ilk olarak belirsizlik faktörünü, TGC (Tradable Green Certificate) fiyatı yani Yeşil Sertifika Fiyatı olarak belirlemişlerdir. TGC, elektriğin yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretildiğini ispatlayan bir ticari emtiadır. Bu sertifikaya elektriğin şebekeye girdikten sonra “Geleneksel olarak üretilen enerjiden mi?” yoksa “Yenilenebilir bir enerji kaynağından mı?” üretildiği belirlenemediği için gerek duyulmaktadır. Bu sertifikayı alan yatırımcı ürettiği elektriğin tamamının yenilenebilir kaynak kısmından olduğunu kanıtlamış olmakla birlikte, bu sertifikaya sahip olmak için de bir bedel ödemektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji portföy sisteminin de TGC piyasasının belirsizliğini göz önünde bulundurması ve bir fiyat cetveli geliştirmesi gerektiği de düşünülmektedir. Bu anlamda TGC'nin yatırımlar üzerindeki belirsizliği de artmaktadır. Bu belirsizliğin yatırım değerini artıracacağı düşünülerek MCS ile analizler yapmışlardır. Esneklik seçeneği olarak kademeli yatırımın daha olumlu sonuçlar vereceğini düşünerek opsiyon değerini hesaplamışlardır. Çalışmalarının sonucunda kademeli yatırımı, tek seferlik yatırımla karşılaştırıldıklarında yatırımcılara daha fazla piyasa verisi getirdiği ve bu nedenle aralardaki bekleme sürelerinde, rakiplere kaptırılan fırsat maliyetini düşürdüğü sonucunu elde etmişlerdir.

Hangi ülkede olursa olsun sektördeki yüksek belirsizlik ve hızlı teknolojik gelişmeler göz önüne alındığında, yatırımcılar karar verme süreçlerinde esnekliğe ihtiyaç duymaktadır. Geleneksel yöntemlerin statik bakış açısı, yatırımdaki yüksek belirsizliği açıklamak için yeterli değildir. Ersen vd. (2022) yaptıkları bu çalışmada güneş enerjisi yatırımları gibi belirsiz ortamlarda erteleme seçenekleri için yeni sezgisel bulanık Trinomial reel opsiyon değerlendirme yöntemini önermişlerdir. Piyasa

dalgalanmaları dikkate alınarak belirsizlik, daha geniş bir perspektiften yararlanmak için sezgisel bulanık sayılarla modellenmiştir. Bunu yaparken aynı zamanda kişiye özel bir elektrik fiyat tahmin modeli önerilmiş ve reel opsiyon değerlemesinde kullanılmak üzere öngörüler sağlanmıştır. Ayrıca, volatilité parametresi iki farklı değişken ve yöntem ile belirlenmiştir. Sezgisel Bulanık Trinomial opsiyon modeli, Türkiye gibi belirsizliğin yoğun olduğu yatırım ortamında, geleneksel yöntemlerden ve diğer bulanık yöntemlerden, hatta sezgisel bulanık sayılarla binomial modelden bile daha kapsayıcı bir çözüm önermektedir. Net verilere ulaşılamayan sayısal ve sözel nitelikteki değişkenler ya da yatırımcının tereddütleri kolayca modele aktarılabilmekte ve birbiriyle entegre edilebilmektedir. Bu araştırmada, Türkiye'de 20 MW'lık bir güneş enerjisi santralının inşasının erteleme opsiyonu ile değerlemesi incelenmiştir. Proje bugün NBD yöntemine göre kârlı görünsede sonraki yıllar için yatırım seçeneği incelendiğinde projenin ertelenmesi ve belli bir süre sonra hayata geçirilmesi kârlılığı maksimize etmektedir. Çalışmadan iki farklı sonuç elde edilmiştir. İlki volatilitenin elektrik fiyatının tarihsel verilere dayandırılarak hesaplandığı ve sonucunda 5 yıllık bir erteleme ile maksimum kâr elde edileceği olmuştur. İkinci sonuç ise nakit akışlardan hesaplanan volatilité ile 8 yıllık bir erteleme sonucunda maksimum kâr elde edileceğidir. Nakit akış ile hesaplanan volatilité modelinde her ertelenen yıl için volatilité değerinin de artacağı düşünöldüğünde, bu modelin yatırım için daha dinamik sonuçlar vereceği öngörülmüştür.

SREC, ABD'de mevcut olan bir Yenilenebilir Enerji Sertifikası veya Kredisidir. SREC'ler, güneş enerjisi için özel gereksinimler içeren Yenilenebilir Portföy Standardı (RPS) mevzuatına sahip eyaletlerde bulunmaktadır. Yatırımlarda SREC'lerin satışından elde edilen ek gelir, bir güneş enerjisi yatırımının ekonomik değerini artırmakla birlikte güneş enerjisi teknolojisinin finansmanına da yardımcı olur. Zhang vd. (2023) önemli bir güneş enerji pazarına sahip olan ABD'nin New Jersey eyaletini çalışma alanı olarak seçerek, reel opsiyonların proje değeri üzerindeki etkilerinin, NBD yöntemine göre daha olumlu olduğunu göstermek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Reel opsiyonlarla proje değerini hesaplariken en önemli faktörlerden biri volatilité değeridir. Yatırımın ekonomik ömrü boyunca belirsizlik durumlarını ifade eden bu parametre için araştırmacılar New Jersey'deki bir güneş enerjisi santralinden alınan verileri kullanarak, SREC ve elektrik fiyatlarını seçmişlerdir. Bir güneş enerjisi santralının ürettiği her megavat saatlik elektrik için bir SREC

oluşturulur. Bu sertifika, üretilen elektrik miktarının güneş enerjisinden geldiğinin kanıtı anlamına gelmektedir. Yatırım için volatilité parametresi kadar yatırım zamanında önemlidir. Araştırmacılar reel opsiyonların yatırımcıya sunduğu esneklik seçeneklerinden ertelemenin, proje üzerindeki etkilerini de araştırmışlardır. Proje değeri, volatilité ve erteleme zamanının belirlenmesinde kullanılan senaryolar için MCS kullanmayı tercih etmişlerdir. Senaryoların %76'sı yatırımcıların projeyi en az bir ay ertelemelerinin kısa sürede dahi etkili olacağı sonucunu vermiştir. Değerleme sonrasında NBD 196,28 dolar hesaplanırken, 1 ay ertelenen opsiyon değeri 133,42 dolar ve bu değerin NBD ile eklenmesiyle oluşan GNBD'de 329,70 dolar olarak hesaplanmıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yatırıma başlamadan önce ilk olarak RES projesi için teknik ve ekonomik analizlerin yapılması gerekmektedir. Teknik analiz, lisans alma ve çalışma alanı hakkında detaylı bilgi edinme kısmını içerirken; ekonomik analiz çalışma alanına kurulumu yapılacak RES ile ilgili değerlendirme kısmını içermektedir. Çalışma alanının seçiminde teknik analiz ile ön lisans, lisans ve proje parametre değerleri belirlenirken, ekonomik analiz için seçilecek yöntemle de yatırımdan elde edilecek kâr, zarar miktarı belirlenmektedir (Yıldırım, 2016).

Bir RES projesinin teknik analiz kısmında, “Yıllık enerji üretimi nedir?”, “Buna bağlı olarak gelir miktarı ne olacaktır?”, “İlk yatırım maliyeti hesaplanırken hangi yatırım kalemleri dâhil edilmelidir?”, “Yıllık operasyonel giderler minimum seviyede nasıl tutulmalıdır?” gibi soruların cevaplanması gerekmektedir. Bu kısımda yatırımcı ilk olarak EPDK’ya santral kurma başvurusunu yapmalı ve bunun sonucunda da olumlu yönde onay almalıdır. Rüzgâr enerji santrali yatırımlarına ilişkin mevzuat 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ve Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği’nden oluşmaktadır. Yönetmelik hükümlerine göre, yatırımcının elektrik piyasasında üretim faaliyetinde bulunabilmesi için öncelikle ön lisansın; ön lisans süresince yükümlülüklerin tamamlanması şartıyla sonrasında da üretim lisansı alınması gereklidir. Ön lisans, üretim faaliyetinde bulunmak isteyen tüzel kişilere, üretim tesisi yatırımlarına başlamaları için gerekli onay, izin, ruhsat ve benzerlerinin alınabilmesi için belirli süreli verilen izni ifade etmektedir. Üretim lisansı ise tüzel kişilere piyasada üretim faaliyeti gösterebilmeleri için 6446 sayılı Kanun uyarınca verilen izni ifade etmektedir. Lisanslama süreci Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği’nde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Bir sonraki aşama ise rüzgâr kapasitesinin belirlenmesidir. Bunun için sahada en az 1 yıllık rüzgâr ölçümü yapılmalıdır. Sonucunda enerji üretiminin maksimum olduğu ve tesisin kurulacağı saha belirlenecek olup sonrasında da enerji üretim miktarı belirlenecektir. Yerleşim yerinin belirlenmesi aşamasında rüzgâr ölçümü ve enerji üretim kapasitesinin belirlenmesi için WASP, Windpro, Windfarmer, Windscreen gibi yazılım programları kullanılarak, “micrositing” raporları hazırlanmaktadır. Rüzgâr kapasite ölçümü REPA’dan faydalanılarak da yapılabilmektedir. REPA, orta ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen

rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerji Potansiyel Atlasıdır. Bu atlas yardımıyla Türkiye genelinde 200m X 200m çözünürlüğünde 30, 50, 70 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgâr hız ortalamaları, 50m ve 100m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgâr güç yoğunlukları, referans bir rüzgâr türbini için 50m yükseklikte yıllık kapasite faktörü, 50m yükseklikteki yıllık rüzgâr sınıfları, 2 ve 50 m yüksekliklerdeki aylık sıcaklık değerleri, deniz seviyesinde ve 50m yüksekliklerdeki aylık basınç değerleri öğrenilebilmektedir. “Kuramsal Temeller ve Kaynak Özetleri” bölümünün alt başlıklarından “Türkiye’de Rüzgâr Enerji Potansiyeli” kısmında verilen Şekil 2.16’da, Türkiye geneli 50m yükseklikteki ortalama kapasite faktörü (%) dağılımı gösterilmiştir. Böylece RES alanlarının kurulum sahalarının belirlenmesinde ve ön fizibilite çalışmaları içinden rüzgâr ölçümü gibi 1 senelik zamandan tasarruf edilerek kolaylık sağlanmaktadır (ETKB, 2022).

RES yatırımlarının teknik analizi sonrasında elde edilen veriler ile yatırımın ekonomik analiz süreci başlamaktadır. Burada ilk yatırım maliyeti, operasyonel giderler, gelirler, nakit giriş-çıkışları, riskler ve belirsizlik durumları, enflasyon oranı, amortisman, vergi oranı, iskonto oranı, ekonomik ömür gibi parametreler belirlenerek, öncelikle geleneksel değerlendirme yöntemlerinden İndirgenmiş Nakit Akışlarının (İNA) hesaplanması doğrultusunda Net Bugünkü Değer (NBD) elde edilmelidir. Proje değerinin analizini yapabilmek için NBD dışında İç Getiri Oranı (İGO) ya da Geri Ödeme Süresi (GÖS) gibi geleneksel değerlendirme yöntemleri de tercih edilebilmektedir. Ekonomik analizin yatırım değerlendirme kısmında reel opsiyonlar yöntemi ile de proje değeri elde edilmektedir. Opsiyon ve GNBD elde edilebilmesi için öncelikle NBD ile proje değerinin elde edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın ekonomik analizinin yapılması için geleneksel NBD yöntemi, opsiyonlar için de Black-Scholes, Binomial yöntem ve MCS ile analizler gerçekleştirilmiştir.

Bu bölümünde ilk olarak doktora tez çalışmasına konu olan RES-1 ve RES-2 projelerinin kurulum yeri hakkında bilgilendirmeler yapılmaktadır. Çalışma alanı olarak seçilen bölgenin REPA’ya göre değerlendirilmesi enerji üretim miktarının hesaplanmasındaki en önemli işlem adımlarından biridir. Bu yüzden çalışma alanı olarak seçilen Sinop ilinin rüzgâr kapasite faktörü ve rüzgâr hızının doğru tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Çalışmada üç farklı yöntemle değerlendirilerek karşılaştırma ve analizler yapılmıştır. İlk olarak geleneksel yöntemlerden NBD, sonrasında reel opsiyonlardan Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemine göre

ve en son da MCS ile bir çalışma yürütülmüştür. Aşağıdaki bölümlerde hem çalışma alanı hem de uygulamada kullanılan bu yöntemler ve parametreler için detaylı açıklamalar yapılmaktadır. Çalışma için iki farklı RES projesi değerlendirilmiştir. Bunun nedeni RES-1 ve RES-2 projesi olarak değerlendirilen bu yatırımlarda çalışma alanı aynı olsa da; yatırım maliyeti, enerji üretim miktarları ve elde edilen getiriler farklı olduğu için, bu iki yatırımın karşılaştırılmasının ve çalışma sonrası elde edilen sonuç ve önerilerin gelecek çalışmalar için faydalı olacağı düşünülmüştür.

3.1. RES-1 Projesi için Değerleme

3.1.1. RES-1 Projesine ait Çalışma Alanı

REPA ölçümlerine göre ekonomik bir RES yatırımı için kapasite faktörünün, en az %35 veya üzerinde bir değere ve 50 metrede 7 m/s veya üzerinde rüzgâr hızına sahip olması gerekmektedir. Bu doktora tez çalışmasında REPA'ya göre Sinop ili ortalama rüzgâr hızı 7 m/s ve kapasite faktörü %35 olan bir saha çalışması öngörülmüştür. Kurulu gücü 5 MW olan ve 2021 yılı haziran ayı içerisinde kurulumu gerçekleştiren RES'in tam kapasite çalışarak enerji ürettiği ve bakım ve onarım bedeli içinde yılda 5 gün tesisin çalışmadığı düşünülerek üretim kapasitesi belirlenmiştir. Öngörülen elektrik üretimi $5MW \times 0.35 \times (360 \text{ gün} \times 24 \text{ saat}) = 15.120MW = 15.120.000kWh$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.2. RES-1 Projesini NBD Yöntemi ile Değerleme

Geleneksel yöntemler içinde literatürde en sık kullanılan NBD, gelecekteki nakit akışlarını reel indirgeme oranı yani “riske göre düzeltilmiş iskonto oranı” ile indirgeyip, bu değerlerin toplamının, proje maliyetinden çıkartılmasıyla elde edilir. Bu değerlere göre hesaplanan NBD, projenin kabul edilmesinin ya da reddedilmesinin bir ölçütüdür. Yatırım yapacak olan işletmenin piyasa değeri, proje NBD'sinin pozitif, negatif ve sıfır olmasından etkilenmektedir. (Dixit and Pindyck, 1995). Sadece pozitif NBD'ye sahip olan proje kârlı ve uygulanabilir projedir.

NBD ile değerlendirme için ilk olarak proje parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Tablo 3.1'de RES-1 projesi için belirlenen proje parametreleri gösterilmiş olup, aşağıdaki bölümlerde bu parametreler hakkında detaylı açıklamalar yapılmaktadır. Denklem (2.3)'e göre hesaplanarak elde edilen NBD, “Bulgular ve Tartışma” bölümünde detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

Tablo 3.1. Proje parametreleri (NBD)

Proje Maliyeti	11.000.000 USD=70.400.000 TL
Projenin Yıllık Gelir Miktarı	7.064.640 TL
Ekonomik Ömrü	15 yıl
Kurulu Gücü	5 MW
İskonto Oranı	%10
Türbin Sayısı	2
Operasyonel Gider	306.000 USD=1.958.400 TL
Amortisman Değeri	4.693.333,33 TL
Kurumlar Vergisi (KV)	%25=0.25
Enflasyon Oranı	%9,90=0.099
Birim Elektrik Fiyatı/Elektrik Satış Fiyatı (TL/ kWh)	0.073USD*6.40TL/USD=0.4672TL

3.1.2.1. Proje Geliri

Bir RES'e ait proje gelirin hesaplanabilmesi için öncelikle tesisin ürettiği enerji kapasitesinin ve elektrik fiyatının bilinmesi gerekmektedir. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) tarafından düzenlenen cetvellerdeki teşvik fiyatları, enerji üretim tesislerinin elektrik fiyatlarını belirlemektedir. 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu'nun (YEK Kanunu) Ek-1 sayılı cetvelindeki yer alan fiyatlar 18/5/2005 tarihinden 31/12/2020 tarihine kadar işletmeye girmiş üretim tesislerine 10 yıl süre ile uygulanmaktadır. 2949 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı gereğince 1/1/2021 tarihinden 30/6/2021 tarihine kadar işletmeye girmiş üretim tesislerine YEK Kanunu'nun Ek-1 sayılı cetvelinde yer alan fiyatlar 31/12/2030 tarihine kadar uygulanmaktadır (YEK Kanunu, 2021). Tez çalışmasına konu olan RES'in 2021 yılı haziran ayı içerisinde uygulamaya girdiği düşünüldüğünde, Ek-1 sayılı cetvelde yer alan, üretilecek elektriğin 1kWh'nin 7,3 USD cent/kWh teşvik fiyatı olacağı üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

Rüzgâr enerji santralleri için bilmemiz gereken bir diğer parametre değeri ise dolar kurudur. Bu çalışmada son yıllarda yüksek değerlerde dalgalanan dolar kuru üzerinden ortalama bir değer kullanmak yerine sabit bir dolar kuru kullanmanın hesaplamamız için daha doğru olacağına karar verilmiştir. Bunun için de T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı'nın 2020-2022 Dönemi Yatırım Programı Hazırlama Rehberi'nin 12. Maddesinde belirttiği ve 2021 yılı için belirlediği

sabit kur fiyatı, 1USD=6.40 TL değeri kullanılmıştır (SBB, 2021). Buradan proje geliri $15.120.000kWh \times 0.073USD \times 6.40TL/USD = 7.064.064TL$ olarak hesaplanmıştır. İndirgenmiş nakit akışları hesaplanırken kullanılacak birim elektrik fiyatı ise, $0.073USD \times 6.40TL/USD = 0.4672 TL$ olarak belirlenmiştir.

“Lisanslı üretim tesisinde yerli aksam kullanılması ve ilgili yerli aksamın “Yerli Aksam Yönetmeliği” hükümleri ve diğer ilgili mevzuat kapsamında belgelenmesi halinde ise işletmeye giriş tarihlerine göre bu fiyatlara YEK Kanunu’nun Ek-II sayılı cetvelinde veya 3453 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı’nın ekinde yer aldığı şekliyle belirlenen fiyatlar beş yıl süreyle ilave edilir” ifadesi çalışmamızdaki yatırımda yerli aksam kullanılmadığı için ilave olarak uygulanmamıştır.

3.1.2.2. Proje Giderleri

RES projesinin gider unsurlarını, ilk yatırım maliyeti harcamaları ve sonrasında yatırımın sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için yıllık operasyonel giderler olarak ikiye ayırmak mümkündür. İlk yatırım maliyetini büyük oranda tesis alan maliyeti, türbin maliyeti ve iletim maliyeti karşılamaktadır. Bazı durumlarda ise ham madde ihtiyacı olmamasından kaynaklı RES yatırımlarının işletme maliyetlerinin, ilk yatırım maliyetinin çok yüksek olmasına rağmen, çok düşük olabilmektedir. Bir RES’in toplam maliyetinin %76’sına denk gelen kısmını rüzgâr türbinleri (kanatlar, kuleler, nakliye ve tesis vb.) oluşturmaktadır. Türbin ana bileşenlerinin bu çoğunluktaki payı ise kule %26.3, kanatlar %22.2, dişli kutusu %12.91, güç konvertörü %5.01, trafo %3.59, jeneratör %3.44, gövde %2.8 ve kanat açısı kontrol sistemi %2.66 şeklindedir (Yıldırım and Sakarya, 2019; Shepherd et al., 2011).

Tablo 3.2’de çalışmamıza konu olan 5MW’lık RES kurulumunun ilk yatırım maliyetinin ve Tablo 3.3’te de sonrasında oluşabilecek giderlerin oransal dağılımları gösterilmektedir. Değerler dolar bazlı verilmiş olup; proje değerlemesinde kullanılmak üzere 2021 yılı için belirlenen sabit kur oranı 1USD=6.40 TL üzerinden Türk lirasına çevrilmiştir.

Tablo 3.2. Rüzgâr enerji santralinin ilk yatırım maliyeti

Yatırım Unsurları	Tutar (Dolar)
Arsa yatırımı	4.000.000

Sabit tesisi yatırımı	Σ 7.000.000
Etüt-Proje Giderleri	350.000
İnşaat Harcamaları	1.000.000
Makine ve Teçhizat Giderleri	5.000.000
İşletmeye Alma Giderleri	100.000
Genel Giderler	100.000
Beklenebilecek Farklar	100.000
Taşıma ve Sigorta	350.000
İlk Yatırım Tutarı (A+B)	Σ 11.000.000 Dolar
11.000.000USD×6.40TL/USD=70.400.000TL	

Tablo 3.3. Rüzgâr enerji santralinin operasyonel giderleri

Yatırım Unsurları	Tutar (Dolar)
Operasyonel Gider	Σ 306.000
Sigorta	20.000
Bakım ve Onarım	100.000
Genel Giderler	50.000
Beklenebilecek Farklar	50.000
Sistem Kullanım Bedeli	35.000
Sistem İşletim Bedeli	1.000
306.000USD×6.40TL/USD=1.958.400TL	

3.1.2.3. Ekonomik Ömür

Vergi Usül Kanunu'nun 333 sıra numaralı tebliğinin 45. Bölümünde bahsi geçen türbinlerle ilgili bölüme istinaden rüzgâr enerji santrallerinin faydalı ekonomik ömürlerinin 15 yıl olduğu belirtilmektedir. Bu bilgi doğrultusunda bu projede ekonomik ömür (T) 15 yıl olarak kullanılmıştır.

3.1.2.4. Amortisman ve Vergi Oranı

Bölüm 3.1.2.3'te açıklanan ekonomik ömür süresinin 15 yıl ve proje için normal amortisman oranı (1/n) kullanılacak olmasından dolayı, bu projedeki amortisman oranı (1/15) $\cong 0.067 \cong \%6.7$ olarak hesaplanmıştır.

Kurumlar Vergisi (KV) oranı olarak ise, Kurumlar Vergisi Kanunu'na eklenen geçici 13. Madde uyarınca “%20 olan kurumlar vergisi oranı 2021 yılı için %25 oranınca uygulanacaktır” ifadesi üzerine, %25 olarak belirlenmiştir.

3.1.2.5. Enflasyon Oranı (Tüketici Fiyat Endeksi- TÜFE)

Projede enflasyon oranı olarak, ticari yatırımlar için tercih edilen Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE)'nin kullanılması tercih edilmiştir. Bunun için 2007-2021 yılları arasındaki 15 yıllık ve her yılın her ayı için “on iki aylık ortalamalara göre değişim oranı” kullanılarak, en son ortalama değer elde edilmiştir. Projede hem gelirlerin hem de operasyonel giderlerin yıllık artış oranı olarak kullanıldığı TÜFE oranı %9,90 olarak hesaplanmıştır. Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'te yıllara ve aylara göre oranlar gösterilmektedir.

Tablo 3.4. On iki aylık ortalamalara göre TÜFE oranları-1

(%)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ocak	9.76	8.61	10.54	6.16	8.28	6.95	8.62	7.53
Şubat	9.92	8.53	10.41	6.38	7.76	7.48	8.33	7.60
Mart	10.15	8.40	10.29	6.53	7.29	8.02	8.08	7.70
Nisan	10.30	8.33	9.98	6.87	6.79	8.59	7.97	7.97
Mayıs	10.24	8.47	9.49	7.2	6.64	8.68	7.51	8.23
Haziran	10.11	8.64	9.08	7.41	6.47	8.89	7.47	8.31
Temmuz	9.70	9.07	8.52	7.59	6.37	9.11	7.47	8.35
Ağustos	9.46	9.43	7.99	7.83	6.24	9.29	7.42	8.46
Eylül	9.17	9.76	7.52	8.16	6.00	9.53	7.32	8.54
Ekim	8.98	10.12	6.95	8.45	5.93	9.53	7.32	8.65
Kasım	8.86	10.31	6.53	8.59	6.13	9.26	7.39	8.80
Aralık	8.76	10.44	6.25	8.57	6.47	8.89	7.49	8.85
Ortalama Değer	9.62	9.18	8.63	7.48	6.70	8.69	7.70	8.25
$\sum A$	%66,25							

Tablo 3.5. On iki aylık ortalamalara göre TÜFE oranları-2

(%)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ocak	8.80	7.87	7.76	11.23	17.16	14.52	12.53
Şubat	8.77	7.97	7.88	11.23	17.93	13.94	12.81

Mart	8.70	7.96	8.21	11.14	18.70	13.33	13.18
Nisan	8.57	7.84	8.66	11.06	19.39	12.56	13.70
Mayıs	8.45	7.71	9.09	11.10	19.91	12.10	14.13
Haziran	8.28	7.74	9.36	11.49	19.88	11.88	14.55
Temmuz	8.07	7.91	9.44	12.00	19.91	11.51	-
Ağustos	7.88	7.98	9.66	12.61	19.52	11.27	-
Eylül	7.80	7.92	9.98	13.75	18.27	11.47	-
Ekim	7.69	7.89	10.37	14.90	16.81	11.74	-
Kasım	7.61	7.79	10.87	15.63	15.87	12.04	-
Aralık	7.67	7.78	11.14	16.33	15.18	12.28	-
Ortalama Değer	8.19	7.86	9.37	12.71	18.21	12.39	13.48
$\sum B$				%82,21			
Ortalama (A+B) /2				%9,90			

3.1.2.6. İskonto Oranı

Bir yatırım projesinde hesaplanması en zor parametre iskonto oranıdır. Literatürde genel olarak iskonto oranı, getiri oranı ya da reel indirgeme oranı için, firmanın yatırım ve faaliyetlerini finanse etmek üzere çıkardığı tahvil, banka kredileri ve öz sermaye gibi çeşitli finansal yükümlülüklerin ağırlıklı ortalama maliyetini içeren Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti (AOSM) kullanılmaktadır (Damodaran, 2013).

Bu tez çalışması kapsamında iskonto oranı için herhangi bir şirket esas alınmadığından ülke taban primi ile AOSM hesaplamak ya da Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'nın (TCMB) yayınladığı altı aylık iskonto faiz oranlarını piyasa dalgalanmalardan dolayı kullanmak tercih edilmemiştir. Çalışmada iskonto oranı, fiyat artış oranını temsil eden enflasyon oranına yakın bir değer seçilerek %10 olarak belirlenmiştir.

3.1.3. RES-1 Projesini Reel Opsiyon Yöntemlerine Göre Değerleme

Reel opsiyonlar belirsizlik şartlarında esnekliği ortaya koyarak, uygun zamanda opsiyonun kullanımını ya da vazgeçme gibi farklı seçenekleri göz önünde bulundurur (Mun, 2012). Bu nedenle belirsizliğin çok fazla olduğu ve elde edilecek bilgilerle bu belirsizliğin azaltılabileceği durumlarda uygulamaya koymak için ideal bir yöntemdir. Belirsizlikler aynı zamanda yeni fırsatlar da sunabilir. Belirsizlik arttıkça, esneklik değeri de artar; bu yüzden opsiyonun değeri de artmış olur. Reel opsiyonlar,

işletmelerin opsiyonlarını açık tutmakla yarar sağlayacaklarını savunan bir yaklaşımdır (Bilir, 2012).

Tablo 3.6’da Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemlerinde kullanılacak olan genel parametre değerleri gösterilmektedir. Bu parametrelere ek olarak uygulamalarda, erteleme opsiyonu için getiri kısıtlılığı parametresi de denklemlere eklenmiştir.

Tablo 3.6. Proje parametreleri (Reel opsiyonlar)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	70.400.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilité	σ	0.4077
7	Yıllık Dönemler	Δt	1

Parametreler arasında bilinmesi en zor olan volatilitedir. Yürütülen çalışmada volatilité değeri için belirsizlik faktörü olarak sıklıkla kullanılan ve enflasyon oranınca her yıl artarak direkt gelir miktarını etkileyen, birim elektrik fiyatının standart sapması kullanılmıştır. Volatilité değeri hesaplama yolundan dolayı, yıllık standart sapma olarak da ifade edilebilmektedir. Birim elektrik fiyatından elde edilen bu değer çalışmada kullanılan genel volatilité değeridir. Uygulamalarda volatilité değerinin opsiyon ve proje değeri üzerindeki değişimini göstermek için İNA tablosunda hesaplanan net kâr değerlerinin doğal logaritmalarının alınmasıyla bulunan standart sapma değeri, ikinci bir volatilité değeri olarak kullanılmıştır. Bu değer hesabı “Bulgular ve Tartışma” bölümünde verilen uygulamada gösterilmektedir. Reel opsiyonlar yöntemine göre değerlemede kullandığımız bir diğer parametre ise risksiz faiz oranıdır. Bu oran için 2021 yılı haziran ayı için hesaplanmış, ortalama 10 yıllık tahvil oranı olan %12,28 değeri kullanılmıştır. Tablo 3.6’da gösterilen diğer parametrelerden “Varlığın Şimdiki Değeri” NBD ile elde edilen indirgenmiş nakit akışların toplamını, “Varlığın Kullanım Fiyatı” ise yatırım için hesaplanan ilk yatırım maliyetini ifade etmektedir. Varlığın Şimdiki Değeri “Bulgular ve Tartışma” bölümünde, NBD analizi sonrasında elde edilmiştir.

Tablo 3.7’de birim elektrik fiyatı üzerinden elde edilen volatilité değérinin hesabı gösterilmektedir.

Tablo 3.7. Volatilité hesabı

	Birim Elektrik Fiyatı (Y_i)	Ortalama (\bar{Y})	$(Y_i - \bar{Y})$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1.Yıl	0.4672	0.9818	(-0.5146)	0.2648
2.Yıl	0.5135	0.9818	(-0.4683)	0.2193
3.Yıl	0.5643	0.9818	(-0.4175)	0.1743
4.Yıl	0.6201	0.9818	(-0.3617)	0.1308
5.Yıl	0.6815	0.9818	(-0.3003)	0.0902
6.Yıl	0.7490	0.9818	(-0.2328)	0.0542
7.Yıl	0.8232	0.9818	(-0.1586)	0.0252
8.Yıl	0.9047	0.9818	(-0.0771)	0.0059
9.Yıl	0.9942	0.9818	(0.0124)	0.0002
10.Yıl	1.0927	0.9818	(0.1109)	0.0123
11.Yıl	1.2008	0.9818	(0.2190)	0.0480
12.Yıl	1.3197	0.9818	(0.3379)	0.1142
13.Yıl	1.4504	0.9818	(0.4686)	0.2196
14.Yıl	1.5939	0.9818	(0.6121)	0.3747
15.Yıl	1.7517	0.9818	(0.7699)	0.5928
Toplam				2.3265
$(Y_i - \bar{Y})^2$				
σ				0.4077

Tablo 3.7’de hesaplanan volatilité değeri için kullanılan standart sapma denklemi aşağıda gösterildiği şekildedir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3.1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{2.3265}{14}} = \sqrt{0.1662} = 0.4077 \quad (3.2)$$

3.1.4. RES-1 Projesini MCS ile Değerleme

Simülasyon, değişkenleri ya da parametreleri olasılık dağılımları ile tanımlayarak rassal sayılar ile döngü sonunda bir sonuç ürün elde etmektir. Bu şekilde bir ürün için sonsuz sayıda senaryo geliştirilebilmektedir. Olasılık dağılımına dayalı tahminler, modelin önemli çıktıları olarak genellikle algoritmalarla tanımlanan olaylardır. Bunlar toplamlar, net kâr veya brüt giderler, varlıkların değerleri gibi formülize edilebilen her tür parametre için kullanılabilen olaylardır. Her simülasyon işleminde olduğu gibi MCS'nin amacı da karmaşık veri ilişkilerinin olduğu problemlerde, çıktı ürünlerin kolay ve kullanışlı bir tahminini sağlamaktır.

Çalışmanın bu bölümünde MCS ile geleneksel yöntemlerle hesapladığımız Bugünkü Değer, NBD ve reel opsiyon değerlendirme yönteminde kullandığımız volatilité parametresinin, simülasyon sonrası değerlerini elde etmek üzere girdi parametreleri için olasılık dağılımları, çıktı parametreleri için de algoritmalar tanımlanmıştır. Bu analizler hem Crystal Ball hem de hesaplamalarda çok paradigmatlı sayısal hesaplama yazılımı olan Matlab kullanılarak yapılmıştır. “Bulgular ve Tartışma” bölümünde her iki yazılım ile edilen sonuçlarla, Black-Scholes ve Binomial yöntem kullanılarak, opsiyon ve GNBD elde edilmiş ve gerekli karşılaştırmalar analiz edilmiştir.

3.1.4.1. RES-1 Projesinin NBD ve Bugünkü Değeri için Crystal Ball ile MCS











Crystal Ball, Oracle tarafından geliştirilmiş tahmine dayalı bir modelleme yazılımı olmasının yanı sıra simülasyon ve optimizasyon içinde önde gelen elektronik tablo tabanlı bir uygulamadır. Kullanıcılara riski etkileyen kritik durumlar ve faktörler hakkında fikir vermesi ve tahmin yürütmesi ile de öne çıkan yazılımlar arasında yerini almıştır. Aynı zamanda MS Excel uygulaması üzerinden MCS ile proje maliyetlerini ve maliyetlere etki eden riskleri anlamamıza ve analiz etmemize de yardımcı olmaktadır (Mun, 2003).

Öncelikle yazılımın çalıştırılabilmesi için, rüzgâr enerji yatırımına ait sonuç algoritmalarının ya da çıktı parametrelerinin MS Excel üzerinde formülize edilmiş olması gerekmektedir. Sonraki aşama algoritmada kullanılan her girdi parametresine ait olasılık dağılımlarının tanımlanmasıdır. Çalışmada algoritmalar tanımlandıktan sonra, NBD ve Bugünkü Değer için kullanılan proje parametreleri, yazılımda girdi parametresi olarak tanımlanmıştır. Bu uygulamada ekonomi ve işletme alanlarından

sıklıkla tercih edilen normal ve düzgün dağılım kullanılmıştır. Çalışmada dağılımlar, hem literatürdeki daha önce yapılan benzer çalışmalardan ve direkt yapılmış tanımlamalardan yararlanılarak hem de deneme yolu ve sonrasında duyarlılık analizi ile seçilen dağılımın kontrol edilmesi ile karar verilerek seçilmiştir. Üçgen dağılımın bazı çalışmalarda fiyat bilgisi içeren operasyonel gider ve ilk yatırım maliyeti gibi parametreler için kullanıldığı gözlemlenmiş ve bu çalışma içinde bir deneme yapılmıştır. Deneme sonrası duyarlılık analizi ile seçim onaylanmak istenmiş ama maliyet verisi olan ve NBD'yi etkileyen en önemli parametrenin analiz sonrasında çok düşük etki oranına sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu olasılık dağılımının çalışmada fiyat bilgisi içeren parametreler için uygun olmadığı analiz edilmiştir. Lognormal dağılım ise piyasa verileri gibi stokastik sürece sahip işlemler için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu dağılım türünde değerler sonsuz pozitif değer alabiliyorken 0'ın altına asla düşmemektedirler. Yatırım değerlemede süreç her ne kadar stokastikte olsa proje değerlerinin negatif olma riski her zaman bulunduğu için, lognormal dağılımın tez çalışmasında kullanılması tercih edilmemiştir. Lognormal dağılım kadar yatırım değerlendirme analizlerinde sıklıkla kullanılan normal dağılımın ünite gücü, kapasite kullanım oranı, operasyonel giderler, ilk yatırım maliyeti, amortisman süresi, enflasyon oranı ve iskonto oranı parametreleri için kullanılması tercih edilmiştir. Düzgün dağılım ise yatırımcıdan ve piyasa öngörülerinden bağımsız, kural ve koşullar gereği sabit değerli elektrik satış fiyatı, dolar kuru ve kurumlar vergisi parametreleri için seçilmiştir. Olasılık dağılımlarının seçimi sonuçları etkileyen en önemli işlem adımıdır. Normal, düzgün, üçgen ve lognormal dağılımlar Crystal Ball yazılımı içerisinde, sık kullanılanlar olarak entegre edilmiş dağılım türleridir. Girdi parametrelerine ait olasılık dağılımları ve bu dağılımlara ait belirlenen değerler Tablo 3.8'de gösterilmektedir. NBD ve Bugünkü Değer'in algoritmalarının sondan bir önceki işlem adımı kadar aynı olması, girdi parametrelerinin de aynı olmasını sağlamıştır. Bu nedenle her iki çıktı parametresi için tanımlanan olasılık dağılımları da tek başlık altında incelenmiştir.

Tablo 3.8. NBD ve Bugünkü Değer'e ait girdi parametrelerinin olasılık dağılımları

Parametre	Değerler	Dağılım Türü	Olasılık Dağılımı
Ünite Gücü	Ortalama	5.000,00	Normal Dağılım

	Standart Sapma	500,00		
Elektrik Satış Fiyatı	Minimum	0.07	Düzensiz Dağılım	
	Maksimum	0.08		
Dolar Kuru	Minimum	5.76	Düzensiz Dağılım	
	Maksimum	7.04		
Kapasite Kullanım Oranı	Ortalama	%35	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	%4		
Operasyonel Giderler	Ortalama	1.958.400,00	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	195.840,00		
İlk Yatırım Maliyeti	Ortalama	70.400.000,00	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	7.040.000,00		
Amortisman Süresi	Ortalama	15.00	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	1.50		
Enflasyon Oranı	Ortalama	%9.9	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	0.99		
Kurumlar Vergisi	Minimum	%23	Düzensiz Dağılım	
	Maksimum	%28		
İskonto Oranı	Ortalama	%10	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	%1		

Girdi parametrelerine ait olasılık dağılımlarının tanımlanmasından sonra, formülize edilen sonuç ürünler de çıktı parametresi olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.1’de Crystal Ball yazılımında Bugünkü Değer ve NBD için tanımlanan algoritmalar sonrası girdi ve çıktı parametreleri gösterilmektedir.

Girdi Parametreleri		Çıktı Parametreleri	
Ünité Gücü	5000	NBD	-9.589.499,85
Elektrik Satış Fiyatı	0,073	Bugünkü Değer	60.810.500,15
Dolar Kuru	6,4		
Kapasite Kullanım Oranı	35%		
Operasyonel Giderler	1.958.400,00		
İlik Yatırım Maliyeti	70.400.000,00		
Amortisman Süresi	15		
Enflasyon Oranı	9,99%		
Kurumlar Vergisi	25%		
İskonto Oranı	10%		

Şekil 3.1. NBD için Girdi-Çıktı parametreleri

Burada simülasyonu başlatabilmek için çıktı parametrelerine ait algoritmaların tanımlanması zorunludur. Girdi parametreleri için bağımsız değişkenler, çıktı parametreleri için ise tahmini değişkenler kavramları da kullanılabilir. Oluşturulan finansal modellemeye yararlanarak simülasyon analizi Crystal Ball yazılımı ile çalıştırılmıştır. Simülasyon çalıştırıldığı andan itibaren kullanıcı tarafından belirlenen en yüksek deneme sayısına ulaşıncaya kadar, her değişken için olasılık dağılımları kapsamında farklı değerler atanarak sonuç değerler grubu oluşturulmaktadır. Denemeler Crystal Ball tarafından, arayüzde tanımlanan alt ve üst sınırlar aralığında devam etmektedir. Crystal Ball bu sınırları parametrelerin ortalama değerlerinden %5 altı ve üstü olacak şekilde sınırlandırmaktadır (Mun, 2003). Tablo 3.9’da girdi parametrelerine ait yazılım tarafından arayüzde tanımlanan alt-üst sınır değerleri verilmektedir. Aynı sınır aralıkları simülasyon için kullandığımız Matlab yazılımı içinde kullanılmıştır.

Tablo 3.9. Girdi parametrelerine ait alt-üst değerler (Crystal Ball)

Parametreler	Alt Sınır(%5)	Değer	Üst Sınır(%95)
Ünité Gücü	4750 kW	5000 kW	5250 kW
Elektrik Satış Fiyatı	0.06935 USD/Cent	0.073 USD/Cent	0.07665 USD/Cent
Dolar Kuru	6.08 TL	6.40 TL	6.72 TL

Kapasite Kullanım Oranı	%33.25	%35	%36.75
Operasyonel Giderler	1.860.480,00 TL	1.958.400,00 TL	2.056.320,00 TL
İlk Yatırım Maliyeti	66.880.000,00 TL	70.400.000,00 TL	73.920.000,00 TL
Amortisman Süresi	14.25 Yıl	15 Yıl	15.75 Yıl
Enflasyon Oranı	%9.405	%9.9	%10.395
Kurumlar Vergisi	%23.75	%25	%26.25
İskonto Oranı	%9.5	%10	%10.5

3.1.4.2. RES-1 Projesinin Volatilitesi için Crystal Ball ile MCS

Crystal Ball ile volatilité hesaplaması yapılırken, Black-Scholes ve Binomial değerleme yöntemleri için yapılan hesaplamadaki gibi her yıl enflasyon oranınca artan birim elektrik fiyatı üzerinden simülasyon başlatılmıştır. Burada girdi parametreleri, elektrik satış fiyatı, doları kuru ve enflasyon oranıdır. Çıktı parametresi olan volatilité, MS Excel’de formülize edilerek tanımlanmıştır. Şekil 3.2’de girdi-çıktı parametreleri Crystal Ball yazılımında tanımlandığı haliyle gösterilmektedir.



Girdi Parametreleri	Çıktı Parametreleri
Ünite Gücü	Volatilité
Elektrik Satış Fiyatı	0.4076
Dolar Kuru	
Kapasite Kullanım Oranı	
Operasyonel Giderler	
İlk Yatırım Maliyeti	
Amortisman Süresi	
Enflasyon Oranı	
Kurumlar Vergisi	
İskonto Oranı	

Şekil 3.2. Volatilité için Girdi-Çıktı parametreleri

Volatilité değeri için tanımlanan girdi parametrelerine ait olasılık dağılımları Tablo 3.10’da gösterildiği gibidir. NBD ve Bugünkü Değer içinde aynı parametreler kullanıldığı için, olasılık dağılımları da aynı olacak şekilde tanımlanmıştır.

Tablo 3.10. Volatilité’ye ait girdi parametrelerinin olasılık dağılımları

Parametre	Değerler	Dağılım Türü	Olasılık Dağılımı
Elektrik Satış Fiyatı	Minimum	0.07	Düzgün Dağılım
	Maksimum	0.08	

Dolar Kuru	Minimum	5.76	Düzensiz Dağılım	
	Maksimum	7.04		
Enflasyon Oranı	Ortalama	%9.9	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	0.99		

3.1.4.3. RES-1 Projesinin NBD ve Bugünkü Değeri için Matlab ile MCS

Matlab, Matrix Laboratory kelimesinin ilk üç harfi alınarak oluşturulmuş bir kelimedir. Matlab yazılımı; kontrol, görüntü işleme, güç sistemleri, genetik algoritma, grafik, veri tabanı, istatistik, finans vb. saymakla bitiremediğimiz birçok alanda güvenli bir şekilde kullanılabilir araç kutuları (toolbox) içerir. Yazılımın önemli üstünlüklerinden birisi, birçok klasik algoritmanın bir komut ile kullanıcının hizmetine sunulmasıdır. Böylece çok sayıda satıra sahip yazılımlar kısaltmakta, hem algoritmanın sona erme süresi ve hem de bellek ihtiyacı azalmaktadır (Kubat, 2013).

Matlab'ta kodlar yazılırken dikkat edilmesi gereken nokta, girdi parametreleri tanımlanırken alt-üst sınırlamaların tanımlanmasının gerekliliğidir. Crystal Ball arayüzünde alt-üst sınırlar ortalama değer için %5 altı ve üstü olacak şekilde tanımlandığı için, burada da aynı oran parametreler için kullanılmıştır. (Mun, 2003). Tablo 3.11'de Matlab'ta NBD ve Bugünkü Değer için kullanılan değişkenler ve değişkenlere tanımlanan alt-üst sınır değerleri gösterilmektedir.

Tablo 3.11. Girdi parametrelerine ait alt-üst değerler ve değişkenler (Matlab)

Parametreler	Alt Sınır(%5)	Değer	Üst Sınır(%95)	Değişkenler
Ünite Gücü	4750 kW	5000 kW	5250 kW	X1
Elektrik Satış Fiyatı	0.06935 USD/Cent	0.073 USD/Cent	0.07665 USD/Cent	X2
Dolar Kuru	6.08 TL	6.40 TL	6.72 TL	X3
Kapasite Kullanım Oranı	%33.25	%35	%36.75	X4
Operasyonel Giderler	1.860.480,00 TL	1.958.400,00 TL	2.056.320,00 TL	X5
İlk Yatırım Maliyeti	66.880.000,00 TL	70.400.000,00 TL	73.920.000,00 TL	X6
Amortisman Süresi	14.25 Yıl	15 Yıl	15.75 Yıl	X7

Enflasyon Oranı	%9.405	%9.9	%10.395	X8
Kurumlar Vergisi	%23.75	%25	%26.25	X9
İskonto Oranı	%9.5	%10	%10.5	X10

Matlab'ta NBD algoritması için 254, yine aynı algoritmanın içinde ilk yatırım maliyetinin son işlem adımında hesaba katılmadığı Bugünkü Değer algoritması için de 248 satırlık kod yazılmıştır. Algoritma geleneksel yöntemle hesaplanan İNA ve NBD'nin aynı işlem adımları ile hazırlanmıştır. Seçilen olasılık dağılımları ve değer aralıkları Crystal Ball ile analiz edilen uygulama ile aynıdır. İlk olarak değişkenlere ait olasılık dağılım parametreleri, alt-üst sınır aralıkları ve simülasyonun deneme sayısı;

```
clear all
```

```
sim=10000
```

```
k=1;
```

```
while k<=sim
```

```
xx1=normrnd(5000,500);
```

```
if xx1>4750 & xx1<5250
```

```
x1(k) = xx1;
```

```
k=k+1;
```

```
end
```

```
.
```

```
.
```

şeklinde tanımlanmıştır. Sonrasında NBD tablosundaki Net Kârlar, yıl bazında hazırlanmıştır. Aşağıda 1.yıl için yazılan bölüm gösterilmektedir.

```
%1.yıl
```

```
Fvokg1(k)=gelir1(k)-gider1(k);
```

```
Fvok1(k)=Fvokg1(k)-Amortisman(k);
```

```
vergi1(k)=Fvok1(k)*x9(k);
```

```
NFK1(k)=Fvok1(k)-vergi1(k);
```

```
NKA1(k)=NFK1(k)+Amortisman(k);
```

```
.
```

```
.
```

Bu işlem adımından sonra Net Karların %10 iskonto oranı ile indirgenmesi sonrasındaki Bugünkü Değerlerinin elde edilmesi tanımlanmıştır. Aşağıda 1. yıl için yazılan indirgenmiş nakit akışı değeri yani bugünkü değeri gösterilmektedir.

$BD1(k)=NKA1(k)/(1+x10(k));\%1.yıl için bugünkü değer$

.
. .
. .

Son olarak ta 15 yıl için hesaplanan Bugünkü Değer ve ilk yatırım maliyetinin bu değerden çıkartılmasıyla elde edilen NBD için gerekli satırlar gösterilmektedir.

$TBD(k)=BD1(k)+BD2(k)+BD3(k)+BD4(k)+BD5(k)+BD6(k)+BD7(k)+BD8(k)+BD9(k)+BD10(k)+BD11(k)+BD12(k)+BD13(k)+BD14(k)+BD15(k);$

$NBD(k)=TBD(k)-x6(k);$

end

3.1.4.4. RES-1 Projesinin Volatilitesi için Matlab ile MCS

Matlab ile volatilité değeri için hazırlanan yazılımda olasılık dağılımları ve değér aralıkları, girdi parametreleri için Crtsytal Ball ile tanımlanan değérlerle aynı olacak şekilde tanımlanmıştır. Çıktı parametresi için hazırlanan algoritma ise yine analitik yöntemle hesaplanan, elektrik fiyatlarının standart sapmasının elde edilmesi ile ifade edilecek şekilde yazılmıştır.

Matlab'ta, elektrik birim fiyatının standart sapmasının bulunması ile hesaplanan volatilité değeri için 4 satırlık kod yazılmıştır.

$OrtTBD=mean(TBD)$

$OrtNBD=mean(NBD)$

.
.

3.2. RES-2 Projesi için Değerleme

3.2.1. RES-2 Projesine ait Çalışma Alanı

Çalışmanın bu bölümünde, Sinop İline ait 5 MW elektrik üretim kapasiteli, REPA'ya göre %35 rüzgâr kapasite faktörlü RES-2 değérleme uygulaması için proje parametreleri açıklanmaktadır. Uygulamaya ait operasyonel giderler, ilk yatırım maliyeti ve buna bağlı olarak da amortisman süresi, tesisin üretim gücü ve buna bağlı olarak üretim ve gelir miktarı parametreleri RES-2 projesinde RES-1'den farklı değérler alırken, NBD hesabında kullanılan diğer parametreler RES-1 projesi ile aynı

değerler alınarak kullanılmıştır. Değerlemeler RES-1’de olduğu gibi hem geleneksel yöntemlerle hem de reel opsiyon değerlendirme yöntemleri ile yapılacaktır. 2021 yılı haziran ayı içerisinde kurulumu gerçekleşen RES-2 projesinin tam kapasite üzerinden 4199.76545 MW enerji ürettiği ve bakım ve onarım bedeli içinde yılda 5 gün tesisin çalışmadığı düşünülerek üretim kapasitesi belirlenmiştir.

3.2.2. RES-2 Projesini NBD Yöntemi ile Değerleme

NBD yöntemi ile değerlendirme ilk olarak indirgenmiş nakit akışlarının bulunmasıyla başlamaktadır. İNA yöntemi ile hesaplayacağımız NBD için kullandığımız proje parametreleri Tablo 3.12’de gösterilmektedir.

Tablo 3.12. Proje parametreleri (NBD) (RES-2)

Proje Maliyeti	5.833.482 USD=37.334.284,80TL
Projenin Yıllık Gelir Miktarı	5.933.440 TL
Ekonomik Ömrü	15 yıl
Kurulu Gücü	4199.73545 MW (12.700.000 kWh)
İskonto Oranı	% 10
Türbin Sayısı	2
Operasyonel Gider	182.061 USD=1.165.190,40 TL
Amortisman Değeri	2.488.952,32 TL
Kurumlar Vergisi (KV)	%25=0.25
Enflasyon Oranı	%9,90=0.099
Birim Elektrik Fiyatı/Elektrik Satış Fiyatı (TL/ kWh)	0.073USD*6.40TL/USD=0.4672TL

Tez çalışmasına konu olan RES-2’nin de RES-1 yatırımı gibi 2021 yılı haziran ayı içerisinde uygulamaya girdiği düşünüldüğünde birim elektrik fiyatı, Ek-1 sayılı cetvelde yer alan, üretilecek elektriğin 1kWh’nin 7,3 USDcent/kWh teşvik fiyatı üzerinden değerlendirilmeye alınmıştır. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı’nın 2020-2022 Dönemi Yatırım Programı Hazırlama Rehberi’nin 12. Maddesinde belirttiği ve yatırım yapmaya karar verilen 2021 yılı için belirlediği sabit kur fiyatı, $IABD=6.40 TL$ olmuştur (SBB, 2021). RES-2’de yıllık üretilmesi beklenen elektrik miktarı $4199.7354MW*0.35*(360gün*24 saat)=12.700.000 kWh$ olarak hesaplanmıştır. Yıllık işletme geliri ise belirlenen üretim kapasitesi üzerinden, elektrik fiyatı ile çarpılarak bulunmaktadır. Buradan proje geliri $12.700.000kWh*0.073USD*6.40TL/USD=5.933.440,00 TL$, birim elektrik fiyatı ise

$0.073USD \times 6.40TL/USD = 0.4672$ TL olarak hesaplanmıştır. Vergi Usül Kanunu'nun 333 sıra numaralı tebliğinin 45. Bölümünde bahsi geçen türbinlerle ilgili bölüme istinaden rüzgâr enerji santrallerinin faydalı ekonomik ömürlerinin 15 yıl olduğu belirtilmektedir. Bu bilgi doğrultusunda bu projede ekonomik ömür (T) 15 yıl olarak alınmıştır. Faydalı ömür süresinin 15 yıl olması ve proje için normal amortisman oranı kullanılacak olmasından dolayı $(1/n)$, bu projedeki amortisman oranı $(1/15) \cong 0.067 \cong \%6.7$ olarak hesaplanmıştır. Kurumlar Vergisi (KV) oranı olarak ise, Kurumlar Vergisi Kanunu'na eklenen geçici 13. Madde uyarınca “%20 olan kurumlar vergisi oranı 2021 yılı için %25 oranınca uygulanacaktır” ifadesi üzerine, %25 olarak belirlenmiştir. RES-2 yatırımının RES-1 yatırımı ile aynı yıl ve ay içerisinde başladığı düşünüldüğünde, enflasyon oranı olarak ticari yatırımlar için tercih edilen Tüketici Fiyat Endeksinin (TÜFE) aynı kullanılması uygun görülmüştür. Bu değer için 2007-2021 yılları arasındaki 15 yıllık ve her yılın her ayı için “on iki aylık ortalamalara göre değişim oranı” kullanılarak, en son ortalama değer bulunmuştur. Projede hem gelirlerin hem de operasyonel giderlerin yıllık artış oranı yani TÜFE oranı %9,90'dur. İskonto oranı ise RES-1 yatırımında olduğu gibi %10 olarak belirlenmiştir.

3.2.3. RES-2 Projesini Reel Opsiyon Yöntemlerine Göre Değerleme

Bu bölümde çalışmaya ilk olarak volatilité parametresinin belirlenmesi ile başlanmıştır. RES-1'de, proje genelinde kullanılan ve ilk hesaplanan volatilité değeri, enflasyon oranınca her yıl artan, direkt gelir miktarını etkileyen, birim elektrik fiyatının ortalama değeri alınarak, standart sapmasının bulunmasıyla elde edilmiştir. RES-2'de de birim elektrik fiyatı Ek-1 sayılı cetvelde YEKDEM tarafından belirlenen fiyat tarifesi ve dolar kurunun aynı olmasından kaynaklı volatilité değeri RES-1'de hesaplanan değerle aynı olacaktır. Bu projede de genel volatilité için 0.4077 değeri kullanılmıştır. Reel opsiyonlar yöntemine göre değerlemede kullandığımız bir diğer parametre ise risksiz faiz oranıdır. Bu oran için de RES-1'de kullanılan 10 yıllık tahvil oranı olan %12,28 değeri dikkate alınmıştır. Tablo 3.13'te Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemlerinde kullanılacak olan genel parametre değerleri gösterilmiştir. Bu parametrelere ek olarak aşağıda devam eden uygulamalarda, erteleme opsiyonu için getiri kısıtlılığı parametresi de denklemlere eklenmiştir.

Tablo 3.13. Proje parametreleri (Reel opsiyonlar) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	37.334.284,80
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Yıllık Standart Sapma	σ	0.4077
7	Yıllık Dönemler	Δt	1

Tablo 3.13’te gösterilen diğer parametrelerden “Varlığın Şimdiki Değeri” NBD ile elde edilen indirgenmiş nakit akışların toplamını, “Varlığın Kullanım Fiyatı” ise yatırım için hesaplanan ilk yatırım maliyetini ifade etmektedir. Varlığın Şimdiki Değeri “Bulgular ve Tartışma” bölümünde NBD hesabı sonrasında elde edilmiştir.

3.2.4. RES-2 Projesini MCS ile Değerleme








Çalışmanın bu bölümünde RES-2 projesinin MCS ile hem Crsytal Ball hem de Matlab yazılımı kullanılarak değerlendirilmesi için gerekli parametreler, algoritmalar ve olasılık dağılımları tanımlanmıştır. Volatilite parametresi için RES-2 projesinde kullanılan değerlerle RES-1 projesinde kullanılan değerler aynı olduğu için bu bölümde yeniden bir simülasyon gerçekleştirilmemiş olup, RES-1 projesi için hem Crystal Ball hem de Matlab ile hesaplanan değerler kullanılmıştır. “Bulgular ve Tartışma” bölümünde simülasyon sonrası elde edilen NBD ve Bugünkü Değer kullanılarak, Black-Scholes ve Binomial yöntemle opsiyon ve GNBD elde edilmiştir.




3.2.4.1. RES-2 Projesinin NBD ve Bugünkü Değeri için Crystal Ball ile MCS

Yatırım projesine ait MS Excel tabanlı Crystal Ball yazılımında girdi parametreleri ve bu parametrelere ait olasılık dağılımları tanımlanmıştır. Girdi parametreleri, NBD hesabında geleneksel yöntemlerle kullandığımız parametreler olup; Crystal Ball’da yazılan algoritma da, İNA ve NBD hesaplarının birleştirilmiş halidir. Simülasyon, yazılan algoritma üzerinden elde edilen çıktı parametreler üzerinden çalıştırılmaktadır. Bu uygulama da çıktı ürünler NBD ve Bugünkü Değer olarak tanımlanmıştır. NBD ve Bugünkü Değer için kullanılan girdi parametrelerinin aynı olmasından kaynaklı tek başlık altında uygulamaya ilişkin materyal

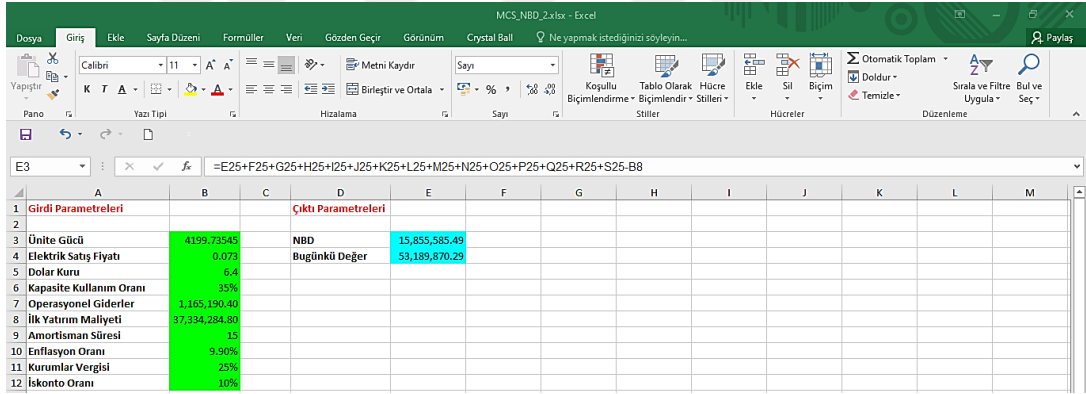
verilmektedir. Aralarındaki fark çıktı parametrelerine ait algoritmadaki son işlem adımıdır. NBD, Bugünkü Değerlerin toplamından ilk yatırım maliyetinin çıkartılmasıyla elde edilmektedir. Bu yüzden farklılık girdi parametrelerinde değil, çıktı parametrelerindedir ve ilerleyen bölümlerde verilen analizlerde bu fark gösterilmektedir. RES-1 yatırımında olduğu gibi, RES-2 yatırımında da normal ve düzgün dağılım olmak üzere, aynı dağılım türleri kullanılmıştır. Tablo 3.14'te girdi parametrelerine ait olasılık dağılımları, Şekil 3.3'te de Crystal Ball yazılımı için tanımlanan girdi-çıkı parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 3.14. NBD'ye ait girdi parametrelerinin olasılık dağılımları (RES-2)

Parametre	Değerler	Dağılım Türü	Olasılık Dağılımı	
Ünite Gücü	Ortalama	4.199,74	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	419,97		
Elektrik Satış Fiyatı	Minimum	0.07	Düzensiz Dağılım	
	Maksimum	0.08		
Dolar Kuru	Minimum	5.76	Düzensiz Dağılım	
	Maksimum	7.04		
Kapasite Kullanım Oranı	Ortalama	%35	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	%4		
Operasyonel Giderler	Ortalama	1.165.190,40	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	116.519,04		
İlk Yatırım Maliyeti	Ortalama	37.334.284,80	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	3.733.428,48		
Amortisman Süresi	Ortalama	15.00	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	1.50		

Enflasyon Oranı	Ortalama	%9.9	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	0.99		
Kurumlar Vergisi	Minimum	%23	Düzgün Dağılım	
	Maksimum	%28		
İskonto Oranı	Ortalama	%10	Normal Dağılım	
	Standart Sapma	%1		

Olasılık dağılımlarının seçimi, simülasyon için en önemli işlem adıdır. RES-1 projesi için seçilen olasılık dağılımları, RES-2 projesi için de aynı olacak şekilde tanımlanmıştır. Her iki yatırım projesi için kullanılan parametreler ve algoritmaların benzer olması, olasılık dağılımlarının aynı seçilmesinin nedenini açıklamaktadır.



Girdi Parametreleri	Çıktı Parametreleri
Ünite Gücü	NBD
Elektrik Satış Fiyatı	Bugünkü Değer
Dolar Kuru	
Kapasite Kullanım Oranı	
Operasyonel Giderler	
İlk Yatırım Maliyeti	
Amortisman Süresi	
Enflasyon Oranı	
Kurumlar Vergisi	
İskonto Oranı	

Şekil 3.3. NBD için Girdi-Çıktı parametreleri (RES-2)

RES-1 projesinde açıklandığı üzere, Crystal Ball yazılımı arayüzünde her parametre için %5 alt ve üst sınır değeri belirleyerek bu değer aralıklarında döngüyü tamamlamaktadır. Tablo 3.15'te girdi parametrelerine ait alt-üst sınır değerleri gösterilmektedir. Bu değerler, Matlab yazılımı ile kodlamalarda da parametrelere değer aralıkları olarak tanımlanmıştır.

Tablo 3.15. Girdi parametrelerine ait alt-üst değerler (Crystal Ball) (RES-2)

Parametreler	Alt Sınır(%5)	Değer	Üst Sınır(%95)
Ünite Gücü	3989.748678 kW	4199.73545 kW	4409.722223 kW
Elektrik Satış Fiyatı	0.073 USD/Cent	0.073 USD/Cent	0.073 USD/Cent

Dolar Kuru	6.40 TL	6.40 TL	6.40 TL
Kapasite Kullanım Oranı	%33.25	%35	%36.75
Operasyonel Giderler	1.106.930,88 TL	1.165.190,40 TL	1.223.449,92 TL
İlk Yatırım Maliyeti	35.467.570,56 TL	37.334.284,80 TL	39.200.999,04 TL
Amortisman Süresi	14.25 Yıl	15 Yıl	15.75 Yıl
Enflasyon Oranı	%9.405	%9.9	%10.395
Kurumlar Vergisi	%25	%25	%25
İskonto Oranı	%9.5	%10	%10.5

3.2.4.2. RES-2 Projesinin NBD ve Bugünkü Değeri için Matlab ile MCS

Matlab'ta kodlar yazılırken alt-üst sınır değerlerinin parametreler için tanımlanmasının önemi yukarıdaki bölümlerde anlatılmıştı. Tablo 3.16'da Matlab'ta kullanılan değişkenler ve değişkenlere tanımlanan %5 alt-üst sınır değerler gösterilmektedir.

Tablo 3.16. Girdi parametrelerine ait alt-üst değerler ve değişkenler (Matlab) (RES-2)

Parametreler	Alt Sınır(%5)	Değer	Üst Sınır(%95)	Değişkenler
Ünite Gücü	3989.748678 kW	4199.73545 kW	4409.722223 kW	X1
Elektrik Satış Fiyatı	0.073 USD/Cent	0.073 USD/Cent	0.073 USD/Cent	X2
Dolar Kuru	6.40 TL	6.40 TL	6.40 TL	X3
Kapasite Kullanım Oranı	%33.25	%35	%36.75	X4
Operasyonel Giderler	1.106.930,88 TL	1.165.190,40 TL	1.223.449,92 TL	X5
İlk Yatırım Maliyeti	35.467.570,56 TL	37.334.284,80 TL	39.200.999,04 TL	X6
Amortisman Süresi	14.25 Yıl	15 Yıl	15.75 Yıl	X7
Enflasyon Oranı	%9.405	%9.9	%10.395	X8
Kurumlar Vergisi	%25	%25	%25	X9
İskonto Oranı	%9.5	%10	%10.5	X10

Matlab yazılımında RES-1 projesinde olduğu gibi NBD için de 254 satır kod, Bugünkü Değer için de 248 satır kod yazılmıştır. Volatilite parametresinin değişkenleri RES-1 ile aynı değerlere sahip olduğu için RES-2 projesinde yeniden simülasyon başlatılmamıştır. Bugünkü Değer ve NBD için Matlab'ta yazılan kodlar aşağıda gösterildiği gibidir.

```

clear all
sim=10000
k=1;
while k<=sim
xx1=normrnd(4199.74,419.97);
if xx1>3989.748678 & xx1<4409.722223
x1(k) = xx1;
k=k+1;
end
.
%1.yıl
Fvokgg1(k)=gelir1(k)-gider1(k);
Fvok1(k)=Fvokgg1(k)-Amortisman(k);
vergi1(k)=Fvok1(k)*x9(k);
NFK1(k)=Fvok1(k)-vergi1(k);
NKA1(k)=NFK1(k)+Amortisman(k);
.
.
BD1(k)=NKA1(k)/(1+x10(k));%1.yıl için bugünkü değer
.
.
TBD(k)=BD1(k)+BD2(k)+BD3(k)+BD4(k)+BD5(k)+BD6(k)+BD7(k)+BD8(k)+BD
9(k)+BD10(k)+BD11(k)+BD12(k)+BD13(k)+BD14(k)+BD15(k);
NBD(k)=TBD(k)-x6(k);
end

```

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. RES-1 Projesi için Uygulama ve Bulgular

RES-1 projesi için üç ayrı bölümde uygulamalar yapılmıştır. Birinci bölümde geleneksel yöntem olan İNA yöntemine göre Bugünkü Değer ve NBD, ikinci bölümde de reel opsiyon yöntemlerinden Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleri kullanılarak opsiyon ve GNBD elde edilmiştir. RES-1 yatırım projesi, reel opsiyonlar değerlendirme yöntemleriyle yatırıma bugün başlanması, vade uzaması, volatilité değişimi, esneklik türlerinden erteleme, genişleme ve terk etme opsiyonları ile değerlendirilerek, negatif sonuç veren NBD ile karşılaştırılmıştır. Erteleme opsiyonu ile ilgili de bu bölümde detaylı bir çalışma yürütülmüştür. Ertelemeden kaynaklı kaybedilen fırsat maliyetinin yatırımlara, literatürde birçok şekilde uygulandığı görülerek, çalışmada bu seçeneklerden hangilerinin olumlu sonuçlar verebileceği analiz edilmiştir. Opsiyonlar ile yapılan tüm analizler sonucunda Black-Scholes ve Binomial yöntemle elde edilen sonuçlarda birbirleriyle karşılaştırılarak yöntemler arası benzerlik ve farklılıklar gösterilmiştir. Üçüncü bölümde, reel opsiyon değerlendirme yöntemleri için de kullanılan MCS ile NBD, Bugünkü Değer ve volatilité için sonuçlar elde edilmiştir. MCS hem ticari yazılım olan Crystal Ball hem de paket program olan Matlab yazılımı ile ayrı ayrı değerlendirilerek sonuçlar elde edilmiştir. Bu bölümde analitik yöntemle elde edilen NBD, Bugünkü Değer ve volatilité parametrelerinin MCS ile iki ayrı yazılım kullanılarak, nasıl sonuçlar verdikleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarla yeniden Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleriyle opsiyon ve GNBD elde edilerek, simülasyon öncesi ve sonrasının karşılaştırılması sağlanmıştır.

4.1.1. RES-1 Projesine ait NBD için Uygulama ve Bulgular

Sinop ilinde 5 MW elektrik üretim kapasiteli ve %35 rüzgâr kapasite faktörüne sahip RES-1 için “Materyal ve Yöntem” bölümündeki Tablo 3.1’de yatırıma ait proje parametreleri gösterilmektedir. Bu proje parametrelerine göre İNA yöntemi ile hesaplanan net faaliyet kârları, Tablo 4.1’de gösterilmektedir. Sonrasında nakit akışlar, %10 iskonto oranı ile indirgenerek bugünkü değerler elde edilmiş ve son işlem adımında 15 yıllık bugünkü değerlerin toplamı ilk yatırım maliyetinden çıkartılarak proje değeri olan NBD elde edilmiştir. Tablo 4.2’de NBD değerlendirme yöntemine göre hesaplanan proje değeri gösterilmektedir.

Tablo 4.1. İndirgenmiş Nakit Akışları (İNA) analizi

	1.Yıl	2.Yıl	3.yıl	4.yıl	5.yıl	6.yıl	7.yıl	8.yıl	9.yıl	10.yıl	11.yıl	12.yıl	13.yıl	14.yıl	15.yıl
Üretim Miktarı(kWh)	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000	15.120.000
Birim Elektrik Fiyatı/TL	0.4672	0.5135	0.5643	0.6201	0.6815	0.7490	0.8232	0.9047	0.9942	1.0927	1.2008	1.3197	1.4504	1.5939	1.7517
Gelir/TL	7.064.064	7.763.406,34	8.531.983,56	9.376.649,94	10.304.938,28	11.325.127,17	12.446.314,76	13.678.499,92	15.032.671,41	16.520.905,88	18.156.475,56	19.953.966,64	21.929.409,34	24.100.420,86	26.486.362,53
Giderler/TL	1.958.400	2.152.281,6	2.365.357,48	2.599.527,87	2.856.881,13	3.139.712,36	3.450.543,88	3.792.147,73	4.167.570,35	4.580.159,82	5.033.595,64	5.531.921,61	6.079.581,85	6.681.460,45	7.342.925,03
Fvök/TL	5.105.664	5.611.124,74	6.166.626,08	6.777.122,07	7.448.057,15	8.185.414,82	8.995.770,88	9.886.352,19	10.865.101,06	11.940.746,06	13.122.879,92	14.422.045,03	15.849.827,49	17.418.960,41	19.143.437,50
Amortisman (-)/TL	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33	4.693.333,33
Fvök/TL	412.330,67	917.791,41	1.473.292,75	2.083.788,74	2.754.723,82	3.492.081,48	4.302.437,55	5.193.018,86	6.171.767,73	7.247.412,73	8.429.546,59	9.728.711,70	11.156.494,16	12.725.627,08	14.450.104,17
Vergi %25/TL	103.082,67	229.447,85	368.323,19	520.947,18	688.680,95	873.020,37	1.075.609,39	1.298.254,71	1.542.941,93	1.811.853,18	2.107.386,65	2.432.177,92	2.789.123,54	3.181.406,77	3.612.526,04
Net Faaliyet Kârı/TL	309.248,00	688.343,56	1.104.969,56	1.562.841,56	2.066.042,87	2.619.061,11	3.226.828,16	3.894.764,15	4.628.825,80	5.435.559,55	6.322.159,94	7.296.533,78	8.367.370,62	9.544.220,31	10.837.578,13

Tablo 4.2. Net Bugünkü Değer (NBD) tablosu

	Başlan gıç	1.Yıl	2.Yıl	3.yıl	4.yıl	5.yıl	6.yıl	7.yıl	8.yıl	9.yıl	10.yıl	11.yıl	12.yıl	13.yıl	14.yıl	15.yıl
Net Kâr + Amortisma n (TL)		5.002.58 1,33	5.381.67 6,89	5.798.30 2,89	6.256.17 4,89	6.759.37 6,2	7.312.39 4,44	7.920.16 1,49	8.588.09 7,48	9.322.15 9,13	10.128.8 92,88	11.015.4 93,27	11.652.3 67,11	13.060.7 03,95	14.237.5 53,64	15.530.9 11,46
Yatırım Tutarı (TL)	- 70.400 .000															
Net Nakit Akım (TL)	- 70.400 .000	5.002.58 1,33	5.381.67 6,89	5.798.30 2,89	6.256.17 4,89	6.759.37 6,2	7.312.39 4,44	7.920.16 1,49	8.588.09 7,48	9.322.15 9,13	10.128.8 92,88	11.015.4 93,27	11.989.8 67,11	13.060.7 03,95	14.237.5 53,64	15.530.9 11,46
İndirgeme Oranı									%10.00							
Bugünkü Değer (TL)	- 70.400 .000	4.547.80 1,21	4.447.66 6,85	4.356.35 0,78	4.273.05 1,63	4.197.04 0,81	4.127.65 6,03	4.064.29 5,17	4.006.41 0,86	3.953.50 5,49	3.905.12 6,68	3.860.86 3,19	3.820.34 1,16	3.783.22 0,71	3.749.19 2,86	3.717.97 6,72
Net Bugünkü Değer																(60.810.500,15-70.400.000)=-9.589.499,85 TL

Uygulama sonrası elde edilen proje değeri negatif olmuştur. Bu piyasa koşulları altında, risk ve belirsizlik kaynakları göz ardı edilerek yapılacak RES-1 yatırımdan kâr elde edilemeyeceği yani projenin reddedilmesi gerektiği sonucu elde edilmiştir. Bir sonraki bölümde reel opsiyon değerlendirme yöntemleri ile risk ve belirsizlik faktörleri göz ardı edilmeden, esneklik seçenekleri de yatırıma dâhil edilerek detaylı bir çalışma yürütülmüş ve opsiyon değerleri ile GNBD elde edilmiştir.

4.1.2. RES-1 Projesi için Reel Opsiyon Yöntemleri ile Uygulama ve Bulgular

Çalışmanın bu kısmında Black-Scholes ve Binomal değerlendirme yöntemleri ile uygulamalar yapılmış olup, NBD hesaplama yöntemi ile bulduğumuz (-9.589.499,85TL) negatif sonuçlu proje değerini opsiyonlayarak, pozitif sonuçlu bir proje değerinin elde edilip edilemeyeceğinin araştırılması yapılmıştır.

Bu aşama da öncelikle projenin, ekonomik ömür süresi olan 15 yıl opsiyonlu ve bugün başlanması halindeki hem opsiyon hem de GNBD'si hesaplanmıştır. Bu aşamadan sonra yapılan uygulamalar sırasıyla proje volatilitesinin net kârların doğal logaritması ile hesaplanarak, volatilité değişiminin opsiyon değeri üzerindeki etkisinin araştırılması ve ekonomik ömür süresinin 20 yıla çıkartılarak opsiyonun nasıl etkilendiği olmuştur. Çalışmanın devam eden kısmında, esneklik türleri arasından genişleme, terk etme ve erteleme opsiyonları uygulanmış olup, erteleme opsiyonu ile ilgili kısımda detaylı çalışmalar yürütülmüştür. Esneklik türlerinin uygulanmasında maliyet ve nakit akıflardaki değişim, genişleme ve terk etme opsiyonlarında piyasa koşullarına göre öngörülerek değiştirilmiş olup; erteleme opsiyonu için getiri kısıtlılığı parametresinin denklemlere eklenmesi dışında, %30 ve çalışmada risksiz faiz oranı olarak kullanılan %12,28 oranınca artış ve azalış gösterdiği öngörülmüştür. %30 oranının kullanılmasının nedeni ise, piyasalarda ani bir dalgalanmanın olma ihtimaline karşı, risksiz faiz oranının yaklaşık iki katı oranını baz alarak, değişimin yatırıma etkisinin şartlara bağlı nasıl etkileneceği araştırılmak istenmiştir. Risk olasılıksız bir dünyaymış gibi düşünülerek yapılan analizlerde nakit akıflar, devlet tahvili gibi güvenilir oranlarca şimdiki zamana indirgenir. Risksiz faiz oranı %12,28'in kullanılmasının nedeni ise, piyasalardaki değişimin bu oran üzerinden olmasının mümkün olabileceği içindir.

- **RES-1 yatırım projesinin 15 yıl vadeli ve bugün başlanması durumundaki opsiyon değeri;**

Tablo 4.3'te hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.3. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	70.400.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, 15 yıl vadeli bir RES-1 projesine bugün başlanması durumunda ve Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,05 / 70.400.000) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.8633 \quad (4.1)$$

$$d_2 = 1.8633 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.2843$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, Ek 1'de gösterilen kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9688$ ve $N(d_2) = 0.6119$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * 0.9688) - (70.400.000 * e^{(-0.1228*15)} * 0.6119) \quad (4.2)$$

$$C_0 = 52.085.382,91$$

Görüldüğü üzere Black-Scholes değerlendirme yöntemiyle hesaplanan opsiyon değeri hem pozitif hem de önceki bölümlerde bulduğumuz negatif sonuçlu-9.589.499,85 TL NBD'den büyük çıkmıştır. Geleneksel NBD yöntemiyle elde edilen negatif değer sonucunda, projenin uygulanabilirliği onaylanmamış olup, opsiyon değeriyle birlikte yeni proje değerinin yani GNBD'nin aşağıda gösterildiği gibi pozitif çıkması sağlanarak, RES-1 yatırımının uygulanabilirliğine karar verilmiştir.

$$GNBD = \text{Statik NBD} + \text{Opsiyon değeri} \quad (4.3)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 52.085.382,91 \quad (4.4)$$

$$GNBD = 42.495.883,06$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 2'de gösterilmektedir. Ek 2 tablosundaki değerler, Tablo 4.3'te verilen parametre değerleri u, d, r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.5)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 52.053.150,05$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 52.053.150,05 \quad (4.6)$$

$$GNBD = 42.463.650,20$$

Görüldüğü üzere Binomial değerlendirme sonucu ile de hem opsiyon değeri hem de GNBD pozitif olmuştur. Black-Scholes yöntemiyle elde edilen sonuç ile Binomial yöntemle elde edilen sonuç karşılaştırıldığında ise yaklaşık benzer sonuçlar verdikleri ve opsiyonlar üzerinde her iki yöntemde kullanılabilir olduğu görülmüştür.

- **RES-1 yatırım projesinin volatilité değerinin değişmesi durumundaki opsiyon değeri;**

Reel opsiyonlarla değerlemede kullanılan parametreler arasında bilinmesi en zor değer volatilitedir. Projedeki belirsizliği ifade eden volatilité, kesin değeri bilinmeyen, belirsiz durumları temsil eden parametreler üzerinden hesaplanmalıdır. Volatilité değerindeki değişim opsiyon değerini de direkt olarak etkilemektedir. Değerin artması opsiyon değerini arttırırken, azalması da aynı oranda opsiyon değerinde azalmaya neden olmaktadır. Uygulamanın bu kısmında İNA yöntemiyle hesaplanan net kârların doğal logaritması alınarak elde edilen yeni volatilité değeri için hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen yeni volatilité değeri Tablo 4.4'te gösterilmektedir.

Tablo 4.4. Volatilité değerinin değişimi

	Net Kâr (X_i)	Net Kâr'ın doğal log (ln(x))	Ortalama (\bar{X})	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1.Yıl	309.248,00				
2.Yıl	688.343,56	0.800145	0.254045	0.5461	0.2982
3.Yıl	1.104.969,56	0.473285	0.254045	0.21924	0.0481
4.Yıl	1.562.841,56	0.346688	0.254045	0.092643	0.0086
5.Yıl	2.066.042,87	0.279129	0.254045	0.025084	0.0006
6.Yıl	2.619.061,11	0.237181	0.254045	-0.016864	0.0003
7.Yıl	3.226.828,16	0.208684	0.254045	-0.045361	0.0021
8.Yıl	3.894.764,15	0.188133	0.254045	-0.065912	0.0043
9.Yıl	4.628.825,80	0.172670	0.254045	-0.081375	0.0066
10.Yıl	5.435.559,55	0.160659	0.254045	-0.093386	0.0087
11.Yıl	6.322.159,94	0.151098	0.254045	-0.102947	0.0106
12.Yıl	7.296.533,78	0.143338	0.254045	-0.110707	0.0123
13.Yıl	8.367.370,62	0.136940	0.254045	-0.117105	0.0137
14.Yıl	9.544.220,31	0.131596	0.254045	-0.122449	0.0150
15.Yıl	10.837.578,13	0.127084	0.254045	-0.126961	0.0161
Toplam					
					$(X_i - \bar{X})^2$
					0.4452
					σ
					0.1783

Tablo 4.4'te hesaplanan volatilité değeri için kullanılan standart sapma denklemi aşağıda gösterildiği şekildedir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (4.7)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0.4452}{14}} = \sqrt{0.0318} = 0.1783 \quad (4.8)$$

Projede kullanılan genel volatilité değeri 0.4077 iken, bu uygulama için değeri 0.1783'e düşmüştür. Volatilité değeriindeki düşüşten kaynaklı opsiyon değeri azalma gözlenmesi gerekmektedir. Tablo 4.5'te hem Black-Scholes hem de Binomial değeri yöntemi için kullanılan parametreler ve değeri gösterilmektedir.

Tablo 4.5. Volatilité değeri değişmesi durumunda proje parametreleri

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	70.400.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilité	σ	0.1783
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.1951838226
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.8366913784
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.8200086028
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1-p)$	0.1799913972

Yukarıda verilen parametre değeri göre, volatilité değeri $\sigma = 0.1783$ olması durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,05 / 70.400.000) + (0.1228 + (0.1783)^2 / 2)15}{0.1783\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.8007 \quad (4.9)$$

$$d_2 = 2.8007 - 0.1783\sqrt{15}$$

$$d_2 = 2.1101$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9974$ ve $N(d_2) = 0.9826$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned}
C_0 &= (60.810.500,15 * 0.9974) - (70.400.000 * e^{(-0.1228 * 15)} * 0.9826) \\
C_0 &= 49.688.141,49 \\
GNBD &= -9.589.499,85 + 49.688.141,49 \\
GNBD &= 40.098.641,64
\end{aligned}
\tag{4.10}$$

Hesaplamalar sonucunda hem opsiyon hem de proje değeri pozitif çıkmış olup, projenin uygulanabilirliği olumlu yönde sonuç vermiştir.

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 3'te gösterilmektedir. Ek 3 tablosundaki değerler, Tablo 4.5'te verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
u &= e^{0.1783\sqrt{t}} = 1.1951838226 \\
d &= e^{-0.1783\sqrt{t}} = 0.8366913784 \\
r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\
p &= \frac{(1.130658267 - 0.8366913784)}{(1.195183823 - 0.8366913784)} = 0.8200086028 \\
(1 - p) &= 0.1799913972
\end{aligned}
\tag{4.11}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
C_0 &= 49.726.689,43 \\
GNBD &= -9.589.499,85 + 49.726.689,43 \\
GNBD &= 40.137.189,58
\end{aligned}
\tag{4.12}$$

Elde edilen sonuçla hem pozitif bir değere sahip olunup hem de GNBD'si pozitif olan bir proje değeri elde edilmiştir. Black-Scholes yöntemiyle elde edilen opsiyon değeri $C_0 = 49.688.141,49$ TL ile Binomial yöntemle elde edilen opsiyon değeri $C_0 = 49.726.689,43$ TL arasında yaklaşık %0.001'lik bir fark olup, her iki yöntemde için de projenin uygulanabilir olduğu gösterilmiştir. Buradan çıkarılacak bir diğer sonuç ise, bütün parametrelerin aynı kalıp sadece projenin tamamında kullanılacak olan volatilité değeri $\sigma = 0.4077$ 'den, $\sigma = 0.1783$ 'e düştüğünde opsiyon değerinin Black-Scholes yönteminde $C_0 = 52.085.382,91$ TL değerinden $C_0 = 49.688.141,49$

TL değerine, Binomial yöntemde ise $C_0 = 51.822.249,43$ TL değerinden $C_0 = 49.726.689,43$ TL değerine düştüğü sonucu elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda volatilité değerindeki değişiminin opsiyon ve proje değeri üzerindeki etkisinin doğru orantılı olduğu gösterilmiştir.

- **RES-1 yatırım projesinin vadenin uzaması durumundaki opsiyon değeri;**

Reel opsiyonlarla değerlemede vadenin uzaması, opsiyon değerinde artış olmasını sağlamaktadır. RES-1 yatırımında ekonomik ömür olarak T=15 yıl olan süreyi T=20 yıl olarak değiştirdiğimizde elde edilecek sonuçlar her iki yöntem için de aşağıda gösterildiği şekildedir. Uygulama öncesi Tablo 4.6'da hem Black-Scholes hem de Binomal değerleme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.6. Vadenin uzaması durumundaki proje parametreleri

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	70.400.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	20 yıl
5	Volatilité	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, vadenin 15 yıldan 20 yıla çıkması durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,15 / 70.400.000) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)20}{0.4077\sqrt{20}}$$

$$d_1 = 2.1783 \quad (4.13)$$

$$d_2 = 2.1783 - 0.4077\sqrt{20}$$

$$d_2 = 0.3551$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9853$ ve $N(d_2) = 0.6387$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * 0.9853) - (70.400.000 * e^{(-0.1228*20)} * 0.6387)$$

$$C_0 = 56.059.650,73 \quad (4.14)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 56.059.650,73$$

$$GNBD = 46.470.150,88$$

Hesaplamalar sonucunda hem opsiyon hem de proje değeri pozitif çıkmış olup, projenin uygulanabilirliği olumlu yönde sonuç göstermiştir. 15 yıl ekonomik ömre sahip RES yatırımının opsiyon değerine göre, 20 yıl ekonomik ömre sahip bir RES yatırımının daha yüksek opsiyon değerine sahip olduğu sonucu da elde edilmiştir.

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 4'te gösterilmektedir. Ek 4 tablosundaki değerler, Tablo 4.6'da verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.15)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 55.963.754,11$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 55.963.754,11 \quad (4.16)$$

$$GNBD = 46.374.254,26$$

Elde edilen sonuçla hem pozitif bir değere sahip olunup hem de GNBD'si pozitif olan bir proje değeri elde edilmiştir. Black-Scholes yöntemiyle elde edilen sonuç

$C_0 = 56.059.650,73$ TL ile Binomial yöntemle elde edilen sonuç $C_0 = 55.963.754,11$ TL arasında yaklaşık %0,001'lik bir fark olup, her iki yöntemde için de projenin uygulanabilir olduğu gösterilmiştir. Buradan çıkartılacak bir diğer sonuç ise, bütün parametrelerin aynı kalıp sadece projenin tamamında kullanılacak olan vade süresinin $T=15$ 'ten $T=20$ yıla çıktığında opsiyon değerinin Black-Scholes yönteminde $C_0 = 52.085.382,91$ TL değerinden $C_0 = 56.059.650,73$ TL değerine, Binomial yöntemde ise $C_0 = 52.053.150,05$ TL değerinden $C_0 = 55.963.754,11$ TL değerine yükseldiği sonucu elde edilmiştir. Her iki yöntemde de vadenin 20 yıla çıkarılması sonrası değişim oranının yaklaşık %0.076 olduğu da hesaplanmıştır. Bu değerlendirmeler doğrultusunda projenin ekonomik ömrünün artmasının, opsiyon ve proje değerini olumlu yönde etkilediği ve aralarında doğru bir orantı olduğu gösterilmiştir.

- **RES-1 yatırım projesine 1 adet rüzgâr türbini eklenmesi durumundaki genişleme opsiyonunun değeri;**

RES yatırım projeleri, içinde barındırdığı esneklikler nedeniyle çeşitli opsiyonlara sahiptir. Literatürde yatırım projeleri için sıklıkla tercih edilen opsiyonlardan biri de genişleme opsiyonudur. Bu çalışma da RES-1 yatırımına bir rüzgâr türbinin dâhil edilmesi durumunda maliyetin 3 milyon dolar bununla birlikte nakit akışlarında %30 artacağı öngörülmüştür. Yatırım maliyeti ve nakit akışlardaki değişim sonrası varlığın şimdiki değerinin değişmesiyle birlikte, Tablo 4.7'de hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.7. Genişleme durumundaki proje parametreleri

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	79.053.650,20
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	89.600.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			

1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, bir adet rüzgâr türbinin eklenmesiyle birlikte yatırım projesinin genişlemesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(79.053.650,2 / 89.600.000) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.8767 \quad (4.17)$$

$$d_2 = 1.8767 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.2977$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9697$ ve $N(d_2) = 0.6170$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (79.053.650,2 * 0.9697) - (89.600.000 * e^{(-0.1228*15)} * 0.6170)$$

$$C_0 = 67.895.931,39 \quad (4.18)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 67.895.931,39$$

$$GNBD = 58.306.431,54$$

Black-Scholes değerlendirme yöntemiyle RES-1 yatırım projesine sonradan dâhil edilen bir adet rüzgâr türbinin, opsiyon ve proje değeri üzerinde etkisi olumlu olduğu sonucu elde edilmiştir.

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 5'te gösterilmektedir. Ek 5 tablosundaki değerler, Tablo 4.7'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\
p &= \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794 \\
(1 - p) &= 0.4446525206
\end{aligned} \tag{4.19}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
C_0 &= 67.874.607,32 \\
GNBD &= -9.589.499,85 + 67.874.607,32 \\
GNBD &= 58.285.107,47
\end{aligned} \tag{4.20}$$

Elde edilen sonuçla hem pozitif bir opsiyon değerine sahip olunup hem de GNBD'si pozitif olan bir proje değeri elde edilmiştir. Black-Scholes yöntemiyle elde edilen $C_0 = 67.895.931,39$ TL opsiyon değeri, Binomial değerlendirme yöntemiyle elde edilen $C_0 = 67.874.607,32$ TL opsiyon değeriyle yaklaşık benzer sonuçlar vermiştir. Binomial yöntemde adım sayısının artırılmasıyla birlikte, Black-Scholes yöntemiyle daha benzer sonuçların elde edileceği düşünülmektedir. Projeye bugün başlanması durumundaki maliyet ve nakit akıflardan kaynaklı varlığın şimdiki değerinin değişmesi sonucunda, bu yatırım projesi için genişleme opsiyonunun kullanılmasının, proje değeri için olumlu bir gelişme olacağı sonucuna da varılmıştır.

- **RES-1 yatırım projesini başka bir şirkete devretmek ya da terk etmek durumundaki opsiyonun değeri;**

Ekonomik ömrü 15 yıl olan RES-1 yatırım projesinin, herhangi bir zaman dilimi içerisinde, başka bir şirkete 40.000.000TL karşılığında devretmenin ya da terk etmenin mevcut olduğu durum değerlendirilmiştir. Nakit akıflarda bir değişiklik olmayacağı öngörülerek, sadece yatırım maliyeti değerinin değişmesiyle birlikte, Tablo 4.8'de hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.8. Terk etme durumundaki proje parametreleri

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228

2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	40.000.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin bir başka şirkete devredilmesi ya da terk edilmesi durumundaki, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir. Terk etme opsiyonu, diğer opsiyonlardan farklı olarak satım opsiyonuna uygunluk göstermektedir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,15 / 40.000.000) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.2213 \quad (4.21)$$

$$d_2 = 2.2213 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.6423$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.98684$ ve $N(d_2) = 0.7397$ olarak bulunmuştur. Bu durumda satım opsiyonu ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * (0.98684 - 1)) - (40.000.000 * e^{(-0.1228*15)} * (0.7397 - 1))$$

$$C_0 = 850.036,95 \quad (4.22)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 850.036,95$$

$$GNBD = -8.739.462,90$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 6'da gösterilmektedir. Ek 6 tablosundaki değerler, Tablo 4.8'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\
p &= \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794 \\
(1-p) &= 0.4446525206
\end{aligned} \tag{4.23}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
C_0 &= 55.337.046,55 \\
C_0 &= -5.473.453,60 \\
GNBD &= -9.589.499,85 - 5.473.453,60 \\
GNBD &= -15.062.953,45
\end{aligned} \tag{4.24}$$

Terk etme opsiyonunun uygulaması durumunda, Black-Scholes yöntemiyle $C_0 = 850.036,95$ TL opsiyon değeri elde edilirken, Binomial yöntemiyle $C_0 = -5.473.453,60$ TL opsiyon değeri elde edilmiştir. Black-Scholes yöntemi ile opsiyon değeri için pozitif sonuç elde edilmesine rağmen, GNBD'nin negatif olması yatırım için olumsuz karar alınmasına neden olmuştur. Binomial yöntemle de opsiyon ve GNBD'nin negatif sonuç vermesi, nakit akışların nakit kayıplarını karşılayamadığını göstermiştir. RES-1 yatırım projesi için bu şartlar altında her iki yöntem için de terk etme opsiyonunun kullanılmasının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Yöntemler arasındaki farkın fazla olması, Binomial yöntemde adım sayısının artırılmasıyla çözümlenebilir ölçekte olacağı düşünülmektedir.

- **RES-1 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlığı=1/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda);**

Uygulamanın bu bölümünde yatırım projesinin ertelenebilir seçeneğine sahip olduğunun ve ertelemenin hangi durumlarda, bugün başlanması durumundan daha iyi sonuçlar verebileceğinin araştırılması yapılmıştır. Bir yatırımı ertelemek belirsizliği azalttığı için opsiyon değerini de düşürebiliyorken, geleneksel yöntemlerle negatif çıkan projelerinde pozitif değer almasını sağlayabilmektedir. Bununla birlikte erteleme söz konusu olduğunda hem maliyet hem de nakit akışlarda değişim olması beklenen bir durumdur. Bazı kaynaklar, nakit akış kaybını formüllere getiri kısıtlığı parametresi ekleyerek çözümlerken, bazı kaynaklar sayısal bir maddi kaybın

olmadığını ama ertelemeyen kaynaklı geciken nakit akış değerini, maliyetin de düştüğü durumlarda, düşen maliyet üzerinden ifade ederek değerlendirilebileceği yönünde çalışmalar yapmışlardır. Maliyetin değişimi de piyasa koşullarına göre değişebilmektedir. Burada hesaplama yaparken tesisin henüz kurulup kurulmadığı da maliyet, operasyonel giderler ya da nakit akış gibi parametre değerlerini etkileyen bir diğer durumdur. Erteleme opsiyonu geleceğe yönelik yüksek ihtimalli tahminler sonucunda uygulansa bile maliyetler dönem sonunda beklenildiği gibi olmayabilir. Erteleme opsiyonu ile ilgili aşağıda devam eden uygulamalarda maliyetin hem artacağı hem de azalacağı durumlar için değerlendirmeler yapılmıştır. Bu uygulamada 1 yıl ertelemeyen kaynaklı nakit akış kayıplarının, formüllere eklenen getiri kısıtlılığı (1/15) parametresi ile azalacağı, proje maliyetinin de risksiz faiz oranı üzerinden aratacağı yönünde düşünülerek bir çalışma yürütülmüştür. Tablo 4.9'da hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.9. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (1)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	79.045.120,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
7	Getiri Kısıtlılığı	δ	(1/15)=%6.7=0.067
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.0577387062
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.4683497439
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.5316502561

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin bir yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,05 / 79.045.120) + (0.1228 - (1/15) + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.1567 \quad (4.25)$$

$$d_2 = 1.1567 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = -0.4224$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.8763$ ve $N(d_2) = 0.3363$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * e^{((-1/15)*15)} * 0.8763) - (79.045.120 * e^{(-0.1228*15)} * 0.3363)$$

$$C_0 = 15.390.260,03 \quad (4.26)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 15.390.260,03$$

$$GNBD = 5.800.760,18$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 7'de gösterilmektedir. Ek 7 tablosundaki değerler, Tablo 4.9'da verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{(0.1228 - (1/15))} = 1.0577387062 \quad (4.27)$$

$$p = \frac{(1.0577387062 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.4683497439$$

$$(1 - p) = 0.5316502561$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 41.626.778,09$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 41.626.778,09 \quad (4.28)$$

$$GNBD = 32.037.278,24$$

Uygulama sonucunda her iki yöntemle hem opsiyon hem de GNBD yani proje değeri için pozitif bir değer elde edilmiştir. Black-Scholes değerlendirme yöntemiyle elde edilen opsiyon değeri $C_0 = 15.390.260,03$ TL iken, Binomial değerlendirme yöntemiyle

elde edilen opsiyon değeri $C_0 = 41.626.778,09$ TL olmuştur. Bu RES-1 yatırımında 1 yıllık erteleme opsiyonunun kullanılması, projeye bugün başlanması durumundaki Black-Scholes yönteminde $C_0 = 52.085.382,91$ TL, Binomial yöntemde $C_0 = 52.053.150,05$ TL opsiyon değerlerinden daha düşük çıktığı için tercih edilmemelidir. Uygulamada dikkat çeken bir başka sonuç ise, yukarıda yapılan uygulamalardan farklı olarak iki yöntem arasında çıkan büyük değer farkı olmuştur. Her iki yönteme de eklenen getiri kısıtlılığı parametresinin, sonuçları farklı etkilediği gözlemlenmiştir. Getiri kısıtlılığı parametresi genel olarak opsiyon değerini düşüren bir etkidir. Binomial değerlendirme sonucunda elde edilen opsiyon ve proje değeri bugün başlanmasıdaki opsiyon değerine daha yakın sonuç verirken, Black-Scholes yöntemiyle elde edilen opsiyon ve proje değeri, farkın çok daha fazla olduğu bir sonuç vermiştir. Literatürde Black-Scholes yönteminin daha dinamik olmasından kaynaklı Binomial yöntemine göre daha çok tercih edildiği düşünüldüğünde, getiri kısıtlılığı parametresinin sonuçları neden bu kadar fazla etkilediği de araştırılmak istenmiştir. Bu konunun araştırılması yönünde, çalışmanın uygulama kısmında erteleme opsiyonuna geniş bir yer verilmiştir.

- **RES-1 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=3/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda);**

Uygulamanın bu bölümünde RES-1 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon ve proje değeri belirlenmiş olup, 1 yıl erteleme sonundaki sonuçlarla da karşılaştırma yapılmıştır. Projede 3 yıl erteleme opsiyonunun kullanılmasıyla nakit akışlar getiri kısıtlılığı parametresi ile (3/15) formülize edilirken, maliyet de 3 yıl boyunca her yıl risksiz faiz oranı üzerinden atırılmıştır. Tablo 4.10'da hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.10. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (1)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	99.650.589,24

4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
7	Getiri Kısıtlığı	δ	(3/15)=%20=0.2
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	0.9257046942
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.3108246576
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.6891753424

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,05 / 99.650.589,24) + (0.1228 - (3 / 15) + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = -0.2567 \quad (4.29)$$

$$d_2 = -0.2567 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = -1.8357$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.3987$ ve $N(d_2) = 0.0332$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * e^{((-3/15)*15)} * 0.3987) - (99.650.589,24 * e^{(-0.1228*15)} * 0.0332)$$

$$C_0 = 682.713,07 \quad (4.30)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 682.713,07$$

$$GNBD = -8.906.786,78$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 8'de gösterilmektedir. Ek 8 tablosundaki değerler, Tablo 4.10'da verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
r &= e^{(0.1228-(3/15))} = 0.9257046942 \\
p &= \frac{(0.9257046942 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.3108246576 \\
(1-p) &= 0.6891753424
\end{aligned} \tag{4.31}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
C_0 &= 12.956.273,07 \\
GNBD &= -9.589.499,85 + 12.956.273,07 \\
GNBD &= 3.366.773,22
\end{aligned} \tag{4.32}$$

Uygulama sonrası elde edilen opsiyon değerlerine bakıldığında, Black-Scholes yöntemiyle elde edilen opsiyon değeri $C_0 = 682.713,07$ TL iken Binomial yöntemle elde edilen opsiyon değeri $C_0 = 12.956.273,07$ TL olmuştur. Her iki yöntem içinde opsiyon değeri pozitif olurken, Black-Scholes yönteminde proje değeri, NBD'den elde edilen nakit akışlarını karşılayamadığı için $GNBD = -8.906.786,78$ TL sonuçlanarak, projenin onay alınamaz sonucuna varılmıştır. Binomial yöntem de ise proje değeri $GNBD = 3.366.773,22$ TL olmasına rağmen, hem 1 yıl erteleme opsiyonuna göre hem de projeye bugün başlanması durumundaki opsiyon değerine göre daha düşük sonuç elde edilmiştir. Uygulama sonunda, bu RES-1 yatırımı için 3 yıllık bir erteleme opsiyonu kullanmanın proje için uygun olmayacağı sonucuna varılmıştır. Bir başka çıkartılacak sonuç ise Black-Scholes yöntemiyle elde edilen sonuçla Binomial yöntemle elde edilen sonuç arasındaki farkın 1 yıllık erteleme opsiyonu kullanımındaki sonuçlara göre daha fazla olduğu ve erteleme süresinin artmasının bu piyasa ve parametre değerlerinin kullanılmasıyla, özellikle maliyetin artmasından çok getiri kısıtlılığı parametresinin nakit akışlar üzerinde kullanımının, opsiyon ve proje değerini düşürdüğü sonucuna varılmıştır.

- **RES-1 yatırım projesinin 5 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=5/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda);**

Uygulamanın bu bölümünde RES-1 yatırım projesinin 5 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon ve proje değeri belirlenmiş olup, 1 ve 3 yıl erteleme sonundaki

sonuçlarla da karşılaştırılarak, erteleme süresinin yatırım değeri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Projede 5 yıl erteleme opsiyonunun kullanılmasıyla nakit akışlar getiri kısıtlılığı parametresi ile (5/15) formülize edilirken, maliyette 5 yıl boyunca her yıl risksiz faiz oranı üzerinden atırılmıştır. Tablo 4.11’de hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.11. 5 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (1)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	125.627.488,90
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
7	Getiri Kısıtlılığı	δ	(5/15)=%33=0.33
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	0.8101520496
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.1729629051
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.8270370949

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 5 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,05 / 125.627.488,9) + (0.1228 - (5 / 15) + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = -1.67 \quad (4.33)$$

$$d_2 = -1.67 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = -3.249$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.0475$ ve $N(d_2) = 0.0006$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned}
C_0 &= (60.810.500,15 * e^{((-5/15)*15)} * 0.0475) - (125.627.488,9 * e^{(-0.1228*15)} * 0.0006) \\
C_0 &= 7.515,37 \\
GNBD &= -9.589.499,85 + 7.515,37 \\
GNBD &= -9.581.984,48
\end{aligned}
\tag{4.34}$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 9'da gösterilmektedir. Ek 9 tablosundaki değerler, Tablo 4.11'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
r &= e^{(0.1228-(5/15))} = 0.8101520496 \\
p &= \frac{(0.8101520496 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.1729629051 \\
(1 - p) &= 0.8270370949
\end{aligned}
\tag{4.35}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
C_0 &= 696.737,61 \\
GNBD &= -9.589.499,85 + 696.737,61 \\
GNBD &= -8.892.762,24
\end{aligned}
\tag{4.36}$$

Uygulama sonucunda elde edilen opsiyon değerlerine bakıldığında, Black-Scholes yöntemiyle elde edilen opsiyon değeri $C_0 = 7.515,37$ TL iken Binomial yöntemle elde edilen opsiyon değeri $C_0 = 696.737,61$ TL olmuştur. Her iki yöntemle elde edilen opsiyon değeri pozitif olsa bile GNBD yani proje değerleri Black-Scholes yönteminde $GNBD = -9.597.015,22$ TL, Binomial yöntemde ise $GNBD = -8.892.762,24$ TL ile proje onayı alamaz sonucuna varılmıştır. Tablo 4.12'de nakit akışların getiri kısıtlılığı parametresi üzerinden azaldığı, maliyetinse her yıl risksiz faiz oranı üzerinden arttığı durumdaki 1, 3 ve 5 yıllık erteleme opsiyonlarının sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4.12. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (1)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15 (Projeye bugün)	52.085.382,91	42.495.883,06	52.053.150,05	42.463.650,20

başlanılması durumunda)				
Erteleme 1 yıl (getiri kıtlığı=1/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	15.390.260,03	5.800.760,18	41.626.778,09	32.037.278,24
Erteleme 3 yıl (getiri kıtlığı=3/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	682.713,07	-8.906.786,78	12.956.273,07	3.366.773,22
Erteleme 5 yıl (getiri kıtlığı=5/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	7.515,37	-9.581.984,48	696.737,61	-8.892.762,24

Tablo 4.12’de projeye bugün başlanılması ve 1,3 ve 5 yıl erteleme opsiyonlarının kullanılması durumundaki sonuçlar gösterilmiştir. Literatürde ertelenen projenin nakit akış kaybının getiri kıtlığı parametresi ile formülize edildiği çalışmalar yürütülmüştür. Maliyet değişimi ise piyasa koşullarına göre değişebilmektedir. Yatırımcı her ne kadar ileriye görebildiği sürece erteleme opsiyonunu kullanmayı tercih etse de ertelenen süre içerisinde beklenen maliyet değişim gösterebilir. Uygulamanın bu kısmında nakit akışları getiri kıtlığı oranınca azaltılırken, maliyette risksiz faiz oranı üzerinden artırılmıştır. Erteleme opsiyonu yatırıma değer katacağı durumlarda tercih edilmektedir. Projeye bugün başlanılması durumuna göre ertelemek değer kaybına neden olacaksa, bu noktada opsiyonu işlemek karlı bir durum oluşturmayacaktır. NBD’si düşük olan yatırımlar için genel olarak tercih edilen bu opsiyon türü, NBD’si negatif olan RES-1 için avantajlı bir durum oluşturabilirdi. Ancak Black-Scholes yönteminde sadece 1 yıllık ertelemenin yatırım değerini pozitif sonuçlandıracağı görülmektedir. Binomial değerlemede 1 ve 3 yıllık ertelemenin pozitif olmasına rağmen, bugün başlanılması durumuna göre daha düşük sonuçlar vermesi, ertelemenin bu yatırım koşullarında uygun olmadığını göstermiştir. Elde edilen bir başka sonuç ise getiri kıtlığı parametresinin opsiyon değerini düşürmesinden kaynaklı, erteleme süresinin artmasıyla opsiyon ve proje değerinin düşmesidir. Erteleme, belirsizlik durumunu azaltmak için kullanılıyor olsa da opsiyon değerinin, bugün başlama

değerinden daha yüksek sonuçlar verdiği çalışmalar literatürde mevcuttur. “Kaynak Özetleri” bölümünde incelenen bazı literatür çalışmalarının sonuçları da bu durumu desteklemektedir.

Black-Scholes yöntemi ile Binomial yöntem arasındaki farkın fazla olması ise yorumlanması gereken bir başka sonuçtur. Her iki yönteme de getiri kısıtlılığı parametresi eklenerek uygulama yapılmış olsa da Black-Scholes yöntemi çok daha düşük sonuçlar vermiştir. Bu durum getiri kısıtlılığı parametresinin denklemdaki kullanım şeklinin yeniden yorumlanması gerekebileceği sonucunu da vermektedir. Durumu desteklemek adına, maliyetin de opsiyon ve proje değerini nasıl etkilediğini göstermek için uygulamanın devam eden kısmında yine getiri kısıtlılığı parametresi nakit akışlarını azaltacak, maliyetin ise bu kez her yıl sonunda %30 azalacağı şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Bu şekilde sonuçlardaki farkın getiri kısıtlılığı parametresinden mi yoksa maliyetin artmasından mı kaynaklı olup olmadığının yanıtı verilmiş olacaktır.

- **RES-1 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=1/15, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda);**

Uygulamanın bu kısmında yukarıdaki erteleme seçeneklerinden farklı olarak piyasa koşullarına göre maliyetin her yıl %30 azalacağı öngörülmüştür. Tablo 4.13’de hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.13. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	49.280.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
7	Getiri Kısıtlılığı	δ	(1/15)=%6.7=0.067
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024

3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.0577387061
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.4683497439
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.5316502561

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,05 / 49.280.000) + (0.1228 - (1/15) + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.456 \quad (4.37)$$

$$d_2 = 1.456 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = -0.1231$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.92734$ ve $N(d_2) = 0.451$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * e^{((-1/15)*15)} * 0.92734) - (49.280.000,00 * e^{(-0.1228*15)} * 0.451)$$

$$C_0 = 17.222.751,54 \quad (4.38)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 17.222.751,54$$

$$GNBD = 7.633.251,69$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 10'da gösterilmektedir. Ek 10 tablosundaki değerler, Tablo 4.13'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{(0.1228 - (1/15))} = 1.0577387061 \quad (4.39)$$

$$p = \frac{(1.0577387061 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.4683497439$$

$$(1 - p) = 0.5316502561$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 46.749.183,57$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 46.749.183,57 \quad (4.40)$$

$$GNBD = 37.159.683,72$$

Uygulama sonucunda her iki yöntemle de hem opsiyon hem de GNBD yani proje değeri için pozitif değer elde edilmiştir. Black-Scholes değerlendirme yöntemiyle elde edilen opsiyon değeri $C_0 = 17.222.751,54$ TL iken, Binomial değerlendirme yöntemiyle elde edilen opsiyon değeri $C_0 = 46.749.183,57$ TL olmuştur. Bu RES-1 yatırımında 1 yıllık erteleme opsiyonunun kullanılması, her iki yöntem için de projeye bugün başlanması durumundaki Black-Scholes yönteminde $C_0 = 52.085.382,91$ TL, Binomial yöntemde $C_0 = 52.053.150,05$ TL opsiyon değerlerinden daha düşük çıktığı için tercih edilmemelidir. Bu uygulama, maliyetin her yıl risksiz faiz oranı üzerinden arttırılarak yapıldığı uygulamaya göre daha yüksek sonuç verse de Black-Scholes ve Binomial yöntem arasındaki fark bu uygulamada da görülmüştür. Böyle bir durumda “Hangi yöntemin sonuç değeri dikkate alınmalı?” sorusuna yanıt olarak literatürde kesin bir cevap olmasa da 1 yıl ertelenen bir projenin, bugün başlanıldığı durumdaki değere yakın bir sonuç vereceği düşünülerek, en yakın sonucu veren Binomial yöntemin daha uygulanabilir olduğu düşünülmektedir. Yine literatürde Black-Scholes yönteminin hem dinamik hem de pratik olarak daha ağırlıklı kullanıldığı düşünüldüğünde, bu durum iki sonuç içinde düşündürücü olmaktadır. Her iki yöntemin yukarıdaki örneklerde birbirlerine çok yakın sonuçlar verdiği düşünüldüğünde ve maliyetin düşürülmesine rağmen aradaki farkın azalmaması nedeniyle, getiri kısıtlılığı parametresinin özellikle Black-Scholes formülündeki nakit akışları olduğundan daha fazla etkilediği düşünülmektedir.

- **RES-1 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=3/15, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda);**

Uygulamanın bu bölümünde RES-1 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon ve proje değeri belirlenmiş olup, 1 yıl erteleme sonundaki sonuçlarla da karşılaştırması yapılmıştır. Proje de 3 yıl erteleme opsiyonunun kullanılmasıyla nakit akışları, getiri kısıtlılığı parametresi ile (3/15) formülize edilirken, maliyet de 3 yıl boyunca her yıl %30 azaltılmıştır. Tablo 4.14’te hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.14. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	24.147.200,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
7	Getiri Kısıtlığı	δ	(3/15)=%20=0.20
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	0.9257046942
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.3108246576
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.6891753424

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,05 / 24.147.200,00) + (0.1228 - (1/15) + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 0.641 \quad (4.41)$$

$$d_2 = 0.641 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = -0.938$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.7392$ ve $N(d_2) = 0.1741$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * e^{((-3/15)*15)} * 0.7392) - (24.147.200,00 * e^{(-0.1228*15)} * 0.1741)$$

$$C_0 = 1.571.645,75 \quad (4.42)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 1.571.645,75$$

$$GNBD = -8.017.854,10$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 11'de gösterilmektedir. Ek 11 tablosundaki değerler, Tablo 4.14'te verilen

parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
 u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
 d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
 r &= e^{(0.1228-(3/15))} = 0.9257046942 \\
 p &= \frac{(0.9257046942 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.3108246576 \\
 (1 - p) &= 0.6891753424
 \end{aligned} \tag{4.43}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 30.093.787,84 \\
 GNBD &= -9.589.499,85 + 30.093.787,84 \\
 GNBD &= 20.504.287,99
 \end{aligned} \tag{4.44}$$

Uygulama sonunda Black-Scholes değerlendirme yöntemiyle opsiyon değeri pozitif olsa da proje değeri nakit akışların, nakit kaybını karşılamadığı için negatif sonuç vermiştir. Projede erteleme süresinin artması, bu kısımda maliyet azaltılmış olsa da, opsiyon ve proje değerinin azalmasına neden olmuştur. Binomial değerlendirme yöntemi ile elde edilen opsiyon ve proje değeri pozitif olsa da hem projeye bugün başlanması hem de 1 yıl erteleme sonuçlarından daha düşük değerli sonuç verdiği için, bu yöntem içinde uygulanabilirlik, maliyet azalmasına rağmen, uygun görülmemektedir.

Maliyetin arttığı bir önceki uygulama ve azaldığı bu uygulama için de ortak bir sonuç olan, Black-Scholes ve Binomial yöntemler arasında büyük fark olduğu ve genel olarak birbirlerine çok yakın sonuç veren bu iki yönteme, ertelemeyen kaynaklı nakit akış kaybını ifade eden getiri kaybı parametresinin eklemesiyle birlikte, sonuçların bu şekilde elde edildiği tespit edilmiştir. Özellikle bu uygulamada da Black-Scholes yöntemi bu farktan oldukça etkilenmiş olup, bu anlamda getiri kısıtlılığı parametresinin formüldeki uygulanma şeklinin doğruluğunun sorgulanması, sonucuna varılmıştır. Tablo 4.15'te getiri parametresinin nakit akış kaybını etkilediği ve maliyetin her yıl %30 azaldığı durumdaki, yukarıda açıklanan uygulama sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4.15. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (2)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15	52.085.382,91	42.495.883,06	52.053.150,05	42.463.650,20
Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlılığı=1/15, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	17.222.751,54	7.663.251,69	46.749.183,57	37.159.683,72
Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlılığı=3/15, maliyetin %30 azaldığı durumda)	1.571.645,75	-8.017.854,10	30.093.787,84	20.504.287,99

Bir sonraki uygulama da nakit akış kayıplarını getiri kısıtlılığı parametresi üzerinden değil, maliyet değişiminde azalma olduğunda nakit akış kaybını tolere ettiği, maliyet değişiminde bir artma olduğunda ise maddesel bir nakit akış kaybı olmadığı için yatırımcının kazanacaklarını ertelenen yıl süresince tolere ettiği düşünülerek bir dizi uygulama yapılmıştır. Bu şekilde getiri kısıtlılığı parametresinin de opsiyonlar üzerindeki olumsuz etkisi gözlenmiştir. Nakit akışlarda kaybın olduğu düşünülen uygulamalar için yatırımcının, RES'i halihazırda bitirdiği ama santralin uygulamaya henüz başlamadığı öngörülmektedir.

- **RES-1 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda);**

Bu uygulama da RES-1 yatırımcısının, yatırımını 1 yıl erteleyebileceği ve nakit akış kayıplarının da 1 yıl boyunca %30 azalan maliyet ile tolere edileceği düşünülerek bir çalışma yapılmıştır. Erteleme süresince belirsizlik azalacağı için opsiyon değerinin aynı oranda azaldığı düşünülse bile proje değeri bugün başlanması durumundaki değerinden yüksek olabilmektedir. Eğer yatırımcı erteleme süresi boyunca maliyetin azalacağından eminse ve nakit akış kaybının, maliyetin azalmasından kaynaklı kazanacağı değerden daha az olduğunu düşünüyorsa, opsiyon değeri belirsizlik azalmasına rağmen artabilmektedir. Bu şekilde bir uygulama için, Tablo 4.16'da hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.16. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (3)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	49.280.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,15 / 49.280.000) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.0892 \quad (4.45)$$

$$d_2 = 2.0892 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.5102$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.98166$ ve $N(d_2) = 0.6951$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * 0.98166) - (49.280.000 * e^{(-0.1228*15)} * 0.6951)$$

$$C_0 = 54.265.889,17 \quad (4.46)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 54.265.889,17$$

$$GNBD = 44.676.389,32$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 12'de gösterilmektedir. Ek 12 tablosundaki değerler, Tablo 4.16'da verilen

parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}u &= e^{0.4077\sqrt{t}} = 1.5033560867 \\d &= e^{-0.4077\sqrt{t}} = 0.6651784024 \\r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\p &= \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794 \\(1 - p) &= 0.4446525206\end{aligned}\tag{4.47}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}C_0 &= 54.313.784,87 \\GNBD &= -9.589.499,85 + 54.313.784,87 \\GNBD &= 44.724.285,02\end{aligned}\tag{4.48}$$

Uygulama sonucunda her iki yöntemle de hem opsiyon hem de GNBD yani proje değeri için pozitif sonuç elde edilmiştir. Nakit akış değerini ifade eden varlığın şimdiki değerinde, getiri kısıtlılığı parametre değeri gibi bir değişim olmadığında, her iki yöntemle elde edilen sonuçlar da birbirlerine çok yakın olmuştur. Diğer önemli bir durum ise projeye bugün başlanması durumundaki Black-Scholes yöntem için $C_0 = 52.085.382,91$ TL, Binomial yöntem için de $C_0 = 52.053.150,05$ TL opsiyon değerlerinden daha yüksek bir değer elde edilmiş olup, doğru orantılı olarak proje değerleri de aynı oranda artmıştır. Bu şartlarda projenin ertelenebilir olmasının yatırımcı için avantajlı bir durum olduğu sonucu elde edilmiştir. Ayrıca iki yöntemin birbirlerine yakın sonuçlar vermesi de, getiri kısıtlılığı parametresinin etkilerinin bu yönde olumsuz olduğunu göstermektedir. Erteleme süresinin bu koşullar altında opsiyon ve proje değerini nasıl etkilediğini görmek için, erteleme süresini 3 yıla çıkartarak, aşağıda gösterilen bir uygulama yapılmıştır.

- **RES-1 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda);**

Uygulamanın bu kısmında nakit akışlarda sayısal bir değişim yapmadan varlığın şimdiki değeri aynı kalacak, maliyeti ise 3 yıl boyunca her yıl %30 azalacak şekilde değerlendirme yapılmıştır. Tablo 4.17’de hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.17. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (3)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	24.147.200,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilité	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,05 / 24.147.200) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.541 \quad (4.49)$$

$$d_2 = 2.541 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.962$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.99451$ ve $N(d_2) = 0.832$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * 0.99451) - (24.147.200 * e^{(-0.1228*15)} * 0.832)$$

$$C_0 = 57.292.308,76 \quad (4.50)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 57.292.308,76$$

$$GNBD = 47.702.808,91$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 13'te gösterilmektedir. Ek 13 tablosundaki değerler, Tablo 4.17'de verilen

parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
 u &= e^{0.4077\sqrt{t}} = 1.5033560867 \\
 d &= e^{-0.4077\sqrt{t}} = 0.6651784024 \\
 r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\
 p &= \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794 \\
 (1 - p) &= 0.4446525206
 \end{aligned} \tag{4.51}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 57.461.050,41 \\
 GNBD &= -9.589.499,85 + 57.461.050,41 \\
 GNBD &= 47.871.550,56
 \end{aligned} \tag{4.52}$$

Uygulama sonucunda her iki yöntemle de hem opsiyon hem de GNBD yani proje değeri için pozitif sonuç elde edilmiştir. RES-1 yatırım projesinin bu şartlarda, 3 yıl ertelendiğinde, bugün başlanması ve 1 yıl erteleme opsiyonu değerinden daha yüksek bir değer elde edildiği Tablo 4.18'de gösterilmektedir.

Tablo 4.18. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (3)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15	52.085.382,91	42.495.883,06	52.053.150,05	42.463.650,20
Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	54.265.889,17	44.676.389,32	54.313.784,87	44.724.285,02
Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	57.292.308,76	47.702.808,91	57.461.050,41	47.871.550,56

Tablo 4.18'de görüldüğü üzere, getiri kısıtlığı parametresi projeye dâhil edilmeden erteleme opsiyonu uygulandığında, projeye bugün başlanması değerinden çok daha yüksek değerler elde edilmiştir. Diğer uygulamalardan farklı olarak ertelenen yıl süresi arttıkça opsiyonun değeri de artmıştır. Literatürde ertelemekten kaynaklı nakit akış kaybının getiri kısıtlığı parametresi ile hesaplanması ile opsiyon değerinin azalması dışında, bir kısım çalışmada bu uygulamada olduğu gibi maliyette meydana gelen azalmanın, nakit akış kaybını karşılayarak opsiyon değerini arttıracak

düşüncesinde olmuştur. Bu şekilde yapılan uygulamalarda Black-Scholes ve Binomial yöntemlerinde birbirlerine çok yakın sonuçlar vermesi, getiri kısıtlığı parametresinin erteleme opsiyonlarında kullanılan yöntemlerdeki özellikle Black-Scholes yöntemi için, doğruluğunun sorgulanması gerektiği sonucuna da varılmıştır.

Bir sonraki uygulamada yine nakit akış kaybını sayısal olarak parametre değerine yansıtılmadığı ama maliyetlerinde her yıl risksiz faiz oranı üzerinden artacağı bir erteleme opsiyonu öngörülmüştür. Uygulamanın amacı, getiri kısıtlığı parametresinin dâhil edilmediği halde maliyet artışının opsiyonlar üzerinde etkisinin nasıl olduğunun araştırılmasıdır.

- **RES-1 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda);**

Uygulamanın bu kısmında nakit akışlarda sayısal bir değişim yapmadan varlığın şimdiki değerinin aynı kalacağı, maliyetin ise 1 yıl boyunca risksiz faiz oranı üzerinden artacağı şeklinde değerlendirme yapılmıştır. Tablo 4.19’da hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.19. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (4)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	79.045.120,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes değerlendirme yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,05 / 79.045.120) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.80$$

$$d_2 = 1.80 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.211$$
(4.53)

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9641$ ve $N(d_2) = 0.5836$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * 0.9641) - (79.045.120 * e^{(-0.1228*15)} * 0.5836)$$

$$C_0 = 51.315.677,15$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 51.315.677,15$$

$$GNBD = 41.726.177,30$$
(4.54)

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 14'te gösterilmektedir. Ek 14 tablosundaki değerler, Tablo 4.19'da verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$
(4.55)

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 51.127.796,86$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 51.127.796,86$$

$$GNBD = 41.538.297,01$$
(4.56)

Uygulama sonucunda, her iki değerlendirme yöntemi içinde opsiyon ve GNBD pozitif olurken, projeye bugün başlanması durumundaki opsiyon değerinden daha düşük bir sonuç değer elde edildiği için, bu şartlar altında projenin ertelenmesi uygun

görülmemiştir. Bir başka sonuç ise, maliyetin artması ile azalması arasında doğru orantılı olarak opsiyon ve proje değerinde de bir azalma gözlemlenmiştir. Black-Scholes yönteminden elde edilen sonucun, yatırıma bugün başlanması opsiyonuna yakın bir değer olması da getiri kısıtlığından kaynaklanan farkın, maliyetlerin artmasına rağmen bu projede olmadığını göstermiştir. Yine de piyasa koşullarına bağlı olarak değişen maliyetlerdeki değişime göre belirlenen varlığın kullanım fiyatı, bu RES-1 yatırımı için erteleme koşullarını sağlamamıştır. Opsiyon değerinin erteleme süresiyle orantısını yorumlayabilmek için aşağıda 3 yıl erteleme opsiyonuna sahip RES-1 yatırımının analizi gösterilmektedir.

- **RES-1 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda);**

Uygulamanın bu kısmında nakit akışlarında sayısal bir değişim yapmadan varlığın şimdiki değeri aynı kalacak, maliyetin ise 3 yıl boyunca her yıl risksiz faiz oranı üzerinden artacağı şekilde değerlendirme yapılmıştır. Tablo 4.20’de hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.20. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (4)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	60.810.500,15
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	99.650.589,24
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes değerlendirme yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(60.810.500,05 / 99.650.589,24) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.6433 \quad (4.57)$$

$$d_2 = 1.6433 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.0642$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.94983$ ve $N(d_2) = 0.5256$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (60.810.500,15 * 0.94983) - (99.650.589,24 * e^{(-0.1228*15)} * 0.5256)$$

$$C_0 = 49.457.980,24 \quad (4.58)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 49.457.980,24$$

$$GNBD = 39.868.480,39$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 15'te gösterilmektedir. Ek 15 tablosundaki değerler, Tablo 4.20'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.59)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 49.187.803,44$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 49.187.803,44 \quad (4.60)$$

$$GNBD = 39.598.303,59$$

Uygulama sonucunda her iki değerlendirme yöntemi için de opsiyon ve proje değeri pozitif olurken, projeye bugün başlanması ve aynı şartlar altında 1 yıl ertelenmesi

durumdaki opsiyon değerinden daha düşük sonuçlu değerler elde edildiği için, bu şartlar altında projenin ertelenmesi uygun görülmemiştir. Erteleme süresinin artmasıyla birlikte, opsiyon ve proje değeri tam tersi şekilde azalmıştır. Tablo 4.21’de getiri kısıtlılığı parametresinin projeye dâhil edilmediği, maliyetin ise her yıl risksiz faiz oranı üzerinden arttığı durumdaki, yukarıda açıklanan uygulamalar gösterilmektedir.

Tablo 4.21. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (4)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15	52.085.382,91	42.495.883,06	52.053.150,05	42.463.650,20
Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	51.315.677,15	41.726.177,30	51.127.796,86	41.538.297,01
Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	49.457.980,24	39.868.480,39	49.187.803,44	39.598.303,59

Uygulamanın bundan sonraki kısmında, hem maliyet hem de nakit akıflarda, tesis işletmeye henüz başlamamış olsa da, artan ve azalan oranda sayısal bir değişimin olduğu düşünülerek analizler gerçekleştirilmiştir.

- **RES-1 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumdaki opsiyon değeri (her yıl %30 oranında varlığın şimdiki değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda);**

Erteleme opsiyonlarıyla yapılan uygulamaların bu kısmına kadar, getiri kısıtlılığı parametresinin opsiyon ve proje değerleri üzerindeki etkisinin özellikle Black-Scholes yönteminde oldukça fazla olduğu sonucuna varmakla birlikte, maliyet değişimlerinin opsiyonların değerine daha az etki ettiği sonucuna varılmıştır. Uygulamanın bu kısmında yatırımcının santrali henüz tesis etmediği durumda ve o günün şartlarında 1 yıl ertelediği düşünüldüğünde, piyasa koşullarında maliyetlerin değişebileceği kadar nakit akıflarda da olabilecek kazanç ya da kaybın sayısal olarak uygulamaya yansıtılabileceği düşünülerek bir çalışma yürütülmüştür. Ertenilmesi istenilen süre içerisinde enflasyon, birim elektrik fiyatı, kurumlar vergisi, iskonto oranı gibi parametre değerleri artan veya azalan oranda değişim gösterebilmektedir. Bu durum gelen nakit akıflarının sayısal olarak artmasına ya da azalmasına da sebep olmaktadır.

Bir önceki seneye göre elde edilecek nakit akışları yani varlığın şimdiki değeri de bu oranda değişim gösterebilmektedir. Bu kısma kadar olan uygulamalarda artan azalan maliyetlerin dışında, nakit akış kaybının da olabileceği düşünülerek getiri kısıtlılığı parametresi kullanılmış olup, birde ertelenen süre boyunca sayısal bir kayıp olmadığı düşünülerek varlığın şimdiki değerinde bir değişiklik yapmadan değerlendirmeler yapılmıştır. Bu uygulamada hem nakit akışlarda hem de maliyetlerde sayısal bir değişim olduğu öngörüsünde bulunularak analizler gerçekleştirilmiştir. Her yıl %30 oranınca nakit akışların piyasa koşullarına göre artacağı, maliyetlerin ise tam tersine azalacağı öngörülerek yürütülen çalışmaya ait, Tablo 4.22’de hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.22. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (5)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	79.053.650,20
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	49.280.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(79.053.650,20 / 49.280.000) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.2554$$

$$d_2 = 2.2554 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.6763$$
(4.61)

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9880$ ve $N(d_2) = 0.7506$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (79.053.650,20 * 0.9880) - (49.280.000 * e^{(-0.1228*15)} * 0.7506)$$

$$C_0 = 72.242.155,85$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 72.242.155,85$$

$$GNBD = 62.652.656,00$$
(4.62)

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 16'da gösterilmektedir. Ek 16 tablosundaki değerler, Tablo 4.22'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$
(4.63)

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 72.302.593,97$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 72.302.593,97$$

$$GNBD = 62.713.094,12$$
(4.64)

Her iki değerlendirme yöntemiyle de elde edilen sonuçlara bakıldığında hem opsiyon hem de proje değerlerinin pozitif sonuç verdiği görülmektedir. Hem maliyetin azalması hem de nakit akışların pazar ve piyasa koşullarından kaynaklı arttığını öngören bu çalışma, projeye bugün başlanması durumuna göre daha yüksek değerli sonuçlar verdiği için bu şartlar altında erteleme, yatırımcı için kârlı olacaktır.

sonucuna da varılmıştır. Bir sonraki uygulama da RES-1'in, aynı oranda 3 yıl ertelendiği durumdaki sonuçları gösterilmektedir.

- **RES-1 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (her yıl %30 oranında varlığın şimdiki değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda);**

Uygulamanın bu kısmında 3 yıl boyunca her yıl, %30 oranınca nakit akışların piyasa koşullarına göre artacağı, maliyetlerin ise tam tersine azalacağı öngörülerek bir çalışma yürütülmüştür. Tablo 4.23'de hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.23. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (5)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	133.600.668,80
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	24.147.200,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(133.600.668,80 / 24.147.200) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 3.0394 \quad (4.65)$$

$$d_2 = 3.0394 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 1.4604$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9988$ ve $N(d_2) = 0.9280$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned}
C_0 &= (133.600.668,80 * 0.9988) - (24.147.200,00 * e^{(-0.1228*15)} * 0.9280) \\
C_0 &= 129.888.582,21 \\
GNBD &= -9.589.499,85 + 129.888.582,21 \\
GNBD &= 120.299.082,40
\end{aligned} \tag{4.66}$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 17’de gösterilmektedir. Ek 17 tablosundaki değerler, Tablo 4.23’de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\
p &= \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794 \\
(1 - p) &= 0.4446525206
\end{aligned} \tag{4.67}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
C_0 &= 130.369.153,68 \\
GNBD &= -9.589.499,85 + 130.369.153,68 \\
GNBD &= 120.779.653,80
\end{aligned} \tag{4.68}$$

Değerleme sonuçlarına göre opsiyon ve proje değerlerinin pozitif sonuç vermelerinin yanı sıra erteleme süresinin artmasıyla bu iki değerde de artış olduğu görülmüştür. Yukarıda yapılan uygulamalarda erteleme süresinin artmasıyla birlikte opsiyon değerinin de arttığı durum, getiri kısıtlığının olmadığı ve maliyetinde %30 azalması ile olmuştur. Uygulamada her ne kadar nakit akışlardaki değişim artacak şekilde öngörülmüş olsa da, maliyetinde azalması erteleme süresi ve opsiyon değerinin doğru orantılı değişimine katkı sağlamıştır. Maliyetin azalması ve nakit akışlarda artışın ya da bir değişimin olmaması, uygulamanın bu kısmına kadar ki yapılan çalışmalarda en olumlu sonucu veren çalışma olmuştur. Çıkarılacak bir başka sonuç ise getiri kısıtlığı parametresi yöntemlere dâhil edilmediği için, bu uygulamada da

Black-Scholes ve Binomial değerlendirme sonuçları birbirlerine çok yakın sonuçlar vermiştir.

Tablo 4.24'te %30 oranınca nakit akışların arttığı, maliyetin ise azaldığı durumdaki, yukarıda açıklanan uygulamalar gösterilmektedir.

Tablo 4.24. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (5)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15	52.085.382,91	42.495.883,06	52.053.150,05	42.463.650,20
Erteleme 1 yıl (her yıl %30 oranında varlığın değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda)	72.242.155,85	62.652.656,00	72.302.593,97	62.713.094,12
Erteleme 3 yıl (her yıl %30 oranında varlığın değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda)	129.888.582,21	120.299.082,40	130.369.153,68	120.779.653,80

- **RES-1 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (her dönem risksiz faiz oranınca (%12.28) varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda);**

Bu uygulama da projede kullanılan risksiz faiz oranınca, piyasa koşullarına göre ertelenen süre içerisinde nakit akışların azaldığı, tam tersi olarak da maliyetlerin arttığı öngörülmüştür. Tablo 4.25'de hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.25. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (6)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.342.970,73
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	79.045.120,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077

6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.342.970,73 / 79.045.120) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.7070 \quad (4.69)$$

$$d_2 = 1.7070 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.1280$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9651$ ve $N(d_2) = 0.5509$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.342.970,73 * 0.9561) - (79.045.120 * e^{(-0.1228*15)} * 0.5509)$$

$$C_0 = 44.099.175,46 \quad (4.70)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 44.099.175,46$$

$$GNBD = 34.509.675,61$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 18'de gösterilmektedir. Ek 18 tablosundaki değerler, Tablo 4.25'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.71)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 43.810.316,85 \\
 GNBD &= -9.589.499,85 + 43.810.316,85 & (4.72) \\
 GNBD &= 34.220.817,00
 \end{aligned}$$

Her iki değerlendirme yöntemine göre elde edilen sonuçlara bakıldığında, opsiyon ve proje değerlerinin pozitif sonuçlar verdikleri görülmüştür. Bu sonuçların yanı sıra projeye bugün başlanması durumundaki opsiyon ve proje değerlerinden daha düşük sonuçların elde edilmesi, bu piyasa koşulları altında erteleme gerekliliğinin olmayacağı sonucunu da vermiştir. Bundan sonraki uygulama aynı şartlar altında 3 yıl ertelenen bir proje için elde edilen sonuçları göstermektedir.

- **RES-1 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (her dönem risksiz faiz oranınca (%12.28) varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda);**

Bu uygulamada da 3 yıl ertelenmesi düşünülen RES-1 yatırımının risksiz faiz oranınca nakit akışlarının azaldığı, maliyetin ise arttığı öngörülmüştür. Tablo 4.26'da hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.26. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (6)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	41.046.340,58
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	99.650.589,24
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(41.046.340,58 / 99.650.589,24) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.3943 \quad (4.73)$$

$$d_2 = 1.3943 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = -0.1847$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9183$ ve $N(d_2) = 0.4268$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (41.046.340,58 * 0.9183) - (99.650.589,24 * e^{(-0.1228*15)} * 0.4268)$$

$$C_0 = 30.951.706,80 \quad (4.74)$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 30.951.706,80$$

$$GNBD = 21.362.206,95$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 19'da gösterilmektedir. Ek 19 tablosundaki değerler, Tablo 4.26'da verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.75)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 30.779.459,77$$

$$GNBD = -9.589.499,85 + 30.779.459,77 \quad (4.76)$$

$$GNBD = 21.189.959,92$$

Tablo 4.27'de risksiz faiz oranınca nakit akışların azaldığı, maliyetin ise arttığı durumdaki, yukarıda açıklanan uygulamaların sonuçları gösterilmektedir. Her iki

değerleme yöntemiyle de elde edilen sonuçlara bakıldığında, hem birbirlerine çok yakın hem de pozitif sonuçlu değerler elde edildiğini görülmektedir. RES-1'e bugün başlanması durumuna göre bir değerlendirme yapılacak olursa, opsiyon ve proje değerlerinin daha düşük değerler olduğu ve yatırımcının erteleme opsiyonunu bu şartlar altında kullanmasının uygun olmadığı sonucu da elde edilmiştir. Getiri kısıtlılığı parametresi kullanılmamasına rağmen, nakit akışlardaki kayıp ve tam tersine maliyetlerdeki artış da proje değerinin uygulanabilirliğini olumsuz etkilemiştir.

Tablo 4.27. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (6)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15	52.085.382,91	42.495.883,06	52.053.150,05	42.463.650,20
Erteleme 1 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	44.099.175,46	34.509.675,61	43.810.316,85	34.220.817,00
Erteleme 3 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	30.951.706,80	21.362.206,95	30.779.459,77	21.189.959,92

Tablo 4.28'de, yukarıdaki uygulamalarda nakit akışlardaki kaybın getiri kısıtlılığı parametresi ile ifade edildiği ve maliyetin risksiz faiz oranınca arttığı durumdaki uygulama ile Tablo 4.27'deki sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırılmanın yapılmasının sebebi, maliyet artışlarının risksiz faiz oranınca arttırılmasının haricinde getiri kısıtlılığı parametresi ve risksiz faiz oranınca, her iki uygulamada da nakit akış kaybının sayısal olarak analizlere yansıtılmış olmasıdır.

Tablo 4.28. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (7)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlılığı=1/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	15.390.260,03	5.800.760,18	41.626.778,09	32.037.278,24
Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlılığı=3/15, maliyetin her yıl	682.713,07	-8.906.786,78	12.956.273,07	3.366.773,22

risksiz faiz oranınca arttığı durumda)					
Erteleme 1 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	44.099.175,46	34.509.675,61	43.810.316,85	34.220.817,00	
Erteleme 3 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	30.951.706,80	21.362.206,95	30.779.459,77	21.189.959,92	

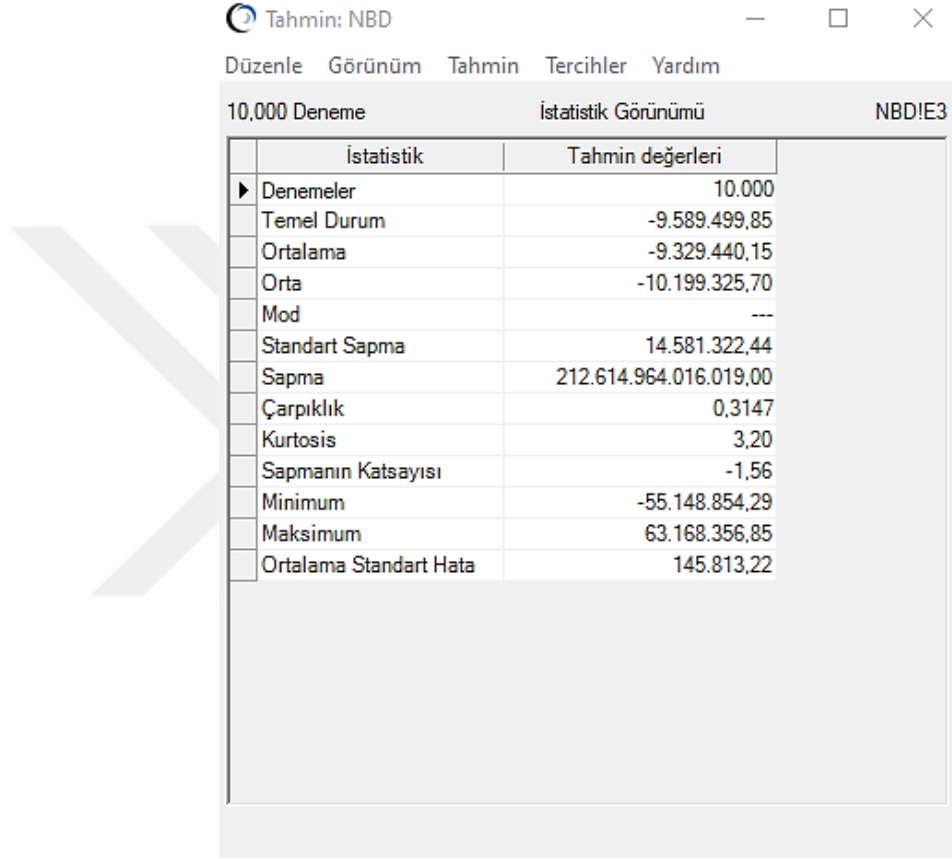
Tablo 4.28'deki her iki durum içinde sayısal bir nakit akış kaybı ve risksiz faiz oranınca da artan bir maliyet olduğu görülmektedir. Nakit akış kayıplarının getiri kısıtlılığı parametresi kullanılarak ifade edildiği uygulama sonuçları ile risksiz faiz oranınca azalarak ifade edildiği uygulama sonuçları arasında özellikle Black-Scholes değerlendirme yönteminde büyük fark olduğu görülmektedir. 1 yıllık nakit akış kaybı getiri kısıtlılığı parametresi ile yaklaşık %6,7 olarak yansıtılırken, %12,28 olan risksiz faiz oranından daha fazla bir kayıp olarak proje değerine yansıtılmıştır. Binomial yöntemde 1 yıl erteleme sonuçları yaklaşık benzer sonuçlar verirken, erteleme süresinin artması bu yöntem içinde farkın arttığı sonucunu vermektedir. Getiri kısıtlılığı parametresinin buraya kadar olan uygulamalarda daha çok Black-Scholes değerlendirme yönteminde etkili olduğu sonucu elde edilirken, Binomial yöntem içinde ertelenen süre ile ilgili etki oranının artabileceği düşünülmektedir.

4.1.3. RES-1 Projesi için MCS ile Uygulama ve Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde MCS ile, geleneksel yöntemlerle hesapladığımız Bugünkü Değer, NBD ve reel opsiyon değerlendirme yönteminde kullandığımız volatilité parametresinin, simülasyon sonrası değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerler Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yönteminde kullanılarak, projeye bugün başlanması durumundaki yatırım için yeniden opsiyon ve proje değeri hesaplanmıştır. İşlemler Crystal Ball ve Matlab kullanılarak yapılmıştır. MCS analizi ile elde edilen sonuçlar hem geleneksel yöntemlerle bulduğumuz değerlerle hem Crystal Ball ve Matlab ile bulunan sonuçlar birbirleri ile hem de elde edilen yeni parametre değerleriyle Black-Scholes ve Binomial yöntem ile hesaplanan opsiyon ve GNBD'ler karşılaştırılmıştır.

4.1.3.1. RES-1 Projesine ait NBD için Crystal Ball ile MCS

Önceki bölümde girdi-çıkıtı parametreleri, olasılık dağılımları ve parametreler için alt-üst sınır değerleri tanımlanan NBD için 10.000 deneme sayısı ile simülasyon başlatılmış ve sonuçlar aşağıdaki şekillerle birlikte analiz edilmiştir. İlk olarak Şekil 4.1’de NBD için elde edilen istatistik değerler ve simülasyon sonucunda elde edilen ortalama NBD gösterilmektedir.

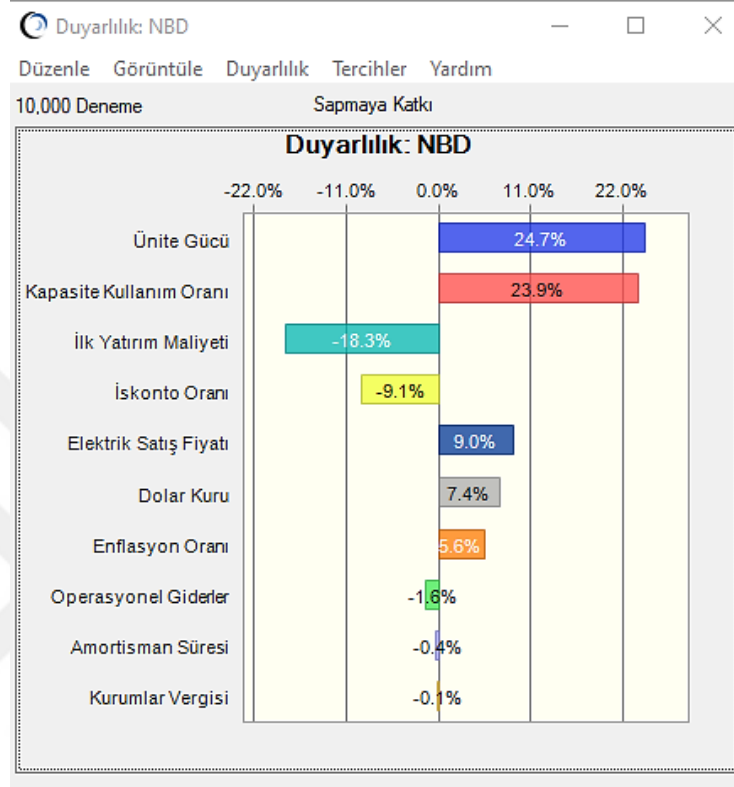


İstatistik	Tahmin değerleri
Denemeler	10.000
Temel Durum	-9.589.499,85
Ortalama	-9.329.440,15
Orta	-10.199.325,70
Mod	---
Standart Sapma	14.581.322,44
Sapma	212.614.964.016.019,00
Çarpıklık	0,3147
Kurtosis	3,20
Sapmanın Katsayısı	-1,56
Minimum	-55.148.854,29
Maksimum	63.168.356,85
Ortalama Standart Hata	145.813,22

Şekil 4.1. NBD için istatistik değerler

Şekil 4.1’de NBD için geleneksel yöntemle elde edilen ve Crystal Ball yazılımında simülasyon harici tanımlanan çıkıtı değeri -9.589.499,85 TL temel durumda görünürken, simülasyon sonrası 10.000 deneme sonucunda -9.329.440,15 TL değerini almıştır. Döngü her başlatıldığında simülasyon sonucu belirli aralıklarda değişim göstermiş olsa da ortalama değer burada gösterilen değere yakın aralıklarda değişim göstermektedir. Geleneksel yöntemlerle elde ettiğimiz ve negatif sonuçlu olduğu için proje onayı alamayan bu yatırım için, simülasyon sonucunun da benzer olması, her iki yöntemde NBD için kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Şekil 4.2’de NBD’ye çoktan aza doğru etki eden girdi parametreleri gösterilmektedir. Duyarlılık

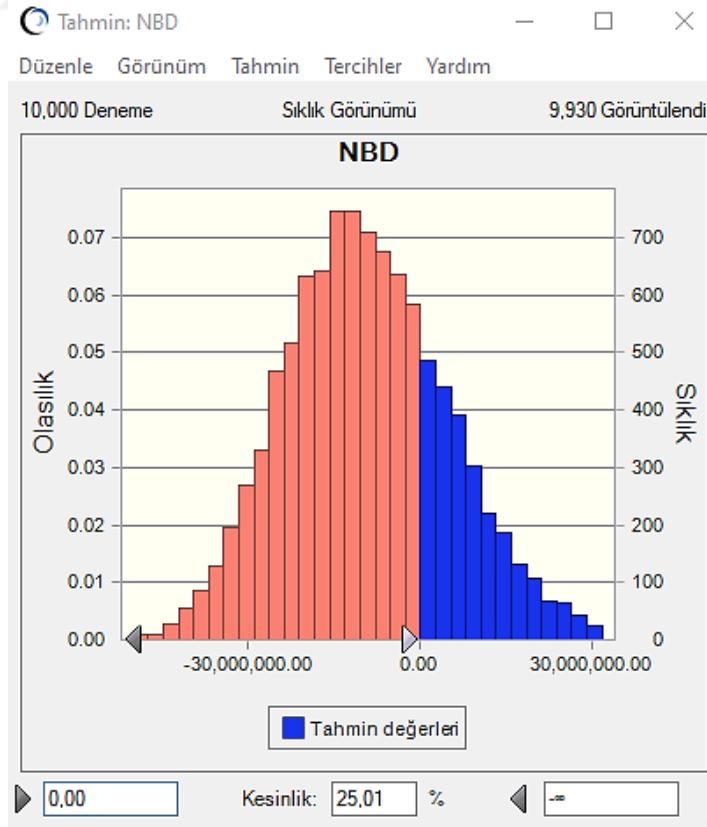
analizleri her uygulama başlangıcında yapıldığında, parametrelerin projeye etki oranları, değişimlerinin sonucu nasıl ve ne kadar etkilendiği ve bunlara bağlı olarak yatırımcının karar değişkenlerini belirlemesi için çok önemli bir işlem adımı olduğu da görülmektedir.



Şekil 4.2. NBD için duyarlılık analizi

Duyarlılık analizi sonuçlarına bakıldığında NBD'ye en çok etki eden pozitif yönlü olarak iki parametrenin ünite gücü ve kapasite kullanım oranı olduğu görülmektedir. Elektrik üretiminin MW olarak yüksek olması ve santralin yapıldığı bölgedeki rüzgâr kapasite faktörünün daha fazla olması nakit akışlarının artmasını direkt olarak etkilemektedir. Bir sonraki en çok etkileyen parametrenin ise ilk yatırım maliyeti olduğu görülmektedir. Piyasa koşullarına göre değişen bu parametrenin NBD üzerindeki etkisi fazla olmakta birlikte negatif yönlü etki etmektedir. İskonto oranındaki artışın da nakit akışları negatif yönlü etkilediği görülürken, sırasıyla elektrik satış fiyatının, dolar kurunun ve enflasyon oranının pozitif yönlü etki ettiği de çıkan sonuçlar arasındadır. Şekilde sonlara doğru gelindiğinde operasyonel giderlerin, amortisman süresinin ve kurumlar vergisinin her ne kadar az bir yüzdelik oranla etki ettiği görülse bile negatif yönlü olması artışlarının NBD'yi olumsuz etkileyeceğini göstermektedir.

Duyarlılık analizi sonuçlarını girdi parametreleri kadar simülasyon öncesi tanımlanan parametrelere ilişkin olasılık dağılımları da direkt etkilemektedir. Örneğin ilk yatırım maliyeti ve operasyonel giderler için üçgen dağılım tanımlandığında, duyarlılık analizinde ilk yatırım maliyeti gibi NBD'yi etkileyecek önemli bir parametrenin, şekilde sonlara doğru düşük bir etki oranına sahip olduğu görülmüştür. Bu durumda bu proje için fiyat bilgisinde üçgen dağılımın uygun olmadığına karar verilmiştir. Literatür araştırması yapılırken genel olarak fiyat bilgisi için normal ve üçgen dağılım kullandığı saptanırken, yüzdelik değerlere sahip, enflasyon oranı gibi, parametreler için normal dağılımın kullanıldığı görülmüştür. Bu uygulamada hesaplamalarda piyasa koşullarının ve yatırımcının da değiştiremeyeceği, elektrik fiyatı, dolar kuru ve kurumlar vergisi parametreleri düzgün dağılım ile tanımlanmıştır. Farklı dağılım kombinasyonları da denenerek en uygun etki oranlarının seçildiği düşünülmüş ve simülasyon başlatılmıştır. Elde edilen sonuçların parametrelerin etki oranlarını en gerçek haliyle yansıttığı da görülmektedir. Şekil 4.3'te negatif sonuç veren proje değerinin simülasyon yapılırken kendi içerisindeki döngüde oluşturduğu değerlere göre 0'dan büyük olma olasılığı, Şekil 4.4'te de bu yaklaşıma benzer olarak, yatırımın yüzdelik olarak alabileceği proje değerleri gösterilmektedir.



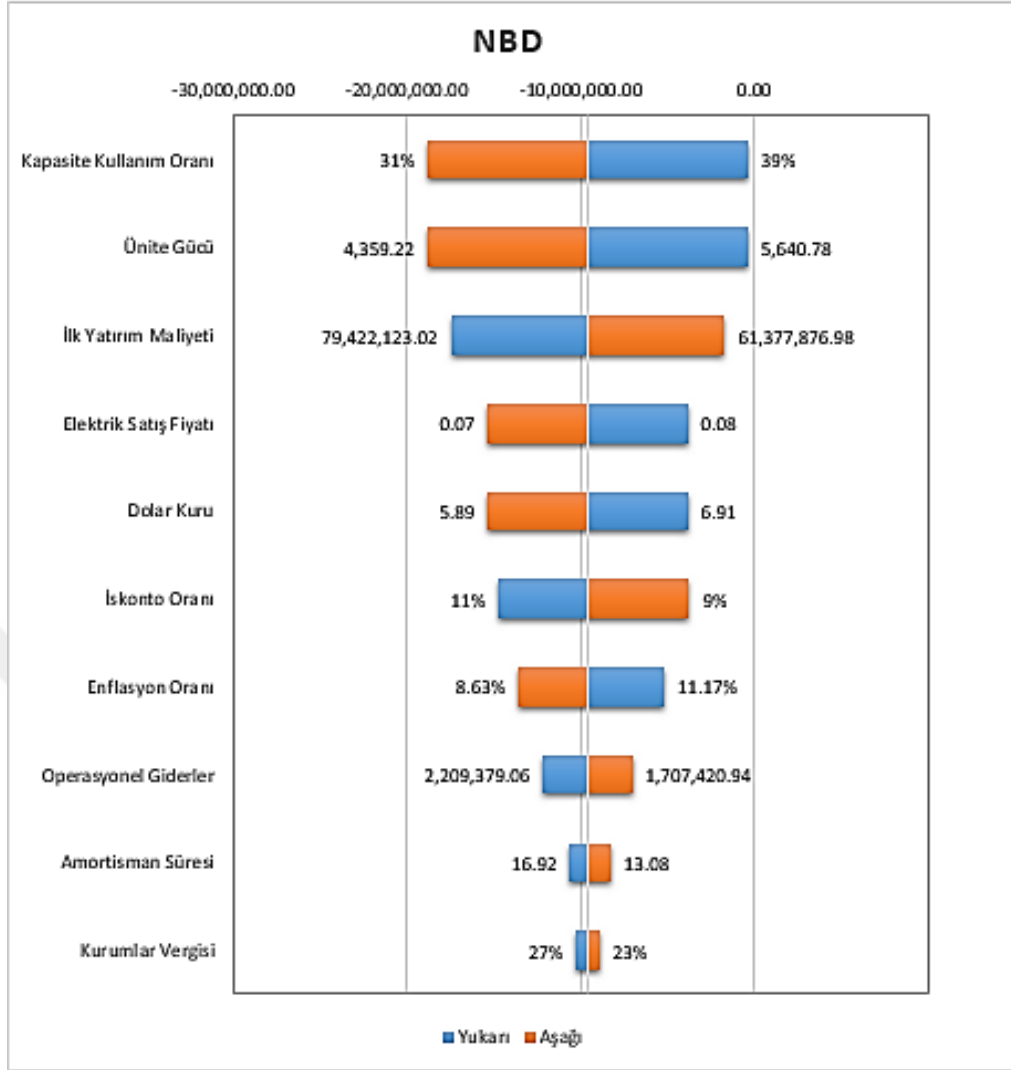
Şekil 4.3. NBD'nin 0'dan büyük olma olasılığı

Şekil 4.3'te 10.000 denemelik simülasyon döngüsünde projenin %25.01 olasılıkla pozitif sonuçlu değer alabileceği de gösterilmektedir. Crystal Ball bu histogram ile yatırımcının ihtimaller üzerine görmek istediği sonuçları yatırımcıya sunmaktadır. Örneğin yatırımcı %50 olasılıkla projenin yaklaşık değerini öngörmek istediğinde şekilde görüldüğü üzere belirli bir fiyat tahmini yaklaşımı sunulmaktadır.

Yüzde Birlik	Tahmin değerleri
%0	-55.148.854,29
%10	-27.237.068,35
%20	-21.725.308,55
%30	-17.477.333,81
%40	-13.680.402,04
%50	-10.199.727,35
%60	-6.345.299,02
%70	-2.265.839,75
%80	2.696.449,28
%90	9.559.205,95
%100	63.168.356,85

Şekil 4.4. NBD'nin yüzdelerle değerleri

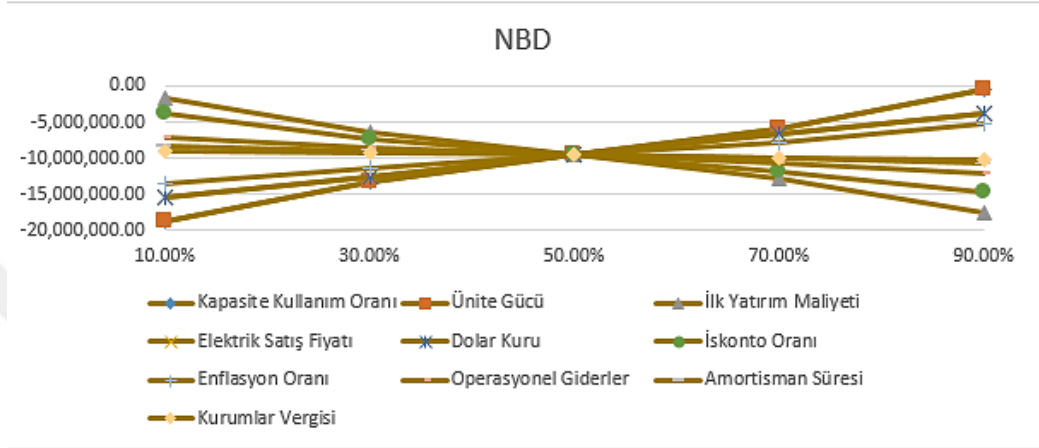
Şekil 4.4'e bakıldığında NBD'nin en kötü yani %0 ihtimalle -55.148.854,29 TL, en iyi ihtimalle yani %100 oranla 63.168.356,85 TL olabileceği ya da %30,%40,%70 gibi oranlarda hangi değerleri alabileceği gösterilmektedir. Yatırımcı için karar verme sürecinde bu yüzdelerle değerler, yol göstermek için oldukça etkilidir. Şekil 4.5'te NBD'ye etki eden bir başka duyarlılık analizi olan tornado grafiği gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Tornado grafiği (1)

Tornado grafiği NBD'nin parametrelere olan duyarlılığını ortaya koymaktadır. Diyagramın en üstündeki parametre, NBD üzerinde en çok etkiye sahip olan parametre olmaktadır. Kapasite kullanım oranının en üst sırada ve NBD'yi en çok etkileyen parametre olmasının dışında, normal değeri %35 olarak belirlenmiş ve minimum %31 maksimum ise %39 kullanım oranına ulaşabileceği bilgisini de vermektedir. Maksimum değer sağ tarafta kaldığı için, NBD üzerindeki etkisinin pozitif yönde olduğu sonucu da çıkartılmaktadır. Grafiğin tam orta noktası ise projenin temel NBD değerini ifade etmektedir. Duyarlılık analizi ile benzer sonuçlar veren tornado grafiğinde yukarı ve aşağı yönlü etkiler de görülebilmektedir. Duyarlılık analizinde her bir parametrenin örneğin NBD üzerindeki diğer parametrelere göre etki oranını gösterirken, tornado grafiği parametrelerin tek başına alabilecekleri minimum ve maksimum değer aralıklarını göstermektedir. Ortak yanları ise, her iki analizde de sıralama, tahmini değişken üzerinde en çok etki eden parametreden en aza doğru olanı gösteriyor olmasıdır. Grafiğin yüzdelik

değerlerle bir başka gösterimi ise Şekil 4.6'da gösterilmektedir. Şekilde parametrelerin minimum ve maksimum alabileceği değerlerin yüzde kaç ihtimalle gerçekleşebileceği görülebilmektedir. Burada %50 ihtimale denk gelen ortak nokta da girdi parametrelerinin bu orandaki simülasyon sonucunda NBD'nin aldığı değeri gösterirken, okların alt ve üst uçları gösterdikleri yüzdelik değerlere göre de NBD'nin alacağı yeni proje değerini ifade etmektedir.

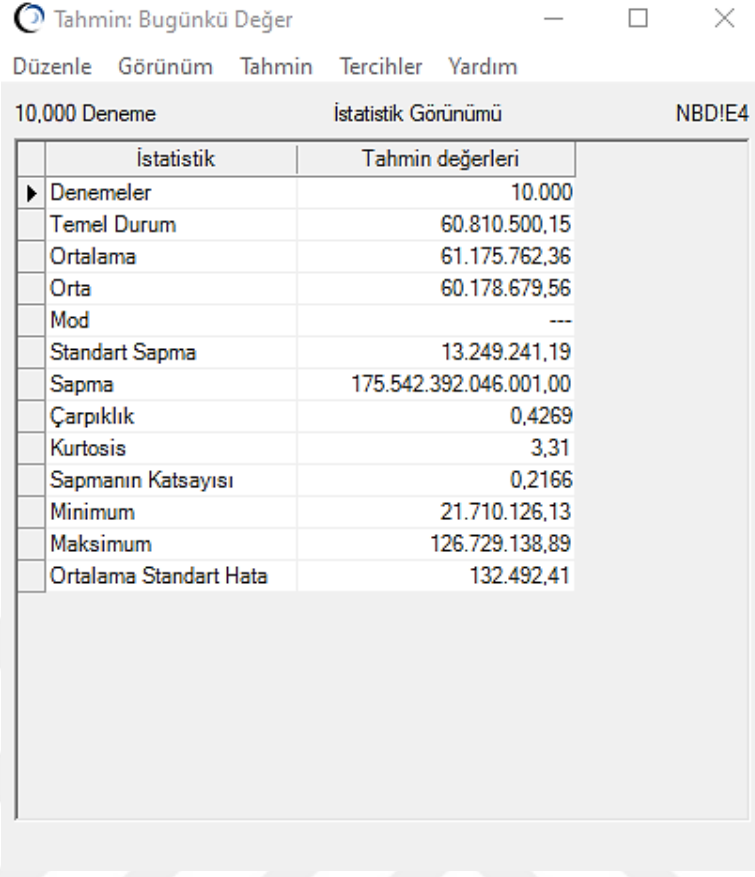


Şekil 4.6. Tornado grafiği (2)

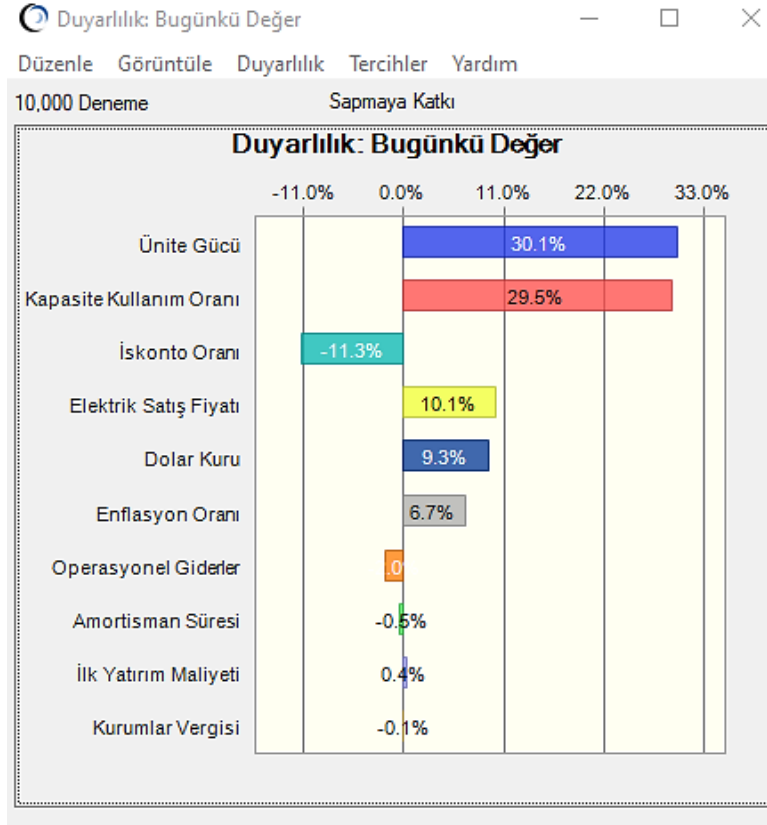
MCS ile bulunan NBD, aşağıdaki bölümlerde Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemlerinde GNBD'i hesaplarken de kullanılacaktır.

4.1.3.2. RES-1 Projesine ait Bugünkü Değer için Crystal Ball ile MCS

Crystal Ball ile Bugünkü Değer hesaplaması yapılırken, NBD'de kullanılan girdi parametreleri ve olasılık dağılımları aynı olacak şekilde kullanılmış olup farklı olarak çıktı parametresi tanımlanmıştır. NBD hesabından bir önceki adım olan Bugünkü Değerde tek farklı olan işlem adımı, en son adımdaki ilk yatırım maliyetinin kullanılmayacak olmasıdır. MS Excel de formülize edilen Bugünkü Değer, 15 yıl için bulunan değerlerin toplamı şeklindedir. Şekil 4.7'de istatistik değerler tablosunda ortalama değer, Şekil 4.8'de de Bugünkü Değer'e en çok etki eden girdi parametreleri duyarlılık analizi ile gösterilmektedir.

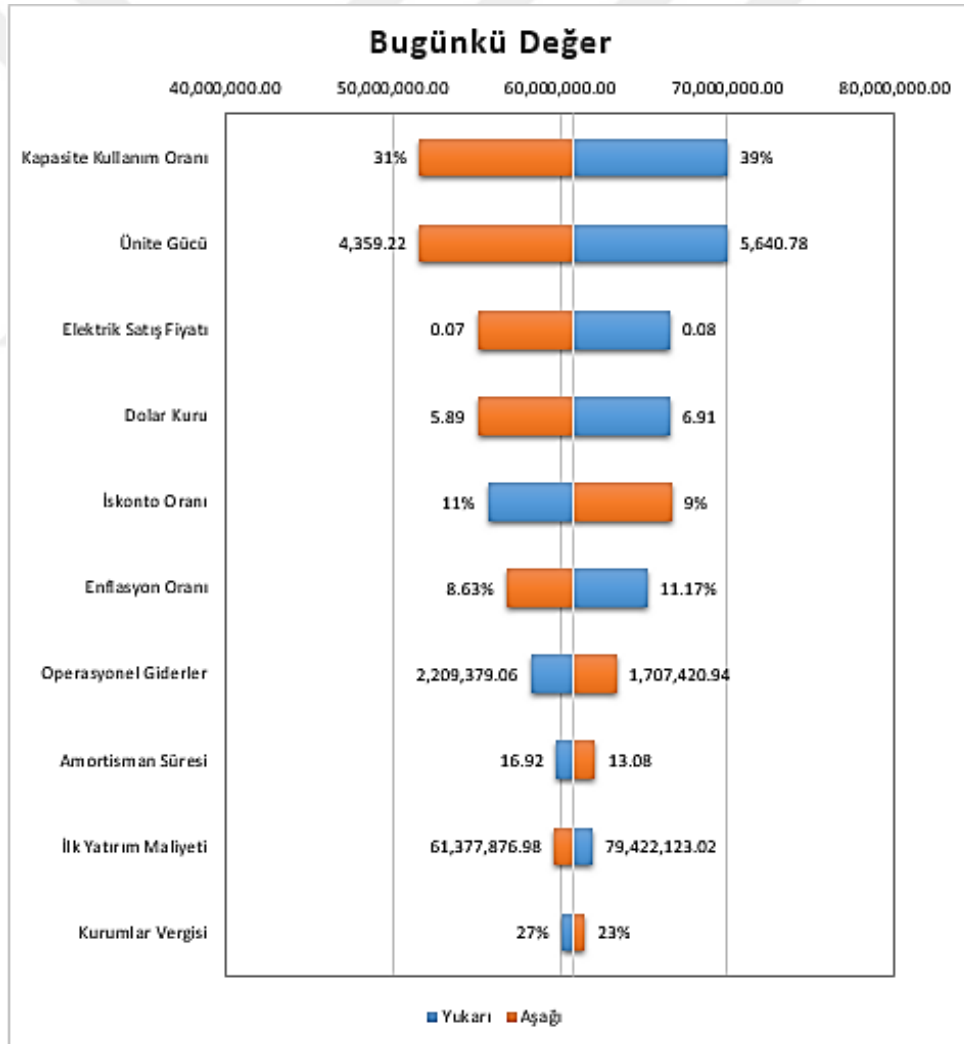


Şekil 4.7. Bugünkü Değer için istatistik değerler



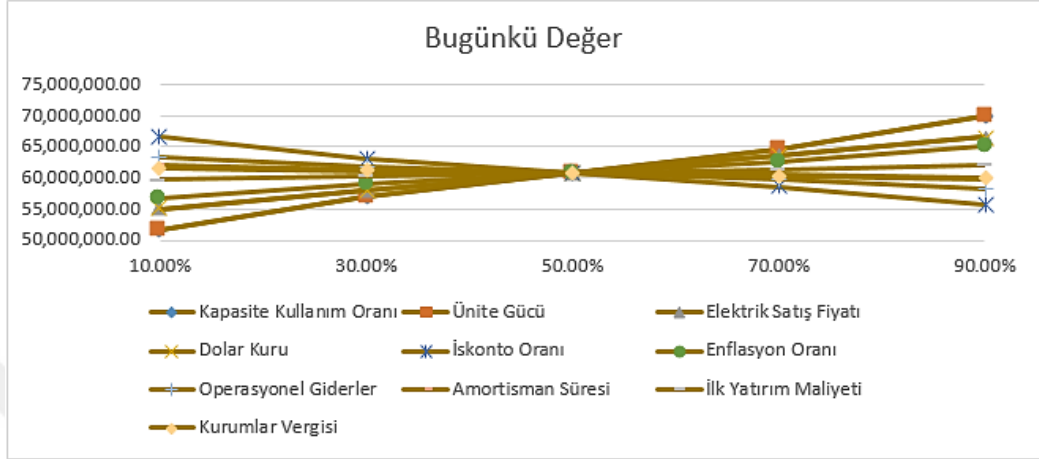
Şekil 4.8. Bugünkü Değer için duyarlılık analizi

Şekil 4.8'e bakıldığında Bugünkü Değere en çok ve olumlu yönde etki eden iki parametre ünite gücü ve kapasite kullanım oranı olmuştur. İskonto oranı burada da negatif yönlü bir etki sağlarken sırasıyla elektrik fiyatı, dolar kuru ve enflasyon oranının hesaplamaya olumlu bir etki yarattığı görülmektedir. Alt sıralarda ise operasyonel gider, amortisman süresi, ilk yatırım maliyeti ve kurumlar vergisi az etki oranlı ama negatif yönlü olarak, Bugünkü Değeri etkileyen parametreler olmuşlardır. Girdi parametreleri ve olasılık dağılımları her ne kadar NBD ile aynı da olsa, Bugünkü Değer için ilk yatırım maliyetinin sadece amortisman süresi parametresinin hesabında kullanılmasından kaynaklı aşağıdaki şekilde etki oranı düşük seviyede çıkmıştır. Şekil 4.9'da tornado grafiği ile bir başka açıdan Bugünkü Değerin parametreler üzerindeki etkisi gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Tornado grafiği (3)

NBD için gösterilen tornado grafiği ile ilk yatırım maliyeti dışında farklı bir oran olmaması girdi parametrelerinin ve olasılık dağılımlarının benzer kullanıldığına dair görülen bir başka sonuçtur. Bu grafiğe ek olarak, Şekil 4.10'da aynı etki oranlarının yüzdelik aralıklarla gösterilmiş hali verilmektedir.



Şekil 4.10. Tornado grafiği (4)

MCS sonrasında elde edilen Bugünkü Değer, aşağıdaki kısımlarda Black-Scholes ve Binomial yöntemlerde Varlığın Şimdiki Değeri (S) olarak kullanılacaktır.

4.1.3.3. RES-1 Projesine ait Volatilite için Crystal Ball ile MCS

15 yıl enflasyon oranınca artan elektrik fiyatının standart sapmasının hesaplanması sonucu elde edilen volatilite değeri için 10.000 deneme sayılı simülasyon başlatılmıştır. Simülasyon öncesi volatilite değeri 0.4077 iken simülasyon sonrası değer 0.4117 olarak hesaplanmıştır. Aralarında fazla bir farkın olmayışı hesaplamalarda her iki yöntemde kullanılabilir olacağını göstermektedir. Şekil 4.11'de volatilite için istatistik değerler verilmektedir.

Tahmin: Volatilite

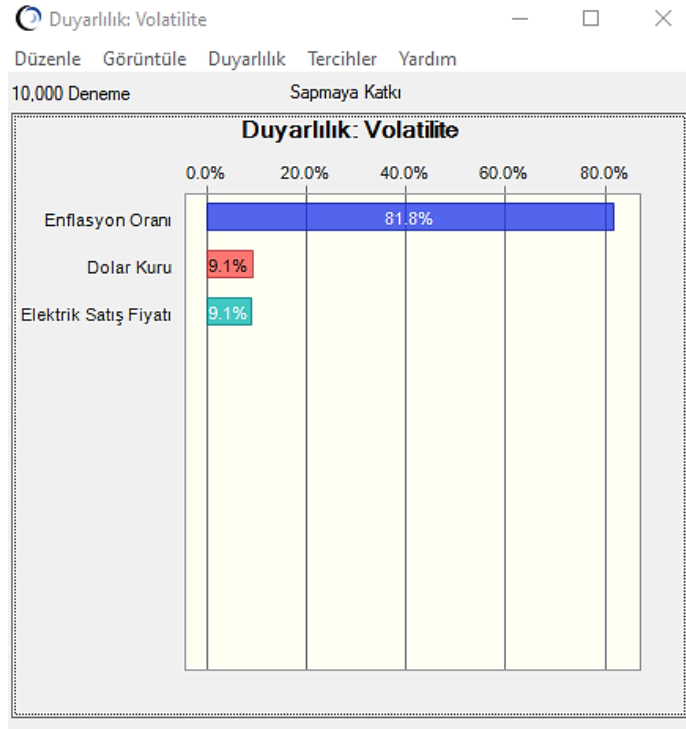
Düzenle Görünüm Tahmin Tercihler Yardım

10,000 Deneme İstatistik Görünümü "Volatilite_elektrik_fiyati_ort"!E4

İstatistik	Tahmin değerleri
► Denemeler	10.000
Temel Durum	0,4076
Ortalama	0,4117
Orta	0,4065
Mod	---
Standart Sapma	0,0779
Sapma	0,0061
Çarpıklık	0,4043
Kurtosis	3,21
Sapmanın Katsayısı	0,1892
Minimum	0,1831
Maksimum	0,7603
Ortalama Standart Hata	0,0008

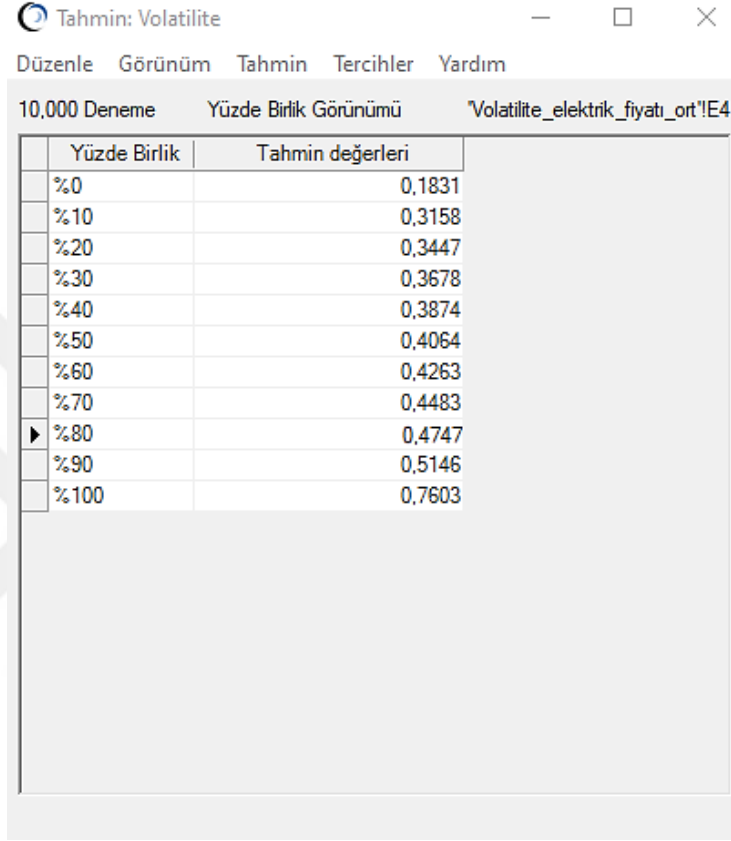
Şekil 4.11. Volatilite için istatistik değerler

Volatilite için girdi parametrelerinin etki oranları Şekil 4.12'deki duyarlılık analizinde, volatilitenin yüzdeler oranlarda alabileceği değerler ise Şekil 4.13'te gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Volatilite için duyarlılık analizi

Şekil 4.12'deki duyarlılık analizi sonuçlarına bakıldığında, simülasyonda volatiliteye en çok etki eden parametrenin birim fiyata etki eden enflasyon oranı olduğu görülmektedir. Enflasyon oranının artmasıyla volatilitenin değeri de pozitif yönde, doğru orantılı olarak artmaktadır. Dolar kuru ve elektrik fiyatı da etki oranı az olsa da volatilitenin değerini pozitif yönde etkilediği görülmektedir.

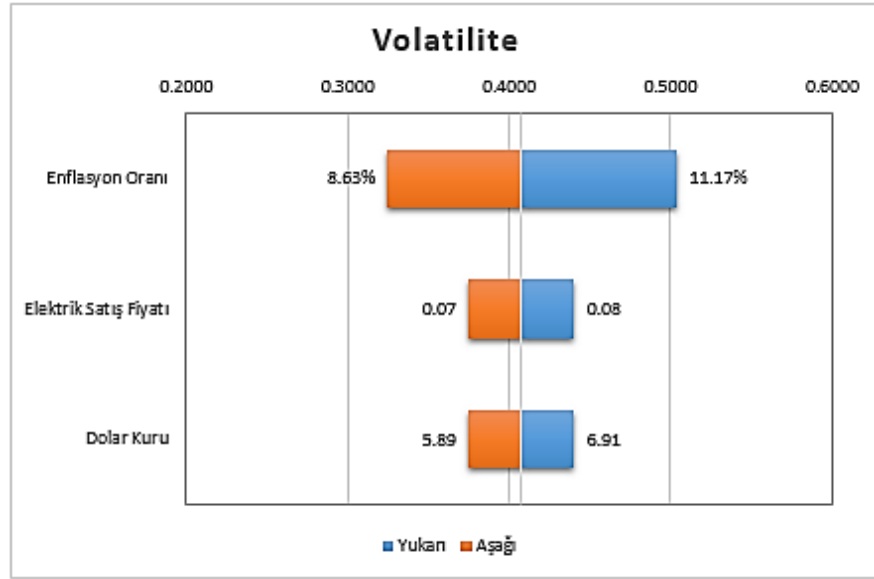


Yüzde Birlik	Tahmin değerleri
%0	0,1831
%10	0,3158
%20	0,3447
%30	0,3678
%40	0,3874
%50	0,4064
%60	0,4263
%70	0,4483
► %80	0,4747
%90	0,5146
%100	0,7603

Şekil 4.13. Volatilitenin yüzdeleri

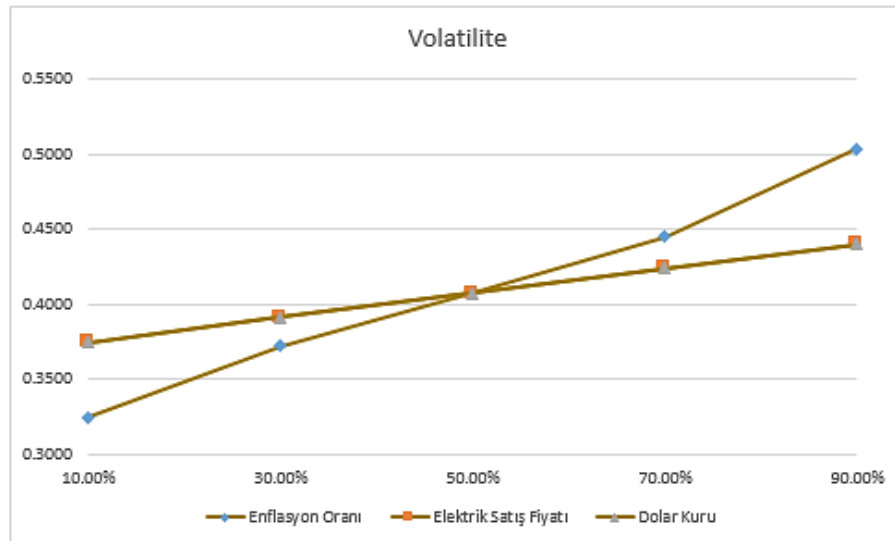
Şekil 4.12'deki duyarlılık analizi sonuçlarına bakıldığında, simülasyonda volatiliteye en çok etki eden parametrenin birim fiyata etki eden enflasyon oranı olduğu görülmektedir. Enflasyon oranının artmasıyla volatilitenin değeri de pozitif yönde, doğru orantılı olarak artmaktadır. Dolar kuru ve elektrik fiyatı da etki oranı az olsa da volatilitenin değerini pozitif yönde etkilediği görülmektedir.

Şekil 4.13'teki verilere göre simülasyon sonrasında volatilitenin en düşük %0 ihtimalle minimum 0.1831, en yüksek %100 ihtimalle de maksimum 0.7603 değerini alabileceği görülmektedir. Şekil 4.14'te volatilitenin girdi parametreleri üzerindeki etkileri, duyarlılık analizi dışında tornado grafiği ile gösterilmektedir.



Şekil 4.14. Tornado grafiği (5)

Duyarlılık analiziyle etki oranı olarak sırasıyla aynı sonucu veren tornado grafiğinde aşağı ve yukarı yönlü alabileceği değer aralıkları da görülmektedir. Enflasyon oranı girdi parametresi olarak %9.9 tanımlanırken simülasyonda minimum %8.63 maksimum ise %11.17 değer alabileceği ve parametrenin volatilitayı en çok etkileyen değer olması dışında, pozitif yönlü bir etki de sağladığı görülmektedir. Tornado grafiğinin yüzdelik değerlerle gösterildiği diğer bir grafik Şekil 4.15'te gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Tornado grafiği (6)

Simülasyon sonrası elde edilen volatilita değeri, aşağıdaki kısımlarda Black-Scholes ve Binomial yöntemlerde yeni volatilita değeri olarak kullanılacaktır.

Geleneksel yöntemlerle hesaplanan ve simülasyon sonrası elde edilen NBD, Bugünkü Değer ve volatilité değerlerinin karşılaştırması Tablo 4.29’da gösterilmektedir.

Tablo 4.29. Simülasyon sonrası karşılaştırma

	Simülasyon Öncesi Değer	Simülasyon Sonrası Değer
NBD	-9.589.499,85	-9.329.440,15
Bugünkü Değer	60.810.500,15	61.175.762,36
Volatilité	0.4077	0.4117

Bir sonraki bölümde MCS ile elde edilen NBD, Bugünkü Değer ve volatilité değeri kullanılarak Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleri ile projeye bugün başlanması durumundaki opsiyon ve proje değeri yeniden hesaplanarak, simülasyon öncesi elde edilen opsiyon ve GNBD ile karşılaştırılmıştır.

- **RES-1 projesinin 15 yıl vadeli ve bugün başlanması durumundaki opsiyon değeri (Simülasyon sonrası-Crystal Ball);**

Tablo 4.30’da hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.30. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri (simülasyon sonrası-Crystal Ball)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	61.175.762,36
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	70.400.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilité	σ	0.4117
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5093815539
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6625230031
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5527903841
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4472096159

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, 15 yıl vadeli bir RES-1 projesine bugün başlanması durumunda ve Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(61.175.762,36 / 70.400.000,00) + (0.1228 + (0.4117)^2 / 2)15}{0.4117\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.8644 \quad (4.77)$$

$$d_2 = 1.8644 - 0.4117\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.2699$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.96891$ ve $N(d_2) = 0.6064$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (61.175.762,36 * 0.96891) - (70.400.000 * e^{(-0.1228*15)} * 0.6064)$$

$$C_0 = 52.507.349,51 \quad (4.78)$$

$$GNBD = -9.329.440,15 + 52.507.349,51$$

$$GNBD = 43.177.909,36$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 20'de gösterilmektedir. Ek 20 tablosundaki değerler, Tablo 4.30'da verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4117\sqrt{1}} = 1.5093815539$$

$$d = e^{-0.4177\sqrt{1}} = 0.6625230031$$

$$r = e^{0.1228} = 1.130658267 \quad (4.79)$$

$$p = \frac{(1.130658267 - 0.6625230031)}{(1.509381554 - 0.6625230031)} = 0.5527903841$$

$$(1 - p) = 0.4472096159$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 52.475.446,06$$

$$GNBD = -9.239.440,15 + 52.475.446,06 \quad (4.80)$$

$$GNBD = 43.236.005,91$$

Her iki değerlendirme yöntemiyle de hem opsiyon hem de proje değeri pozitif olmakla birlikte simülasyon öncesi parametre değerleriyle yapılan hesaplamalar göre

de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Simülasyon öncesi ve sonrasındaki opsiyon ve proje değerleri Tablo 4.31’de gösterilmektedir.

Tablo 4.31. Projeye bugün başlanması durumunda simülasyon öncesi ve sonrası sonuçların karşılaştırılması

T=15	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
Simülasyon Öncesi	52.085.382,91	42.495.883,06	52.053.150,05	42.463.650,20
Simülasyon Sonrası	52.507.349,51	43.177.909,36	52.475.446,06	43.236.005,91

Simülasyon sonrası yeni değerlerle hesaplanan opsiyon ve GNBD, simülasyon öncesi elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, iki yöntem arasında yaklaşık %0.01’lik bir fark olduğu görülmüştür. Crystal Ball yazılımının yatırım değerlemede, geleneksel ve analitik hesaplamalar yerine kullanılabilirliği de elde edilen bir başka sonuçtur.

Crystal Ball yazılımı kullanılarak yapılan bu hesaplamalar sonrası, aynı hesaplamalar Matlab yazılımı kullanılarak da yapılmış, sonuçlar geleneksel ve analitik yöntemle ve Crystal Ball ile elde edilen simülasyon öncesi ve sonrası sonuçlarla da karşılaştırılmıştır. Devamında ise Matlab ile elde edilen NBD, Bugünkü Değer ve volatilité parametresi ile Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntem kullanılarak yeniden opsiyon ve GNBD elde edilmiştir.

4.1.3.4. RES-1 projesine ait NBD, Bugünkü Değer ve Volatilité için Matlab yazılımı ile MCS

Çalışmanın “Materyal ve Yöntem” bölümünde girdi ve çıktı parametrelerine ait tanımlanan olasılık dağılımları ve alt-üst sınır değerleri sonrasında simülasyonu başlatmak üzere hazırlanan yazılım gösterilmiştir. 1000 deneme sayısı ile Matlab’ta başlatılan simülasyon sonrası NBD, Bugünkü Değer ve volatilité için yeni değerler elde edilmiştir. Elde edilen sonuç değerler, Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemlerinde de kullanılarak, simülasyon sonrası yeni bir analiz daha yapılmıştır. Matlab yazılımı ile NBD=-9.222.600,00TL, Bugünkü Değer=61.193.000,00TL ve volatilité=0.4098 olarak simülasyon sonrası değerler elde edilmiştir.

Crystal Ball ve Matlab yazılımının verdiği sonuçların hem birbirleriyle hem de geleneksel yöntemle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması Tablo 4.32’de gösterilmektedir.

Tablo 4.32. Geleneksel yöntem, Crystal Ball ve Matlab karşılaştırması

Çıktı parametreleri	Geleneksel yöntem ile elde edilen sonuçlar	Crystal Ball yazılımı ile elde edilen sonuçlar	Matlab yazılımı ile elde edilen sonuçlar
NBD	-9.589.499,85	-9.329.440,15	-9.222.600,00
Bugünkü Değer	60.810.500,15	61.175.762,36	61.193.000,00
Volatilite	0.4077	0.4117	0.4098

Aşağıdaki bölümde MCS ile Matlab'ta elde edilen NBD, Bugünkü Değer ve volatilite değeri kullanılarak Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleri ile projeye bugün başlanması durumundaki opsiyon ve proje değeri yeniden hesaplanarak, simülasyon öncesi elde edilen opsiyon ve GNBD ile karşılaştırılmıştır.

- **RES-1 projesinin 15 yıl vadeli ve bugün başlanması durumundaki opsiyon değeri (Simülasyon sonrası-Matlab);**

Tablo 4.33'te hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.33. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri (simülasyon sonrası-Matlab)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	61.193.000,00
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	70.400.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4098
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5065164517
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6637829935
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5540011123
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4459988877

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, 15 yıl vadeli bir RES projesine bugün başlanması durumunda ve Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(61.193.000,00 / 70.400.000,00) + (0.1228 + (0.4098)^2 / 2)15}{0.4098\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.8658 \quad (4.81)$$

$$d_2 = 1.8658 - 0.4098\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.2787$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9690$ ve $N(d_2) = 0.6098$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (61.193.000 * 0.9690) - (70.400.000 * e^{(-0.1228*15)} * 0.6098)$$

$$C_0 = 52.491.620,01 \quad (4.82)$$

$$GNBD = -9.222.600,00 + 52.491.620,01$$

$$GNBD = 43.269.020,01$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 21' de gösterilmektedir. Ek 21 tablosundaki değerler, Tablo 4.33'te verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4098\sqrt{1}} = 1.5065164517$$

$$d = e^{-0.4098\sqrt{1}} = 0.6637829935$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.83)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6637829935)}{(1.5065164517 - 0.6637829935)} = 0.5540011123$$

$$(1 - p) = 0.4459988877$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 52.461.713,61$$

$$GNBD = -9.222.600,00 + 52.461.713,61 \quad (4.84)$$

$$GNBD = 43.239.113,61$$

Tablo 4.34'te simülasyon öncesi ve sonrasındaki opsiyon ve proje değerlerinin Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması gösterilmektedir.

Tablo 4.34. Projeye bugün başlanması durumunda simülasyon öncesi ve sonrası (Crystal Ball-Matlab) karşılaştırılması

T=15	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
Simülasyon Öncesi	52.085.382,91	42.495.883,06	52.053.150,05	42.463.650,20
Simülasyon Sonrası (Crystal Ball)	52.507.349,51	43.177.909,36	52.475.446,06	43.236.005,91
Simülasyon Sonrası (Matlab)	52.491.620,01	43.269.020,01	52.461.713,61	43.239.113,61

Projeye bugün başlanması durumunda hem simülasyon öncesi hem de simülasyon sonrası Crystal Ball ve Matlab yazılımının sonuçları karşılaştırıldığında opsiyon ve proje değerlerinin farklılık göstermediği ve bu alanda yapılan çalışmalarda MCS'nin kullanımının, analitik yöntemler haricinde de uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Tablo 4.35'te RES-1 projesi için Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemiyle yapılan uygulamaların tamamının sonuçları gösterilmektedir. Tablodaki değerler "Sonuç" bölümünde önerilerle birlikte detaylı bir şekilde analiz edilecektir.

Tablo 4.35. RES-1 projesi için opsiyonların ve GNBD'lerin karşılaştırılması

		Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
1	T=15	52.085.382,91	42.495.883,06	52.053.150,05	42.463.650,20
2	Volatilite=0.1783	49.688.141,49	40.098.641,64	49.726.689,43	40.137.189,58
3	T=20	56.059.650,73	46.470.150,88	55.963.754,11	46.374.254,26
4	Genişleme	67.895.931,39	58.306.431,54	67.874.607,32	58.285.107,47
5	Terk etme	850.036,95	-8.739.462,90	-5.473.453,60	-15.062.953,45
	Erteleme 1 yıl (getiri kıtlığı=1/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	15.390.260,03	5.800.760,18	41.626.778,09	32.037.278,24
6	Erteleme 3 yıl (getiri kıtlığı=3/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	682.713,07	-8.906.786,78	12.956.273,07	3.366.773,22
	Erteleme 5 yıl (getiri kıtlığı=5/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	7.515,37	-9.581.984,48	696.737,61	-8.892.762,24
7	Erteleme 1 yıl (getiri kıtlığı=1/15,	17.222.751,54	7.663.251,69	46.749.183,57	37.159.683,72

	maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)				
	Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlılığı=3/15, maliyetin %30 azaldığı durumda)	1.571.645,75	-8.017.854,10	30.093.787,84	20.504.287,99
	Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	54.265.889,17	44.676.389,32	54.313.784,87	44.724.285,02
8	Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	57.292.308,76	47.702.808,91	57.461.050,41	47.871.550,56
	Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	51.315.677,15	41.726.177,30	51.127.796,86	41.538.297,01
9	Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	49.457.980,24	39.868.480,39	49.187.803,44	39.598.303,59
	Erteleme 1 yıl (her yıl %30 oranında varlığın şimdiki değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda)	72.242.155,85	62.652.656,00	72.302.593,97	62.713.094,12
10	Erteleme 3 yıl (her yıl %30 oranında varlığın şimdiki değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda)	129.888.582,21	120.299.082,40	130.369.153,68	120.779.653,80
	Erteleme 1 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	44.099.175,46	34.509.675,61	43.810.316,85	34.220.817,00
11	Erteleme 3 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	30.951.706,80	21.362.206,95	30.779.459,77	21.189.959,92
	T=15 Simülasyon Sonrası (Crystal Ball)	52.507.349,51	43.177.909,36	52.475.446,06	43.236.005,91
12	T=15 Simülasyon Sonrası (Matlab)	52.491.620,01	43.269.020,01	52.461.713,61	43.239.113,61

4.2.1. RES-2 Projesine ait NBD için Uygulama ve Bulgular

Sinop ilinde 5 MW elektrik üretim kapasiteli ve %35 rüzgâr kapasite faktörüne sahip RES-2 projesi için “Materyal ve Yöntem” bölümündeki Tablo 3.12’de yatırıma ait proje parametreleri, bu proje parametrelerine göre İNA yöntemi ile hesaplanan net faaliyet kârları da Tablo 4.36’da gösterilmektedir. İNA akışlarından sonra %10 iskonto oranı kullanılarak nakit akışların bugünkü değerleri elde edilmiştir. Tablo 4.37’de NBD yöntemine göre hesaplanan proje değeri gösterilmektedir.



Tablo 4.36. İndirgenmiş Nakit Akışları (İNA) analizi (RES-2)

	1.Yıl	2.Yıl	3.yıl	4.yıl	5.yıl	6.yıl	7.yıl	8.yıl	9.yıl	10.yıl	11.yıl	12.yıl	13.yıl	14.yıl	15.yıl
Üretim Miktarı(kWh)	12.700.000	12.700.000	12.700.000	12.700.000	12.700.000	12.700.000	12.700.000	12.700.000	12.700.000	12.700.000	12.700.000	15.120.000	12.700.000	12.700.000	12.700.000
Birim Elektrik Fiyatı/TL	0.4672	0.5135	0.5643	0.6201	0.6815	0.7490	0.8232	0.9047	0.9942	1.0927	1.2008	1.3197	1.4504	1.5939	1.7517
Gelir/TL	5.933.440	6.520.850,56	7.166.414,77	7.875.889,83	8.655.602,92	9.512.507,61	10.454.245,86	11.489.216,20	12.626.648,60	13.876.686,81	15.250.478,80	16.760.276,20	18.419.543,54	20.243.078,35	22.247.143,11
Giderler/TL	1.165.190,40	1.280.544,25	1.407.318,13	1.546.642,63	1.699.760,25	1.868.036,51	2.052.972,12	2.256.216,36	2.479.581,78	2.725.060,38	2.994.841,36	3.291.330,65	3.617.172,39	3.975.272,46	4.368.824,43
Fvök/TL	4.768.249,60	5.240.306,31	5.759.096,64	6.329.247,20	6.955.842,67	7.644.471,10	8.401.273,74	9.232.999,84	10.147.066,82	11.151.626,43	12.255.637,44	13.468.945,55	14.802.371,15	16.267.805,89	17.878.318,68
Amortisman (-)/TL	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32	2.488.952,32
Fvök/TL	2.279.298,28	2.751.353,99	3.270.144,32	3.840.294,88	4.466.890,35	5.155.518,78	5.912.321,42	6.744.047,52	7.658.114,50	8.662.674,11	9.766.685,12	10.979.993,23	12.313.418,83	13.778.853,57	15.389.366,36
Vergi %25/TL	569.824,32	687.838,50	817.536,08	960.073,72	1.116.722,59	1.288.879,70	1.478.080,36	1.686.011,88	1.914.528,63	2.165.668,53	2.441.671,28	2.744.998,31	3.078.354,71	3.444.713,39	3.847.341,59
Net Faaliyet Kârı/TL	1.709.472,96	2.063.515,49	2.452.608,24	2.880.221,16	3.350.167,76	3.866.639,09	4.434.241,07	5.058.035,64	5.743.585,88	6.497.005,58	7.325.013,84	8.234.994,92	9.235.064,12	10.334.140,18	11.542.024,77

Tablo 4.37. Net Bugünkü Değer (NBD) tablosu (RES-2)

	Başlangıç	1.Yıl	2.Yıl	3.yıl	4.yıl	5.yıl	6.yıl	7.yıl	8.yıl	9.yıl	10.yıl	11.yıl	12.yıl	13.yıl	14.yıl	15.yıl	
Net Kâr+ Amortisman		4.198.425,28	4.552.467,81	4.941.560,56	5.369.173,48	5.839.120,08	6.355.591,41	6.923.193,39	7.546.987,96	8.232.538,20	8.985.957,90	9.813.966,16	10.723.947,24	11.724.016,44	12.823.092,50	14.030.977,09	
Yatırım Tutarı	- 37.334.284,80																
Net Nakit Akım İndirgeme Oranı	- 37.334.284,80	4.198.425,28	4.552.467,81	4.941.560,56	5.369.173,48	5.839.120,08	6.355.591,41	6.923.193,39	7.546.987,96	8.232.538,20	8.985.957,90	9.813.966,16	10.723.947,24	11.724.016,44	12.823.092,50	14.030.977,09	
								%10.00									
Bugünkü Değer	- 37.334.284,80	3.816.750,25	3.762.370,09	3.712.667,59	3.667.217,73	3.625.634,17	3.587.565,66	3.552.692,89	3.520.725,58	3.491.399,84	3.464.475,77	3.439.735,27	3.416.980,08	3.396.029,96	3.376.721,04	3.358.904,37	
Net Bugünkü Değer							(53.189.870,29-37.334.284,80) =15.855.585,49 TL										

Tablo 4.37'deki NBD sonucuna bakıldığında RES-2'nin proje değeri 15.855.585,49 TL ile pozitif bir değer almıştır. Proje onayı için olumlu olan bu sonuç değer, reel opsiyonlar değerlendirme yöntemlerinden Black-Scholes, Binomial yöntem ve MCS ile de karşılaştırılarak, opsiyon değeri ile birlikte proje değerinin daha da artacağını göstermek için çalışmalar yürütülmüştür. NBD tablosundaki Bugünkü Değerlerin 15 yıl için toplamı reel opsiyon değerlendirme yöntemlerinde Varlığın Şimdiki Değerini oluşturmuş olup, opsiyon değerine NBD eklenerek de GNBD elde edilmiştir.

4.2.2. RES-2 Projesi için Reel Opsiyon Yöntemleri ile Uygulama ve Bulgular

RES-2 projesine ait Tablo 3.13'te gösterilen proje parametrelerine göre Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleri ile uygulamalar projeye bugün başlanması, vade uzaması, genişleme, terk etme ve erteleme opsiyonları ile aşağıdaki bölümlerde devam etmektedir. Elde edilen sonuçlar da, proje değeri pozitif çıkan bir yatırım için, opsiyon değeriyle birlikte GNBD'nin daha da fazla olabileceği gösterilmiştir. Çalışmadan çıkartılmak istenen bir başka sonuç ise, her iki yöntem içinde sonuçlar arasındaki farkın ne kadar ve esneklik türlerinden hangilerinin proje için bugün başlanılmasına göre daha uygun olduğudur.

- **RES-2 yatırım projesinin 15 yıl vadeli ve bugün başlanması durumundaki opsiyon değeri;**

Tablo 4.38'de hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.38. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	37.334.284,80
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867

2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, 15 yıl vadeli bir RES projesine bugün başlanması durumunda ve Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 37.334.284,80) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.1802 \quad (4.85)$$

$$d_2 = 2.1802 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.6012$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, Ek 1’de gösterilen kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9854$ ve $N(d_2) = 0.7261$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,29 * 0.9854) - (37.334.284,80 * e^{(-0.1228*15)} * 0.7261)$$

$$C_0 = 48.116.610,00 \quad (4.86)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 48.116.610,00$$

$$GNBD = 63.972.195,49$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 22’de gösterilmektedir. Ek 22 tablosundaki değerler, Tablo 4.38’de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.87)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 48.124.921,83$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 48.124.921,83 \quad (4.88)$$

$$GNBD = 63.980.507,32$$

Her iki yöntem için de sonuçlara bakıldığında opsiyon değerlerinin birbirlerine çok yakın sonuç verdikleri görülmektedir. NBD ile elde edilen proje değeri 15.855.585,49TL iken belirsizlik ve risk faktörleri hesaplamalara dâhil edildiğinde yeni proje değeri olan GNBD, Black-Scholes değerlendirme yöntemi için 63.972.195,49TL olurken, Binomial değerlendirme yöntemi için de 63.980.507,32TL olmuştur. Bu şartlar altında geleneksel yöntemlere göre, reel opsiyon değerlendirme yöntemlerinin daha olumlu sonuçlar vermesi, yatırımcının da RES-2'ye yatırım yapma konusunda daha kararlı olabileceği sonucunu vermektedir. Geleneksel değerlendirme yöntemlerinin proje değerini düşük değerli hesaplama kısıtlaması da opsiyonun yatırıma kattığı ekstra değerle birlikte daha net gözükmemektedir.

- **RES-2 yatırım projesinin vadenin uzaması durumundaki opsiyon değeri;**

RES-2 yatırımında ekonomik ömür olarak T=15 yıl olan süreyi T=20 yıl olarak değiştirdiğimiz de elde edilecek sonuçlar her iki yöntem için de aşağıda verilmiştir. Yatırımın ekonomik ömür süresinin artmasıyla birlikte, opsiyon ve proje değerinde de artan bir değişim olacağı hem literatürde hem de RES-1 projesindeki uygulamadan bilinmektedir. Uygulama öncesi Tablo 4.39'da hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.39. Vadenin uzaması durumundaki proje parametreleri (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	37.334.284,80
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	20 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024

3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, vadenin 15 yıldan 20 yıla çıkması durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 37.334.284,80) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)20}{0.4077\sqrt{20}}$$

$$d_1 = 2.4528 \quad (4.89)$$

$$d_2 = 2.4528 - 0.4077\sqrt{20}$$

$$d_2 = 0.6295$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9930$ ve $N(d_2) = 0.9930$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,29 * 0.9930) - (37.334.284,80 * e^{(-0.1228*20)} * 0.7355)$$

$$C_0 = 50.462.148,82 \quad (4.90)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 50.462.148,82$$

$$GNBD = 66.317.734,31$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 23'de gösterilmektedir. Ek 23 tablosundaki değerler, Tablo 4.39'da verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.91)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 57.990.414,12$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 57.990.414,12 \quad (4.92)$$

$$GNBD = 73.845.999,61$$

Elde edilen sonuçlar her iki yöntem içinde vadenin uzamasının, opsiyon ve proje değerini arttırdığı görülmektedir.

- **RES-2 yatırım projesine 1 adet rüzgâr türbini eklenmesi durumundaki genişleme opsiyonunun değeri;**

Bu çalışma da RES-1 yatırımında olduğu gibi, RES-2'ye de bir rüzgâr türbinin dâhil edilmesi durumunda maliyetin 3 milyon dolar bununla birlikte nakit akışların da %30 artacağı öngörülmüştür. Yatırım maliyeti ve nakit akışlardaki değişim sonrası varlığın şimdiki değerinin değişmesiyle birlikte, Tablo 4.40'ta hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.40. Genişleme durumundaki proje parametreleri (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	69.146.831,38
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	56.534.284,80
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, bir adet rüzgâr türbinin eklenmesiyle birlikte yatırım projesinin genişlemesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(69.146.831,38 / 37.334.284,80) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.0836 \quad (4.93)$$

$$d_2 = 2.0836 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.5046$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9814$ ve $N(d_2) = 0.6931$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (69.146.831,38 * 0.9814) - (56.534.284,80 * e^{(-0.1228*15)} * 0.6931)$$

$$C_0 = 61.650.045,88 \quad (4.94)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 61.650.045,88$$

$$GNBD = 77.505.631,37$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 24'te gösterilmektedir. Ek 24 tablosundaki değerler, Tablo 4.40'ta verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.95)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 61.706.127,87$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 61.706.127,87 \quad (4.96)$$

$$GNBD = 77.561.713,36$$

Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleriyle elde edilen opsiyon ve proje değerleri birbirlerine benzer sonuçlar verirken, projenin bu piyasa şartları altında genişlemesi durumunun da yatırımcı için bugün başlanması durumuna göre daha olumlu olacağı sonucuna varılmıştır. Geleneksel yöntemlerle elde edilen NBD sonucu ile karşılaştırıldığında ise her iki sonucunda pozitif çıkararak proje onayı alabilmesinin

dışında, opsiyonların projeye dâhil edilmesi durumunda yatırımın çok daha kârlı sonuçlar verdiği de elde edilen bir başka sonuç olmuştur.

- **RES-2 yatırım projesini başka bir şirkete devretmek ya da terk etmek durumundaki opsiyonun değeri;**

Ekonomik ömrü 15 yıl olan RES-2 yatırım projesinin, herhangi bir zaman dilimi içerisinde, başka bir şirkete 20.000.000TL karşılığında devretmenin ya da terk etmenin mevcut olduğu durum değerlendirilmiştir. Nakit akışlarda bir değişiklik olmayacağı öngörülerek, sadece yatırım maliyeti değerinin değişmesiyle birlikte, Tablo 4.41’de hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.41. Terk etme durumundaki proje parametreleri (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	20.000.000,00
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin bir başka şirkete devredilmesi ya da terk edilmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir. Terk etme opsiyonu, diğer opsiyonlardan farklı olarak satım opsiyonuna uygunluk göstermektedir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 20.000.000) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.5755 \quad (4.97)$$

$$d_2 = 2.5755 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.9965$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9950$ ve $N(d_2) = 0.8405$ olarak bulunmuştur. Bu durumda satım opsiyonu ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,29 * (0.9950 - 1)) - (20.000.000 * e^{(-0.1228*15)} * (0.8405 - 1))$$

$$C_0 = 239.666,00 \quad (4.98)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 239.666,00$$

$$GNBD = 16.095.251,49$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 25'te gösterilmektedir. Ek 25 tablosundaki değerler, Tablo 4.41'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.99)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 50.410.377,90 - 53.189.870,29$$

$$C_0 = -2.779.492,39 \quad (4.100)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 - 2.779.492,39$$

$$GNBD = 13.076.093,10$$

Terk etme opsiyonu ile bu projede iki yöntem arasında oldukça farklı sonuçlar elde edilmiştir. Black-Scholes değerlendirme yöntemiyle opsiyon değeri pozitif iken, Binomial yöntemde sonuç negatif olmuştur. Her iki yöntem içinde GNBD'lere baktığımızda ise pozitif değer elde edildiği ve bu şartlar altında projenin her hangi bir zaman diliminde terk edilmesinin yatırımcı için hâlâ kârlı olabileceği sonucu elde

edilmiştir. Binomail yöntemdeki adım sayısının arttırılmasıyla opsiyon değerinin de Black-Scholes yöntemi ile elde edilen değere yakınlaşacağı düşünülmektedir.

- **RES-2 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlığı=1/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda);**

Proje değeri pozitif sonuç veren RES-2'nin erteleme seçeneklerinden hangi durumlarda, bugün başlanması durumundan daha iyi sonuçlar verebileceğinin araştırılması yapılmıştır. Bu uygulamada 1 yıl ertelemeyen kaynaklı nakit akış kayıplarının, formüllere eklenen getiri kısıtlığı (1/15) parametresi ile azalacağı, proje maliyetinin de her yıl için risksiz faiz oranı üzerinden aratacağı öngörülerek bir çalışma yürütülmüştür. Tablo 4.42'de hem Black-Scholes hem de Binomail değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.42. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (1) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	41.918.934,97
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
7	Getiri Kısıtlığı	δ	(1/15)=%6.7=0.067
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.0577387062
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.4683497439
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.5316502561

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin bir yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 41.918.934,97) + (0.1228 - (1/15) + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.4736 \quad (4.101)$$

$$d_2 = 1.4736 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = -0.1055$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9297$ ve $N(d_2) = 0.4580$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,29 * e^{((-1/15)*15)} * 0.9297) - (41.918.934,97 * e^{(-0.1228*15)} * 0.458)$$

$$C_0 = 15.148.844,00 \quad (4.102)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 15.148.844,00$$

$$GNBD = 31.004.429,49$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 26'da gösterilmektedir. Ek 26 tablosundaki değerler, Tablo 4.42'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{(0.1228 - (1/15))} = 1.0577387062 \quad (4.103)$$

$$p = \frac{(1.0577387062 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.4683497439$$

$$(1 - p) = 0.5316502561$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 41.094.687,37$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 41.094.687,37 \quad (4.104)$$

$$GNBD = 56.950.272,86$$

Her iki uygulamanın sonuçlarına bakıldığında 1 yıl süre ile yatırımın ertelenmesinin bugün başlanması durumuna göre düşük değerli sonuçlar verdikleri görülmektedir. Elde edilen sonuçların pozitif olması projenin uygulanabilir olduğunu gösterse de, bu uygulama parametreleri ile bugün başlanması durumunun yatırım için daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Bir diğer sonuç ise RES-1 yatırımında olduğu gibi, RES-2 yatırımı içinde bu uygulamada getiri kısıtlılığı parametresinin özellikle Black-Scholes değerlendirme yöntemini daha fazla etkilediği ve Binomial

değerleme yöntemiyle aralarında farkın da fazla olduğudur. Binomial değerlendirme yönteminde adım sayısının artması, Black-Scholes değerlendirme yöntemi ile sonuçları yakınlaştırırsa dahi uygulamanın diğer bölümlerinde erteleme opsiyonunun kullanılması haricinde sonuçların yakın çıkması, aradaki farkın bu durumdan kaynaklanmadığını göstermektedir. RES-2 projesinde de RES-1’de olduğu gibi getiri kısıtlılığı parametresinin ve diğer erteleme seçeneklerinin yatırım üzerindeki etkileri, devam eden uygulamalarda detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

- **RES-2 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=3/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda);**

Projede 3 yıl erteleme opsiyonunun kullanılmasıyla nakit akışları getiri kısıtlılığı parametresi ile (3/15) formülize edilirken, maliyet de 3 yıl boyunca her yıl risksiz faiz oranı üzerinden attırılmıştır. Tablo 4.43’te hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.43. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (1) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	52.846.356,23
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
7	Getiri Kısıtlılığı	δ	(3/15)=%20=0.2
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	0.9257046942
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.3108246576
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.6891753424

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 52.846.356,23) + (0.1228 - (3/15) + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 0.0602 \quad (4.105)$$

$$d_2 = 0.0602 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = -1.5188$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.5240$ ve $N(d_2) = 0.0644$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,29 * e^{((-3/15)*15)} * 0.5240) - (52.846.356,23 * e^{(-0.1228*15)} * 0.0644)$$

$$C_0 = 849.053,23 \quad (4.106)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 849.053,23$$

$$GNBD = 16.704.638,72$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 27'de gösterilmektedir. Ek 27 tablosundaki değerler, Tablo 4.43'te verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{(0.1228 - (3/15))} = 0.9257046942 \quad (4.107)$$

$$p = \frac{(0.9257046942 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.3108246576$$

$$(1 - p) = 0.6891753424$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 16.939.598,49$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 16.939.598,49 \quad (4.108)$$

$$GNBD = 32.795.183,98$$

Erteleme süresi 3 yıl olan RES-2 yatırımının her iki yöntemle göre de sonuçları değerlendirildiğinde hem 1 yıl erteleme süresi hem de projeye bugün başlanması durumuna göre daha düşük opsiyon ve proje değerine sahip olduğu, yatırımcı için de zorunlu erteleme şartları olmadığı sürece, 3 yıllık erteleme opsiyonu kullanılmasının avantajlı bir durum olmadığı görülmektedir. Yöntemler arasındaki farkın yine fazla olduğu bu uygulama içinde geçerli olmakla birlikte, Black-Scholes değerlendirme yönteminin erteleme süresinden daha fazla etkilendiği çıkartılacak bir başka sonuçtur.

Tablo 4.44'te nakit akışların getiri kısıtlılığı parametresi üzerinden azaldığı, maliyetinse her yıl risksiz faiz oranı üzerinden arttığı durumdaki 1 ve 3 yıllık erteleme opsiyonlarının sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4.44. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (1) (RES-2)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15 (Projeye bugün başlanması durumunda)	48.116.610,00	63.972.195,49	48.124.921,83	63.980.507,32
Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlılığı=1/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	15.148.844,00	31.004.429,49	41.094.687,37	56.950.272,86
Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlılığı=3/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	849.053,23	16.704.638,72	16.939.598,49	32.795.183,98

- **RES-2 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=1/15, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda);**

Uygulamanın bu kısmında piyasa koşullarına göre maliyetin her yıl %30 azalacağı, nakit akışlardaki ertelemeden kaynaklı kaybın ise getiri kısıtlılığı parametresi ile sağlanacağı öngörülerek çalışmalar yürütülmüştür. Tablo 4.45'te hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.45. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (2) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	26.133.999,36
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl

5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
7	Getiri Kıtlığı	δ	(1/15)=%6.7=0.067
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.0577387061
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.4683497439
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.5316502561

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 26.133.999,36) + (0.1228 - (1/15) + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.7728 \quad (4.109)$$

$$d_2 = 1.7728 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.1938$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9619$ ve $N(d_2) = 0.5768$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,29 * e^{((-1/15)*15)} * 0.9619) - (26.133.999,36 * e^{(-0.1228*15)} * 0.5768)$$

$$C_0 = 16.432.694,52 \quad (4.110)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 16.432.694,52$$

$$GNBD = 32.288.280,01$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 28'de gösterilmektedir. Ek 28 tablosundaki değerler, Tablo 4.45'te verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
r &= e^{(0.1228-(1/15))} = 1.0577387061 \\
p &= \frac{(1.0577387061 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.4683497439 \\
(1-p) &= 0.5316502561
\end{aligned} \tag{4.111}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
C_0 &= 44.574.029,08 \\
GNBD &= 15.855.585,49 + 44.574.029,08 \\
GNBD &= 60.429.614,57
\end{aligned} \tag{4.112}$$

- **RES-2 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=3/15, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda);**

Proje de 3 yıl erteleme opsiyonunun kullanılmasıyla nakit akışları, getiri kısıtlılığı parametresi ile (3/15) formülize edilirken, maliyet de 3 yıl boyunca her yıl %30 azaltılmıştır. Tablo 4.46’da hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.46. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (2) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	12.805.659,69
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
7	Getiri Kısıtlılığı	δ	(3/15)=%20=0.20
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	0.9257046942
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.3108246576

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 12.805.659,69) + (0.1228 - (1/15) + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 0.9580 \quad (4.113)$$

$$d_2 = 0.9580 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = -0.6211$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.8310$ ve $N(d_2) = 0.2672$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,29 * e^{((-3/15)*15)} * 0.8310) - (12.805.659,69 * e^{(-0.1228*15)} * 0.2672)$$

$$C_0 = 1.658.291,94 \quad (4.114)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 1.658.291,94$$

$$GNBD = 17.513.877,43$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 29'da gösterilmektedir. Ek 29 tablosundaki değerler, Tablo 4.46'da verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{(0.1228 - (3/15))} = 0.9257046942 \quad (4.115)$$

$$p = \frac{(0.9257046942 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.3108246576$$

$$(1 - p) = 0.6891753424$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 31.270.561,83$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 31.270.561,83 \quad (4.116)$$

$$GNBD = 47.126.147,32$$

Tablo 4.47’de getiri parametresinin nakit akış kaybını etkilediği ve maliyetin her yıl %30 azaldığı durumdaki, yukarıda açıklanan uygulamaların sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4.47. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (2) (RES-2)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15	48.116.610,00	63.972.195,49	48.124.921,83	63.980.507,32
Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlılığı=1/15, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	16.432.694,52	32.288.280,01	44.574.029,08	60.429.614,57
Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlılığı=3/15, maliyetin %30 azaldığı durumda)	1.658.291,94	17.513.877,43	31.270.561,83	47.126.147,32

1 ve 3 yıllık erteleme opsiyonlarının kullanılması durumunda her iki yöntemle de opsiyon ve proje değerlerinin pozitif sonuç vermesi, projenin bu sürelerce ertelenmesinin uygun olduğunu göstermiştir. Getiri kısıtlılığı parametresinin Black-Scholes yöntemi üzerindeki etkisi ile Binomial yöntem üzerindeki etkisinin farklı olduğu da Tablo 4.47’deki sonuçlarda görülmektedir. Bu durumda iki yöntem arasında yatırımcının hangi değerlendirme yöntemi sonucu ile hareket edeceği düşünülmektedir. Ayrıca erteleme süresinin artması ile belirsizliğin azalması ve sonucunda da opsiyon ve proje değerlerinin azaldığı da görülmektedir. Bir sonraki uygulama da, RES-1 projesinde olduğu gibi, nakit akış kayıplarını getiri kısıtlılığı parametresi üzerinden değil, maliyet değişiminde azalma olduğunda nakit akış kaybını tolere ettiği; maliyet değişiminde bir artma olduğunda ise maddesel bir nakit akış kaybı olmadığı için yatırımcının kazanacaklarını ertelenen yıl süresince tolere ettiği düşünülerek bir dizi uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde getiri kısıtlılığı parametresinin de opsiyonlar üzerindeki etkisi daha fazla uygulama ile araştırılmıştır.

- **RES-2 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda);**

Bu uygulama da RES-2 yatırımcısının, yatırımını 1 yıl erteleyebileceği ve nakit akış kayıplarının da her yıl %30 azalan maliyet ile tolere edileceği düşünülerek bir çalışma yapılmıştır. Böyle bir uygulama için, Tablo 4.48’de hem Black-Scholes hem

de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.48. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (3) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	26.133.999,36
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 26.133.999,36) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.4061 \quad (4.117)$$

$$d_2 = 2.4061 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.8271$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9919$ ve $N(d_2) = 0.7959$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,29 * 0.9919) - (26.133.999,36 * e^{(-0.1228*15)} * 0.7959)$$

$$C_0 = 49.462.222,14 \quad (4.118)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 49.462.222,14$$

$$GNBD = 65.317.807,63$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 30'da gösterilmektedir. Ek 30 tablosundaki değerler, Tablo 4.48'de verilen

parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
 u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
 d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
 r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\
 p &= \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794 \\
 (1 - p) &= 0.4446525206
 \end{aligned} \tag{4.119}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 49.588.526,98 \\
 GNBD &= 15.855.585,49 + 49.588.526,98 \\
 GNBD &= 65.444.112,47
 \end{aligned} \tag{4.120}$$

- **RES-2 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda);**

Uygulamanın bu kısmında nakit akışlarında sayısal bir değişim yapmadan varlığın şimdiki değeri aynı kalacak şekilde, maliyeti ise 3 yıl boyunca her yıl %30 azalacak şekilde değerlendirme yapılmıştır. Tablo 4.49'da hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.49. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (3) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	12.805.659,69
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667

4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 12.805.659,69) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.8579 \quad (4.121)$$

$$d_2 = 2.8579 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 1.2789$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9979$ ve $N(d_2) = 0.8995$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,9 * 0.9979) - (12.805.659,69 * e^{(-0.1228*15)} * 0.8995)$$

$$C_0 = 51.252.457,80 \quad (4.122)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 51.252.457,80$$

$$GNBD = 67.108.043,29$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 31'de gösterilmektedir. Ek 31 tablosundaki değerler, Tablo 4.49'da verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.123)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 51.374.296,36$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 51.374.296,36 \quad (4.124)$$

$$GNBD = 67.229.881,85$$

RES-2 yatırım projesinin bu şartlarda 3 yıl ertelendiğinde, bugün başlanması ve 1 yıl erteleme opsiyonu değerinden daha yüksek bir değer elde ettiği; Tablo 4.50'de gösterilmektedir.

Tablo 4.50. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (3) (RES-2)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15	48.116.610,00	63.972.195,49	48.124.921,83	63.980.507,32
Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	49.462.222,14	65.317.807,63	49.588.526,98	65.444.112,47
Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	51.252.457,80	67.108.043,29	51.374.296,36	67.229.881,85

Sonuçlara bakıldığında, getiri kısıtlılığı parametresi nakit akış kaybını etkilemeden sadece maliyetin azaldığı durumda hem proje değeri bugün başlanması durumdan daha iyi sonuçlar vermiştir hem de erteleme süresinin artması, opsiyon değerinin de artmasını sağlamıştır. Yöntemler arasındaki sonuçların benzer olması getiri kısıtlılığı parametresinin özellikle Black-Scholes yöntemindeki kullanım şeklinin sorgulanması gerektiği sonucunu bu uygulama üzerinden de göstermiştir.

Bir sonraki uygulamada yine nakit akış kaybının sayısal olarak parametre değerine yansıtılmadığı ama maliyetlerinde her yıl risksiz faiz oranı üzerinden artacağı 1 ve 3 yıllık erteleme opsiyonu öngörülmüştür. Uygulamanın amacı, getiri kısıtlılığı parametresinin dâhil edilmediği halde maliyet artışının opsiyonlar üzerinde etkisinin nasıl olduğunun araştırılmasıdır.

- **RES-2 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtlılığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda);**

Uygulamanın bu kısmında nakit akışlarda sayısal bir değişim yapmadan varlığın şimdiki değeri aynı kalacak, maliyetin ise 1 yıl boyunca her yıl risksiz faiz oranı üzerinden artacağı şekilde değerlendirme yapılmıştır. Tablo 4.51'de hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.51. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (4) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	41.918.934,97
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes değerlendirme yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 41.918.934,97) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.1069 \quad (4.125)$$

$$d_2 = 2.1069 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.5279$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9824$ ve $N(d_2) = 0.7012$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,29 * 0.9824) - (41.918.934,97 * e^{(-0.1228*15)} * 0.7012)$$

$$C_0 = 47.594.846,56 \quad (4.126)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 47.594.846,56$$

$$GNBD = 63.450.432,05$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek.32'de gösterilmektedir. Ek.32 tablosundaki değerler, Tablo 4.51'de verilen

parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
 u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
 d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
 r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\
 p &= \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794 \\
 (1 - p) &= 0.4446525206
 \end{aligned} \tag{4.127}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 47.634.191,73 \\
 GNBD &= 15.855.585,49 + 47.634.191,73 \\
 GNBD &= 63.489.777,22
 \end{aligned} \tag{4.128}$$

- **RES-2 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (getiri kısıtı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda);**

Uygulamanın bu kısmında maliyetin 3 yıl boyunca her yıl risksiz faiz oranı üzerinden arttığı, nakit akıflarda ise sayısal bir değişim olmadığı öngörülerek değerlendirme yapılmıştır. Tablo 4.52’de hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.52. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (4) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.189.870,29
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	52.846.356,23
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667

4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes değerlendirme yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.189.870,29 / 52.846.356,23) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.9602 \quad (4.129)$$

$$d_2 = 1.9602 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.3811$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9750$ ve $N(d_2) = 0.6484$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.189.870,29 * 0.9750) - (52.846.356,23 * e^{(-0.1228*15)} * 0.6484)$$

$$C_0 = 46.429.025,79 \quad (4.130)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 46.429.025,79$$

$$GNBD = 62.284.611,28$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 33'de gösterilmektedir. Ek 33 tablosundaki değerler, Tablo 4.52'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.131)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 46.474.033,17$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 46.474.033,17 \quad (4.132)$$

$$GNBD = 62.329.618,66$$

Tablo 4.53'te nakit akışlarda ertelemeden kaynaklı artan ya da azalan sayısal bir değişimin olmadığı, maliyetin ise her yıl risksiz faiz oranı üzerinden arttığı durumdaki, yukarıda açıklanan uygulamaların sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4.53. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (4) (RES-2)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15	48.116.610,00	63.972.195,49	48.124.921,83	63.980.507,32
Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	47.594.846,56	63.450.432,05	47.634.191,73	63.489.777,22
Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	46.429.025,79	62.284.611,28	46.474.033,17	62.329.618,66

Sonuçlara bakıldığında nakit akış sayısal bir kayıp olmadığı ve hesaplamalara yansıtılmadığı durumda, sadece maliyette meydana gelen artışın, değerleme sonuçlarını getiri kısıtlığı olduğu durumdaki kadar etkilemediği görölmektedir. Yöntemler arasındaki sonuçlarda fazla bir farklılık olmazken, projeye bugün başlanılması durumundaki opsiyon ve proje değerine de yakın değerler elde edilmiştir. Bu durumda yatırımcı özellikle 1 yıllık erteleme opsiyonunu RES-2 yatırımı için uygun görebilir. Projeye getiri kısıtlığı eklenerek nakit akış kayıplarına yansıtıldığında 1 yıllık erteleme opsiyon sonuçları Black-Scholes değerleme yöntemi için 15.145.844,00TL iken Binomial değerleme yöntemi için 41.094.687,37TL olmuştur. Bu uygulamada, getiri kısıtlığı parametresi dâhil edilmediğinde ise opsiyon değeri Black-Scholes değerleme yöntemi için 47.594.846,56TL iken Binomial değerleme yöntemi için 47.634.191,73TL olmuştur. Nakit akışlarda ertelemeden kaynaklı kayıpların opsiyonlar üzerindeki etkisinin, fırsat kaybının uygulanma şekline göre değişiklik gösterdiği de elde edilen sonuçlardandır.

Uygulamanın bundan sonraki kısımlarında, maliyetin piyasa koşullarına göre değişimi ile birlikte aynı değişim nakit akışlar için getiri kısıtlığı parametresi ile değil de, sayısal olarak maliyet oranının tersi durumunda artış ya da azalış olarak yansıtılarak yapılmıştır.

- **RES-2 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (her yıl %30 oranında varlığın şimdiki değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda);**

Bu bölüme kadar olan uygulamalarda artan azalan maliyetlerin dışında, nakit akışlarda da kaybın olacağı düşünülerek getiri kısıtlığı parametresi kullanılmış olup, bir de ertelenen süre boyunca sayısal bir kayıp olmadığı düşünülerek varlığın şimdiki değerinde bir değişiklik yapmadan değerlendirmeler yapılmıştır. Bu uygulamada nakit akışlarda piyasa koşullarına göre sayısal bir değişim olduğu kadar ters oranda maliyetlerde de bir değişim olacağı öngörüsünde bulunularak çalışmalar yürütülmüştür. Tablo 4.54'te hem Black-Scholes hem de Binomal değerleme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.54. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (5) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	69.146.831,38
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	26.133.999,36
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(69.146.831,38 / 26.133.999,36) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.2723 \quad (4.133)$$

$$d_2 = 2.2723 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.9932$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9949$ ve $N(d_2) = 0.8397$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (69.146.831,38 * 0.9949) - (26.133.999,26 * e^{(-0.1228*15)} * 0.8397)$$

$$C_0 = 65.315.942,15 \quad (4.134)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 65.315.942,15$$

$$GNBD = 81.171.527,64$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 34'te gösterilmektedir. Ek 34 tablosundaki değerler, Tablo 4.54'te verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867$$

$$d = e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.135)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794$$

$$(1 - p) = 0.4446525206$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 65.515.537,66$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 65.515.537,66 \quad (4.136)$$

$$GNBD = 81.371.123,15$$

- **RES-2 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (her yıl %30 oranında varlığın şimdiki değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda);**

Uygulamanın bu kısmında 3 yıl boyunca %30 oranınca nakit akışların piyasa koşullarına göre artacağı, maliyetlerin ise tam tersince azalacağı öngörülerek bir

çalışma yürütülmüştür. Tablo 4.55’te hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.55. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (5) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	116.858.145,00
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	12.805.659,69
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9996$ ve $N(d_2) = 0.9623$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned}
 C_0 &= (116.858.145,00 * 0.9996) - (12.805.659,69 * e^{(-0.1228*15)} * 0.9623) \\
 C_0 &= 114.858.222,92 \\
 GNBD &= 15.855.585,49 + 114.858.222,92 \\
 GNBD &= 130.713.808,40
 \end{aligned}
 \tag{4.137}$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 35’te gösterilmektedir. Ek 35 tablosundaki değerler, Tablo 4.55’te verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\
p &= \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794 \\
(1-p) &= 0.4446525206
\end{aligned}
\tag{4.138}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
C_0 &= 115.304.669,14 \\
GNBD &= 15.855.585,49 + 115.304.669,14 \\
GNBD &= 131.160.254,60
\end{aligned}
\tag{4.139}$$

Tablo 4.56’da %30 oranınca nakit akışların arttığı, maliyetin ise azaldığı durumdaki, yukarıda açıklanan uygulamalar gösterilmektedir.

Tablo 4.56. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (5) (RES-2)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15	48.116.610,00	63.972.195,49	48.124.921,83	63.980.507,32
Erteleme 1 yıl (her yıl %30 oranında varlığın şimdiki değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda)	65.315.942,15	81.171.527,64	65.515.537,66	81.371.123,15
Erteleme 3 yıl (her yıl %30 oranında varlığın şimdiki değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda)	114.858.222,92	130.713.808,40	115.304.669,14	131.160.254,60

Değerleme sonuçlarına bakıldığında, buraya kadar yapılan değerleme sonuçlarına göre en yüksek opsiyon ve GNBD’ye sahip erteleme opsiyonu sonuçları elde edilmiştir. Maliyetin azaldığı, nakit akışların ise arttığı bu koşullarda erteleme süresinin artmasıyla opsiyon değerinin artması da doğru orantılı olmuştur. Her iki yöntemle elde edilen değerleme sonuçlarının birbirlerine benzer sonuçlar vermiş olması bir başka önemli sonuçtur. Yatırımcının bu şartlar altında, projeyi ertelemesinin avantajlı bir durum olduğu kararına varılmıştır. Bir sonraki uygulama da, piyasa

koşullarında meydana gelen değişimin bu kez risksiz faiz oranınca nakit akışların azaldığı, maliyetinde arttığı durum öngörülerek değerlendirme yapılmıştır.

- **RES-2 yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (her dönem risksiz faiz oranınca (%12.28) varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda);**

Bu uygulamada projede kullanılan risksiz faiz oranınca, piyasa koşullarına göre ertelenen süre içerisinde nakit akışların azaldığı, tam tersi olarak da maliyetlerin arttığı öngörülerek bir çalışma yürütülmüştür. Tablo 4.57’de hem Black-Scholes hem de Binomal değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.57. 1 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (6) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	46.658.154,22
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	41.918.934,97
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 1 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(46.658.154,22 / 41.918.934,97) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.0239 \quad (4.140)$$

$$d_2 = 2.0239 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.4448$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9785$ ve $N(d_2) = 0.6717$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned}
 C_0 &= (46.658.154,22 * 0.9785) - (41.918.934,97 * e^{(-0.1228*15)} * 0.6717) \\
 C_0 &= 41.912.124,49 \\
 GNBD &= 15.855.585,49 + 41.912.124,49 \\
 GNBD &= 57.047.709,98
 \end{aligned} \tag{4.141}$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 36'da gösterilmektedir. Ek 36 tablosundaki değerler, Tablo 4.57'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
 u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
 d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
 r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\
 p &= \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794 \\
 (1-p) &= 0.4446525206
 \end{aligned} \tag{4.142}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 41.233.721,22 \\
 GNBD &= 15.855.585,49 + 41.233.721,22 \\
 GNBD &= 57.089.306,71
 \end{aligned} \tag{4.143}$$

- **RES-2 yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumundaki opsiyon değeri (her dönem risksiz faiz oranınca (%12.28) varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda);**

Bu uygulama da 3 yıl ertelenmesi düşünülen RES-2 yatırımının risksiz faiz oranca nakit akışlarının azaldığı, maliyetin ise arttığı öngörülerek bir çalışma yürütülmüştür. Tablo 4.58'de hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.58. 3 yıl erteleme durumundaki proje parametreleri (6) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	35.902.509,04
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	52.846.356,24
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilité	σ	0.4077
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5033560867
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6651784024
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5553474794
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4446525206

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, yatırım projesinin 3 yıl ertelenmesi durumunda, Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(35.902.509,04 / 52.846.356,24) + (0.1228 + (0.4077)^2 / 2)15}{0.4077\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 1.6968 \quad (4.144)$$

$$d_2 = 1.6968 - 0.4077\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.1178$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9551$ ve $N(d_2) = 0.5469$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon ve proje değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (35.902.509,04 * 0.9551) - (52.846.356,24 * e^{(-0.1228*15)} * 0.5469)$$

$$C_0 = 28.935.937,20 \quad (4.145)$$

$$GNBD = 15.855.585,49 + 28.935.937,20$$

$$GNBD = 44.791.522,69$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 37'de gösterilmektedir. Ek 37 tablosundaki değerler, Tablo 4.58'de verilen

parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
 u &= e^{0.4077\sqrt{1}} = 1.5033560867 \\
 d &= e^{-0.4077\sqrt{1}} = 0.6651784024 \\
 r &= e^{0.1228} = 1.1306582667 \\
 p &= \frac{(1.1306582667 - 0.6651784024)}{(1.5033560867 - 0.6651784024)} = 0.5553474794 \\
 (1 - p) &= 0.4446525206
 \end{aligned} \tag{4.146}$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 28.733.724,00 \\
 GNBD &= 15.855.585,49 + 28.733.724,00 \\
 GNBD &= 44.589.309,49
 \end{aligned} \tag{4.147}$$

Tablo 4.59’da risksiz faiz oranınca nakit akışların azaldığı, maliyetin ise arttığı durumdaki, yukarıda açıklanan uygulamaların sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4.59. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (6) (RES-2)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
T=15	48.116.610,00	63.972.195,49	48.124.921,83	63.980.507,32
Erteleme 1 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	41.912.124,49	57.047.709,98	41.233.721,22	57.089.306,71
Erteleme 3 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	28.935.937,20	44.791.522,69	28.733.724,00	44.589.309,49

Her iki yöntem içinde benzer sonuçlar elde edilirken, opsiyon ve proje değerlerinin projeye bugün başlanması durumundaki değerinden daha düşük çıktığı için, yatırımın ertelenmesi tablodaki sonuçlara göre uygun gözükmemektedir. Tablo 4.60’ta, yukarıdaki uygulamalarda nakit akışlardaki kaybın getiri kısıtlılığı parametresi ile ifade edildiği ve maliyetin risksiz faiz oranınca arttığı durumdaki uygulama ile Tablo 4.59’daki sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.60. Erteleme opsiyonlarının karşılaştırılması (7) (RES-2)

	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
Erteleme 1 yıl (getiri kısıtlılığı=1/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	15.148.844,00	31.004.429,49	41.094.687,37	56.950.272,86
Erteleme 3 yıl (getiri kısıtlılığı=3/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	849.053,23	16.704.638,72	16.939.598,49	32.795.183,98
Erteleme 1 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	41.912.124,49	57.047.709,98	41.233.721,22	57.089.306,71
Erteleme 3 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	28.935.937,20	44.791.522,69	28.733.724,00	44.589.309,49

Tablo 4.60’ta maliyetler risksiz oranınca artarken, nakit akış kaybı birinde getiri kısıtlılığı ile bir değerinde ise risksiz faiz oranınca azaltılarak değerlendirme yapılmıştır. 1 yıl erteleme için uygulanan getiri kısıtlılığı 1/15 yaklaşık %6’ya denk gelmektedir. Diğer uygulamada ise nakit akışlar risksiz faiz oranı %12.28 oranınca azalma göstermiştir. Risksiz faiz oranı getiri kısıtlılığı oranından daha fazla olmasına rağmen, uygulama sonucunda Black-Scholes değerlendirme yönteminde opsiyon sonucu daha yüksek değerli olmuştur. Black-Scholes değerlendirme yöntemi için sonuçlar karşılaştırıldığında ise aralarındaki farkın fazla olduğu da görülen bir başka sonuçtur. Binomial yönteme bakıldığında yaklaşık benzer sonuçlar vermesi yatırımcı için daha kabul edilebilir bir sonuç olmaktadır. Getiri kısıtlılığı parametresinin Black-Scholes yöntemindeki uygulanma şeklinin bu uygulamada da yatırımlar için gerçek değeri yansıtmadığı sonucuna varılmıştır.

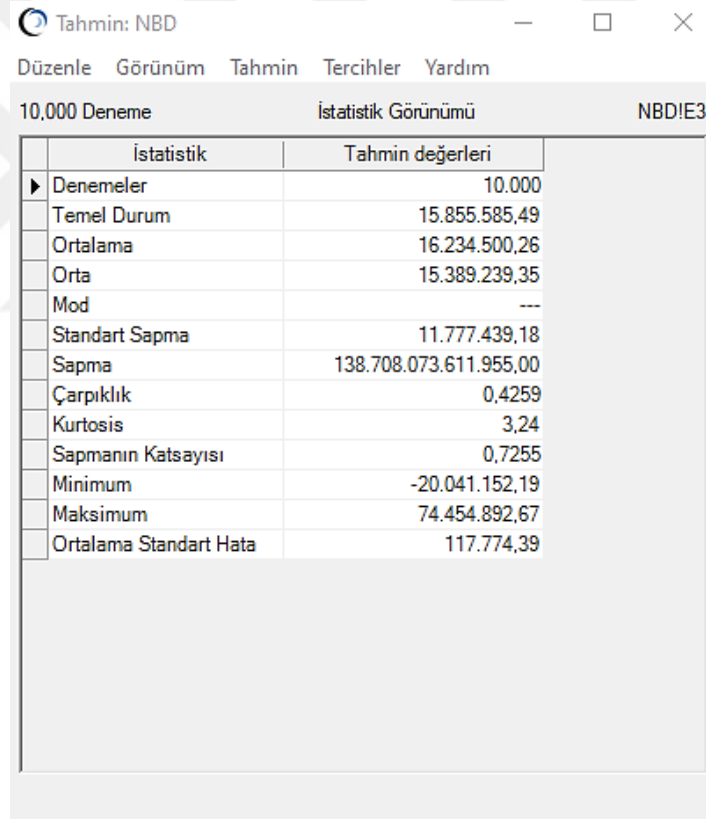
4.2.3. RES-2 Projesi için MCS ile Uygulama ve Bulgular

Bu bölümde RES-2 projesi için MCS ile hem Crystal Ball hem de Matlab yazılımı kullanılarak geleneksel yöntemle hesaplanan NBD, varlığın şimdi değeri olarak kullandığımız Bugünkü Değer ve belirsizlik parametresi volatilité değeri elde

edilerek, Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemiyle yeniden opsiyon ve proje değerleri elde edilmiştir. Girdi parametrelerine ait olasılık dağılımları, alt-üst sınır değerleri ve çıktı parametreleri “Materyal ve Yöntem” bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır. Sonuçlar simülasyon öncesi, simülasyon sonrası Crystal Ball ve Matlab olacak şekilde değerlendirilmiştir. Simülasyon sonrası değerlerle elde edilen opsiyon ve GNBD sonuçları da karşılaştırılarak bir değerlendirme yapılmıştır.

4.2.3.1. RES-2 Projesine ait NBD için Crystal Ball ile MCS

RES-2 yatırım değerlemesinde geleneksel yöntemlerle hesaplanan NBD'nin, MCS ile 10.000 deneme sayısı ile simüle edilerek yeni değeri elde edilmiştir. Simülasyon sonrası, Şekil 4.16'da NBD için elde edilen istatistik değerler ve ortalama NBD gösterilmektedir.

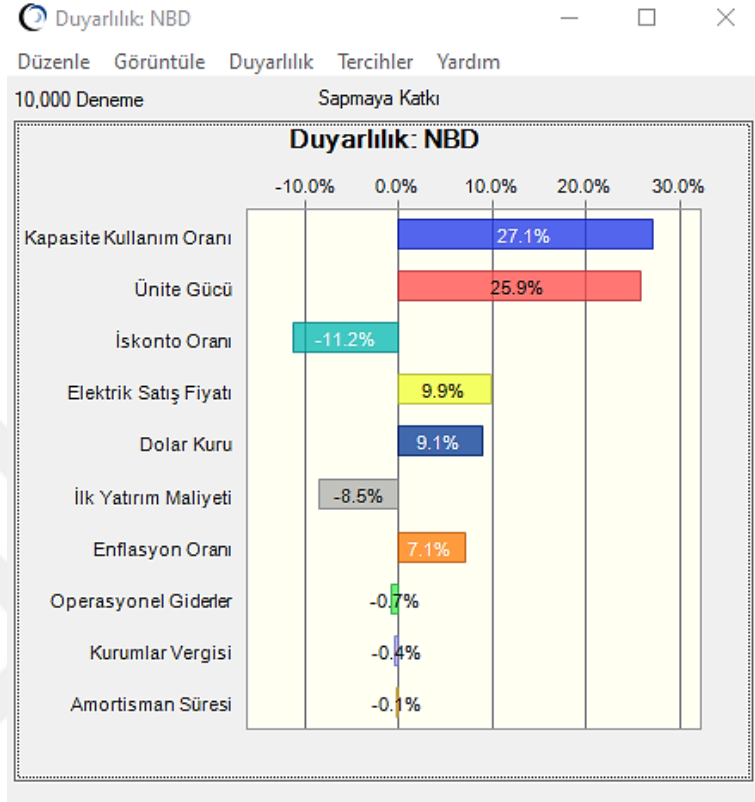


İstatistik	Tahmin değerleri
Denemeler	10.000
Temel Durum	15.855.585,49
Ortalama	16.234.500,26
Orta	15.389.239,35
Mod	---
Standart Sapma	11.777.439,18
Sapma	138.708.073.611.955,00
Çarpıklık	0,4259
Kurtosis	3,24
Sapmanın Katsayısı	0,7255
Minimum	-20.041.152,19
Maksimum	74.454.892,67
Ortalama Standart Hata	117.774,39

Şekil 4.16. NBD için istatistik değerler (RES-2)

Şekil 4.16'ya bakıldığında geleneksel yöntemlerle elde edilen NBD 'Temel Durumda' 15.855.585,49 TL iken, simülasyon sonrasında 16.234.500,26 TL değerini almıştır. Birbirlerine yakın sonuç vermeleri her iki yöntemde proje değeri için kullanılabileceğini, bu proje içinde göstermektedir. NBD için hangi girdi parametrelerinin daha fazla etkili olduğu, yatırımcı için önemli bir durumdur. Piyasa

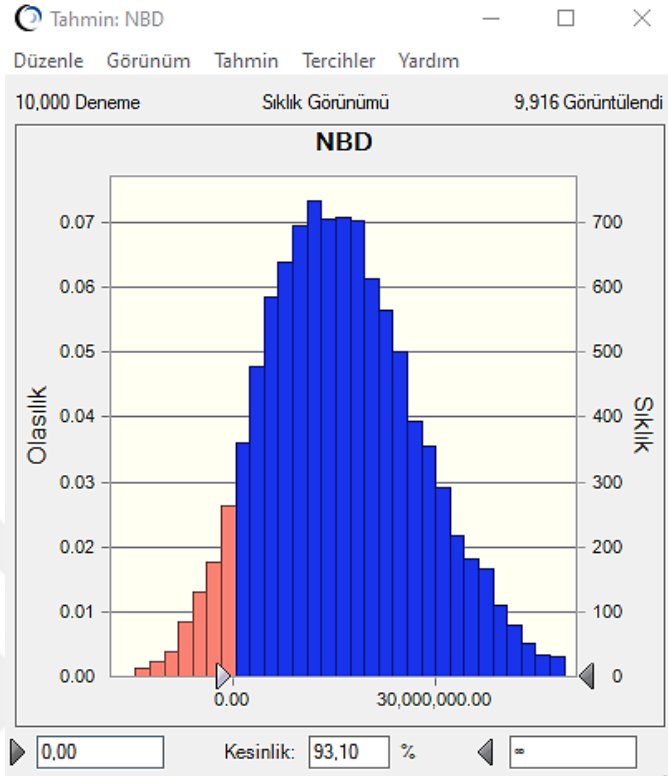
koşullarına göre yatırıma başlama, erteleme, genişleme, terk etme gibi opsiyonları kullanmak için durum değerlendirmesi yapmak adına duyarlılık analizi yapılması gerekmektedir. Şekil 4.17’de NBD’ye ait duyarlılık analizi gösterilmektedir.



Şekil 4.17. NBD için duyarlılık analizi (RES-2)

Duyarlılık analizi sonuçlarına bakıldığında NBD’ye en çok ve pozitif yönlü etki eden iki parametre kapasite kullanım oranı ve ünite gücü olmuştur. Bu iki parametrenin değerindeki artışın NBD’yi de olumlu yönde etkileyeceğini göstermektedir. RES-1 projesi ile RES-2 projesine ait duyarlılık analizi sonuçlarını karşılaştıracak olursak eğer, her iki projede de girdi parametrelerine ait olasılık dağılımları ve sonuç ürün olan NBD için tanımlanan algoritmalar aynı olmasına rağmen, ilk yatırım maliyetinin NBD üzerindeki etkisi farklı sırada ve oranda olmuştur. RES-1 projesinde ilk yatırım maliyeti 3.sırada ve %18.3 oranıyla negatif yönlü etkilerken, RES-2’de 6.sırada %8.6 oranıyla negatif yönlü etkilemiştir. Böyle bir farkın oluşmasının RES-1 projesinin negatif sonuçlu bir proje değerine sahip olduğu ve yatırım maliyetinin proje gelirinden çok daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünüldüğünde, etki oranının da bu nedenle daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 4.18’de NBD’ye ait parametrelere tanımlanan alt-üst sınırlar

arasındaki döngüde, pozitif değer alma olasılığı gösterilmiştir. Şekil 4.19’da da bu yaklaşıma benzer olarak yatırımın yüzdelik olarak proje değerleri gösterilmektedir.



Şekil 4.18. NBD'nin 0'dan büyük olma olasılığı (RES-2)

The screenshot shows the 'Tahmin: NBD' window with the following details:

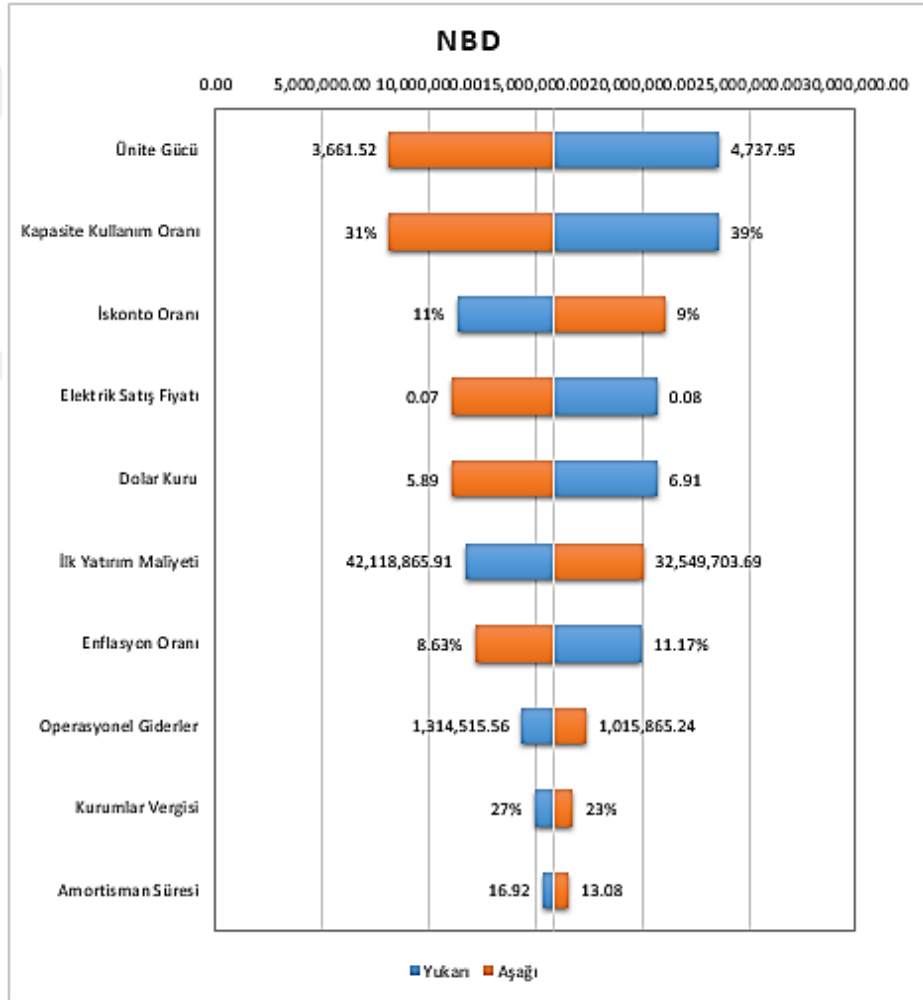
- Window Title: Tahmin: NBD
- Buttons: Düzenle, Görünüm, Tahmin, Tercihler, Yardım
- Statistics: 10,000 Deneme, Yüzde Birlik Görünümü, NBD!E3
- Table:

Yüzde Birlik	Tahmin değerleri
%0	-20.041.152,19
%10	1.910.212,83
%20	6.114.712,94
%30	9.394.138,76
%40	12.472.366,29
%50	15.388.858,54
%60	18.346.214,10
%70	21.754.743,28
%80	25.767.851,14
%90	31.810.157,48
%100	74.454.892,67

Şekil 4.19. NBD'nin yüzdelik değerleri (RES-2)

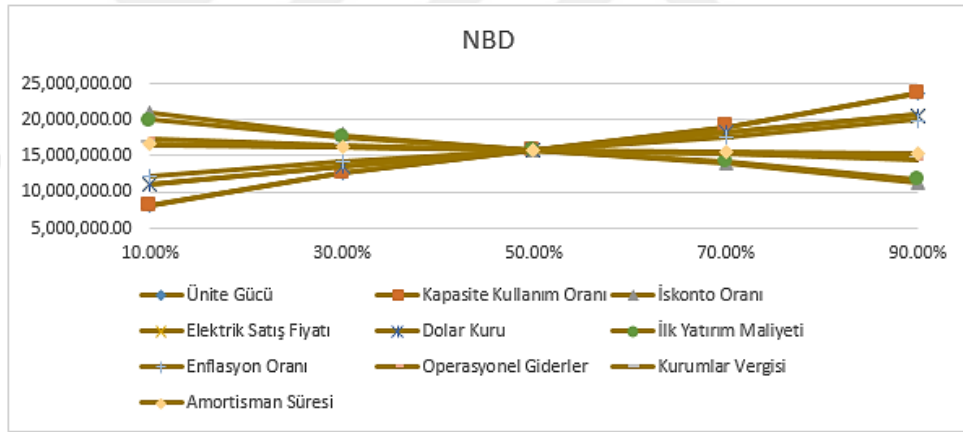
Şekil 4.18’de, pozitif sonuç veren NBD’in 10.000 deneme sayılı simülasyon sonuçlarına göre de %93.10 olasılıkla pozitif; çok düşük bir oranda da 0’dan küçük, negatif bir değer alabileceği görülmektedir.

Şekil 4.18’de gösterilen NBD’nin 0’dan büyük olma olasılığı, Şekil 4.19’da yüzdelik değerlerle gösterilerek ifade edilmiştir. %10 değerinin altında proje değerinin negatif olmaya başladığı görülmektedir. Burada simülasyon sonrası yüzdelik oranlarda yatırım değerinin ihtimalleri gösterilmektedir. Şekil 4.20’de NBD’ye etki eden bir başka duyarlılık analizi olan tornado grafiği gösterilmektedir. Tornado grafiği NBD’nin parametreler üzerindeki aşağı ve yukarı yönlü etki oranlarını gösteren bir analizdir.



Şekil 4.20. Tornado grafiği (1) (RES-2)

Tornado grafiğinde parametrelerin NBD üzerindeki etki sıralaması, duyarlılık analizi ile aynıdır. Tornado grafiği duyarlılık analizinden farklı olarak her parametrenin NBD için alabileceği aşağı-yukarı yönlü değerleri kendi içerisinde göstermektedir. Şekil 4.20'ye bakıldığında ünite gücünün NBD'yi en fazla etkileyen parametre olduğu ve bu projede simülasyon içerisinde minimum 3.661,52 MW, maksimumda 4.737,95 MW elektrik üretilebileceği sonucu elde edilmiştir. Grafiğin tam orta noktası ise projenin temel NBD değerini ifade etmektedir. Yukarı yönlü hareket grafiğin sağ tarafında kalıyorsa pozitif, sol tarafında kalıyorsa da negatif yönlü etki ettiği sonucuna varılmaktadır. Grafiğin yüzdelik değerlerle bir başka gösterimi ise Şekil 4.21'de gösterilmektedir. Şekilde parametrelerin minimum ve maksimum alabileceği değerlerin yüzde kaç ihtimalle gerçekleşebileceği görülebilmektedir. Burada %50 ihtimale denk gelen ortak nokta da girdi parametrelerinin bu orandaki simülasyon sonucunda NBD'nin aldığı değeri gösterirken, okların alt ve üst uçları gösterdikleri yüzdelik değerlere göre de NBD'nin alacağı yeni proje değerini ifade etmektedir.



Şekil 4.21. Tornado grafiği (2) (RES-2)

MCS ile bulunan NBD, aşağıdaki bölümlerde Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemlerinde GNBD'yi hesaplarken de kullanılacaktır.

4.2.3.2. RES-2 Projesine ait Bugünkü Değer için Crystal Ball ile MCS

Geleneksel yöntemlerle hesaplanan Bugünkü Değer için aynı algoritma Crystal Ball yazılımında formülize edilerek tanımlanmış ve simülasyon sonrası yeni değer elde edilmiştir. Şekil 4.22'de istatistik değerler tablosunda ortalama değer; Şekil 4.23'deki duyarlılık analizi ile de Bugünkü Değer'e en fazla etki eden proje parametreleri gösterilmektedir.

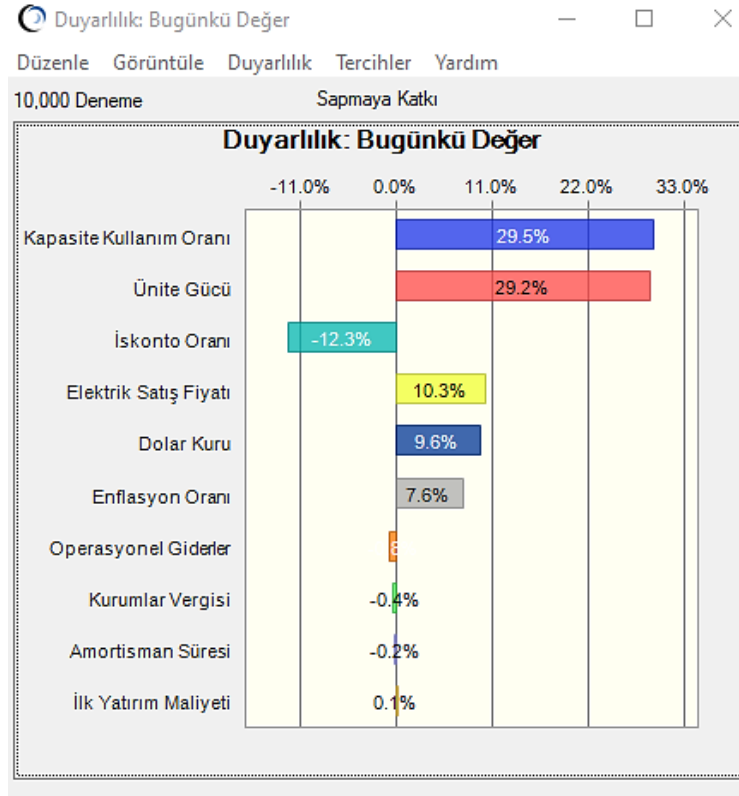
Tahmin: Bugünkü Değer

Düzenle Görünüm Tahmin Tercihler Yardım

10,000 Deneme İstatistik Görünümü NBDIE4

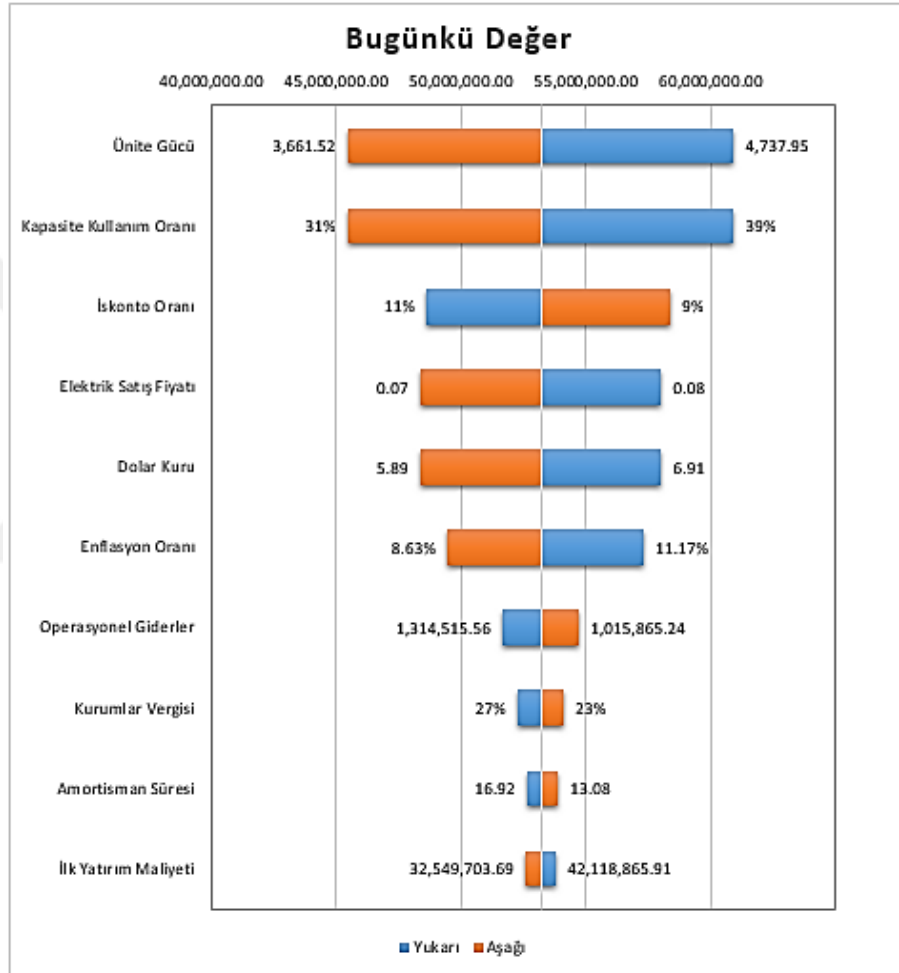
İstatistik	Tahmin değerleri
Denemeler	10.000
Temel Durum	53.189.870,29
Ortalama	53.554.546,01
Orta	52.708.821,56
Mod	---
Standart Sapma	11.304.636,70
Sapma	127.794.810.929.642,00
Çarpıklık	0,4931
Kurtosis	3,36
Sapmanın Katsayısı	0,2111
Minimum	22.665.804,29
Maksimum	109.712.578,30
Ortalama Standart Hata	113.046,37

Şekil 4.22. Bugünkü Değer için istatistik değerler (RES-2)



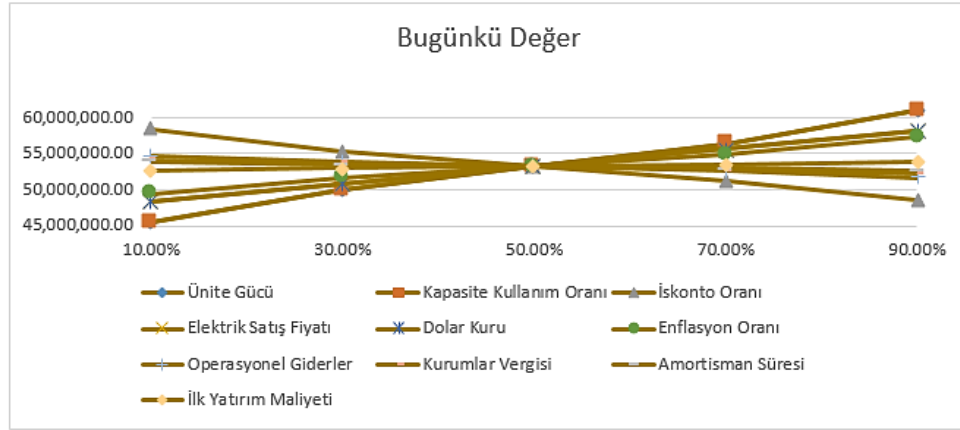
Şekil 4.23. Bugünkü Değer için duyarlılık analizi (RES-2)

Bugünkü Değer için en fazla etki eden girdi parametreleri sırasıyla pozitif ve negatif yönlü olacak şekilde gösterilmektedir. NBD ile aynı parametreler ve olasılık dağılımları kullanılmasına rağmen, algoritmada NBD elde edilirken kullanılan ilk yatırım maliyeti, Bugünkü Değer için son işlem adımında olmadığı ve sadece amortisman süresi hesabında kullanıldığı için, etki oranı son sırada ve çok az olduğu görülmektedir. Şekil 4.24'te tornado grafiği ile bir başka açıdan Bugünkü Değerin parametreler üzerindeki etkisi gösterilmektedir.



Şekil 4.24. Tornado grafiği (3) (RES-2)

Bugünkü Değerin, girdi parametreleri üzerindeki aşağı ve yukarı yönlü etkilerine bakıldığında NBD ile ortak elde ettikleri sonuç, parametrelerin simülasyon içerisinde alabileceği minimum ve maksimum değerler olurken, sıralama duyarlılık analizinde olduğu üzere, ilk yatırım maliyeti için hesaplanma koşulundan kaynaklı farklı sonuç vermiştir. Şekil 4.25'te aynı etki oranlarının yüzdelik aralıklarla ve Bugünkü Değerinde bu aralıklarda alabileceği değerler grafikte gösterilmektedir.



Şekil 4.25. Tornado grafiği (4) (RES-2)

MCS sonucunda elde edilen Bugünkü Değer, aşağıdaki kısımlarda Black-Scholes ve Binomial yöntemlerde Varlığın Şimdiki Değeri (S) olarak kullanılmıştır. RES-2 projesinde kullanılacak volatilité için, RES-1 projesinde hem Crystal Ball hem de Matlab yazılımı ile simülasyon sonrası elde edilen değerler kullanılmıştır. Her iki projede de volatilité hesabı için aynı parametrelerin ve aynı değerlerin kullanılmış olması, yeniden bir hesaplama gereği doğurmamıştır.

- **RES-2 projesinin 15 yıl vadeli ve bugün başlanması durumundaki opsiyon değeri (Simülasyon sonrası-Crystal Ball);**

Tablo 4.61’de hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.61. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri (simülasyon sonrası-Crystal Ball) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.554.546,01
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	37.334.284,80
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilité	σ	0.4117
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5093815539

2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6625230031
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5527903841
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4472096159

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, 15 yıl vadeli bir RES projesine bugün başlanması durumunda ve Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.554.546,01 / 37.334.284,80) + (0.1228 + (0.4117)^2 / 2)15}{0.4117\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.1787 \quad (4.148)$$

$$d_2 = 2.1787 - 0.4117\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.5842$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.9853$ ve $N(d_2) = 0.7204$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.554.546,01 * 0.9853) - (37.334.284,80 * e^{(-0.1228*15)} * 0.7204)$$

$$C_0 = 48.504.335,69 \quad (4.149)$$

$$GNBD = 16.234.500,26 + 48.504.335,69$$

$$GNBD = 64.738.835,95$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 38'de gösterilmektedir. Ek 38 tablosundaki değerler, Tablo 4.61'de verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4117\sqrt{1}} = 1.5093815539$$

$$d = e^{-0.4177\sqrt{1}} = 0.6625230031$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.150)$$

$$p = \frac{(1.130658267 - 0.6625230031)}{(1.509381554 - 0.6625230031)} = 0.5527903841$$

$$(1 - p) = 0.4472096159$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 48.508.781,44$$

$$GNBD = 16.234.500,26 + 48.508.781,44 \quad (4.151)$$

$$GNBD = 64.743.281,70$$

Simülasyon öncesi ve sonrasındaki opsiyon ve proje değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.62’de verilmektedir.

Tablo 4.62. Projeye bugün başlanması durumunda simülasyon öncesi ve sonrası karşılaştırılması (RES-2)

T=15	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
Simülasyon Öncesi	48.116.610,00	63.972.195,49	48.124.921,83	63.980.507,32
Simülasyon Sonrası	48.504.335,69	64.738.835,95	48.508.781,44	64.743.281,70

Simülasyon öncesi ve sonrası hem parametre değerleri hem de değerlendirme yöntemleriyle elde edilen opsiyon ve GNBD yaklaşık benzer sonuçlar vermişlerdir. Crystal Ball yazılımı kullanılarak yapılan bu hesaplamaların sonrasında aynı hesaplamalar Matlab yazılımı kullanılarak da yapılmış, sonuçlar simülasyon öncesi, simülasyon sonrası Crystal Ball ve simülasyon sonrası Matlab olarak karşılaştırılmıştır.

4.2.3.3. RES-2 projesine ait NBD ve Bugünkü Değer için Matlab yazılımı ile MCS

Matlab yazılımı ile değişkenlere ait olasılık dağılımları ve alt-üst sınır aralıkları tanımlandığında elde edilen sonuçlar, NBD=16.149.000,00TL, Bugünkü Değer=53.475.000.00TL olmuştur. RES-2 projesinin volatilité değeri, RES-1 projesi ile aynı girdi parametreleri ve değerlere sahip olduğu için, RES-1 projesinde Matlab ile simülasyon sonrası elde edilen 0.4098 değeri kullanılmıştır. Crystal Ball ve Matlab yazılımının verdiği sonuçların hem birbirleriyle hem de geleneksel yöntemle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması Tablo 4.63’te gösterilmektedir.

Tablo 4.63. Geleneksel yöntem, Crystal Ball ve Matlab karşılaştırması (RES-2)

Çıktı parametreleri	Geleneksel yöntem ile elde edilen sonuçlar	Crystal Ball yazılımı ile elde edilen sonuçlar	Matlab yazılımı ile elde edilen sonuçlar
NBD	15.855.585,49	16.234.500,26	16.149.000,00
Bugünkü Değer	53.189.870,29	53.554.546,01	53.475.000,00

Volatilite	0.4077	0.4117	0.4098
-------------------	--------	--------	--------

Her iki yazılımla elde edilen MCS sonuçlarına bakıldığında, yaklaşık benzer sonuçlar verdikleri görülmektedir. Çalışmanın bir sonraki kısmında Matlab yazılımı ile simülasyon sonrası elde edilen değerlerle birlikte Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemiyle opsiyon ve proje değeri elde edilmiştir.

- **RES-2 projesinin 15 yıl vadeli ve bugün başlanması durumundaki opsiyon değeri (Simülasyon sonrası-Matlab);**

Tablo 4.64'te hem Black-Scholes hem de Binomial değerlendirme yöntemi için kullanılan parametreler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.64. Projeye bugün başlanması durumundaki proje parametreleri (simülasyon sonrası-Matlab) (RES-2)

Girdi Parametreleri			
1	Yıllık Risksiz Faiz Oranı	r_f	%12.28=0.1228
2	Varlığın Şimdiki Değeri	S	53.475.000,00
3	Varlığın Kullanım Fiyatı	X	37.334.284.80
4	Opsiyonun Ekonomik Ömrü	T	15 yıl
5	Volatilite	σ	0.4098
6	Yıllık Dönemler	Δt	1
Parametre Hesaplamaları			
1	Yukarı Doğru Hareket	u	1.5065164517
2	Aşağı Doğru Hareket	d	0.6637829935
3	Risksiz Faiz Oranı	r	1.1306582667
4	Risk Bağımsız Olasılık Yukarı	p	0.5540011123
5	Risk Bağımsız Olasılık Aşağı	$(1 - p)$	0.4459988877

Yukarıda verilen parametre değerlerine göre, 15 yıl vadeli bir RES projesine bugün başlanması durumunda ve Black-Scholes yöntemine göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$d_1 = \frac{\ln(53.475.000,00 / 37.334.284,80) + (0.1228 + (0.4098)^2 / 2)15}{0.4098\sqrt{15}}$$

$$d_1 = 2.1805 \quad (4.152)$$

$$d_2 = 2.1805 - 0.4098\sqrt{15}$$

$$d_2 = 0.5934$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen d_1 ve d_2 parametrelerinin, kümülatif normal standart dağılım tablosundan elde edilen değerleri $N(d_1) = 0.98542$ ve $N(d_2) = 0.7235$ olarak bulunmuştur. Bu durumda opsiyon değeri aşağıdaki gibidir;

$$C_0 = (53.475.000 * 0.98542) - (37.334.284,80 * e^{(-0.1228*15)} * 0.7235)$$

$$C_0 = 48.414.031,79 \quad (4.153)$$

$$GNBD = 16.149.000,00 + 48.414.031,79$$

$$GNBD = 64.563.031,79$$

Binomial değerlendirme yöntemine göre oluşturulan binom ve opsiyon değerlendirme ağacı Ek 39'da gösterilmektedir. Ek 39 tablosundaki değerler, Tablo 4.64'te verilen parametre değerleri u , d , r ve p faktörlerinin hesaplanması sonucunda, aşağıdaki denklemler kullanılarak elde edilmiştir.

$$u = e^{0.4098\sqrt{1}} = 1.5065164517$$

$$d = e^{-0.4098\sqrt{1}} = 0.6637829935$$

$$r = e^{0.1228} = 1.1306582667 \quad (4.154)$$

$$p = \frac{(1.1306582667 - 0.6637829935)}{(1.5065164517 - 0.6637829935)} = 0.5540011123$$

$$(1 - p) = 0.4459988877$$

Yukarıdaki değerlerle oluşturulan binom ve opsiyon ağacı sonrasında elde edilen opsiyon ve proje değeri aşağıda gösterilmektedir.

$$C_0 = 48.418.198,64$$

$$GNBD = 16.149.000,00 + 48.418.198,64 \quad (4.155)$$

$$GNBD = 64.567.198,64$$

Tablo 4.65'te simülasyon öncesi ve sonrasındaki opsiyon ve proje değerlerinin Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması gösterilmektedir.

Tablo 4.65. Projeye bugün başlanması durumunda simülasyon öncesi ve sonrası(Crystal Ball-Matlab) karşılaştırılması (RES-2)

T=15	Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
Simülasyon Öncesi	48.116.610,00	63.972.195,49	48.124.921,83	63.980.507,32
Simülasyon Sonrası (Crystal Ball)	48.504.335,69	64.738.835,95	48.508.781,44	64.743.281,70
Simülasyon Sonrası (Matlab)	48.414.031,79	64.563.031,79	48.418.198,64	64.567.198,64

Simülasyon öncesi ve sonrası sonuçlara bakıldığında, geleneksel yöntemle ve MCS ile elde edilen parametreler sonrası hesaplanan reel opsiyon yöntemlerinin birbirlerine benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. MCS'nin kullanımının, analitik yöntemler haricinde de reel opsiyon değerlendirme yöntemlerinde yatırımcı için gerçeğe yakın proje değerini verdiği, elde edilen bir diğer sonuç olmuştur. MCS'nin kullanıcılara RES-1 ve RES-2 projelerinde olduğu gibi benzer sonuçlar veren, farklı yazılımlar aracılığıyla hızlı ve pratik çalışma imkânı sunması da oldukça avantajlı bir durum yaratmaktadır.

Tablo 4.66'da RES-1 projesi için Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemiyle yapılan uygulamaların tamamının sonuçları gösterilmektedir. Tablodaki değerler "Sonuç" bölümünde önerilerle birlikte detaylı bir şekilde analiz edilecektir.

Tablo 4.66. RES-2 projesi için opsiyonların ve GNBD'lerin karşılaştırılması

		Black- Scholes	GNBD	Binomial	GNBD
1	T=15	48.116.610,00	63.972.195,49	48.124.921,83	63.980.507,32
2	T=20	50.462.148,82	66.317.734,31	57.990.414,12	73.845.999,61
3	Genişleme	61.650.045,88	77.505.631,37	61.706.127,87	77.561.713,36
4	Terk etme	239.666,00	16.095.251,49	-2.779.492,39	13.076.093,10
5	Erteleme 1 yıl (getiri kıtlığı=1/15, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	15.148.844,00	31.004.429,49	41.094.687,37	56.950.272,86
	Erteleme 3 yıl (getiri kıtlığı=3/15, maliyetin her yıl risksiz faiz)	849.053,23	16.704.638,72	16.939.598,49	32.795.183,98

	oranınca arttığı durumda)				
	Erteleme 1 yıl (getiri kıtlığı=1/15, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	16.432.694,52	32.288.280,01	44.574.029,08	60.429.614,57
6	Erteleme 3 yıl (getiri kıtlığı=3/15, maliyetin %30 azaldığı durumda)	1.658.291,94	17.513.877,43	31.270.561,83	47.126.147,32
	Erteleme 1 yıl (getiri kıtlığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	49.462.222,14	65.317.807,63	49.588.526,98	65.444.112,47
7	Erteleme 3 yıl (getiri kıtlığı=0, maliyetin her yıl %30 azaldığı durumda)	51.252.457,80	67.108.043,29	51.374.296,36	67.229.881,85
	Erteleme 1 yıl (getiri kıtlığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	47.594.846,56	63.450.432,05	47.634.191,73	63.489.777,22
8	Erteleme 3 yıl (getiri kıtlığı=0, maliyetin her yıl risksiz faiz oranınca arttığı durumda)	46.429.025,79	62.284.611,28	46.474.033,17	62.329.618,66
	Erteleme 1 yıl (her yıl %30 oranında varlığın şimdiki değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda)	65.315.942,15	81.171.527,64	65.515.537,66	81.371.123,15
9	Erteleme 3 yıl (her yıl %30 oranında varlığın şimdiki değerinin arttığı, maliyetin ise azaldığı durumda)	114.858.222,92	130.713.808,40	115.304.669,14	131.160.254,60
	Erteleme 1 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin	41.912.124,49	57.047.709,98	41.233.721,22	57.089.306,71
10					

	azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)				
	Erteleme 3 yıl (her yıl risksiz faiz oranında varlığın şimdiki değerinin azaldığı, maliyetin ise arttığı durumda)	28.935.937,20	44.791.522,69	28.733.724,00	44.589.309,49
12	T=15 Simülasyon Sonrası (Crystal Ball)	48.504.335,69	64.738.835,95	48.508.781,44	64.743.281,70
	T=15 Simülasyon Sonrası (Matlab)	48.414.031,79	64.563.031,79	48.418.198,64	64.567.198,64

4.2. Tartışma

RES-1 ve RES-2 projelerinin yatırım değerlemesi için birçok yöntem ve teknikle yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar yukarıdaki bölümlerde açıklamalarıyla birlikte verilmiştir. Bir yatırımın değerlemesi sadece değerlendirme türüne değil, yatırımın yapıldığı ülkede ve o günün şartlarında yatırımcıya sunulan devlet destek ve teşvikleri ile de doğru orantılıdır. Ayrıca yatırıma başlanıldığında piyasa koşullarının gelir ve giderleri etkilediği kadar, öz kaynak maliyetleri de getiri oranını oldukça etkileyen bir faktördür. RES-1 projesi ile negatif bir NBD elde edilirken, RES-2 projesinin NBD'si pozitif olmuştur. Aralarındaki farkın en önemli sebeplerinden biri RES-1 projesi için arsa bedelinin ilk yatırım maliyetine dâhil edilmesiyle, nakit akışların bu bedeli karşılayamamış olmasından kaynaklanmıştır. RES-2 projesinde ekstra arsa bedeli yatırım maliyetine dâhil edilmediği için nakit akışlar, nakit kaybını önleyebilmiştir. Her iki proje için de opsiyon değerlerinin yatırım genelinde değer kattıkları elde edilen önemli sonuçlardandır. Ancak erteleme opsiyonunun uygulamalarda esnek bırakılmış bir durum olduğu görülmüştür. Şöyle ki Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemlerinin her ikisi içinde getir kısıtlığı parametresi ile revize edilmiş denklemler mevcut olsa da, literatürdeki çalışmalar incelendiğinde her çalışmanın ertelemeden kaynaklı fırsat maliyeti kaybını bu parametre ile göstermediği de gözlemlenmiştir. Bazı çalışmalar sayısal olarak nakit akış ve maliyetlerde belli oranlarca değişim yaparken, bazı çalışmalarda da nakit akış kayıpları hiç yansıtılmamıştır. Yatırım değerlemede geleneksel, Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemi kadar MCS'nde sıklıkla tercih edildiği gözlemlenmiştir. Bu bahsedilen etkenler göz önüne

alındığında bir yatırımın değerinin birden çok durumdan etkilendiği görülmektedir. Bilir (2012) enerji yatırımları üzerine yaptığı çalışmada pozitif çıkan NBD yatırımı için birde erteleme opsiyonu ile bir değerlendirme yapmıştır. Çalışmasında getiri kısıtlılığı parametresini hem Black-Scholes hem de Binomial yöntemlere dâhil ederek elde ettiği opsiyon değerinin yatırım için değer kattığı sonucunu elde etmiştir. Ancak bu çalışmada olduğu gibi, her iki yöntem arasında oldukça önemli bir fark olduğu da gözlemlenmiştir. Taş ve Ersen (2012) Türkiye’de güneş enerji santrali yatırımı için yaptıkları çalışmada, NBD’si negatif olan bir projeyi Black-Scholes yöntemi ile erteleyerek kârlı bir proje değeri elde edilmesini sağlamışlardır. Erteleme opsiyonunu kullanırken nakit akıflarda sayısal bir değişim yapmamayı uygun görmüşlerdir. Sisodia vd. (2015) ise İspanya’da enerji düzenlemeleri üzerine yaptıkları çalışmada MCS ile hem erteleme hem de genişleme opsiyonunu kullanmayı tercih ederek bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarının NBD’si pozitif sonuç vermesine rağmen opsiyon değerinin proje üzerindeki etkisini araştırmaya devam etmişler ve erteleme opsiyonunun NBD değerinden daha düşük, genişleme opsiyonunun ise daha yüksek değer verdiği sonucunu elde etmişlerdir. Bu çalışmada erteleme opsiyonunun NBD’den düşük sonuç vermesi hem getiri kısıtlılığı parametresinden hem de sürenin fazla olmasından kaynaklanmıştır. Terk etme opsiyonu yatırım değerlemede diğer opsiyonlardan farklı olarak satım opsiyonu olarak işleme alınmaktadır. Piyasa koşullarına göre yatırımı olumlu etkileyebileceği kadar olumsuzda etkileyebilmektedir. RES-1 ve RES-2 yatırımlarında her ne kadar terk etme opsiyonunun kullanımı olumlu sonuç vermemiş olsa da, Liu vd. (2019) Çin’deki bir rüzgâr enerji santrali için terk etme seçenekleri değerlendirmişler ve opsiyonun kullanılmasının yatırım için olumlu olacağı sonucunu elde etmişlerdir. Moon ve Baran (2018) Almanya, Japonya ve Kore’de çatı üstü konut fotovoltaik güneş enerji sistemleri için yürüttükleri çalışmada ise MCS ile hem NBD hem de GNBD elde ederek bir değerlendirme yapmışlardır. Her birinin NBD’si negatif sonuç veren bu yatırımlar için erteleme seçenekleri değerlendirilmiş ve GNBD’si pozitif veren bu seçeneklerin birbirlerine göre erteleme sürelerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Buna neden olarak en başta, her ülkenin özellikle elektrik fiyatlarını etkileyen devlet desteğinin farklı olması gösterilmiştir. Ülkeler arası farklılığın yansıtıldığı, Monjas-Barraso ve Balibrea-Iniesta (2013)’nın üç Avrupa Birliği ülkesi Danimarka, Finlandiya ve Portekiz’de RES değerlemesi için yaptıkları çalışmada MCS ve

Binomail yöntemi kullanarak analiz yapmışlardır. Çalışma sonucunda elde edilen GNBD'si en yüksek ülke sırasıyla Finlandiya, Danimarka ve Portekiz olmuştur. Buradan yine, her ülkenin yatırımcıya sunduğu tarife garantisi ya da teşviklerin farklı olduğu ve bu farklılığında direkt yatırım değerine etki ettiği görülmüştür. Bu nedenle özellikle büyük bütçeli yatırımlar olan yenilenebilir enerji tesislerinin değerlemesinde teşvik ve destek konuları önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye'de yatırımcılara yerli aksam kullanımı içinde ekstra bir devlet desteği bulunmaktadır. Bu çalışmada olduğu gibi böyle bir yatırımda mutlaka fiyat cetvellerinin projeye uygulanması yatırımcı için kazanç sağlamaktadır. Ama yerli aksam kullanılmadığı için ekstra bu devlet desteğinden yararlanılmamıştır. Bu durumun yatırım üzerindeki etkisini göstermek için Onar ve Kılavuz (2015) yaptıkları bu MCS ile analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Sonuçta aralarında yaklaşık 1 milyon dolarlık fark olduğu sonucunu elde etmişlerdir. MCS'de yatırım değerlemede sıklıkla tercih edilen bir yaklaşımdır. Öyle ki hem opsiyon değeri için hem de bu tez çalışmasında olduğu gibi volatilité parametresinin modellenmesinde MCS'nin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Asserto ve Byrne (2021), Balibrea-Iniesta (2020), Detert ve Kotani (2013), Eissa ve Tian (2017), Onar ve Kılavuz (2015), Loncar (2017), bunlardan bazılarıdır. MCS ile Crystal Ball ve Matlab yazılımı kullanarak yürütölen çalışmalarda mevcuttur. Çatı üstü fotovoltaik sistemlerinin yatırım değerlerini ve risklerini tahmin etmek için Penizzotto vd. (2019) Arjantin'de gerçekleştirdikleri çalışmada, NBD hesabı ve reel opsiyon değerlemesini analiz etmek için Matlab 2016a versiyonuna dayalı yazılım kullanmayı tercih etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda NBD'nin negatif sonuç vermesi ile erteleme opsiyonunu kullanarak pozitif GNBD elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada da volatilité parametresi MCS ile modellenmiştir. Loncar vd. (2017) ise volatilité parametresi için elektrik fiyatını modellerken Crystal Ball yazılımını kullanmayı tercih etmişlerdir. Aquila vd. (2020) Braziya'nın Bahia eyaletindeki Caetittee bölgesinde bir RES için yaptıkları çalışmada volatilité parametresini modellemek ve NBD elde etmek için yine Crystal Ball yazılımından yararlanmışlardır. Assereto ve Byrne (2021) İrlanda'da fotovoltaik güneş enerjisi santrali için MCS ile üç farklı senaryoda NBD ve GNBD karşılaştırması yapmışlardır. Opsiyon değeri, volatilité ve NBD için analitik yöntemler kadar simölasyonunda kullanılabilirliği oldukça fazladır. Yatırım değerlemede süreç stokastik olarak ilerlemektedir. Stokastik süreçler arasında en yaygın bilinen ve kullanılan GBH ve Ortalamaya Geri Dönüş Modelidir. Bu süreçlerin

her biri yatırımını farklı etkilemektedir. Bu tez çalışmasında sürecin GBH'yi takip ettiği düşünülerek analizler yapılmıştır. Bu konuda Brandao vd. (2013)'nin biyokütle enerji kaynakları ve Detert ve Kotani (2013)'nin de Moğolistan'da kömüre dayalı enerji sektöründen, rüzgâr, güneş ve termal enerji kaynaklarının kullanımına geçiş için yürüttükleri çalışmada her iki süreç için de analizler yapmışlar ve sonucunda GBH'nin Ortalama Geri Dönüş Modeli sürecine göre daha yüksek proje değerleri elde edilmesini sağladıkları sonucuna varmışlardır. Bu doktora tez çalışmasında yapılan uygulamalarda olduğu gibi bir yatırımın değeri pozitif ya da negatif olsun, opsiyon değerinin genel olarak yatırım değerini arttırdığı; ülkelerin devlet destek ve teşvik politikalarının yatırımdan elde edilecek getiri için oldukça önemli olduğunu ve kullanılan yöntemlerin genel olarak birçok projede birbirlerinin yerine kullanılabildiği ve seçilen stokastik sürecin dahi yatırım değeri için oldukça önemli etki ettiği bu bölümle de desteklenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yatırım değerlemede geleneksel yöntemlerden farklı olarak opsiyon değerinin yatırıma ek bir değer kattığı son yıllarda yapılan çalışmalarla desteklenmektedir. Geleneksel yöntemlerin proje değerlerini gerçeğe yakın yansıtmadığı ve olduğundan düşük değerle analiz ettiği gerekçesi yatırım değerlemede reel opsiyonları ön plana çıkartmıştır. Yatırım değeri negatif olan projeler opsiyon değeri ile pozitif dönerek, yatırımın değer kazanmasının haricinde, onaylanabilir olması da sağlanmaktadır. Opsiyon değeri sadece proje değeri negatif olan yatırımlar için de kullanılmamaktadır. Bir yatırım pozitif bir proje değerine sahip olsa bile, opsiyonun sunduğu esneklik seçeneklerini ek değer elde etmek, fırsatlardan yararlanmak ve kâr/zarar dengesini korumak için tercih edilebilmektedir. Çalışmadaki amaç sadece negatif ve pozitif sonuç veren iki projeyi analiz etmek değil, kullanılan değerlendirme yöntemleri arasında karşılaştırmalar yaparak benzerliklerini, farklılıklarını ve birbirlerinin yerine kullanılabilirliklerini de göstermektedir. Bu doktora tez çalışmasında RES-1 ve RES-2 projeleri için yapılan değerlendirmeler, uygulamalar sonrasında elde edilen sonuçlar ve sonuçlar doğrultusundaki öneriler aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

5.1. RES-1 için Sonuçlar ve Öneriler

Sinop İlinde %35 kapasite faktörüne sahip ve 5 MW elektrik üretim kapasiteli RES-1 için yapılan değerlendirmeye ilk olarak İNA yöntemiyle NBD elde edilerek başlanmıştır. NBD'si negatif olan yatırım için bir sonraki uygulama, reel opsiyonlarla değerlendirme yöntemlerinden Black-Scholes ve Binomial yöntemle opsiyon ve GNBD elde etmek olmuştur. Reel opsiyonlarla değerlendirme yöntemlerinin, risk, belirsizlik ve esneklik faktörlerini uygulamaya dâhil etmesiyle, negatif sonuç veren bir yatırımın pozitif sonuç alabileceği durumu gösterilmiştir. Reel opsiyonlarla değerlendirme için kullanılan parametrelerden, geleneksel yöntemle hesaplanan NBD tablosundaki Bugünkü Değerlerin 15 yıl için toplamı da 'Varlığın Şimdiki Değerini' oluşturmuştur. Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleriyle projeye bugün başlanması, volatilité değerindeki değişim, vade süresinin uzaması, esneklik faktörlerinden genişleme, terk etme ve erteleme opsiyonlarıyla uygulamalar yapılmıştır. Bu tez çalışmasında erteleme opsiyonu ile ilgili çok detaylı bir çalışma yürütülmüş olup, gerekli sonuç ve öneriler ile de literatüre katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleriyle elde edilen sonuçların birbirleriyle

karşılaştırma yapılmasının yanı sıra, negatif sonuç veren NBD'nin opsiyonlarla birlikte pozitif GNBD elde edilip edilemeyeceği de araştırılmıştır. Uygulamanın bu kısmına kadar analitik yöntemlerle hesaplama yapılmış olup, bu kısımdan sonrasında MCS ile değerlendirmelere devam edilmiştir. Bu aşamada Crystal Ball ve Matlab yazılımıyla çalışmalar yürütülmüş olup, birbirleri arasındaki sonuç değerlendirmeleri de yapılmıştır. Son olarak MCS ile elde edilen NBD, Bugünkü Değer ve volatilité için yeni parametre değerleriyle birlikte yeniden Black-Scholes ve Binomial yöntemle değerlendirme yapılmış, böylelikle simülasyon öncesi, simülasyon sonrası Crystal Ball ve Matlab ile elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak çalışma disiplinleri arasındaki sonuçlar değerlendirilmiştir. Uygulamalar genel olarak projeye bugün başlanması durumuna göre karşılaştırılmıştır. Hangi esneklik durumlarının bugünün şartlarından daha iyi sonuçlar vereceği yatırımcı için oldukça önemli bir konudur.

Volatilité değerinin net kârların doğal logaritması alınarak bulunması ile yapılan değerlemede, volatilité değerinin düşmesi ile birlikte opsiyon ve GNBD'nin de düştüğü görülmektedir. Reel opsiyonlarla değerlemede volatilité değişimi ile opsiyon değeri arasında doğru orantı olduğu gösterilmiştir. Uygulamanın devamında proje süresi 15 yıldan 20 yıla çıkartılarak opsiyon değerinin nasıl etkilendiği üzerine bir çalışma yürütülmüş, sürenin artmasıyla opsiyon değerinin de artış gösterdiği sonucu elde edilmiştir. Ekonomik ömrün uzamasının opsiyon değerini arttırdığı bilgisi de bu sonuçla desteklenmiştir.

Uygulamanın bundan sonraki kısımlarında genişleme, terk etme ve erteleme opsiyonları için çalışmalar yürütülmüş olup; erteleme opsiyonu için daha detaylı bir çalışma yapılmıştır. Genişleme opsiyonu bu projede RES-1 yatırımına 1 adet rüzgâr türbinin eklenmesiyle uygulanmış olup proje maliyetindeki değişim, varlığın kullanım fiyatına; nakit akıflardaki meydana gelecek değişimler de varlığın şimdiki değerine yansıtılmıştır. Değerleme sonucunda opsiyon ve GNBD, projeye bugün başlanması durumuna göre çok daha fazla değer kazanarak, RES yatırımı için onaylanabilir sonucunu vermiştir. Terk etme opsiyonu diğer opsiyonlardan farklı olarak satım opsiyonu ile işleme konulmaktadır. RES yatırımı opsiyon süresi boyunca herhangi bir zaman da terk etmek ya da devretmek üzerine satım opsiyonunun kullanıldığı bu uygulama da, varlığın şimdiki değeri değiştirilmeden sadece maliyeti yansıtan

kullanım fiyatının, terk etme değeri olarak kullanılması üzerine bir çalışma yürütülmüştür. Opsiyon değeri için pozitif sonuç elde edilmesine rağmen GNBD'nin negatif olması, projeyi terk etmenin kârlı bir seçenek olmadığı sonucunu göstermektedir.

Uygulamanın bundan sonraki kısmında erteleme opsiyonları için detaylı çalışmalar yürütülmüştür. Erteleme opsiyonunun kullanılması, geleceğe yönelik piyasa bilgisi ile ilgili yüksek ihtimalli tahminlerin yapılabildiği durumlarda avantaja dönüşmektedir. Bunun dışında erteleme, belirsizliği azaltan bir durum olduğu için opsiyon değerini genellikle azaltan bir durum olarak da bilinmektedir. Yine de ertelemenin projeye bugün başlanılmasından daha değerli sonuçlar verdiği çalışmalarda literatürde mevcuttur. NBD'ye göre daha yüksek sonuçlu elde edilen GNBD'nin ertelenmesi için, projeye bugün başlanması durumuna göre daha yüksek değerli bir sonuç vermesi gerekmektedir. Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemlerinin uygulanmasında dönemin piyasa koşullarına göre varlığın şimdiki değeri ve kullanım fiyatı değişmektedir. Özellikle literatürde nakit akışlardaki değişim için üç farklı çalışma şekli gözlemlenmiştir. Bir kısım çalışmada nakit akış kayıplarının getiri kısıtlılığı parametresi ile uygulaması yapılırken; bir kısım çalışmada da nakit akışlarda sayısal bir değişim olmadığı düşünülerek, erteleme süresinden kaynaklı sadece maliyet değişimleri üzerinden hesaplamalar yürütülmüştür. Bu iki durumun haricinde birde tesisin henüz yapılmadığı öngörülerek piyasa koşullarında artan enflasyon, elektrik fiyatı, rüzgâr kapasitesinin değişmesi gibi durumlara göre maliyetlerin değiştiği kadar nakit akışların da aynı oranda ve tersi yönde değişebileceği düşünülerek çalışmalar devam etmiştir. Getiri kısıtlılığı parametresinin projeye dâhil edildiği durumlarda Black-Scholes ve Binomial yöntemin her ikisi için de maliyetin azalması ya da artması durumuna bakılmaksızın, opsiyon ve proje değeri üzerinde fazla etkili olduğu sonucu elde edilmiştir. Özellikle Black-Scholes yönteminde bu fark çok daha fazla olmuştur. Buda getiri kısıtlılığı parametresinin yöntemlerdeki kullanım şeklinin sorgulanmasına neden olmuştur. Uygulamadan çıkartılan bir başka sonuç ise erteleme süresinin artmasının belirsizliği azalttığı için, opsiyon değerini de düşürüyor olmasıdır.

Erteleme opsiyonunda getiri kısıtlılığının opsiyon değeri üzerindeki fazla etkisini araştırmak üzere çalışmaya, nakit akışlarda sayısal bir değer kaybı olmayacağı,

oluşabilecek kayıpların maliyetlerdeki değişimler tarafından tolere edileceğinin düşünüldüğü öngörülerek devam edilmiştir. Maliyet değerleri azalan ve artan durumlar için uygulamalar yapılmış ve sonuç olarak opsiyon ve GNBD'lerin projeye bugün başlanması sonucunda elde edilen opsiyon ve proje değerleriyle yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Özellikle bu RES yatırımı için, nakit akış kaybının maliyetlerdeki azalmayla tolere edildiğini öngördüğümüz uygulamada, 1 ve 3 yıl erteleme opsiyonunun kullanılmasının bu şartlar altında onaylanabilir sonuçlar verdiği sonucu elde edilmiştir. Erteleme süresinin artması da bu şartlar altında yapılan uygulamada opsiyon değerini arttıran bir faktör olmuştur.

Ertelemeden kaynaklı nakit akışlarda meydana gelecek kaybın, getiri kısıtlılığı parametresi ile yapıldığı uygulamalar sonrasında, birde sayısal olarak yapılacak değişimin sonuçları nasıl etkileyeceği yönünde bir çalışma yürütülmüştür. Özellikle Black-Scholes yöntemi sonucunda elde edilen büyük farkın nakit akış değişiminden mi yoksa getiri kısıtlılığı parametresinden mi olduğunu anlamak için bu uygulamanın sonuçları çalışma için oldukça önemli olmuştur. Yapılması planlanan santralin henüz başlamadığı ve ertelenen süre içerisinde piyasa koşullarından kaynaklı parametrelerdeki sayısal değişimin hem maliyet hem de nakit akışlar üzerinde etkisi olacağı öngörülerek her iki parametre değerinde de aynı oranca ama ters orantı kurularak değişim yapılmıştır. Nakit akışların arttığı maliyetin ise azaldığı durumda proje ertelenmesi avantajlı durum haline gelmiştir. Erteleme süresinin artması opsiyon değerini de arttıran faktör olarak bu uygulamada da görülmüştür. Aynı durum getiri kısıtlılığının olmadığı ve maliyetin azaldığı durumda da görülmüş olup, opsiyon değeri üzerinde erteleme süresinin artışının maliyetin azalırken nakit akışlarında nakit kayıplarını karşılayabildiği durumlarda olabildiği sonucuna varılmıştır. Son olarak nakit akışların azaldığı maliyetin ise arttığı durum üzerinden uygulama yapılmış ama istenilen avantajlı durum elde edilmediği için bu şartlar altında erteleme opsiyonunun kullanılmasının uygun olmayacağına karar verilmiştir.

Özellikle büyük bütçeli yatırımlarda ekonomik ömürlerin uzun olmasından kaynaklı ilerleyen yıllardaki piyasa verilerini kesin ve net bir şekilde tahmin etmek olası değildir. Bu yüzden geleceğin yatırım üzerindeki belirsizlik ve risklerinin proje değerine etkisinin yansıtılması gerekmektedir. Reel opsiyonların yatırım değerlemede hedeflediği amaç, bu doktora tez çalışması ile desteklenmek istenmiştir. RES-1 projesi

negatif NBD'ye sahip olduğu için opsiyon değerinin yatırım üzerindeki etkisi daha net görülmektedir. Bir yatırımın onaylanabilmesi için opsiyon değerinin pozitif olması yeterli değildir. Opsiyon değerinin NBD'den fazla olması yani GNBD'nin de pozitif bir değer alması gerekmektedir. Opsiyonların sunduğu esneklik seçenekleri her yatırım için avantajlı bir durum yaratmayabilir. Bu çalışmada terk etme opsiyonunun kârlı bir seçenek olmadığı gözlemlenmiştir. Özellikle erteleme opsiyonu için genel bir yatırım kuralının olmaması çok değişkenli sonuçlara yol açabilmektedir. Getiri kısıtlılığı parametresinin kullanımının Black-Scholes yönteminde daha geliştirilebilir olması gerektiği çalışmadaki önemli sonuç ve öneriler arasında yer almaktadır. Bunun için yapılan detaylı çalışmalar içerisinde özellikle iki uygulama bu durumu daha net yansıtmaktadır. Maliyetin her iki uygulamada da risksiz faiz oranınca arttığı öngörülmüş, nakit akışlar ise bir uygulamada getiri kısıtlılığı parametresi ile bir uygulamada ise risksiz faiz oranınca azaltılmıştır. 1 yıl erteleme düşünüldüğünde 1/15 yani yaklaşık %6'ya denk gelen getiri oranı, risksiz faiz oranı olan %12,28'ten daha az bir oran olmasına rağmen nakit akışları daha fazla azalan yönde etkilemiştir. Binomial değerlendirme yöntemi için benzer sonuçların elde edilmesi, Black-Scholes yöntem ile elde edilen değer farkına daha çok dikkat çekmektedir. Genel bir literatür bilgisi olan ertelemenin opsiyon değerini azalan yönde etkilemesi durumu ise, bu çalışmadaki uygulamalarda elde edilen sonuçlar ile her zaman bu yargının gerçekleşmeyebileceği yönünde olmuştur. Opsiyonun sunduğu genişleme, terk etme gibi esneklik seçenekleri piyasa verilerine bağlı iken erteleme opsiyonu için durumun daha karmaşık olduğu ve bu konuda kesin bir yargının olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Seçenekler arasında en fazla tercih edilen bu opsiyon türü için, yatırım şartları ve piyasa koşullarına göre iyi bir analiz sonrası avantajlı bir durum elde etmenin mümkün olduğu da elde edilen bulgular ile gösterilmiştir.

Uygulamanın devam eden kısmında MCS için çalışmalar yürütülmüştür. NBD, Bugünkü Değer ve volatilité parametreleri hem Crystal Ball hem de Matlab yazılımı ile geleneksel yöntemlere göre yaklaşık aynı değerler elde edilmiş olup, sonrasında Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleriyle opsiyon ve GNBD hesaplanmıştır. Sonuçlara bakıldığında MCS için Crystal Ball ve Matlab yazılımlarının her birinin de yaklaşık benzer sonuçlar vermesi, her iki yazılımında uygulamalar için kullanılabilirliğini göstermiştir. Burada dikkat edilmesi gereken

hususlar, olasılık dağılımları ve parametrelere tanımlanan alt-üst sınır değerlerinin aynı olması olacaktır. Geleneksel yöntemlerle elde edilen sonuçlarla da benzer sonuçların elde edilmesi, sadece iki yazılım arasında değil analitik çözümlere göre de kullanılabilirliklerinin olduğu sonucunu ortaya koymuştur. Genel olarak hem Black-Scholes ve Binomial yöntemle hem de MCS analizi ile elde edilen sonuçların birbirlerine yakın olması ilerleyen dönemde yapılacak çalışmalar için de kullanılabilirlikleri yönünden faydalı olacaktır. **Literatürde yapılmış çalışmalara bakıldığında, yöntemler arası sonuçların karşılaştırarak değerlendirmelerinin yapıldığı pek fazla araştırmaya rastlanmamıştır. Bu anlamda RES-1 ve RES-2 yatırımlarında yöntemler arası sonuçların karşılaştırılmalarının yapılmasının, literatüre katkı sağlayacağı da öngörülmektedir.**

Yenilenebilir enerjinin kullanımı; erişilebilir, sürdürülebilir ve temiz enerjinin kullanılması anlamına da gelmektedir. Birleşmiş Milletler üyesi ülkeler tarafından 2030 yılına kadar “Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları” doğrultusunda belirlenen hedefler arasında erişilebilir ve temiz enerjinin kullanımı da yer almaktadır. Sera gazı emisyonları nedeniyle çevre kirliliğine sebep olan fosil yakıtların kullanımının azalması için devletlerin yatırımcılar için caydırıcı vergiler uygulamalarının yanı sıra yenilenebilir enerji kullanımının artması için de devlet destek ve teşvikleri uygulamaktadır. Yatırımcıya ekonomik anlamda da karlı bir yatırım olduğunu göstermek, kullanım alanının genişlemesi için oldukça önemli bir adımdır. Bu anlamda reel opsiyonların kullanımında opsiyondan kaynaklı kazanılan ekstra değer, yenilenebilir enerji santrallerinin kurulum oranını olumlu yönde artıracığı öngörülmektedir. Yatırımcılar düşük maliyete karşılık yüksek getiri oranını hedefleyerek ekonomik ömür süresi sonunda kar elde etmeyi amaçlamaktadır. Yenilenebilir enerji santrallerinin özellikle ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasının yatırımı olumsuz etkilememesi için “Varlık Yönetim Sistemleri (VYS)” ni yatırıma entegre etmek oldukça avantaj sağlamaktadır. Öyle ki ISO standartları ile birlikte çalışan bu sistemin hedefledikleri arasında varlıkların daha uzun ömürlü kullanılması, bilinçli varlık planlaması yapılması ve yatırımı kararları alınması bu sayede varlık bazlı yatırım maliyetinin düşürülmesi, riskin yönetilmesi, çevresel ve sosyal etkinin asgariye indirilmesi ve kuruluşun sürdürülebilirliğinin artması yatırımcı için oldukça ilgi çekici olmaktadır. Bu nedenlerle, gerekli görülen durumlarda, değerlendirme öncesi

VYS'nin kurulmasının opsiyonların değerini arttıracakđı öngörölmektedir. Ayrıca kadaastro çalışmaları ve devletin bu alanda yaptığı büyük bütçeli yatırımlarda, kentsel ve kırsal alanlarda yapılacak arazi ile ilgili çalışmaların tamamında yani arazi yönetimini ve değerlemesini kapsayan her türlü yatırımda reel opsiyonların kullanılmasının yatırımcı için oldukça karlı olacağı hem yapılan RES-1 ve RES-2 uygulamalarının sonuçları hem de literatür araştırmalarına ait sonuçlar doğrultusunda, öngörölen ve önerilen bir başka durumdur.

5.2. RES-2 için Sonuçlar ve Öneriler

Reel opsiyonların, NBD'si negatif çıkan yatırımlar dışında da kullanılabilir olduğunu ve ekstra değer kattığını göstermek için yapılan RES-2 yatırımı için uygulamalar RES-1 yatırımı ile aynı olacak şekilde sırasıyla gerçekleştirilmiştir. Bir tek volatilitte değerinin değişimi, logaritmik nakit akışların 0'a çok yakın bir değer vermesinden kaynaklı, bu yatırım için uygulanmamıştır. RES-2 yatırımı da Sinop ilinde %35 kapasite faktörlü ve 5 MW elektrik üretim kapasiteli olmasının yanı sıra aynı zaman diliminde kurulacağının öngörölmesi ile değerlendirilmiştir. Bu yatırımın pozitif NBD'ye sahip olmasının en büyük nedeni, ilk yatırım maliyeti hesaplama kaleminde arsa yatırımının ekstra bir değer olarak yansıtılmamasından kaynaklanmaktadır. Her ne kadar aynı il, aynı faktörler ve aynı piyasa koşulları mevcut olsa da öz kaynakların farklı olması, yatırımlar üzerinde oldukça etkili olmaktadır. Değerlemede dikkat edilmesi gereken husus nakit akışların nakit kaybını karşılması gerekliliğidir.

Uygulamaya vade süresinin arttığında opsiyon değerini nasıl etkilediği araştırılarak başlanmıştır. Vade süresinin $T=15$ yıldan $T=20$ yıla çıkması opsiyon değerinde de artış olmasını sağlamıştır. Sonraki uygulama esneklik türlerinden literatürde en sık kullanılan genişleme ve terk etme opsiyonlarıdır. Genişleme opsiyonu öngörölen piyasa koşullarında projeye bugün başlanılması durumuna göre çok daha avantajlı olurken, terk etme durumunda ise sunulan şartlar altında dezavantajlı bir sonuç elde edilmiştir. Bu durumda bu proje için terk etme opsiyonun her hangi bir zaman diliminde uygulanması yatırım için doğru bir karar olmadığı sonucuna varılmıştır. Bir sonraki esneklik türü olan erteleme opsiyonu için RES-2'de de detaylı bir çalışma yürütölmüştür. Uygulamalar, RES-1 projesinde kullanılan oranlar ve uygulama şekilleri aynı olacak şekilde yapılmıştır. Getiri kısıtlığı parametresi

yatırımın ertelenen süre boyunca nakit akışlarda meydana gelecek fırsat kaybını ifade etmektedir. Projede 1 ve 3 yıllık erteleme opsiyonları için maliyetin hem arttığı hem de azaldığı durumlarda uygulamalar yapılmıştır. Sonuçlar, projeye bugün başlanılması durumuna göre daha az değerli ve iki yöntemin birbirlerine göre farklı sonuçlar vermesi ile sonuçlanmıştır. Erteleme süresinin artması Black-Scholes değerleme yönteminde çok daha büyük farkların oluşmasına neden olurken, Binomail yöntem bu durumda gerçeğe daha yakın sonuçlar vermiştir. Bu durumun nakit akışlarda meydana gelebilecek kayıpların getiri kıtlığı ile formülize edilme şeklinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durumu araştırmak için ertelemeden kaynaklı nakit akış kayıpları iki farklı şekilde daha düşünülerek uygulamalara devam edilmiştir. Bunlardan ilki sayısal bir nakit akış kaybı olmadığı düşünülerek sadece maliyetlerdeki değerim projeye yansıtılmıştır. Literatürde bu tür uygulamalarla da karşılaşılmış olup, getiri kıtlığı parametresinin formüllere dâhil edilmediği görülmüştür. Nakit akış kayıplarının maliyetler üzerinden tolere edildiği ve “Varlığın şimdiki Değer”nde sayısal bir değerim yapmadan elde edilen sonuçlar da, getiri kıtlığı parametresi dâhil edildiğindeki sonuçlardan çok farklı olmuştur. Maliyetin azaldığı durumdaki uygulamalarda erteleme süresinin artmasıyla opsiyon değerleri de artmış, bu da maliyetteki azalmanın nakit akış kayıplarını tolere ettiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu şartlar altında elde edilen opsiyon ve proje değerleri, projeye bugün başlanılması durumundaki değerden daha fazla olması yatırımcı içinde daha onaylanabilir bir sonuç olmuştur. ıkartılacak bir başka sonuç ise Black-Scholes ve Binomail değerleme yöntemlerinin yaklaşık benzer sonuçlar verdikleri olmuştur. Bir sonraki erteleme opsiyonu için değerlen piyasa koşullarında maliyeti arttıran ya da azaltan etkenler olduğu gibi, aynı şekilde nakit akışlarda aynı ama ters oranda değerim olabileceği öngörülmüştür. Bunun araştırılması için projede kullanılan oranlar risksiz faiz oranı ve %30 olarak belirlenmiştir. Uygulamalardan %30 oranında nakit akışların arttığı maliyetin ise azaldığı durum, projeye bugün başlanılması durumuna göre çok daha iyi sonuçlar vererek, yatırımcı için olumlu bir durum oluşturmuştur. Maliyet ve nakit akışların sayısal olarak değerim gösterdiği bu uygulamalarda da yine Black-Scholes ve Binomail değerleme yöntemleri birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. Getiri kıtlığı parametresinin uygulamalar üzerindeki etkisini açıklamak üzere son uygulama ile ilgili bir örnekleme yapacak olursak, risksiz faiz oranınca nakit akışların azaldığı maliyetin ise arttığı durumda, 1 yıl erteleme için uygulanan getiri kıtlığı 1/15 yaklaşık

%6'ya denk geldiği düşünülecek olursa bu oran %12.28'den daha düşüktür. Risksiz faiz oranı getiri kısıtlılığı oranından daha fazla olmasına rağmen, Black-Scholes değerlendirme yöntemiyle aralarındaki farklar oldukça fazladır. Bununla birlikte risksiz faiz oranı getiri kısıtlılığı oranından fazla olmasına rağmen, opsiyon değeri daha yüksek sonuç vermiştir. Aynı örnek RES-1'de de verilmiş olup, RES-1'de olduğu RES-2'de yapılan uygulamalar sonucunda getiri kısıtlılığı parametresinin özellikle Black-Scholes değerlendirme yönteminde formülize edilme şeklinin uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Uygulamanın sonraki aşamasında MCS ile NBD, Bugünkü Değer ve volatilité parametresinin 10.000 deneme sayılı simülasyon sonucunda yeni değerleri elde edilmiştir. MCS, Crystal Ball ve Matlab olmak üzere iki ayrı yazılım kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar hem geleneksel yöntem hem de yazılımların birbirlerine göre karşılaştırılması yapılmıştır. Bu noktada dikkat edilmesi gerekenler ilk olarak her iki yazılımda da girdi parametrelerine ait tanımlanan olasılık dağılımlarının aynı olması, çıktı parametreleri için tanımlanan algoritmaların aynı şekilde formülize edilmesi ve girdi parametreleri için aynı oranca alt-üst sınır değerleri aralıkları tanımlanmasıdır. Bu işlem adımlarına dikkat edilerek elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde NBD, Bugünkü Değer volatilité parametresi için benzer sonuçlu değerler elde edilmiştir. Devamında Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleri ile simülasyon sonrası elde edilen yeni değerler kullanılarak projeye bugün başlanması durumundaki opsiyon ve proje değerleri hesaplanmıştır. Bu kez karşılaştırmalar Black-Scholes ve Binomial değerlendirme yöntemleri için simülasyon öncesi ve sonrasında Crystal Ball ve Matlab olarak değerlendirilmiş ve bu üç farklı çalışma ile yakın sonuçların elde edilmesi, bu tarz yatırım değerlendirme projelerinde yöntemler arası farkın olmamasından kaynaklı, üçünün de kullanılabilir oldukları sonucunu vermiştir.

RES-2 yatırımından elde edilen sonuçlar ile RES-1 yatırımından elde edilen sonuçlar genel olarak benzerlik göstermektedir. Hem reel opsiyon değerlendirme yöntemlerinin hem de simülasyonun benzer sonuçlar vermesi bu yatırım projesi ile de desteklenmiştir. Simülasyonda benzer olasılık dağılımlarının seçilmesi ve alt-üst sınır değerlerinin aynı tanımlanması koşulu sağlandıktan sonra yazılım seçiminin farklılık yaratmadığı da görülmektedir. Erteleme opsiyonu için her iki yatırımda da benzer

sonuçlarla karşılaşılmıştır. Bu nedenle sonuç ve neriler RES-1 yatırımı ile aynı benzerdir. NBD’si negatif olan bir yatırımı pozitive dönüştüren opsiyonların, NBD’si pozitif olan bir yatırım içinde aynı oranda avantaj sağladığı ve reel opsiyonların sadece negatif proje değerine sahip olan yatırımlar için kullanılması genellemesinin yapılmaması gerektiği bir başka kartılan sonuçtur. Geleneksel yöntemle değerlemenin en büyük kısıtlamalarından olan yatırım değerini olduğundan düşük analiz etmesi sorunu, reel opsiyonlarla yapılan uygulamaların tamamında elde edilen yüksek proje değerleriyle de gösterilmiştir.



KAYNAKLAR

- 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Resmi Gazete:25819, C. 44, 18.5.2005.
- 5686 Sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, Resmi Gazete: 26551, Devre 5, C. 46, 3.6.2007
- 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, Resmi Gazete:28603, C. 53, 30.3.2013.
- Aase, K.K. (1985). Accumulated claims and collective risk in insurance: Higher order asymptotic approximations. *Scandinavian Actuarial Journal*. 1985(2), 65-85.
- Acaroğlu, M. (2013). *Alternatif Enerji Kaynakları*. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Dan. Tic. LTD. ŞTİ: Ankara.
- Adib, R., Murdock, H. E., Appavou, F., Brown, A., Epp, B., Leidreiter, A. and Farrell, T. C. (2015). Renewables 2015 global status report. *REN21 Secretariat, Paris, France*, 162.
- Ajak, A.D. and Topal, E. (2015). Real option in action: An example of flexible decision making at a mine operational level. *Resources Policy*, 45. 109-120.
- Alleman, J.H., Alleman, J.J. and Noam, E.M. (Eds.). (1999). *The new investment theory of real options and its implication for telecommunications economics* (Vol. 34). Heidelberg: Springer Science & Business Media.
- Amram, M. and Kulatilaka, N. (1999). Disciplined decisions. *Harvard Business Review*, 77(1), 95-96.
- Amram, M., Kulatilaka, N. and Henderson, J.C. (1999). Taking an option on IT: Technology value-real options theory evaluates technology investments by linking them to the financial market. *CIO-FRAMINGHAM MA*-,12, 46-53.
- Anderson, R.C. and Weersink, A. (2014). A real options approach for the investment decisions of a farm-based anaerobic digester. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 62(1). 69-87.
- Ansbacher, M. (2000). *The New Options Market* (Vol. 98). USA: John Wiley & Sons.
- Aquila, G., de Queiroz, A.R., Balestrassi, P.P., Junior, P.R., Rocha, L.C.S., Pamplona, E.O. and Nakamura, W.T. (2020). Wind energy investments facing uncertainties in the Brazilian electricity spot market: a real options approach. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 42, 100876.
- Arratia, A. (2014). Computational finance. *An Introductory Course with R, Atlantis Studies in Computational Finance and Financial Engineering*, 1.
- Assereto, M. and Byrne, J. (2021). No real option for solar in Ireland: A real option valuation of utility scale solar investment in Ireland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110892.
- Aydın, L. (2014). *Enerji Ekonomisi ve Politikaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Bachelier, L. (1964). Theory of speculation (originally published in 1900). *The random character of stock market prices*. Cambridge, MIT Press.
- Bahgat, G. (2006). Europe's energy security: challenges and opportunities. *International affairs*, 82(5), 961-975.
- Baker, H.K., and Martin, G.S. (2011). *Capital structure and corporate financing decisions: theory, evidence, and practice*. New Jersey: John Wiley & Sons.

- Balibrea-Iniesta, J. (2020). Economic analysis of renewable energy regulation in France: A case study for photovoltaic plants based on real options. *Energies*, 13(11), 2760.
- Bangjun, W., Feng, Z., Feng, J., Yu, P. and Cui, L. (2022). Decision making on investments in photovoltaic power generation projects based on renewable portfolio standard: Perspective of real option. *Renewable Energy*, 189, 1033-1045.
- Bartolini, F. and Viaggi, D. (2012). An analysis of policy scenario effects on the adoption of energy production on the farm: A case study in Emilia–Romagna (Italy). *Energy policy*, 51, 454-464.
- Bazilian, M., Onyeji, I., Liebreich, M., MacGill, I., Chase, J., Shah, J. and Zhengrong, S. (2013). Re-considering the economics of photovoltaic power. *Renewable Energy*, 53, 329-338.
- Bhattacharya, R.N. and Waymire, E.C. (2021). *Random Walk, Brownian Motion, and Martingales* (p. 113). Heidelberg: Springer.
- Bilir, H. (2012). *Enerji Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Reel Opsiyon Yaklaşımı*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı, 233, Ankara.
- Bilir, H. (2019). Reel Opsiyonların Yatırım Projeleri Analizlerinde Kullanımı. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 56(648). 83-119.
- Black, F. and Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of political economy*, 81(3), 637-654.
- Bockris, J.M. (2009). *Renewable energies: feasibility, time and cost options*. Nova Science Publishers: New York.
- Bolak, M. (2000). *Finansi*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Boomsma, T.K., Meade, N. and Fleten, S.E. (2012). Renewable energy investments under different support schemes: A real options approach. *European Journal of Operational Research*, 220(1), 225-237.
- Borison, A. (2005). Real options analysis: Where are the emperor's clothes? *Journal of applied corporate finance*, 17(2), 17-31.
- Bouleau, N. and Lepingle, D. (1994). *Numerical methods for stochastic processes* (Vol. 273). USA: John Wiley & Sons.
- Boyle (2003). *Energy Systems and Sustainability Power For Sustainable Future*. Oxford University Press: Oxford.
- Boyle, A.R. (2004). *An assessment of the significance of assigning weights in multi-criteria analysis when applied to environmental decision problems* (Doctoral dissertation, Department of Environmental Science and Technology, Imperial College London).
- Boyle, G. (2004). *Renewable Energy Power For A Sustainable Future*. Oxford:University Press.
- Boyle, P.P. (1977). Options: A monte carlo approach. *Journal of financial economics*, 4(3), 323-338.
- Brabazon, A., O'Neill, M. and Dempsey, I. (2008). An introduction to evolutionary computation in finance. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 3(4), 42-55.
- Brach, M.A. (2003). *Real options in practice* (Vol. 198). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Brandão, L. E. T., Penedo, G. M. and Bastian-Pinto, C. (2013). The value of switching inputs in a biodiesel production plant. *The European Journal of Finance*, 19(7-8), 674-688.

- Brealey, R.A. and Kaplanis, E. (2004). The impact of IMF programs on asset values. *Journal of International Money and Finance*, 23(2), 253-270.
- Brennan, M.J. and Schwartz, E.S. (1985). Evaluating natural resource investments. *Journal of business*, 135-157.
- Brigham, E.F. and Houston, J.F. (2004). *Fundamentals of Financial Management*, concise 4th ed. *South-Western Educational Publication*, Mason, OH.
- Brosch, R. (2008). *Portfolios of real options* (Vol. 611). Heidelberg: Springer Science & Business Media.
- Brounen, D., De Jong, A. and Koedijk, K. (2004). Corporate finance in Europe: Confronting theory with practice. *Financial management*, 71-101.
- Broyles, J. (2020). *Financial management and real options*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Busby, R. (2012). *Wind Power The Industry Grows Up*. USA: PennWell.
- Canik, B., Çelik, M. ve Arğün, Z. (2000). *Jeotermal enerji*. Ankara: AÜ FF Yayınları.
- Castelli, C. (1877). *The theory of "options" in stocks and shares*. London: FC Mathieson.
- Chambers, N. (2005). Gerçek Opsiyonların Fiyatlandırılması. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (26), 70-80.
- Chance, D.M. and Brooks, R. (2015). *Introduction to derivatives and risk management*. Boston: Cengage Learning.
- Cheah, C.Y. and Garvin, M.J. (2009). Application of real options in PPP infrastructure projects: Opportunities and challenges. *Policy, Finance & Management for Public-Private Partnerships*. Wiley-Blackwell. 229-249.
- Childs, P.D. and Triantis, A.J. (1999). Dynamic R&D investment policies. *Management Science*, 45(10), 1359-1377.
- Conroy, R.M. (2003). *Options on Stock Indexes, Currencies, and Futures*.
- Copeland, T. and Antikarov, V. (2001). *Real options*. New York: Texere.
- Copeland, T. and Antikarov, V. (2003). *Real options: A practitioner's guide, revised edition*. New York, Texere.
- Cox, J.C., Ross, S.A. and Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of financial Economics*, 7(3), 229-263.
- Cui, Q., Bayraktar, M. E., Hastak, M. and Minkarah, I. (2004). Use of warranties on highway projects: A real option perspective. *Journal of Management in Engineering*, 20(3), 118-125.
- Čulík, M. (2016). Real options valuation with changing volatility. *Perspectives in Science*, 7, 10-18.
- Çelikkaya, A. (2017). Yenilenebilir enerjinin teşvikine yönelik uluslararası kamu politikaları üzerine bir inceleme. *Maliye dergisi*.172:52-84.
- Damodaran, A. (2002). Equity risk premiums. *In Ratings, Rating Agencies and the Global Financial System*, 269-285.
- Damodaran, A. (2005). *The promise and peril of real options*. New York: New York Uni Working Paper.
- Damodaran, A. (2008). What is the riskfree rate? A Search for the Basic Building Block. *A Search for the Basic Building Block*.

- Damodaran, A. (2012). *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Damodaran, A. (2013). Equity risk premiums (ERP): Determinants, estimation and implications–The 2013 edition. *Managing and measuring risk: Emerging global standards and regulations after the financial crisis*, 343-455.
- de Neufville, R. (2002). Architecting/designing engineering systems using real options. MIT Engineering Systems Symposium, Mayıs, 2022.
- de Oliveira, D. L., Brandao, L. E., Igrejas, R. and Gomes, L. L. (2014). Switching outputs in a bioenergy cogeneration project: A real options approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36, 74-82.
- Demireli, E. (2007). Finansal Yatırım Ve Kararlarında Risk Unsuru Ve Riske Maruz Değer. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Entitüsü Dergisi*, 9(1), 122-134.
- Detert, N. and Kotani, K. (2013). Real options approach to renewable energy investments in Mongolia. *Energy Policy*, 56, 136-150.
- Di Bari, A. (2020). A real options approach to value solar energy investment with public authority incentives: The Italian case. *Energies*, 13(16), 4181.
- Dias, M.A.G. (2005). Real options, learning measures, and Bernoulli revelation processes. In *Working Paper presented at the 9th Annual International Conference on Real Options, Paris, June*.
- Dincer, I. (2000). Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4(2).157-175.
- Dixit, A.K. and Pindyck, R.S. (1995). The new option view of investment. *The Harvard Business Review*.
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Kadner, S., Zwickel, T and Matschoss, P. (Eds.). (2011). *Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press.
- Eissa, M.A. and Tian, B. (2017). Lobatto-milstein numerical method in application of uncertainty investment of solar power projects. *Energies*, 10(1), 43.
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, Resmi Gazete: 28809, 02.11.2013.
- Enerji Atlası (2022). *Ülkelere Göre Jeotermal Enerji*. Erişim: 18 Kasım 2022, <https://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-jeotermal-enerji.html>.
- Ersen, H.Y., Tas, O. and Ugurlu, U. (2022). Solar Energy Investment Valuation With Intuitionistic Fuzzy Trinomial Lattice Real Option Model. *IEEE Transactions on Engineering Management*.
- ETKB (2022a). *Nükleer Enerji*. Erişim: 22 Eylül 2022, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-nukleer-enerji>.
- ETKB (2022b). *Rüzgâr*. Erişim: 21 Eylül 2022, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar>.
- ETKB (2022c). *Güneş*. Erişim: 21 Eylül 2022, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes>.
- ETKB (2022d). *Hidrolik*. Erişim: 22 Eylül 2022, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik>.
- ETKB (2022e). *Biyokütle*. Erişim: 21 Eylül 2022, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle>.

- ETKB (2022f). *Jeotermal*. Erişim: 22 Eylül 2022, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal>.
- Everett, B. (2004). *Solar Thermal Energy*. Oxford University Press: Oxford.
- F. (2001). *Principles of random walk* (Vol. 34). Heidelberg: Springer.
- Fanchi, J. R. (2013). *Energy In the 21st Century (3rd Edition)*. Singapore: World Scientific Publishing Company.
- Fernandes, B., Cunha, J. and Ferreira, P. (2011). The use of real options approach in energy sector investments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4491-4497.
- Financial Times Limited. (1998). *Mastering Finance: The Complete Finance Companion*. Financial Times Management.
- Fleten, S. E., Linnerud, K., Molnár, P. and Nygaard, M. T. (2016). Green electricity investment timing in practice: Real options or net present value? *Energy*, 116, 498-506.
- Gahrooei, M.R., Zhang, Y., Ashuri, B. and Augenbroe, G. (2016). Timing residential photovoltaic investments in the presence of demand uncertainties. *Sustainable cities and society*, 20, 109-123.
- Gan, Q. and Elsworth, D. (2014). Analysis of fluid injection-induced fault reactivation and seismic slip in geothermal reservoirs. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119(4), 3340-3353.
- Gan, Q. and Lei, Q. (2020). Induced fault reactivation by thermal perturbation in enhanced geothermal systems. *Geothermics*, 86, 101814.
- Garvin, M.J. and Cheah, C.Y. (2004). Valuation techniques for infrastructure investment decisions. *Construction management and economics*, 22(4), 373-383.
- Gazheli, A. and van den Bergh, J. (2018). Real options analysis of investment in solar vs. wind energy: Diversification strategies under uncertain prices and costs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 2693-2704.
- Giglio, S., Kelly, B. and Xiu, D. (2022). Factor models, machine learning, and asset pricing. *Annual Review of Financial Economics*, 14, 337-368.
- Gobet, E. (2016). *Monte-Carlo methods and stochastic processes: from linear to non-linear*. United Kingdom: Chapman and Hall/CRC.
- Gong, P. and Li, X. (2016). Study on the investment value and investment opportunity of renewable energies under the carbon trading system. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 14(4), 271-281.
- Graham, C. And Talay, D. (2013). *Stochastic simulation and Monte Carlo methods: mathematical foundations of stochastic simulation* (Vol. 68). Heidelberg: Springer Science & Business Media.
- Graham, J.R. and Harvey, C.R. (2001). The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field. *Journal of financial economics*, 60(2-3), 187-243.
- Gupta, S. D. (2021). Using real options to value capacity additions and investment expenditures in renewable energies in India. *Energy Policy*, 148, 111916.
- Guthrie, G. A. (2009). *Real options in theory and practice*. Oxford: Oxford University Press.
- GWEC (2021). Global Wind Report. Erişim: 10 Ekim 2022, <https://gwec.net/global-wind-report-2021/>.

- Hatipoğlu, M. ve Yener, E. (2013). Firma Değerlemesinde İndirgenmiş Nakt Akımları Yöntemi: BIST Elektrik Endeksinde Bir Uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 8(3), 7-29.
- Herzog, H. (2001). What future for carbon capture and sequestration?. *Environmental Science and Technology-Columbus*, 35(7), 148A.
- Hitchner, J. R. and Mard, M. J. (2003). *Financial valuation workbook*. USA: John Wiley & Sons.
- Hodgson, P.E. (2010). *Energy, the Environment and Climate Change*. Imperial College Press: London.
- Horn, A., Kjørland, F., Molnár, P. and Steen, B. W. (2015). The use of real option theory in Scandinavia's largest companies. *International Review of Financial Analysis*, 41, 74-81.
- Huchzermeier, A. and Loch, C.H. (2001). Project management under risk: Using the real options approach to evaluate flexibility in R... D. *Management Science*, 47(1), 85-101.
- Hull, J. (2009). *Solutions Manual [to Accompany] Options, Futures, and Other Derivatives*. Londra: Pearson Education.
- Hull, J. and White, A. (2015). A generalized procedure for building trees for the short rate and its application to determining market implied volatility functions. *Quantitative Finance*, 15(3), 443-454.
- Hull, J. C., Predescu, M. and White, A. (2005). *The valuation of correlation-dependent credit derivatives using a structural model*. Available at SSRN 686481, Toronto.
- IRENA (2020). Renewable Capacity Statistics. Erişim: 9 Eylül 2022, <https://www.irena.org/publications/2020/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2020>.
- Jeon, C., Lee, J., & Shin, J. (2015). Optimal subsidy estimation method using system dynamics and the real option model: Photovoltaic technology case. *Applied Energy*, 142, 33-43.
- Jog, V.M. and Srivastava, A.K. (1995). Capital budgeting practices in corporate Canada. *Financial practice and education*, 5(2), 37-43.
- Kapucugil İkiz, A. ve Deveci Kocakoç, İ. (2009). *Bilişim teknolojisi projelerinde reel opsiyonlar*.
- Kavcıoğlu, ř. (2015). Enerji Sektöründe Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi (Promethee Yöntemi ile). İstanbul: ISBN 978-605-4749-44-7.
- Kihm, S. and Cowan, C. (2009). Uncertainty, Real Options, and Industrial Energy Efficiency Decisions. *Operations research*, 59(6), 1347-1360
- Kim, B., Lim, H., Kim, H. and Hong, T. (2012). Determining the value of governmental subsidies for the installation of clean energy systems using real options. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(3), 422-430.
- Kitzing, L., Juul, N., Drud, M. and Boomsma, T. K. (2017). A real options approach to analyse wind energy investments under different support schemes. *Applied Energy*, 188, 83-96.
- Klammer, T. (1972). Empirical evidence of the adoption of sophisticated capital budgeting techniques. *The Journal of Business*, 45(3), 387-397.
- Kocaman, B. (2003). *Elektrik Enerjisi Üretim Santralleri*. Birsen Yayınevi Ltd. şti: İstanbul.
- Koç. E., şenel. M.C. (2013). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu – Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makine*, 54(639), 32-44.
- Kodukula, P. and Papudesu, C. (2006). *Project valuation using real options: a practitioner's guide*. New Castle: J. Ross Publishing.

- Koller, T., Goedhart, M. and Wessels, D. (2010). *Valuation: measuring and managing the value of companies*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Kozlova, M. (2017). Real option valuation in renewable energy literature: Research focus, trends and design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 180-196.
- Kubat, C. (2013). *MATLAB: yapay zekâ ve mühendislik uygulamaları*. Pusula Yayıncılık.
- Kulatilaka, N. (1988). Valuing the flexibility of flexible manufacturing systems. *IEEE Transactions on engineering management*, 35(4), 250-257.
- Kumar, R. (2015). *Valuation: theories and concepts*. Cambridge: Academic Press.
- Kumar, R.L. (1996). A note on project risk and option values of investments in information technologies. *Journal of Management Information Systems*, 13(1), 187-193.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H. D. ve Avcı, E. D. (2005). Türkiye’de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması. *Yeksem 2005, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*. 19-21.
- Lambrecht, B.M. (2017). Real options in finance. *Journal of Banking & Finance*, 81, 166-171.
- Larkin (2004). *Bioenergy*. Oxford: Oxford University Press.
- Lawler, G.F. and Limic, V. (2010). *Random walk: a modern introduction* (Vol. 123). Cambridge: Cambridge University Press.
- Li, Y., Tseng, C. L. and Hu, G. (2015). Is now a good time for Iowa to invest in cellulosic biofuels? A real options approach considering construction lead times. *International Journal of Production Economics*, 167, 97-107.
- Li, Y., Wu, M. and Li, Z. (2018). A real options analysis for renewable energy investment decisions under China carbon trading market. *Energies*, 11(7), 1817.
- Lin, B. and Wesseh Jr, P.K. (2013). Valuing Chinese feed-in tariffs program for solar power generation: A real options analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 474-482.
- Lint, O. and Pennings, E. (2001). An option approach to the new product development process: a case study at Philips Electronics. *R&d Management*, 31(2). 163-172.
- Lint, O. and Pennings, E. (2002). The option value of developing two product standards simultaneously when the final standard is uncertain. *In Real Options: New Development and Applications*. Oxford: Oxford University Press.
- Lintner, J. (1965). Security prices, risk, and maximal gains from diversification. *The journal of finance*, 20(4), 587-615.
- Liu, Q., Sun, Y., Liu, L. and Wu, M. (2021). An uncertainty analysis for offshore wind power investment decisions in the context of the national subsidy retraction in China: A real options approach. *Journal of Cleaner Production*, 329, 129559.
- Liu, X. and Ronn, E. I. (2020). Using the binomial model for the valuation of real options in computing optimal subsidies for Chinese renewable energy investments. *Energy Economics*, 87, 104692.
- Loncar, D., Milovanovic, I., Rakic, B. And Radjenovic, T. (2017). Compound real options valuation of renewable energy projects: The case of a wind farm in Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 354-367.
- London Array (2022). London Array- Offshore Image Library. Erişim Tarihi 30 Ekim 2022, <https://londonarray.com/offshore-image-library/>.

- Loubergé, H., Villeneuve, S. and Chesney, M. (2002). Long-term risk management of nuclear waste: a real options approach. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 27(1), 157-180.
- Maeda, M. and Watts, D. (2019). The unnoticed impact of long-term cost information on wind farms' economic value in the USA.—A real option analysis. *Applied energy*, 241, 540-547.
- Malesevic, G. (2017). *Use of the Monte Carlo Simulation in Valuation of European and American Call Options*. (Doctoral dissertation, Lake Forest College).
- Margrabe, W. (1978). The value of an option to exchange one asset for another. *The journal of finance*, 33(1), 177-186.
- Martinez-Cesena, E.A. (2012). *Real options theory applied to renewable energy generation projects planning*. The University of Manchester (United Kingdom).
- Merton, R.C. (1973). An intertemporal capital asset pricing model. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 867-887.
- Miller, L.T. and Park, C.S. (2002). Decision making under uncertainty—real options to the rescue? *The engineering economist*, 47(2). 105-150.
- Min, K.J., Lou, C. and Wang, C.H. (2012). An exit and entry study of renewable power producers: A real options approach. *The Engineering Economist*, 57(1), 55-75.
- Mohr, S.H., Wang, J., Ellem, G., Ward, J. and Giurco, D. (2015). Projection of world fossil fuels by country. *Fuel*, 141, 120-135.
- Monjas-Barroso, M. and Balibrea-Iniesta, J. (2013). Valuation of projects for power generation with renewable energy: A comparative study based on real regulatory options. *Energy Policy*, 55, 335-352.
- Moon, Y. and Baran, M. (2018). Economic analysis of a residential PV system from the timing perspective: A real option model. *Renewable energy*, 125, 783-795.
- Mun, J. (2003). *Real options analysis course: business cases and software applications* (Vol. 226). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Mun, J. (2006). *Modeling risk: Applying Monte Carlo simulation, real options analysis, forecasting, and optimization techniques*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Mun, J. (2012). *Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- MÜLLER-STEINHAGEN, H. A. N. S. (2004). Concentrating solar power for sustainable electricity generation. *Ingenia*, 35-42.
- Myers, S.C. (1984). Finance theory and financial strategy. *Interfaces*, 14(1), 126-137.
- Nadarajah, S., Margot, F. and Secomandi, N. (2017). Comparison of least squares Monte Carlo methods with applications to energy real options. *European Journal of Operational Research*, 256(1), 196-204.
- Onar, S.Ç. and Kilavuz, T.N. (2015). Risk analysis of wind energy investments in Turkey. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(5), 1230-1245.
- Ozcan, O. ve Ersoz, F. (2019). Project and cost-based evaluation of solar energy performance in three different geographical regions of Turkey: Investment analysis application. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(4), 1098-1106.

- Özogul, C.O., Karsak, E. E. and Tolga, E. (2009). A real options approach for evaluation and justification of a hospital information system. *Journal of Systems and Software*, 82(12), 2091-2102.
- Özoğul, S.A. (2005). *Yatırım kararlarının değerlemesinde reel opsiyonlar: bilişim teknolojileri yatırım uygulaması*. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı,127, İstanbul.
- Özoğul, S.A. ve Ülengin, B. (2011). Reel opsiyonlar ile bilişim teknolojileri yatırımlarının değerlemesi. *İTÜDERGİSİ/b*. 3(1).
- Öztürk, H. H. (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Paddock, J.L., Siegel, D.R. and Smith, J.L. (1988). Option valuation of claims on real assets: The case of offshore petroleum leases. *The Quarterly Journal of Economics*, 103(3), 479-508.
- Paul, W. and Baschnagel, J. (2013). A First Glimpse of Stochastic Processes. In *Stochastic Processes* (pp. 1-16). Heidelberg: Springer.
- Payam, F. and Taheri, A. (2018). Challenge of fossil energy and importance of investment in clean energy in Iran. *Journal of Energy Management and Technology*, 2(1), 1-8.
- Penizzotto, F., Pringles, R. and Olsina, F. (2019). Real options valuation of photovoltaic power investments in existing buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109308.
- Peters, L. (2016). *Real options illustrated*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Petitt, B.S. and Ferris, K.R. (2013). *Valuation for Mergers and Acquisitions*. New Jersey: FT Press.
- Pike, R. and Neale, B. (2003). *Corporate Finance and Investment*. Harlow.
- Pitts, J.M. (2007). Power lines and property values revisited. *The Appraisal Journal*, 75(4), 323.
- Polat Enerji (2022). Soma RES. Erişim Tarihi: 28 Ekim 2022, <https://www.polatenerji.com/85-santrallerimiz/155-soma-res/>.
- Quigg, L. (1993). Empirical testing of real option-pricing models. *The journal of finance*, 48(2), 621-640.
- Ramage, J. (2004). *Hidroelectricity, Renewable Energy Power For A Sustainable Future*. Oxford University Press: Oxford.
- Rohlf, W. and Madlener, R. (2013). Investment decisions under uncertainty: CCS competing with green energy technologies. *Energy Procedia*, 37, 7029-7038.
- Samis, M. (2003). Applying advanced financial methods (real options) to mine valuation problems. In *MIRARCO Engineering Seminar Series*. Kuiseb Minerals Consulting, Toronto.
- Samuelson, P. A. (1965). A theory of induced innovation along Kennedy-Weisäcker lines. *The Review of Economics and Statistics*, 343-356.
- Samuelson, P. and Merton, R. C. (1969). A complete model of warrant pricing that maximizes utility. *IMR; Industrial Management Review (pre-1986)*, 10(2), 17.
- Santos, L., Soares, I., Mendes, C. and Ferreira, P. (2014). Real options versus traditional methods to assess renewable energy projects. *Renewable Energy*, 68, 588-594.
- Saraç, M. (2012). *Finansal Yönetim*. Sakarya: Sakarya Yayıncılık.

- Sariaslan, H. and Erol, C. (2008). *Finansal yönetim: kavramlar, kurumlar ve ilkeler*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Sariaslan, M. (2006). Avrupa Birliği ve Türk Sigorta Muhasebesi. *TSRSB Sigorta Araştırma ve İnceleme Yayınları-5*, İstanbul.
- Sawin, J. L., Sverrisson, F., Seyboth, K., Adib, R., Murdock, H. E., Lins, C and Mastny, L. (2016). Renewables 2017 global status report.
- Sayılğan, G. (2008). *Soru Ve Yanıtlarıyla İşletme Finansmanı*. Ankara: Turhan Kitabevi.
- SBB (2019). *2019 Yılı Genel Faaliyet Raporu*. Erişim: 5 Ekim 2022, <https://www.sbb.gov.tr/2019-yili-genel-faaliyet-raporu/>
- SBB (2021). *2020-2022 Dönemi Yatırım Programı Hazırlama Rehberi*. Erişim: 15 Aralık 2021, <https://www.sbb.gov.tr/2020-2022-donemi-yatirim-genelgesi-ve-hazirlama-rehberi/>.
- Schroeder, M. (2007). *Slaves of the Passions*. Oxford: OUP Oxford.
- Schwartz, E.S. and Moon, M. (2000). Rational pricing of internet companies. *Financial analysts journal*, 56(3), 62-75.
- Schwartz, E.S. and Trigeorgis, L. (Eds.). (2004). *Real options and investment under uncertainty: classical readings and recent contributions*. Cambridge: MIT press.
- Sharpe, W F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The journal of finance*, 19(3), 425-442.
- Sheen, J.N. (2014). Real option analysis for renewable energy investment under uncertainty. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Technologies and Engineering Systems (ICITES2013)* (pp. 283-289). Edinburgh: Springer, Cham.
- Shepherd, D., McBride, D., Welch, D., Dirks, K.N. and Hill, E.M. (2011). Evaluating the impact of wind turbine noise on health-related quality of life. *Noise and Health*, 13(54). 333.
- Sisodia, G. S., Soares, I., Ferreira, P., Banerji, S. and Prasad, R. (2015). Projected business risk of regulatory change on wind power project: case of Spain. *Energy Procedia*, 79, 1054-1060.
- Sisodia, G.S., Soares, I. and Ferreira, P. (2016). Modeling business risk: The effect of regulatory revision on renewable energy investment-The Iberian case. *Renewable Energy*, 95, 303-313.
- Smit, H.T. and Trigeorgis, L. (2004). Quantifying the strategic option value of technology investments. *Montreal: 8th Annual International Real Options Theory*.
- Smith, J.E. and McCardle, K.F. (1999). Options in the real world: Lessons learned in evaluating oil and gas investments. *Operations research*, 47(1). 1-15.
- Sprenkle, C. M. (1961). Warrant prices as indicators of expectations and preferences. *Yale economic essays*, 1(2), 179-232.
- Stulz, R. (1982). Options on the minimum or the maximum of two risky assets: analysis and applications. *Journal of Financial Economics*, 10(2), 161-185.
- Tas, O. and Ersen, H. Y. (2012). Real option valuation in investment projects. *Journal of Applied Finance and Banking*. 2(5). 177.
- Taylor, D. (2004). *Wind Energy*. Oxford University Press: Oxford.
- TEİAŞ (2021). *2021 Yılı İstatistikleri*. Erişim: 21 Kasım 2022, <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>.

- TEİAŞ (2022). *2022 Nisan Ayı Kurulu Güç Raporu*. Erişim: 15 Ekim 2022, <https://www.gensed.org/assets/attachments/dosyalar/Nisan-2022-Kurulu-GüçRaporu.pdf>.
- Tepeli, Y. (2017). Halka açık olmayan anonim şirketlerde sistematik risk ölçütü beta katsayısının tahmin edilmesi: Turizm sektörü uygulaması. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (75), 155-170.
- Tibben-Lembke, R.S. and Rogers, D.S. (2006). Real options: applications to logistics and transportation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- Titman, S. (1985). Urban land prices under uncertainty. *The American Economic Review*, 75(3), 505-514.
- Tolga, A.C. (2012). A Real Options Approach For Software Development Projects Using Fuzzy Electre. *Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing*, 18.
- Tourinho, O.A.F. (1979). *The valuation of reserves of natural resources: An option pricing approach*. University of California, Berkeley.
- Triantis, A.J., and Hodder, J.E. (1990). Valuing flexibility as a complex option. *The Journal of Finance*, 45(2), 549-565.
- Trigeorgis, L. (1993). Real options and interactions with financial flexibility. *Financial management*, 202-224.
- Trigeorgis, L. (1999). Real options: a primer. In *The new investment theory of real options and its implication for telecommunications economics* (pp. 3-33). Boston: Springer
- Trigeorgis, L. (Ed.). (1995). *Real options in capital investment: Models, strategies, and applications*. Connecticut: Greenwood Publishing Group.
- TÜREB (2021a). 2021 Yılı Faaliyet Raporu. Erişim: 15 Kasım 2021, <https://tureb.com.tr/haber/2021-faaliyet-raporu/276>.
- TÜREB (2021b). *Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu-Ocak 2021*. Erişim: 16 Ağustos 2021, <https://tureb.com.tr/yayin/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-ocak-2021/139>.
- Uzunlar, E. (2006). *Finansal Opsiyonlar, Gerçek Opsiyonlar ve Uygulamaları*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Ünsal, H. (2010). *Türkiye’de Enerji Sektörüne Kamusal Müdahaleler*. Detay Yayıncılık: Ankara
- Vashisht, A.K. and Gupta, R.K. (Eds.). (2005). *Investment Management and Stock Market*. Delhi: Deep and Deep Publications.
- Winger, B. J. and Mohan, N. (1991). *Principles of financial management*, Merrill.
- WWEA (2021). World Market for Wind Power Saw Another Record Year in 2021:97,3 Gigawatt of New Capacity Added. Erişim 22 Ekim 2022, <https://wwindea.org/world-market-for-wind-power-saw-another-record-year-in-2021-973-gigawatt-of-new-capacity-added/>
- Xian, H., Colson, G., Mei, B. and Wetzstein, M. E. (2015). Co-firing coal with wood pellets for US electricity generation: A real options analysis. *Energy Policy*, 81, 106-116.
- Xiao, T., Guha, J., Boyle, D., Liu, C. Q., Zheng, B., Wilson, G. C. and Chen, J. (2004). Naturally occurring thallium: a hidden geoenvironmental health hazard? *Environment International*, 30(4), 501-507.

- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi Ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik, Resmi Gazete: 2782, 01.10.2013.
- Yıldırım H.H. (2016). *Türkiye’de Enerji Sorunu, Alternatif Çözüm Önerileri için Rüzgar Enerjisi ve Yatırımları: Güney Marmara Bölgesinde Rüzgar Enerjisi Yatırımlarının Risk ve Getiri Değerlendirmesi Üzerine Bir Uygulama*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, 255, İstanbul.
- Yıldırım, H.H. and Sakarya, S. (2019). Investment evaluation of wind turbine relocation. *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications (IJOCTA)*, 9(3), 6-14.
- Zhang, H., Assereto, M. and Byrne, J. (2023). Deferring real options with solar renewable energy certificates. *Global Finance Journal*, 55, 100795.
- Zhang, M.M., Zhou, D.Q., Zhou, P. and Chen, H.T. (2017). Optimal design of subsidy to stimulate renewable energy investments: The case of China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 873-883.
- Zhang, M.M., Zhou, P. and Zhou, D.Q. (2016). A real options model for renewable energy investment with application to solar photovoltaic power generation in China. *Energy Economics*, 59, 213-226.
- Zhang, M., Liu, L., Wang, Q and Zhou, D. (2020). Valuing investment decisions of renewable energy projects considering changing volatility. *Energy Economics*, 92, 104954.
- Zhang, M., Zhou, D. and Zhou, P. (2014). A real option model for renewable energy policy evaluation with application to solar PV power generation in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 944-955.
- Zhang, W., Maleki, A. and Nazari, M. A. (2022). Optimal operation of a hydrogen station using multi-source renewable energy (solar/wind) by a new approach. *Journal of Energy Storage*, 53, 104983.

EKLER

Ek 1. Kümülatif Normal Standart Dağılım Tablosu

z_c	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.10	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.20	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.30	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.40	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.50	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.60	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.70	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.80	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.90	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.00	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.10	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.20	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.30	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.40	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.50	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.60	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.70	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.80	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.90	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.00	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.10	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.20	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.30	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.40	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.50	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.60	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.70	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.80	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.90	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.00	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.10	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.20	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.30	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.40	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Ek 2. RES-1 Yatırım Projesinin 15 Yıl Vadeli ve Bugün Başlanılması Durumundaki Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	60,810,500.15	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	70,400,000.00	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5553474794													
6.Volatilite	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4446525206													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667													
8. Getiri ktlığı	0															
Binom Ağacı	c															
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	
	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	
		26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	
			17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	
				11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	
					7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	
						5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	
							3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	
								2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	
									1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	
										1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	
														201,888.94	303,510.97	
															134,292.16	
Opsiyon Değerleme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
52,053,150.05	80,726,912.97	124,585,274.80	191,413,649.29	292,905,288.63	446,599,808.52	678,795,389.23	1,029,045,223.73	1,556,819,418.41	2,351,561,286.21	3,547,792,576.01	5,347,795,051.92	8,055,695,010.69	12,128,730,584.13	18,254,325,173.37	27,465,956,743.46	
	31,536,618.19	49,671,219.98	77,728,746.82	120,901,622.49	187,017,286.81	287,830,274.26	440,811,505.47	672,261,451.88	1,021,690,176.33	1,548,522,748.45	2,342,180,587.73	3,537,186,211.72	5,335,802,878.46	8,042,135,960.63	12,113,399,932.10	
		18,154,290.99	29,224,419.65	46,648,198.04	73,852,814.43	116,061,017.63	181,341,872.13	281,272,373.61	433,383,135.94	663,921,208.16	1,012,309,477.85	1,537,916,384.17	2,330,188,414.28	3,523,627,161.67	5,320,472,226.43	
			9,662,806.78	16,050,448.68	26,378,342.32	42,838,172.88	68,632,462.46	109,820,097.36	173,944,144.39	272,800,108.37	423,891,638.51	653,314,843.88	1,000,317,304.39	1,524,357,334.11	2,314,857,762.25	
				4,524,333.18	7,867,776.31	13,571,989.79	23,210,189.50	37,358,490.10	62,002,479.46	101,590,635.70	164,255,325.92	261,912,005.55	411,899,465.05	639,755,793.82	984,986,652.36	
					1,677,995.58	3,055,410.57	5,222,429.53	9,896,235.28	17,557,001.52	30,777,993.73	53,177,503.20	90,552,663.31	151,546,750.35	248,352,955.50	396,568,813.02	
						450,745.25	872,047.00	1,682,507.69	3,236,288.16	6,203,692.86	11,846,105.51	22,123,770.40	40,982,589.04	75,171,952.67	136,216,098.32	
							57,010.23	116,069.83	236,312.08	481,118.97	979,532.92	2,490,747.15	5,071,030.22	10,324,350.89	21,019,835.53	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 3. RES-1 Yatırım Projesinin Volatilite Değerinin Değişmesi Durumundaki Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.1951838226													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	60,810,500.15	2. Aşağı doğru hareket	0.8366913784													
3. Kullanım Fiyatı	70,400,000.00	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.8200086028													
6.Volatilite	0.1783	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.1799913972													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667													
8. Getiri ktlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60,810,500.15	72,679,726.02	86,865,632.77	103,820,399.03	124,084,461.38	148,303,740.88	177,250,231.93	211,846,609.75	253,195,640.85	302,615,333.90	361,680,951.55	432,275,222.24	516,648,352.53	617,489,752.92	738,013,763.31	882,062,110.77	
	50,879,621.19	60,810,500.15	72,679,726.02	86,865,632.77	103,820,399.03	124,084,461.38	148,303,740.88	177,250,231.93	211,846,609.75	253,195,640.85	302,615,333.90	361,680,951.55	432,275,222.24	516,648,352.53	617,489,752.92	
		42,570,540.39	50,879,621.19	60,810,500.15	72,679,726.02	86,865,632.77	103,820,399.03	124,084,461.38	148,303,740.88	177,250,231.93	211,846,609.75	253,195,640.85	302,615,333.90	361,680,951.55	432,275,222.24	
			35,618,404.12	42,570,540.39	50,879,621.19	60,810,500.15	72,679,726.02	86,865,632.77	103,820,399.03	124,084,461.38	148,303,740.88	177,250,231.93	211,846,609.75	253,195,640.85	302,615,333.90	
				29,801,611.64	35,618,404.12	42,570,540.39	50,879,621.19	60,810,500.15	72,679,726.02	86,865,632.77	103,820,399.03	124,084,461.38	148,303,740.88	177,250,231.93	211,846,609.75	
					24,934,751.52	29,801,611.64	35,618,404.12	42,570,540.39	50,879,621.19	60,810,500.15	72,679,726.02	86,865,632.77	103,820,399.03	124,084,461.38	148,303,740.88	
						20,862,691.62	24,934,751.52	29,801,611.64	35,618,404.12	42,570,540.39	50,879,621.19	60,810,500.15	72,679,726.02	86,865,632.77	103,820,399.03	
							17,455,634.21	20,862,691.62	24,934,751.52	29,801,611.64	35,618,404.12	42,570,540.39	50,879,621.19	60,810,500.15	72,679,726.02	
								14,604,978.65	17,455,634.21	20,862,691.62	24,934,751.52	29,801,611.64	35,618,404.12	42,570,540.39	50,879,621.19	
									12,219,859.72	14,604,978.65	17,455,634.21	20,862,691.62	24,934,751.52	29,801,611.64	35,618,404.12	
										10,224,251.27	12,219,859.72	14,604,978.65	17,455,634.21	20,862,691.62	24,934,751.52	
											8,554,542.89	10,224,251.27	12,219,859.72	14,604,978.65	17,455,634.21	
												7,157,512.28	8,554,542.89	10,224,251.27	12,219,859.72	
													5,988,628.82	7,157,512.28	8,554,542.89	
														5,010,634.10	5,988,628.82	
															4,192,354.35	
Opsiyon Değerleme																
49,726,689.43	60,107,647.92	72,621,687.01	87,698,154.17	105,849,117.03	127,685,355.03	153,937,703.64	185,488,052.98	223,393,111.63	268,918,857.87	323,581,752.36	389,198,047.72	467,942,789.06	562,420,404.95	675,749,149.79	811,662,110.77	
	38,530,197.54	46,728,905.12	56,653,095.90	68,666,928.61	83,204,474.44	100,772,932.53	121,945,483.83	147,447,753.28	178,150,133.72	215,096,441.67	259,538,159.39	312,975,388.08	377,205,874.27	454,383,739.01	547,089,752.92	
		29,147,960.68	35,437,231.74	43,045,496.33	52,282,752.38	63,565,011.62	77,467,054.68	94,283,635.13	114,607,582.54	139,151,032.74	168,769,435.24	204,490,077.38	247,545,985.93	299,416,338.03	361,875,222.24	
			21,654,078.36	26,499,720.46	32,209,536.84	38,835,577.27	46,372,519.57	57,088,138.80	70,133,173.24	85,987,257.87	105,226,566.36	128,544,668.46	156,777,261.79	190,931,027.33	232,215,333.90	
				15,297,197.51	19,723,335.47	25,403,834.32	32,689,904.05	41,216,534.51	50,098,372.33	60,815,449.23	74,075,760.83	90,378,897.91	110,234,392.91	136,985,618.41	171,446,609.75	
					6,236,953.97	8,161,443.45	10,650,801.96	13,857,517.31	17,968,809.56	23,211,162.48	29,853,341.60	38,238,819.10	48,751,051.06	61,819,847.86	77,903,740.88	
						1,996,816.18	2,744,877.10	3,773,146.32	5,186,570.55	7,129,397.17	9,799,889.49	13,321,563.65	18,105,063.36	24,601,019.25	33,420,399.03	
							38,301.20	52,811.11	72,817.92	100,404.05	138,440.83	186,648.59	253,368.72	336,686.67	444,726.02	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	
																0

Ek 4. RES-1 Yatırım Projesinin Vadenin Uzaması Durumundaki Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları																		
		1.Yükari doğru hareket																		
		2. Aşağı doğru hareket																		
		3.Risksiz Faiz Oranı																		
		4.Risk bağımsız olasılık yukarı																		
		5.Risk bağımsız olasılık aşağı																		
		6.r																		
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%																			
2.Varlığın Simdiki Değeri	60,810,500.15																			
3.Kullanım Fiyatı	70,400,000.00																			
4.Öpölyonun Ekonomik Süresi	20																			
6.Volatilité	0.4077																			
7.Yıllık dönemler	1																			
8.Getiri kütüğü	0																			
Binom Açacı																				
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	41,396,949,515.44	62,234,356,024.28	93,506,397,930.11	140,654,593,701.03	211,453,939,560.83
	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	41,396,949,515.44	62,234,356,024.28	93,506,397,930.11
		26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	41,396,949,515.44
			17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89
				11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15
					7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19
						5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64
							3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35
								2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02
									1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20
										1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80
														201,888.94	303,510.97	456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60
															201,888.94	303,510.97	456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72
																89,328.25	134,292.16	201,888.94	303,510.97	456,285.06
																	59,419.22	89,328.25	134,292.16	201,888.94
																		39,524.38	59,419.22	89,328.25
																			26,290.77	39,524.38
																				17,488.05
Opsiyon Değerleme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
55,963,754.11	85,585,746.76	130,501,415.56	198,468,314.50	301,145,744.29	456,056,661.33	689,538,913.58	1,041,184,578.77	1,570,516,594.21	2,367,027,940.82	3,565,274,030.32	5,367,559,643.30	8,078,402,009.32	12,153,997,402.88	18,282,893,310.86	27,498,257,544.27	41,353,872,340.93	62,185,650,460.82	93,506,328,582.14	140,592,329,087.50	211,383,539,560.83
	35,412,039.19	54,637,270.15	83,961,350.46	128,548,355.88	196,159,931.36	298,458,977.38	452,968,626.25	686,022,242.14	1,037,202,133.18	1,566,017,801.18	2,361,947,336.87	3,559,533,210.36	5,361,069,697.21	8,070,704,098.12	12,145,700,732.91	18,273,512,612.38	27,487,651,179.99	41,341,880,167.47	62,172,091,410.76	93,489,997,930.11
		21,806,341.22	34,067,853.25	52,946,151.11	81,877,948.18	126,034,160.59	193,184,838.10	294,998,887.83	449,000,256.01	681,534,623.89	1,032,108,110.01	1,560,268,869.50	2,355,455,233.02	3,552,195,299.16	5,352,773,027.25	8,061,323,399.64	12,135,094,368.63	18,261,530,438.92	27,474,092,139.93	41,326,549,515.44
			12,900,013.54	20,500,476.05	32,369,750.83	50,788,479.81	79,200,838.91	122,790,590.76	189,342,838.04	290,537,929.40	443,900,566.95	675,741,548.48	1,025,598,074.67	1,552,925,471.60	2,347,158,563.06	3,542,814,600.68	5,342,166,662.96	8,049,331,226.19	12,121,535,318.58	18,246,189,786.89
				7,198,023.40	11,700,311.91	18,877,374.42	30,226,812.33	48,032,198.59	75,751,574.77	118,592,689.47	184,368,797.87	284,780,753.65	437,351,534.66	668,359,407.12	1,017,287,453.18	1,548,544,773.12	2,336,552,198.78	3,530,822,227.22	5,328,607,612.91	8,034,000,574.15
					3,689,995.70	6,174,601.42	10,249,521.12	16,870,779.93	27,526,114.72	44,504,398.68	71,289,503.75	113,135,154.70	177,908,900.21	277,347,839.73	428,959,821.39	658,943,232.83	1,006,681,088.89	1,531,552,059.37	2,322,993,148.73	3,516,491,775.19
						1,671,136.17	2,899,608.92	4,991,674.56	8,520,199.92	14,409,506.82	24,128,548.83	39,974,458.55	65,480,205.93	105,992,303.73	169,489,362.30	267,769,733.45	418,263,249.55	646,951,059.38	993,122,038.84	1,516,221,947.64
							1,138,760.92	2,051,504.29	3,668,372.73	6,505,077.77	11,427,863.70	19,865,365.18	34,123,673.48	57,833,988.87	96,545,679.74	158,493,797.48	258,548,221.05	404,709,199.50	631,620,407.35	
								174,343.76	333,410.27	634,942.39	1,203,405.77	2,268,253.55	4,247,874.45	7,894,801.32	14,539,013.31	26,476,735.23	47,545,080.72	83,850,332.96	144,351,484.80	
									26,907.89	54,783.05	111,535.40	227,080.22	462,323.38	941,266.10	1,916,368.28	3,901,625.05	7,943,503.45	16,172,555.33	32,926,472.27	
										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	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	

Ek 5. RES-1 Yatırım Projesine 1 Adet Rüzgâr Türbini Eklmesi Durumdaki Genişleme Opsiyonunun Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1. Yukarı doğru hareket														1.5033560867
2. Varlığın Şimdiki Değeri	79,053,650.20	2. Aşağı doğru hareket														0.6651784024
3. Kullanım Fiyatı	89,600,000.00	3. Risksiz Faiz Oranı														12.28%
4. Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4. Risk bağımsız olasılık yukarı														0.5553474794
6. Volatilité	0.4077	5. Risk bağımsız olasılık aşağı														0.4446525206
7. Yıllık dönemler	1	6. r														1.1306582667
8. Getiri kütüğü	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	912,626,529.61	1,372,002,648.16	2,062,608,532.06	3,100,835,091.12	4,661,659,308.04	7,008,133,894.80	10,535,720,747.07	15,838,939,912.73	23,811,566,724.46	35,797,263,768.76	
	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	912,626,529.61	1,372,002,648.16	2,062,608,532.06	3,100,835,091.12	4,661,659,308.04	7,008,133,894.80	10,535,720,747.07	15,838,939,912.73	
		34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	912,626,529.61	1,372,002,648.16	2,062,608,532.06	3,100,835,091.12	4,661,659,308.04	7,008,133,894.80	
			23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	912,626,529.61	1,372,002,648.16	2,062,608,532.06	3,100,835,091.12	
				15,476,561.81	23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	912,626,529.61	1,372,002,648.16	
					10,294,674.66	15,476,561.81	23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	
						6,847,795.25	10,294,674.66	15,476,561.81	23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	
							4,555,005.50	6,847,795.25	10,294,674.66	15,476,561.81	23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	
								3,029,891.28	4,555,005.50	6,847,795.25	10,294,674.66	15,476,561.81	23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	
									2,015,418.24	3,029,891.28	4,555,005.50	6,847,795.25	10,294,674.66	15,476,561.81	23,266,783.40	
										1,340,612.69	2,015,418.24	3,029,891.28	4,555,005.50	6,847,795.25	10,294,674.66	
											891,746.61	1,340,612.69	2,015,418.24	3,029,891.28	4,555,005.50	
												593,170.58	891,746.61	1,340,612.69	2,015,418.24	
													394,564.26	593,170.58	891,746.61	
														262,455.62	394,564.26	
															174,579.81	
Opsiyon Değerleme																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
67,874,607.32	105,206,339.31	162,285,525.86	249,232,061.35	381,245,990.61	581,127,858.49	883,064,515.60	1,338,476,562.34	2,024,678,040.32	3,057,948,667.08	4,613,169,418.17	6,953,308,399.97	10,473,731,848.11	15,768,851,651.68	23,732,320,852.71	35,707,663,768.76	
	41,193,762.92	64,831,656.58	101,380,453.79	157,588,875.17	243,630,777.90	374,785,605.80	573,761,752.40	874,749,890.40	1,329,116,224.11	2,014,118,642.18	3,046,009,596.28	4,599,670,409.08	6,938,045,633.75	10,456,474,875.31	15,749,339,912.73	
		23,775,804.76	38,234,504.91	60,969,098.99	96,433,561.15	151,414,663.00	236,403,248.78	366,439,667.29	564,309,968.63	864,136,639.73	1,317,177,153.32	2,000,619,633.10	3,030,746,830.07	4,582,413,436.29	6,918,533,894.80	
			12,704,019.44	21,075,161.33	34,591,236.89	56,101,451.13	89,760,633.82	143,460,205.35	226,986,052.49	355,661,148.71	552,233,962.13	850,637,630.65	1,301,914,387.11	1,983,362,660.30	3,011,235,091.12	
				5,981,899.92	10,387,097.67	17,890,528.21	30,547,960.77	49,068,290.87	81,295,693.44	132,976,046.38	214,660,829.73	341,813,940.79	536,971,195.91	833,380,657.85	1,282,402,648.16	
					2,237,783.52	4,067,891.26	7,339,080.40	13,125,750.97	23,236,369.50	40,637,879.74	70,030,223.50	118,930,015.61	198,512,666.79	324,556,968.00	517,459,456.96	
						609,633.95	1,177,672.58	2,268,376.24	4,355,040.21	8,330,660.48	15,869,575.08	29,534,897.74	54,482,309.33	99,421,664.31	179,000,927.84	
							79,320.75	161,492.87	328,790.99	669,401.17	1,362,865.59	3,465,481.85	7,055,538.83	14,364,706.06	29,245,786.20	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	
																0

Ek 6. RES-1 Yatırım Projesini Başka Bir Şirkete Devretmek ya da Terk Etmek Durumundaki Opsiyonun Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket														1.5033560867
2. Varlığın Şimdiki Değeri	60,810,500.15	2. Aşağı doğru hareket														0.6651784024
3. Kullanım Fiyatı	40,000,000.00	3.Risksiz Faiz Oranı														12.28%
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı														0.5553474794
6.Volatilite	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı														0.4446525206
7.Yıllık dönemler	1	6.r														1.1306582667
8. Getiri ktlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	
	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	
		26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	
			17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	
				11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	
					7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	
						5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	
							3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	
								2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	
									1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	
										1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	
														201,888.94	303,510.97	
															134,292.16	
Opsiyon Değerleme																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
55,337,046.55	84,889,810.43	129,743,970.07	197,668,279.63	300,338,848.56	455,280,969.45	688,779,594.79	1,040,410,195.07	1,569,688,692.40	2,366,112,037.23	3,564,244,502.93	5,366,396,559.09	8,076,726,958.55	12,152,510,529.84	18,281,212,165.57	27,496,356,743.46	
	34,687,640.74	53,813,659.12	83,034,526.41	127,521,714.78	195,076,962.57	297,434,904.35	452,005,001.81	685,087,152.11	1,036,240,927.34	1,564,974,675.37	2,360,782,094.91	3,558,218,159.58	5,359,582,824.18	8,069,022,952.84	12,143,799,932.10	
		20,992,994.23	33,131,137.06	51,871,539.60	80,620,214.39	124,559,410.75	191,784,350.73	293,716,470.13	447,823,088.00	680,373,135.08	1,030,910,985.02	1,558,948,332.03	2,353,968,359.99	3,550,514,153.87	5,350,872,226.43	
			12,001,751.41	19,460,735.81	31,208,081.73	49,432,210.65	77,199,993.46	120,831,115.85	187,552,140.15	288,970,296.76	442,493,145.68	674,346,791.74	1,024,097,250.11	1,551,244,326.32	2,345,257,762.25	
				6,212,511.44	10,507,333.42	17,617,401.56	29,277,053.94	45,391,748.02	73,005,527.26	115,997,209.91	182,140,430.99	282,943,953.41	435,679,410.76	666,642,786.03	1,015,386,652.36	
					2,674,012.24	4,714,746.34	8,231,871.93	14,214,794.34	24,241,669.83	40,763,391.47	67,472,855.01	109,762,950.59	175,326,696.07	275,239,947.70	426,968,813.02	
						910,984.48	1,707,440.23	3,178,400.60	5,868,682.56	10,730,171.25	19,382,743.11	34,481,224.42	60,130,433.28	102,058,944.88	166,616,098.32	
							183,940.28	372,008.80	752,333.19	1,521,414.72	3,076,558.05	6,221,032.23	12,578,803.95	25,432,878.83	51,419,835.53	
								3,102.30	6,316.12	12,859.29	26,180.83	53,302.80	108,521.70	220,944.48	449,831.34	
									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	
																0

Ek 7.RES-1 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertelenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kıtlığı=1/15, Maliyetin Her Yıl Risksiz Faiz Oranınca Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		12.28%		60,810,500.15		79,045,120.00		15		0.4077		1		0.06666667		
		1.5033560867		0.6651784024		12.28%		0.4683497439		0.5316502561		1.0577387062				
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı																
2. Varlığın Şimdiki Değeri																
3. Kullanım Fiyatı																
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi																
6.Volatilitte																
7.Yıllık dönemler																
8. Getiri kıtlığı																
Binom Ağacı																
Başlangıç	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46
		40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10
			26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43
				17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25
					11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36
						7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02
							5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32
								3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53
									2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34
										1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	1,031,240.53
														201,888.94	303,510.97	456,285.06
															201,888.94	303,510.97
																134,292.16
Opsiyon Değerleme																
	41,626,778.09	67,640,743.40	108,714,419.06	172,850,611.76	271,986,048.27	423,892,367.30	655,077,519.02	1,005,095,418.07	1,533,260,661.98	2,328,815,465.00	3,526,190,572.73	5,327,723,953.78	8,037,606,201.94	12,113,148,939.26	18,241,859,497.13	27,457,311,623.46
		23,230,929.37	38,803,446.15	64,021,241.08	104,290,716.99	167,704,779.80	266,268,988.42	417,877,473.43	648,971,922.38	998,944,355.11	1,526,920,745.17	2,322,109,489.60	3,519,097,402.98	5,320,221,233.59	8,029,670,284.40	12,104,754,812.10
			12,035,485.80	20,802,350.68	35,499,304.09	59,753,262.64	99,089,248.36	161,629,203.90	259,680,763.55	411,148,844.82	642,319,204.88	992,238,379.71	1,519,827,575.42	2,314,606,769.41	3,511,161,485.43	5,311,827,106.43
				5,619,528.11	10,114,471.78	17,988,447.52	31,590,156.17	54,756,932.35	92,805,458.75	154,449,166.04	252,154,514.23	403,820,540.37	635,226,035.13	984,735,659.52	1,511,891,657.88	2,306,212,642.25
					2,270,067.80	4,276,464.62	7,959,811.17	14,612,493.06	27,185,379.44	48,580,242.77	85,150,638.75	145,931,168.26	243,823,196.81	396,317,820.18	627,290,117.59	976,341,532.36
						749,096.73	1,496,108.81	2,963,683.31	5,816,025.40	11,290,286.69	21,640,022.09	40,854,492.08	75,543,109.15	135,965,105.48	235,887,279.26	387,923,693.02
							172,381.05	365,751.49	772,817.36	1,625,189.28	3,398,991.01	7,063,474.56	14,732,959.65	30,519,402.59	62,706,276.44	127,570,978.32
								20,755.16	46,874.24	105,862.54	239,083.95	539,956.19	1,074,263.68	2,426,157.58	5,479,325.68	12,374,715.53
									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	0	0
														0	0	0
															0	0
																0

Ek 8. RES-1 Yatırım Projesinin 3 Yıl Erteleme Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlığı=3/15, Maliyetin Her Yıl Risksiz Faiz Oranınca Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%														1.503356087	
2. Varlığın Şimdiki Değeri	60,810,500.15														0.6651784024	
3. Kullanım Fiyatı	99,650,589.24														12.28%	
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15														0.3108246576	
6.Volatilitte	0.4077														0.6891753424	
7.Yıllık dönemler	1														0.9257046942	
8. Getiri krtlığı	0.2														6.r	
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	
	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	
		26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	
			17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	
				11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	
					7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	
						5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	
							3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	
								2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	
									1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	
										1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	
														201,888.94	303,510.97	
															134,292.16	
Opsiyon Değerleme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
12,956,273.07	25,847,694.66	50,260,965.16	94,988,550.60	174,015,867.19	308,486,388.42	529,252,202.00	878,977,194.32	1,416,595,813.64	2,226,897,914.67	3,439,297,320.92	5,255,169,051.98	7,978,779,508.55	12,067,511,921.99	18,208,941,430.05	27,436,706,154.22	
	5,745,391.22	12,050,612.50	24,670,104.43	49,106,406.97	94,608,911.61	175,663,080.08	314,467,812.43	541,749,512.96	898,428,272.81	1,440,027,493.37	2,249,554,587.79	3,460,270,709.59	5,274,584,216.32	7,996,752,217.32	12,084,149,342.86	
		2,282,304.69	5,060,006.62	10,989,582.58	23,290,515.35	47,853,564.74	94,123,779.10	178,060,960.25	322,481,657.78	557,308,413.83	919,683,477.91	1,461,000,882.03	2,268,969,752.13	3,478,243,418.36	5,291,221,637.19	
			783,494.86	1,840,226.37	4,257,032.34	9,701,553.58	21,826,489.10	46,120,464.83	93,730,306.22	181,807,995.38	333,794,171.79	576,399,341.74	939,098,642.25	1,478,973,590.80	2,285,607,173.01	
				222,435.62	551,841.52	1,342,579.60	3,187,233.43	8,516,708.83	19,676,038.32	43,902,000.95	93,661,295.79	188,392,845.30	350,680,802.91	594,372,050.51	955,736,063.12	
					49,891.14	135,720.82	365,888.74	975,578.45	2,565,616.27	6,628,758.09	16,727,307.93	40,839,475.54	94,890,076.18	202,969,212.19	367,318,223.78	
						5,802.71	17,281.75	51,468.88	153,285.74	456,518.89	1,359,614.40	4,049,232.89	12,059,512.68	35,915,900.55	106,965,509.08	
							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	0	0	
											0	0	0	0	0	
												0	0	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 9. RES-1 Yatırım Projesinin 5 Yıl Ertelenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlığı=5/15, Maliyetin Her Yıl Risksiz Faiz Oranınca Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	60,810,500.15	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	125,627,488.90	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.1729629051													
6.Volatilite	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.8270370949													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	0.8101520496													
8. Getiri ktlığı	0.333333333															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	
	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	
		26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	
			17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	
				11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	
					7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	
						5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	
							3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	
								2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	
									1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	
										1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	
														201,888.94	303,510.97	
															134,292.16	
Opsiyon Değerleme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
696,737.61	2,089,542.84	6,044,087.98	16,747,141.13	44,091,920.79	109,381,629.32	254,029,896.21	546,404,019.92	1,077,716,227.02	1,940,948,395.94	3,225,933,631.41	5,099,251,398.46	7,868,143,362.66	11,992,395,667.96	18,161,523,229.99	27,410,729,254.56	
	245,514.98	782,848.08	2,418,266.48	7,184,035.69	20,316,133.02	54,021,763.53	134,571,006.73	309,859,628.77	649,791,817.57	1,226,663,803.85	2,093,636,934.28	3,349,634,563.70	5,199,467,962.30	7,949,334,017.26	12,058,172,443.20	
		76,781.06	261,119.58	866,456.74	2,788,537.38	8,603,478.24	24,775,249.27	67,020,881.78	167,638,832.34	379,986,387.22	763,765,824.39	1,350,364,736.14	2,193,853,498.11	3,430,825,218.29	5,265,244,737.53	
			20,604.08	74,581.53	265,584.43	932,312.09	3,246,440.17	10,252,977.31	30,593,313.72	84,747,582.23	212,497,838.06	465,763,195.85	863,982,388.23	1,431,555,390.74	2,259,630,273.35	
				4,585.76	17,515.69	65,182.52	234,331.48	1,035,897.20	3,645,498.11	12,244,974.09	38,576,484.96	110,751,747.64	275,564,548.89	546,953,850.45	929,759,163.46	
					828.99	3,526.10	14,844.68	61,703.05	252,344.55	1,010,210.40	3,927,260.30	14,626,761.51	50,860,246.42	155,551,012.12	341,341,324.12	
						74.63	349.55	1,637.30	7,669.07	35,921.64	168,255.66	788,103.49	3,691,448.50	17,290,612.51	80,988,609.42	
							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	0	0	
											0	0	0	0	0	
												0	0	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 10. RES-1 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertelemesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlığı=1/15, Maliyetin Her Yıl %30 Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1. Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	60,810,500.15	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	49,280,000.00	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.4683497439													
6.Volatilite	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.5316502561													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.0577387062													
8. Getiri kısıtlığı	0.066666667															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	
	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	
		26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	
			17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	
				11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	
					7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	
						5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	
							3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	
								2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	
									1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	
										1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	
														201,888.94	303,510.97	
															134,292.16	
Opsiyon Değerleme																
46,749,183.57	74,527,715.93	117,665,077.07	184,060,574.02	285,481,329.06	439,501,576.46	672,493,202.09	1,023,970,966.66	1,553,354,313.19	2,350,069,297.63	3,548,671,574.15	5,351,502,979.14	8,062,758,197.46	12,139,753,178.46	18,269,999,830.68	27,487,076,743.46	
	27,355,172.13	44,620,388.76	71,953,663.59	114,704,893.63	180,803,450.69	281,982,013.85	435,898,500.65	668,824,338.18	1,020,198,187.74	1,549,401,746.60	2,345,888,514.96	3,544,249,398.50	5,346,825,472.79	8,057,810,617.95	12,134,519,932.10	
		15,116,472.98	25,387,427.56	42,106,943.84	68,933,580.93	111,307,393.07	177,015,506.48	278,045,589.00	431,922,730.30	664,800,206.31	1,016,017,405.07	1,544,979,570.94	2,341,211,008.61	3,539,301,818.98	5,341,592,226.43	
			7,710,112.67	13,415,752.81	23,047,330.81	39,091,352.69	65,511,058.09	107,238,869.43	172,686,235.73	273,680,642.27	427,599,565.73	660,378,030.66	1,011,339,898.72	1,540,031,991.43	2,335,977,762.25	
				3,521,149.82	6,387,939.24	11,416,582.21	20,062,718.70	35,866,219.51	61,230,382.86	102,470,856.02	167,810,436.16	268,975,192.33	422,922,059.38	655,430,451.14	1,006,106,652.36	
					1,378,099.12	2,651,775.71	5,039,763.82	9,444,180.25	17,417,191.81	31,549,964.62	56,039,502.53	96,915,463.86	162,569,344.68	264,027,612.81	417,688,813.02	
						405,737.23	836,101.77	1,707,088.17	3,446,133.35	6,858,682.07	13,402,668.43	26,116,451.67	49,603,900.51	90,846,609.99	157,336,098.32	
							70,677.91	159,621.65	360,495.56	814,156.75	1,838,722.27	3,658,208.94	8,261,836.89	18,658,843.69	42,139,835.53	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 11. RES-1 Yatırım Projesinin 3 Yıl Erteleenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlığı=3/15, Maliyetin Her Yıl %30 Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	60,810,500.15	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	24,147,200.00	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.3108246576													
6.Volatilitte	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.6891753424													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	0.9257046942													
8. Getiri ktlığı	0.2															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	
	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	
		26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	
			17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	
				11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	
					7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	
						5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	
							3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	
								2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	
									1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	
										1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	
														201,888.94	303,510.97	
															134,292.16	
Opsiyon Değerleme																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
30,093,787.84	53,692,597.14	93,510,310.41	158,509,268.44	260,828,878.65	417,035,372.41	654,085,228.85	1,010,606,346.95	1,545,168,608.71	2,346,884,211.82	3,550,369,199.43	5,357,988,811.30	8,073,960,242.41	12,155,621,174.11	18,290,504,578.34	27,512,209,543.46	
	16,206,293.02	29,946,194.71	54,114,449.42	95,274,341.54	162,260,071.73	265,165,877.71	422,778,322.19	660,567,068.42	1,017,013,101.93	1,551,099,371.87	2,352,374,347.12	3,555,451,443.44	5,362,693,468.44	8,078,315,365.61	12,159,652,732.10	
		8,262,376.00	15,817,785.60	29,717,234.50	54,792,259.15	98,356,416.37	165,495,431.23	269,956,472.78	428,595,262.59	666,497,831.58	1,022,503,237.23	1,556,181,615.89	2,357,079,004.26	3,559,806,566.64	5,366,725,026.43	
			3,964,103.60	7,843,793.60	15,204,546.12	29,237,627.66	57,472,943.60	100,541,567.67	169,306,693.30	275,094,993.26	434,085,397.89	671,580,075.60	1,027,207,894.37	1,560,536,739.09	2,361,110,562.25	
				1,786,983.33	3,678,437.92	7,236,393.71	13,351,320.90	31,852,815.94	58,689,137.13	103,343,357.29	173,732,683.19	280,177,237.27	438,790,055.03	675,935,198.80	1,031,239,452.36	
					741,276.74	1,677,218.53	3,698,396.79	7,910,375.72	16,315,543.50	32,222,780.95	60,456,355.04	106,996,234.45	178,437,340.33	284,532,360.47	442,821,613.02	
						239,246.05	584,838.32	1,400,055.10	3,266,801.02	7,382,359.81	16,015,450.71	32,949,036.79	63,241,077.54	111,351,357.65	182,468,898.32	
							57,589.16	154,120.33	407,204.45	1,058,473.12	2,692,911.42	6,651,724.95	15,735,025.74	34,725,291.60	67,272,635.53	
								7,844.38	23,362.31	69,578.12	207,219.06	617,144.27	1,837,992.37	5,473,948.48	16,302,631.34	
									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	

Ek 12. RES-1 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertelenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlığı=0, Maliyetin Her Yıl %30 Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1. Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	60,810,500.15	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	49,280,000.00	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5553474794													
6.Volatilité	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4446525206													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667													
8. Getiri kısıtlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	
	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	
		26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	
			17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	
				11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	
					7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	
						5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	
							3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	
								2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	
									1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	
										1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	
														201,888.94	303,510.97	
															134,292.16	
Opsiyon Değerleme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
54,313,784.87	83,601,789.78	128,156,629.52	195,751,139.01	298,065,557.65	452,628,989.67	685,730,994.24	1,036,940,709.22	1,565,760,177.18	2,361,670,229.02	3,559,222,335.76	5,360,718,204.27	8,070,306,679.73	12,145,251,388.52	18,273,004,557.42	27,487,076,743.46	
	33,694,370.17	52,520,996.66	81,392,658.93	125,486,047.65	192,608,642.22	294,499,015.84	448,586,253.21	681,171,483.68	1,031,799,119.14	1,559,952,508.21	2,355,103,740.09	3,551,797,880.76	5,352,323,682.85	8,060,815,344.69	12,134,519,932.10	
		20,081,782.16	31,894,772.70	50,239,054.91	78,526,740.65	121,949,758.32	188,588,837.09	289,913,770.92	443,413,946.50	675,350,967.92	1,025,232,630.20	1,552,528,053.21	2,346,709,218.67	3,542,306,545.73	5,341,592,226.43	
			11,228,883.57	18,355,807.11	29,671,652.92	47,368,263.08	74,555,221.22	117,454,963.85	183,389,456.73	284,031,194.19	436,814,790.86	667,926,512.92	1,016,838,108.78	1,543,036,718.17	2,335,977,762.25	
				5,627,267.83	9,616,649.40	16,288,346.10	27,332,048.04	42,883,281.19	69,619,650.99	111,581,055.33	176,673,292.05	276,523,674.59	428,420,269.44	658,435,177.88	1,006,106,652.36	
					2,298,277.51	4,109,843.31	7,281,571.64	12,763,331.44	22,091,944.23	37,669,360.48	63,071,665.84	103,879,749.55	168,067,554.74	267,032,339.56	417,688,813.02	
						711,061.61	1,356,173.27	2,574,786.31	4,862,809.84	9,128,150.17	17,012,122.55	30,637,728.73	54,236,968.31	93,851,336.73	157,336,098.32	
							114,292.13	232,692.77	473,750.24	964,530.58	1,963,733.55	4,993,363.29	10,166,225.10	20,697,899.74	42,139,835.53	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 13. RES-1 Yatırım Projesinin 3 Yıl Ertenilmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kıtılığı=0, Maliyetin Her Yıl %30 Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket														1.5033560867
2. Varlığın Şimdiki Değeri	60,810,500.15	2. Aşağı doğru hareket														0.6651784024
3. Kullanım Fiyatı	24,147,200.00	3.Risksiz Faiz Oranı														12.28%
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı														0.5553474794
6.Volatilitte	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı														0.4446525206
7.Yıllık dönemler	1	6.r														1.1306582667
8. Getiri kıtlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	
	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	
		26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	
			17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	
				11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	
					7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	
						5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	
							3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	
								2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	
									1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	
										1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	
														201,888.94	303,510.97	
															134,292.16	
Opsiyon Değerleme																
57,461,050.41	87,450,967.52	132,772,219.86	201,191,087.37	304,389,784.80	459,904,978.60	694,025,597.58	1,046,345,664.62	1,576,399,680.11	2,373,699,870.97	3,572,823,749.87	5,376,096,755.57	8,087,694,565.88	12,164,911,145.75	18,295,233,024.45	27,512,209,543.46	
	36,889,788.12	56,544,021.58	86,334,931.08	131,420,072.22	199,602,502.49	302,640,811.51	457,931,401.08	691,798,139.82	1,043,828,761.08	1,573,553,922.31	2,370,482,291.39	3,569,185,766.92	5,371,983,440.08	8,083,043,811.72	12,159,652,732.10	
		23,182,515.67	35,951,846.30	55,394,935.44	84,880,761.22	129,565,008.59	197,620,123.50	300,404,393.99	455,410,921.74	688,952,382.03	1,040,611,181.50	1,569,915,939.37	2,366,368,975.89	3,564,535,012.75	5,366,725,026.43	
			14,046,329.38	22,232,673.82	34,846,142.04	54,014,162.29	82,639,609.28	127,317,401.04	195,081,327.36	297,549,543.70	452,193,342.16	685,314,399.08	1,036,497,866.01	1,565,265,185.20	2,361,110,562.25	
				7,949,441.19	13,012,046.55	21,145,612.02	34,134,205.23	51,122,525.09	80,095,235.94	124,427,331.00	191,840,627.46	293,911,560.75	448,080,026.67	680,663,644.91	1,031,239,452.36	
					3,962,406.74	6,677,159.18	11,137,047.39	18,372,921.92	29,959,164.95	48,262,260.99	76,793,855.65	120,730,557.93	187,727,311.97	289,260,806.58	442,821,613.02	
						1,736,152.13	3,069,034.74	5,372,372.15	9,301,081.45	15,902,872.90	26,809,361.56	44,484,616.13	72,531,049.18	116,079,803.76	182,468,898.32	
							581,609.31	1,094,104.15	2,044,258.85	3,788,855.73	6,954,201.75	12,611,660.95	22,527,621.36	39,453,737.71	67,272,635.53	
								112,432.48	228,906.63	466,041.85	948,836.71	1,931,781.65	3,933,005.86	8,007,393.12	16,302,631.34	
									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	

Ek 14. RES-1 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertelenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlığı=0, Maliyetin Her Yıl Risksiz Faiz Oranınca Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1. Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	60,810,500.15	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	79,045,120.00	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5553474794													
6.Volatilite	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4446525206													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667													
8. Getiri kısıtlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	18,316,589,786.89	27,536,356,743.46	
	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	8,104,400,574.15	12,183,799,932.10	
		26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	3,585,891,775.19	5,390,872,226.43	
			17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	1,586,621,947.64	2,385,257,762.25	
				11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	702,020,407.35	1,055,386,652.36	
					7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	310,617,569.02	466,968,813.02	
						5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	137,436,566.20	206,616,098.32	
							3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	60,810,500.15	91,419,835.53	
								2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	26,906,354.19	40,449,831.34	
									1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	11,905,047.55	17,897,525.69	
										1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	5,267,534.80	7,918,980.51	
											685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	2,330,685.60	3,503,850.39	
												456,285.06	685,958.93	1,031,240.53	1,550,321.72	
													303,510.97	456,285.06	685,958.93	
														201,888.94	303,510.97	
															134,292.16	
Opsiyon Değerleme																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
51,127,796.86	79,550,130.06	123,123,400.27	189,638,170.17	290,793,018.51	444,131,863.70	675,956,414.91	1,025,813,338.33	1,553,159,667.82	2,347,423,358.96	3,543,113,994.35	5,342,505,174.89	8,049,713,967.49	12,121,968,068.20	18,246,679,078.83	27,457,311,623.46	
	30,653,378.38	48,504,711.39	76,228,985.46	119,025,064.46	184,728,558.66	285,100,536.04	437,629,042.07	668,614,278.87	1,017,552,249.07	1,543,844,166.79	2,336,890,710.70	3,531,205,168.53	5,329,040,362.53	8,034,489,866.09	12,104,754,812.10	
		17,365,304.60	28,131,355.13	45,178,340.63	71,939,620.63	113,650,559.78	178,375,447.80	277,735,161.64	429,277,190.81	659,242,626.50	1,007,019,600.82	1,531,935,340.97	2,323,425,898.35	3,515,981,067.13	5,311,827,106.43	
			9,021,759.35	15,106,788.63	25,030,280.51	40,983,855.96	66,208,079.88	106,694,892.00	170,077,863.21	268,202,850.58	418,601,761.48	647,333,800.68	993,554,788.46	1,516,711,239.57	2,306,212,642.25	
				4,072,865.26	7,151,904.27	12,460,094.60	21,522,975.41	35,097,008.95	58,884,517.25	97,501,223.93	159,172,238.45	255,930,962.36	405,136,949.12	632,109,699.28	976,341,532.36	
					1,424,093.51	2,623,796.10	4,802,354.03	8,722,637.25	15,700,698.30	27,957,127.60	49,127,492.63	85,097,442.67	144,784,234.42	240,706,860.96	387,923,693.02	
						344,189.09	673,877.98	1,317,268.31	2,570,498.61	5,006,615.00	9,731,482.54	18,638,723.46	35,557,129.79	67,525,858.13	127,570,978.32	
							33,562.84	68,332.18	139,120.73	283,242.48	576,666.80	1,166,342.94	2,385,397.12	4,818,111.56	9,737,175.53	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek.16. RES-1 Yatırım Projesinin 1 Yıl Erteleme Durumundaki Opsiyon Değerinin (Her Yıl %30 Oranında Varlığın Şimdiki Değerinin Arttığı, Maliyetin ise Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1. Yukarı doğru hareket														
2. Varlığın Şimdiki Değeri	79,053,650.20	2. Aşağı doğru hareket														
3. Kullanım Fiyatı	49,280,000.00	3. Risksiz Faiz Oranı														
4. Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4. Risk bağımsız olasılık yukarı														
6. Volatilitte	0.4077	5. Risk bağımsız olasılık aşağı														
7. Yıllık dönemler	1	6. r														
8. Getiri ktlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	912,626,529.61	1,372,002,648.16	2,062,608,532.06	3,100,835,091.12	4,661,659,308.04	7,008,133,894.80	10,535,720,747.07	15,838,939,912.73	23,811,566,724.46	35,797,263,768.76	
	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	912,626,529.61	1,372,002,648.16	2,062,608,532.06	3,100,835,091.12	4,661,659,308.04	7,008,133,894.80	10,535,720,747.07	15,838,939,912.73	
		34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	912,626,529.61	1,372,002,648.16	2,062,608,532.06	3,100,835,091.12	4,661,659,308.04	7,008,133,894.80	
			23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	912,626,529.61	1,372,002,648.16	2,062,608,532.06	3,100,835,091.12	
				15,476,561.81	23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	912,626,529.61	1,372,002,648.16	
					10,294,674.66	15,476,561.81	23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	403,802,839.75	607,059,456.96	
						6,847,795.25	10,294,674.66	15,476,561.81	23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	178,667,536.07	268,600,927.84	
							4,555,005.50	6,847,795.25	10,294,674.66	15,476,561.81	23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	79,053,650.20	118,845,786.20	
								3,029,891.28	4,555,005.50	6,847,795.25	10,294,674.66	15,476,561.81	23,266,783.40	34,978,260.45	52,584,780.74	
									2,015,418.24	3,029,891.28	4,555,005.50	6,847,795.25	10,294,674.66	15,476,561.81	23,266,783.40	
										1,340,612.69	2,015,418.24	3,029,891.28	4,555,005.50	6,847,795.25	10,294,674.66	
											891,746.61	1,340,612.69	2,015,418.24	3,029,891.28	4,555,005.50	
												593,170.58	891,746.61	1,340,612.69	2,015,418.24	
													394,564.26	593,170.58	891,746.61	
														262,455.62	394,564.26	
															174,579.81	
Opsiyon Değerleme																
72,302,593.97	110,796,193.12	169,186,743.73	257,573,201.68	391,135,556.81	592,658,640.98	896,313,574.69	1,353,551,652.78	2,041,746,761.60	3,077,247,557.89	4,634,989,868.61	6,977,979,872.65	10,501,626,852.64	15,800,391,369.15	23,767,981,495.00	35,747,983,768.76	
	45,471,774.16	70,426,228.42	108,511,162.89	166,447,103.63	254,376,536.81	387,558,597.54	588,623,345.23	891,764,759.15	1,348,415,114.93	2,035,939,092.63	3,070,681,068.96	4,627,565,413.62	6,969,585,351.23	10,492,135,517.60	15,789,659,912.73	
		27,666,567.36	43,554,451.30	68,037,940.54	105,537,297.04	162,786,087.06	250,320,949.24	382,978,915.28	583,471,923.74	885,957,090.18	1,341,848,626.00	2,028,514,637.63	3,062,286,547.54	4,618,074,078.58	6,958,853,894.80	
			15,953,082.50	25,774,561.58	41,194,719.27	65,048,038.34	101,293,312.75	158,193,357.84	245,109,629.03	377,133,400.32	576,905,434.80	878,532,635.18	1,333,454,104.58	2,019,023,302.59	3,051,555,091.12	
				8,374,284.71	14,089,288.43	23,507,987.17	38,893,552.97	59,992,550.70	96,123,627.18	152,242,800.62	238,446,905.68	369,708,945.33	568,510,913.39	869,041,300.14	1,322,722,648.16	
					3,697,276.74	6,465,878.14	11,199,899.22	19,192,678.03	32,495,170.15	54,279,053.87	89,313,995.04	144,573,641.64	230,052,384.26	360,217,610.29	557,779,456.96	
						1,325,860.87	2,453,292.68	4,508,359.18	8,218,213.25	14,836,747.13	26,471,814.27	46,541,958.92	80,297,242.62	135,082,306.60	219,320,927.84	
							307,353.82	607,507.49	1,199,699.85	2,366,883.32	4,664,845.84	9,183,836.53	18,059,448.53	35,468,420.73	69,565,786.20	
								22,791.70	46,402.71	94,473.47	192,343.02	391,600.27	797,277.55	1,623,215.18	3,304,780.74	
									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	

Ek 18. RES-1 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertelemesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Her Dönem Risksiz Faiz Oranına (%12.28), Varlığın Şimdiki Değerinin Azaldığı, Maliyetin ise Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları																																				
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867																																			
2. Varlığın Şimdiki Değeri	53,342,970.73	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024																																			
3. Kullanım Fiyatı	79,045,120.00	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%																																			
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5553474794																																			
6.Volatilité	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4446525206																																			
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667																																			
8. Getiri kütüğü	0																																					
Binom Ağacı																																						
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																							
53,342,970.73	80,193,479.73	120,559,355.86	181,243,641.44	272,473,731.54	409,625,042.77	615,812,301.31	925,785,171.42	1,391,784,772.42	2,092,348,108.98	3,145,544,265.10	4,728,873,116.89	7,109,180,183.44	10,687,629,300.12	16,067,312,560.58	24,154,892,134.64																							
35,482,592.05	53,342,970.73	80,193,479.73	120,559,355.86	181,243,641.44	272,473,731.54	409,625,042.77	615,812,301.31	925,785,171.42	1,391,784,772.42	2,092,348,108.98	3,145,544,265.10	4,728,873,116.89	7,109,180,183.44	10,687,629,300.12	16,067,312,560.58																							
	23,602,253.89	35,482,592.05	53,342,970.73	80,193,479.73	120,559,355.86	181,243,641.44	272,473,731.54	409,625,042.77	615,812,301.31	925,785,171.42	1,391,784,772.42	2,092,348,108.98	3,145,544,265.10	4,728,873,116.89	7,109,180,183.44																							
		15,699,709.54	23,602,253.89	35,482,592.05	53,342,970.73	80,193,479.73	120,559,355.86	181,243,641.44	272,473,731.54	409,625,042.77	615,812,301.31	925,785,171.42	1,391,784,772.42	2,092,348,108.98	3,145,544,265.10																							
			10,443,107.71	15,699,709.54	23,602,253.89	35,482,592.05	53,342,970.73	80,193,479.73	120,559,355.86	181,243,641.44	272,473,731.54	409,625,042.77	615,812,301.31	925,785,171.42	1,391,784,772.42																							
				6,946,529.70	10,443,107.71	15,699,709.54	23,602,253.89	35,482,592.05	53,342,970.73	80,193,479.73	120,559,355.86	181,243,641.44	272,473,731.54	409,625,042.77	615,812,301.31																							
					4,620,681.53	6,946,529.70	10,443,107.71	15,699,709.54	23,602,253.89	35,482,592.05	53,342,970.73	80,193,479.73	120,559,355.86	181,243,641.44	272,473,731.54																							
						3,073,577.56	4,620,681.53	6,946,529.70	10,443,107.71	15,699,709.54	23,602,253.89	35,482,592.05	53,342,970.73	80,193,479.73	120,559,355.86																							
							2,044,477.41	3,073,577.56	4,620,681.53	6,946,529.70	10,443,107.71	15,699,709.54	23,602,253.89	35,482,592.05	53,342,970.73																							
								1,359,942.22	2,044,477.41	3,073,577.56	4,620,681.53	6,946,529.70	10,443,107.71	15,699,709.54	23,602,253.89																							
									904,604.19	1,359,942.22	2,044,477.41	3,073,577.56	4,620,681.53	6,946,529.70	10,443,107.71																							
										601,723.17	904,604.19	1,359,942.22	2,044,477.41	3,073,577.56	4,620,681.53																							
											400,253.26	601,723.17	904,604.19	1,359,942.22	2,044,477.41																							
												266,239.82	400,253.26	601,723.17	904,604.19																							
													177,096.98	266,239.82	400,253.26																							
														177,096.98	266,239.82																							
															177,096.98																							
																177,096.98																						
																	177,096.98																					
																		177,096.98																				
																			177,096.98																			
																				177,096.98																		
																					177,096.98																	
																						177,096.98																
																							177,096.98															
																								177,096.98														
																									177,096.98													
																										177,096.98												
																											177,096.98											
																												177,096.98										
																													177,096.98									
																														177,096.98								
																															177,096.98							
																																177,096.98						
																																	177,096.98					
																																		177,096.98				
																																			177,096.98			
																																				177,096.98		
																																					177,096.98	
																																					177,096.98	
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98
																																						177,096.98

Ek 19. RES-1 Yatırım Projesinin 3 Yıl Ertenilmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Her Dönem Risksiz Faiz Oranınca (%12.28), Varlığın Şimdiki Değerinin Azaldığı, Maliyetin ise Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	41,046,340.58	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	99,650,589.23	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5553474794													
6.Volatilitte	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4446525206													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667													
8. Getiri krtığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
41,046,340.58	61,707,265.95	92,767,993.85	139,463,328.21	209,663,043.34	315,198,212.35	473,855,151.05	712,373,025.54	1,070,950,323.94	1,610,019,688.03	2,420,432,897.68	3,638,772,529.14	5,470,370,829.76	8,223,915,283.35	12,363,473,097.61	18,586,702,533.88	
	27,303,139.25	41,046,340.58	61,707,265.95	92,767,993.85	139,463,328.21	209,663,043.34	315,198,212.35	473,855,151.05	712,373,025.54	1,070,950,323.94	1,610,019,688.03	2,420,432,897.68	3,638,772,529.14	5,470,370,829.76	8,223,915,283.35	
		18,161,458.55	27,303,139.25	41,046,340.58	61,707,265.95	92,767,993.85	139,463,328.21	209,663,043.34	315,198,212.35	473,855,151.05	712,373,025.54	1,070,950,323.94	1,610,019,688.03	2,420,432,897.68	3,638,772,529.14	
			12,080,609.98	18,161,458.55	27,303,139.25	41,046,340.58	61,707,265.95	92,767,993.85	139,463,328.21	209,663,043.34	315,198,212.35	473,855,151.05	712,373,025.54	1,070,950,323.94	1,610,019,688.03	
				8,035,760.85	12,080,609.98	18,161,458.55	27,303,139.25	41,046,340.58	61,707,265.95	92,767,993.85	139,463,328.21	209,663,043.34	315,198,212.35	473,855,151.05	712,373,025.54	
					5,345,214.56	8,035,760.85	12,080,609.98	18,161,458.55	27,303,139.25	41,046,340.58	61,707,265.95	92,767,993.85	139,463,328.21	209,663,043.34	315,198,212.35	
						3,555,521.28	5,345,214.56	8,035,760.85	12,080,609.98	18,161,458.55	27,303,139.25	41,046,340.58	61,707,265.95	92,767,993.85	139,463,328.21	
							2,365,055.97	3,555,521.28	5,345,214.56	8,035,760.85	12,080,609.98	18,161,458.55	27,303,139.25	41,046,340.58	61,707,265.95	
								1,573,184.15	2,365,055.97	3,555,521.28	5,345,214.56	8,035,760.85	12,080,609.98	18,161,458.55	27,303,139.25	
									1,046,448.12	1,573,184.15	2,365,055.97	3,555,521.28	5,345,214.56	8,035,760.85	12,080,609.98	
										696,074.69	1,046,448.12	1,573,184.15	2,365,055.97	3,555,521.28	5,345,214.56	
											463,013.85	696,074.69	1,046,448.12	1,573,184.15	2,365,055.97	
												307,986.81	463,013.85	696,074.69	1,046,448.12	
													204,866.18	307,986.81	463,013.85	
														136,272.56	204,866.18	
															90,645.56	
Opsiyon Değerleme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
30,779,459.77	48,719,983.67	76,622,399.19	119,750,775.39	186,029,756.51	287,352,234.49	441,538,516.52	675,321,012.29	1,028,820,305.18	1,562,322,618.54	2,366,503,811.77	3,577,797,162.35	5,401,428,527.22	8,145,965,099.06	12,275,338,077.36	18,487,051,944.65	
	17,417,039.48	28,187,394.54	45,272,334.82	72,159,824.29	114,146,981.22	179,218,318.72	279,299,781.39	432,257,803.69	664,816,325.23	1,017,021,238.03	1,549,044,321.23	2,351,490,595.15	3,560,822,344.86	5,382,235,809.51	8,124,264,694.12	
		9,083,320.05	15,131,891.33	24,994,265.34	40,923,783.65	66,417,674.48	106,884,008.99	170,333,735.81	268,820,670.20	420,282,994.56	651,397,658.74	1,002,008,021.40	1,532,069,503.74	2,332,297,877.43	3,539,121,939.91	
			4,198,049.29	7,260,716.22	12,443,542.71	21,108,451.53	35,393,767.03	59,045,830.81	97,380,230.34	158,643,453.20	255,130,442.34	404,912,848.52	634,422,841.26	982,815,303.69	1,510,369,098.80	
				1,606,509.90	2,921,154.56	5,277,984.43	9,469,429.98	16,253,819.87	28,518,428.81	49,480,256.08	84,752,659.64	143,028,569.42	237,248,028.07	385,720,130.80	612,722,436.31	
					436,650.80	835,961.07	1,593,992.23	3,025,441.63	5,712,051.84	10,718,171.08	19,966,342.84	36,873,151.46	67,381,468.93	121,528,023.08	215,547,623.12	
						66,240.41	134,862.00	274,571.94	559,014.04	1,138,123.18	2,317,158.96	4,717,613.79	9,604,813.62	19,554,895.49	39,812,738.98	
							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	0	0	
											0	0	0	0	0	
												0	0	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 20.RES-1 Projesinin 15 Yıl Vadeli Ve Bugün Başlanılması Durumundaki Opsiyon Değerinin (Simülasyon Sonrası-Crystal Ball) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket														1.5093815539
2. Varlığın Şimdiki Değeri	61,175,762.36	2. Aşağı doğru hareket														0.6625230031
3. Kullanım Fiyatı	70,400,000.00	3.Risksiz Faiz Oranı														12.28%
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı														0.5527903841
6.Volatilitte	0.4117	5.Risk bağımsız olasılık aşağı														0.4472096159
7.Yıllık dönemler	1	6.r														1.1306582667
8. Getiri ktlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
61,175,762.36	92,337,567.25	139,372,620.75	210,366,462.88	317,523,258.64	479,263,749.53	723,391,863.02	1,091,874,334.30	1,648,054,979.41	2,487,543,785.79	3,754,652,704.87	5,667,203,534.16	8,553,972,476.84	12,911,208,269.41	19,487,939,600.84	29,414,736,557.67	
	40,530,349.80	61,175,762.36	92,337,567.25	139,372,620.75	210,366,462.88	317,523,258.64	479,263,749.53	723,391,863.02	1,091,874,334.30	1,648,054,979.41	2,487,543,785.79	3,754,652,704.87	5,667,203,534.16	8,553,972,476.84	12,911,208,269.41	
		26,852,289.07	40,530,349.80	61,175,762.36	92,337,567.25	139,372,620.75	210,366,462.88	317,523,258.64	479,263,749.53	723,391,863.02	1,091,874,334.30	1,648,054,979.41	2,487,543,785.79	3,754,652,704.87	5,667,203,534.16	
			17,790,259.19	26,852,289.07	40,530,349.80	61,175,762.36	92,337,567.25	139,372,620.75	210,366,462.88	317,523,258.64	479,263,749.53	723,391,863.02	1,091,874,334.30	1,648,054,979.41	2,487,543,785.79	
				11,786,455.95	17,790,259.19	26,852,289.07	40,530,349.80	61,175,762.36	92,337,567.25	139,372,620.75	210,366,462.88	317,523,258.64	479,263,749.53	723,391,863.02	1,091,874,334.30	
					7,808,798.19	11,786,455.95	17,790,259.19	26,852,289.07	40,530,349.80	61,175,762.36	92,337,567.25	139,372,620.75	210,366,462.88	317,523,258.64	479,263,749.53	
						5,173,508.43	7,808,798.19	11,786,455.95	17,790,259.19	26,852,289.07	40,530,349.80	61,175,762.36	92,337,567.25	139,372,620.75	210,366,462.88	
							3,427,568.34	5,173,508.43	7,808,798.19	11,786,455.95	17,790,259.19	26,852,289.07	40,530,349.80	61,175,762.36	92,337,567.25	
								2,270,842.87	3,427,568.34	5,173,508.43	7,808,798.19	11,786,455.95	17,790,259.19	26,852,289.07	40,530,349.80	
									1,504,485.64	2,270,842.87	3,427,568.34	5,173,508.43	7,808,798.19	11,786,455.95	17,790,259.19	
										996,756.34	1,504,485.64	2,270,842.87	3,427,568.34	5,173,508.43	7,808,798.19	
											660,374.01	996,756.34	1,504,485.64	2,270,842.87	3,427,568.34	
												437,512.97	660,374.01	996,756.34	1,504,485.64	
													289,862.41	437,512.97	660,374.01	
														192,040.51	289,862.41	
															127,231.26	
Opsiyon Değerleme																
52,475,446.06	81,694,835.84	126,562,135.82	195,193,901.40	299,829,892.26	458,904,422.55	700,170,474.60	1,065,533,661.86	1,618,252,450.19	2,453,847,309.75	3,716,553,505.68	5,624,126,359.64	8,505,266,913.38	12,856,138,921.44	19,425,674,987.31	29,344,336,557.67	
	31,689,115.58	50,103,148.57	78,704,062.11	122,883,129.01	190,799,104.62	294,753,441.58	453,113,631.27	693,634,570.24	1,058,177,858.27	1,609,955,780.22	2,444,466,611.27	3,705,947,141.40	5,612,134,186.19	8,491,707,863.32	12,840,808,269.41	
		18,186,151.33	29,388,210.64	47,089,296.86	74,834,963.59	118,046,917.71	185,122,488.77	288,191,818.48	445,681,642.62	685,292,663.83	1,048,797,159.79	1,599,349,415.94	2,432,474,437.82	3,692,388,091.35	5,596,803,534.16	
			9,652,748.83	16,094,271.12	26,550,982.09	43,285,225.88	69,624,602.40	111,805,749.42	177,719,648.08	279,713,213.31	436,186,575.02	674,686,299.55	1,036,804,986.33	1,585,790,365.89	2,417,143,785.79	
				4,510,640.82	7,871,013.89	13,623,210.53	23,373,799.21	37,826,756.18	62,995,922.55	103,569,809.30	168,020,341.97	268,817,695.17	424,194,401.57	661,127,249.49	1,021,474,334.30	
					1,674,768.41	3,060,415.29	5,550,829.12	9,981,201.54	17,767,047.20	31,248,133.86	54,162,591.39	92,515,344.45	155,297,114.91	255,258,645.12	408,863,749.53	
						451,293.07	876,186.18	1,696,248.41	3,273,353.55	6,294,119.73	12,053,410.72	22,579,543.34	41,941,153.62	77,108,007.23	139,966,462.88	
							57,939.14	118,506.71	242,389.51	495,775.09	1,014,041.17	2,563,750.85	5,243,807.01	10,725,500.87	21,937,567.25	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 21.RES-1 Projesinin 15 Yıl Vadeli Ve Bugün Başlanılması Durumundaki Opsiyon Değerinin (Simülasyon Sonrası-Matlab) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%														1.5065164517	
2. Varlığın Şimdiki Değeri	61,193,000.00														0.6637829935	
3. Kullanım Fiyatı	70,400,000.00														12.28%	
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15														0.5540011123	
6.Volatilite	0.4098														0.4459988877	
7.Yıllık dönemler	1														1.1306582667	
8. Getiri ktlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
61,193,000.00	92,188,261.23	138,883,132.19	209,229,723.51	315,208,020.65	474,866,068.82	715,393,545.02	1,077,752,145.01	1,623,651,337.30	2,446,057,451.45	3,685,025,792.39	5,551,551,981.14	8,363,504,392.01	12,599,756,960.34	18,981,741,148.05	28,596,305,321.26	
	40,618,872.72	61,193,000.00	92,188,261.23	138,883,132.19	209,229,723.51	315,208,020.65	474,866,068.82	715,393,545.02	1,077,752,145.01	1,623,651,337.30	2,446,057,451.45	3,685,025,792.39	5,551,551,981.14	8,363,504,392.01	12,599,756,960.34	
		26,962,116.92	40,618,872.72	61,193,000.00	92,188,261.23	138,883,132.19	209,229,723.51	315,208,020.65	474,866,068.82	715,393,545.02	1,077,752,145.01	1,623,651,337.30	2,446,057,451.45	3,685,025,792.39	5,551,551,981.14	
			17,896,994.68	26,962,116.92	40,618,872.72	61,193,000.00	92,188,261.23	138,883,132.19	209,229,723.51	315,208,020.65	474,866,068.82	715,393,545.02	1,077,752,145.01	1,623,651,337.30	2,446,057,451.45	
				11,879,720.70	17,896,994.68	26,962,116.92	40,618,872.72	61,193,000.00	92,188,261.23	138,883,132.19	209,229,723.51	315,208,020.65	474,866,068.82	715,393,545.02	1,077,752,145.01	
					7,885,556.57	11,879,720.70	17,896,994.68	26,962,116.92	40,618,872.72	61,193,000.00	92,188,261.23	138,883,132.19	209,229,723.51	315,208,020.65	474,866,068.82	
						5,234,298.35	7,885,556.57	11,879,720.70	17,896,994.68	26,962,116.92	40,618,872.72	61,193,000.00	92,188,261.23	138,883,132.19	209,229,723.51	
							3,474,438.22	5,234,298.35	7,885,556.57	11,879,720.70	17,896,994.68	26,962,116.92	40,618,872.72	61,193,000.00	92,188,261.23	
								2,306,273.01	3,474,438.22	5,234,298.35	7,885,556.57	11,879,720.70	17,896,994.68	26,962,116.92	40,618,872.72	
									1,530,864.80	2,306,273.01	3,474,438.22	5,234,298.35	7,885,556.57	11,879,720.70	17,896,994.68	
										1,016,162.02	1,530,864.80	2,306,273.01	3,474,438.22	5,234,298.35	7,885,556.57	
											674,511.07	1,016,162.02	1,530,864.80	2,306,273.01	3,474,438.22	
												447,728.98	674,511.07	1,016,162.02	1,530,864.80	
													297,194.88	447,728.98	674,511.07	
														197,272.91	297,194.88	
															130,946.40	
Opsiyon Değerleme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
52,461,713.61	81,518,138.71	126,050,215.19	194,040,554.17	297,504,003.75	454,501,254.59	692,170,082.30	1,051,411,036.81	1,593,848,808.08	2,412,360,975.42	3,646,926,593.21	5,508,474,806.63	8,314,798,828.54	12,544,687,612.37	18,919,476,534.53	28,525,905,321.26	
	31,738,040.26	50,083,528.50	78,522,695.79	122,368,035.35	189,644,330.86	292,428,095.29	448,711,750.53	685,635,270.36	1,044,055,668.98	1,585,552,138.12	2,402,980,276.94	3,636,320,228.92	5,496,482,633.17	8,301,239,778.48	12,529,356,960.34	
		18,247,908.95	29,429,882.17	47,063,586.94	74,648,752.33	117,528,186.30	183,967,800.64	285,868,308.66	441,281,783.16	677,294,345.84	1,034,674,970.50	1,574,945,773.83	2,390,988,103.48	3,622,761,178.87	5,481,151,981.14	
			9,703,974.09	16,147,708.55	26,586,034.49	43,254,554.02	69,430,328.37	111,285,823.79	176,567,183.98	277,393,236.93	431,788,894.30	666,687,981.55	1,022,682,797.04	1,561,386,723.78	2,375,657,451.45	
				4,542,679.56	7,912,233.82	13,669,649.85	23,411,807.12	37,779,252.43	62,797,960.02	103,051,791.52	166,873,574.77	266,502,457.18	419,796,720.85	653,128,931.50	1,007,352,145.01	
					1,687,968.01	3,078,553.31	5,572,963.28	10,001,794.71	17,769,740.22	31,193,408.50	53,964,739.85	92,005,451.63	154,160,375.54	252,943,407.13	404,466,068.82	
						455,142.45	881,984.03	1,704,290.37	3,282,869.23	6,301,183.13	12,046,127.11	22,521,483.69	41,752,805.81	76,618,518.67	138,829,723.51	
							58,274.68	118,932.52	242,728.83	495,384.12	1,011,027.13	2,563,069.58	5,230,956.66	10,675,834.88	21,788,261.23	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 24. RES-2 Yatırım Projesine 1 Adet Rüzgâr Türbini Eklenmesi Durumundaki Genişleme Opsiyonunun Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	69,146,831.38	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	56,534,284.80	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5553474794													
6.Volatilite	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4446525206													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667													
8. Getiri ktlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	798,258,304.28	1,200,066,480.49	1,804,127,247.87	2,712,245,679.24	4,077,471,050.47	6,129,890,922.01	9,215,408,828.32	13,854,040,953.36	20,827,556,792.44	31,311,234,274.72	
	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	798,258,304.28	1,200,066,480.49	1,804,127,247.87	2,712,245,679.24	4,077,471,050.47	6,129,890,922.01	9,215,408,828.32	13,854,040,953.36	
		30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	798,258,304.28	1,200,066,480.49	1,804,127,247.87	2,712,245,679.24	4,077,471,050.47	6,129,890,922.01	
			20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	798,258,304.28	1,200,066,480.49	1,804,127,247.87	2,712,245,679.24	
				13,537,075.23	20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	798,258,304.28	1,200,066,480.49	
					9,004,570.08	13,537,075.23	20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	
						5,989,645.54	9,004,570.08	13,537,075.23	20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	
							3,984,182.85	5,989,645.54	9,004,570.08	13,537,075.23	20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	
								2,650,192.38	3,984,182.85	5,989,645.54	9,004,570.08	13,537,075.23	20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	
									1,762,850.74	2,650,192.38	3,984,182.85	5,989,645.54	9,004,570.08	13,537,075.23	20,351,044.44	
										1,172,610.24	1,762,850.74	2,650,192.38	3,984,182.85	5,989,645.54	9,004,570.08	
											779,995.00	1,172,610.24	1,762,850.74	2,650,192.38	3,984,182.85	
												518,835.83	779,995.00	1,172,610.24	1,762,850.74	
													345,118.39	518,835.83	779,995.00	
														229,565.30	345,118.39	
															152,701.88	
Opsiyon Değerleme																
61,706,127.87	94,994,636.54	145,640,923.60	222,483,675.89	338,804,649.41	514,536,209.51	779,572,076.66	1,178,905,428.08	1,780,194,511.01	2,685,185,932.46	4,046,875,724.08	6,095,298,063.31	9,176,296,126.67	13,809,817,853.90	20,777,555,579.46	31,254,699,989.92	
	38,262,487.75	59,653,662.22	92,464,033.65	142,580,321.36	218,880,780.20	334,713,566.45	509,898,054.08	774,340,900.80	1,173,006,733.71	1,773,531,921.48	2,677,652,820.54	4,038,358,348.81	6,085,667,822.55	9,165,407,615.34	13,797,506,668.56	
		22,789,226.78	36,204,086.47	57,041,399.20	89,181,389.05	138,528,458.17	214,270,823.56	329,453,170.20	503,963,426.34	767,662,977.89	1,165,473,621.79	1,765,014,546.21	2,668,022,579.78	4,027,469,837.49	6,073,356,637.21	
			12,731,243.43	20,817,721.61	33,661,497.99	53,754,884.06	84,635,941.30	133,376,260.25	208,306,773.35	322,703,026.84	496,391,324.86	759,145,602.62	1,155,843,381.03	1,754,126,034.89	2,655,711,394.44	
				6,372,653.40	10,893,677.09	18,457,134.99	30,981,601.89	48,631,584.77	78,983,763.90	126,641,501.25	200,599,726.27	314,086,509.27	486,761,084.10	748,257,091.30	1,143,532,195.69	
					2,598,696.92	4,648,354.77	8,238,247.99	14,445,327.60	25,013,395.01	42,670,638.75	71,484,375.93	117,805,668.78	190,717,387.40	303,197,997.94	474,449,898.75	
						802,392.96	1,530,656.99	2,906,689.76	5,491,036.43	10,310,455.83	19,222,296.19	34,636,752.64	61,359,222.39	106,276,124.73	178,406,202.05	
							128,607.70	261,838.51	533,089.43	1,085,342.05	2,209,699.34	5,618,802.79	11,439,587.04	23,290,397.69	47,418,025.03	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 26. RES-2 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertelenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kıtılığı=1/15, Maliyetin Her Yıl Risksiz Faiz Oranınca Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	53,189,870.29	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	41,918,934.97	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.4683497439													
6.Volatilité	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.5316502561													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.0577387062													
8. Getiri kıtlığı	0.066666667															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	16,021,197,531.95	24,085,564,825.66	
	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	
		23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	
			15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	
				10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	
					6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	
						4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	
							3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	
								2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	
									1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	
										902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	
											599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	
												399,104.48	599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	
													265,475.68	399,104.48	599,996.16	
														176,588.69	265,475.68	
															117,462.98	
Opsiyon Değerleme																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
41,094,687.37	65,462,353.69	103,276,028.76	161,440,975.00	250,242,931.81	385,045,909.75	588,911,512.70	896,401,044.52	1,359,491,817.94	2,056,410,546.00	3,104,855,657.08	4,681,812,135.23	7,053,353,860.75	10,619,487,188.59	15,981,566,822.85	24,043,645,890.69	
	24,091,335.84	39,260,328.45	63,252,511.14	100,745,093.94	158,667,245.50	247,270,465.38	381,990,414.82	585,799,466.32	893,195,777.78	1,356,129,655.16	2,052,854,256.29	3,101,094,031.81	4,677,833,318.58	7,049,145,312.38	10,615,035,644.08	
		13,344,813.72	22,388,537.37	37,093,352.48	60,660,596.24	97,845,204.13	155,445,103.67	243,932,953.34	378,622,512.65	582,384,313.97	889,639,488.07	1,352,368,029.88	2,048,875,439.64	3,096,885,483.43	4,673,381,774.06	
			6,827,157.91	11,865,997.14	20,360,565.65	34,491,254.50	57,729,653.62	94,374,762.43	151,771,900.22	240,240,911.96	374,960,798.14	578,622,688.69	885,660,671.42	1,348,159,481.50	2,044,423,895.12	
				3,129,712.51	5,671,508.13	10,123,550.39	17,765,563.56	31,717,267.36	54,060,932.32	90,319,233.81	147,652,176.80	236,269,539.97	370,981,981.49	574,414,140.32	881,209,126.90	
					1,230,449.29	2,365,486.38	4,490,873.32	8,405,150.69	15,478,517.01	27,990,865.07	49,621,513.44	85,621,408.79	143,256,060.96	232,060,991.60	366,530,436.98	
						364,184.72	750,055.38	1,530,367.66	3,086,791.96	6,136,951.94	11,975,538.84	23,296,952.10	44,147,705.04	80,582,627.59	138,804,516.45	
							63,808.92	144,108.46	325,459.98	735,031.08	1,660,021.89	3,302,677.63	7,458,891.58	16,845,441.75	38,044,380.28	
								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	0	
											0	0	0	0	0	
												0	0	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 28. RES-2 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertelemesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlığı=1/15, Maliyetin Her Yıl %30 Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	53,189,870.29	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	26,133,999.26	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.4683497439													
6.Volatilite	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.5316502561													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.0577387062													
8. Getiri ktlığı	0.06666667															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	16,021,197,531.95	24,085,564,825.66	
	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	
		23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	
			15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	
				10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	
					6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	
						4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	
							3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	
								2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	
									1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	
										902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	
											599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	
												399,104.48	599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	
													265,475.68	399,104.48	599,996.16	
														176,588.69	265,475.68	
															117,462.98	
Opsiyon Değerleme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
44,574,029.08	69,926,793.88	108,819,252.35	168,088,809.03	257,936,983.86	393,656,059.44	598,297,445.95	906,448,728.11	1,370,147,813.70	2,067,681,805.17	3,116,777,704.17	4,694,422,545.89	7,066,692,380.21	10,633,595,856.91	15,996,490,107.41	24,059,430,826.40	
	27,080,735.27	43,259,280.43	68,424,653.46	107,193,250.44	166,389,869.94	256,132,285.93	391,812,727.13	596,402,472.51	904,467,036.95	1,368,051,702.25	2,065,464,666.95	3,114,432,551.26	4,691,941,986.89	7,064,068,596.94	10,630,820,579.79	
		15,769,519.31	25,788,281.36	41,703,117.36	66,686,316.15	105,402,968.57	164,423,211.16	254,134,255.08	389,788,347.02	594,306,361.06	902,249,898.73	1,365,706,549.34	2,062,984,107.95	3,111,808,768.00	4,689,166,709.77	
			8,656,247.10	14,569,012.11	24,223,598.43	39,821,751.59	64,856,981.40	103,250,361.92	162,231,400.58	251,953,212.34	387,571,208.81	591,961,208.15	899,769,339.73	1,363,082,766.07	2,060,208,830.83	
				4,387,573.38	7,646,176.89	13,113,377.49	22,092,075.09	38,078,527.74	62,505,131.77	100,811,028.81	159,845,288.28	249,608,059.43	385,090,649.81	589,337,424.88	896,994,062.61	
					1,993,455.64	3,660,320.38	6,627,870.83	11,815,046.94	20,695,692.49	35,548,328.00	59,753,996.14	98,129,695.43	157,364,729.28	246,984,276.16	382,315,372.69	
						741,549.68	1,443,619.99	2,778,107.02	5,274,915.52	9,859,084.28	18,085,336.30	32,436,920.04	56,604,593.11	95,505,912.16	154,589,452.16	
							203,605.17	424,803.77	880,289.22	1,809,427.74	3,683,008.53	7,406,630.55	14,669,491.94	28,482,445.76	53,829,315.99	
								30,855.50	69,685.21	157,379.71	355,432.27	802,721.62	1,812,896.75	4,094,314.31	9,246,753.68	
									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	

Ek 29. RES-2 Yatırım Projesinin 3 Yıl Erteleenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlığı=1/15, Maliyetin Her Yıl %30 Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları													
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867												
2. Varlığın Şimdiki Değeri	53,189,870.29	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024												
3. Kullanım Fiyatı	12,805,659.69	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%												
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.3108246576												
6.Volatilitte	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.6891753424												
7.Yıllık dönemler	1	6.r	0.9257046942												
8. Getiri kısıtlığı	0.2														
Binom Ağacı															
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	16,021,197,531.95	24,085,564,825.66
	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05
		23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03
			15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09
				10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87
					6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95
						4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42
							3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25
								2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94
									1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57
										902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37
											599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04
												399,104.48	599,996.16	902,007.87	1,356,039.03
													265,475.68	399,104.48	599,996.16
														176,588.69	265,475.68
															117,462.98
Opsiyon Değerleme															
31,270,561.83	54,068,806.01	91,530,444.24	151,266,528.68	243,270,117.73	381,044,295.94	588,391,164.15	899,380,325.00	1,365,806,799.10	2,065,992,701.38	3,117,677,982.86	4,697,862,089.91	7,072,633,009.90	10,642,010,917.45	16,007,364,114.26	24,072,759,165.97
	17,617,269.54	31,344,459.39	54,721,625.38	93,465,016.30	154,907,351.64	246,451,085.58	384,701,635.07	592,061,457.92	902,777,933.17	1,368,951,980.94	2,068,904,210.97	3,120,373,180.95	4,700,357,047.43	7,074,942,603.79	10,644,148,919.36
		9,526,977.89	17,422,101.44	31,348,820.06	55,678,108.94	96,920,745.96	157,530,553.00	249,708,309.20	388,099,243.24	595,206,639.75	905,689,442.75	1,371,647,179.03	2,071,399,168.49	3,122,682,774.84	4,702,495,049.34
			4,939,163.12	9,262,860.16	16,996,575.50	31,075,007.79	59,136,778.10	98,975,207.72	160,373,322.71	252,853,491.03	391,010,752.83	597,901,837.84	908,184,400.27	1,373,956,772.92	2,073,537,170.40
				2,456,676.91	4,776,314.77	8,814,782.96	15,068,896.31	34,794,132.28	60,614,227.90	101,375,127.02	163,284,832.30	255,548,689.12	393,505,710.35	600,211,431.73	910,322,402.18
					1,145,660.47	2,440,025.06	5,043,856.35	10,084,379.47	19,398,103.97	35,696,265.73	62,524,696.13	104,070,325.11	165,779,789.82	257,858,283.01	395,643,712.26
						438,383.82	1,002,629.80	2,226,788.47	4,796,672.47	9,956,299.81	19,748,215.94	37,046,858.71	65,019,653.65	106,379,919.01	167,917,791.73
							136,644.33	342,435.85	827,691.34	1,952,534.65	4,466,731.22	9,817,442.10	20,437,091.35	39,356,452.60	67,157,655.56
								29,099.69	86,665.32	231,148.49	608,118.52	1,571,981.63	3,969,527.27	9,701,095.03	22,575,093.25
									4,082.71	12,159.23	36,212.87	107,849.94	321,201.01	956,607.77	2,848,989.88
										0	0	0	0	0	0
											0	0	0	0	0
												0	0	0	0
													0	0	0
														0	0
															0

Ek 30. RES- 2 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertelenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlı=0, Maliyetin Her Yıl %30 Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket														1.5033560867
2. Varlığın Şimdiki Değeri	53,189,870.29	2. Aşağı doğru hareket														0.6651784024
3. Kullanım Fiyatı	26,133,999.36	3.Risksiz Faiz Oranı														12.28%
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı														0.5553474794
6.Volatilitte	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı														0.4446525206
7.Yıllık dönemler	1	6.r														1.1306582667
8. Getiri kısıtlı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	16,021,197,531.95	24,085,564,825.66	
	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	
		23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	
			15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	
				10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	
					6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	
						4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	
							3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	
								2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	
									1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	
										902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	
											599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	
												399,104.48	599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	
													265,475.68	399,104.48	599,996.16	
														176,588.69	265,475.68	
															117,462.98	
Opsiyon Değerleme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
49,588,526.98	75,681,943.95	115,175,941.75	174,864,330.65	264,963,406.95	400,808,586.44	605,393,073.41	913,343,193.74	1,376,726,848.57	2,073,833,970.96	3,122,372,947.54	4,699,309,532.17	7,070,695,465.16	10,636,511,648.58	15,998,083,563.63	24,059,430,826.30	
	31,570,497.20	48,594,679.26	74,472,006.49	113,718,102.27	173,157,746.02	263,068,393.46	398,670,499.65	602,981,507.38	910,619,202.74	1,373,646,945.62	2,070,351,653.23	3,118,435,636.22	4,694,857,778.57	7,065,662,053.16	10,630,820,579.69	
		19,584,980.62	30,554,498.42	47,338,826.02	72,896,459.84	111,745,386.47	171,009,480.76	260,643,604.80	395,940,512.81	599,901,604.43	907,136,885.01	1,369,709,634.29	2,065,899,899.63	3,113,402,224.21	4,689,166,709.67	
			11,639,552.94	18,570,002.72	29,328,900.96	45,796,358.45	70,563,326.25	109,311,230.46	168,253,360.04	257,548,455.71	392,458,195.08	595,964,293.10	902,685,131.41	1,364,676,222.28	2,060,208,830.73	
				6,403,995.07	10,589,383.05	17,380,025.37	28,320,689.33	42,903,820.31	67,816,026.12	106,168,670.00	164,732,274.56	253,611,144.38	388,006,441.48	590,930,881.10	896,994,062.51	
					3,058,439.39	5,219,851.67	8,822,722.79	14,755,613.99	24,396,802.97	39,842,903.05	64,222,802.36	102,132,780.38	160,280,520.96	248,577,732.37	382,315,372.59	
						1,257,652.41	2,253,875.85	4,005,355.50	7,050,120.62	12,274,283.68	21,101,277.64	35,746,699.98	59,520,384.79	97,099,368.37	154,589,452.06	
							382,975.05	728,657.24	1,379,552.71	2,597,049.62	4,856,553.97	9,010,393.70	16,558,561.65	30,075,901.97	53,829,313.59	
								63,771.02	129,834.45	264,336.11	538,174.42	1,095,694.83	2,230,777.06	4,541,744.79	9,246,753.58	
									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	
																0

Ek 31.RES-2 Yatırım Projesinin 3 Yıl Ertenilmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlığı=0, Maliyetin Her Yıl %30 Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.5033560867														
2. Varlığın Şimdiki Değeri	53,189,870.29	0.6651784024														
3. Kullanım Fiyatı	12,805,659.69	12.28%														
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	0.5553474794														
6.Volatilitte	0.4077	0.4446525206														
7.Yıllık dönemler	1	1.1306582667														
8. Getiri kısıtlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	16,021,197,531.95	24,085,564,825.66	
	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	
		23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	
			15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	
				10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	
					6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	
						4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	
							3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	
								2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	
									1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	
										902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	
											599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	
												399,104.48	599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	
													265,475.68	399,104.48	599,996.16	
														176,588.69	265,475.68	
															117,462.98	
Opsiyon Değerleme																
51,374,296.36	77,835,252.62	117,721,961.49	177,826,153.06	268,369,256.66	404,696,250.73	609,803,682.71	918,333,476.49	1,382,369,153.00	2,080,213,489.11	3,129,586,002.49	4,707,465,032.37	7,079,916,548.88	10,646,937,543.12	16,009,871,687.47	24,072,759,165.97	
	33,421,966.23	50,890,248.39	77,246,842.13	116,995,670.41	176,962,621.70	267,445,292.10	403,653,156.49	608,623,811.82	916,998,720.89	1,380,860,000.56	2,078,507,153.43	3,127,656,719.93	4,705,283,673.10	7,077,450,177.00	10,644,148,919.36	
		21,425,834.31	32,926,027.16	50,301,142.86	76,478,540.95	115,953,873.83	175,915,942.82	266,266,518.17	402,320,030.97	607,114,659.37	915,292,385.21	1,378,930,718.01	2,076,325,794.16	3,125,190,348.05	4,702,495,049.34	
			13,358,544.52	20,900,526.75	32,387,622.67	49,648,662.64	75,136,716.91	114,764,614.86	174,583,570.76	264,761,510.65	400,613,695.28	605,185,376.82	913,111,025.94	1,376,464,346.12	2,073,537,170.40	
				7,864,329.51	12,695,236.10	20,346,390.14	32,404,369.33	47,722,006.58	73,776,742.56	113,256,346.46	172,887,774.75	262,832,228.10	398,432,336.02	602,719,004.94	910,322,402.18	
					4,141,665.04	6,869,762.41	11,265,267.03	18,251,585.48	29,203,822.36	46,147,624.00	72,059,491.31	111,353,864.10	170,706,415.49	260,365,856.22	395,643,712.26	
						1,951,417.21	3,398,644.86	5,849,950.65	9,935,931.23	16,623,264.59	27,345,253.04	44,157,113.44	69,946,279.32	108,887,492.21	167,917,791.73	
							717,317.75	1,335,763.38	2,465,747.20	4,503,414.67	8,116,706.90	14,383,354.33	24,923,091.44	41,864,025.81	67,157,655.56	
								155,691.05	316,978.79	645,352.16	1,313,903.06	2,675,037.54	5,446,235.77	11,088,249.66	22,575,093.25	
									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	

Ek 32. RES-2 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertelenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kıtılığı=0, Maliyetin Her Yıl Risksiz Faiz Oranınca Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	53,189,870.29	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3. Kullanım Fiyatı	41,918,934.97	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5553474794													
6.Volatilitte	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4446525206													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667													
8. Getiri kütliği	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	16,021,197,531.95	24,085,564,825.66	
	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	
		23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	
			15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	
				10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	
					6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	
						4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	
							3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	
								2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	
									1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	
										902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	
											599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	
												399,104.48	599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	
													265,475.68	399,104.48	599,996.16	
														176,588.69	265,475.68	
															117,462.98	
Opsiyon Değerleme																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
47,634,191.73	73,286,368.07	112,296,790.83	171,463,515.42	261,002,310.52	396,244,983.99	600,186,064.95	907,436,874.26	1,370,044,589.97	2,066,278,620.04	3,113,830,427.57	4,689,650,861.35	7,059,774,809.15	10,624,164,118.59	15,984,122,726.76	24,043,645,890.69	
	29,592,979.38	46,099,138.56	71,398,366.83	110,017,741.06	168,785,205.20	257,967,386.03	392,806,847.91	596,308,761.03	903,063,851.82	1,365,104,425.65	2,060,692,982.40	3,107,514,980.21	4,682,510,248.57	7,051,701,216.29	10,615,035,644.08	
		17,673,365.17	28,047,674.22	44,144,759.31	68,948,288.20	106,997,819.07	165,362,077.71	254,067,473.32	388,409,349.53	591,359,084.46	897,478,214.19	1,358,788,978.28	2,053,552,369.63	3,099,441,387.34	4,673,381,774.06	
			9,909,605.91	16,184,893.99	26,138,115.61	41,686,445.13	65,544,564.02	103,164,307.23	160,937,659.05	249,067,439.83	382,799,524.26	585,043,637.09	890,337,601.41	1,350,715,385.42	2,044,423,895.12	
				4,983,976.61	8,509,673.04	14,399,590.60	24,138,208.78	37,819,340.66	61,322,610.89	98,158,714.27	155,229,995.75	242,690,488.37	375,658,911.49	576,970,044.23	881,209,126.90	
					2,045,077.54	3,653,989.91	6,467,798.14	11,324,783.18	19,577,967.88	33,335,518.64	55,723,005.53	91,609,796.53	147,932,990.96	234,616,895.51	366,530,436.98	
						636,563.91	1,213,393.54	2,302,201.38	4,344,706.29	8,148,373.87	15,170,158.15	27,276,146.39	48,184,051.85	83,138,531.51	138,804,516.45	
							103,184.39	210,078.00	427,707.75	870,790.50	1,772,883.66	4,508,071.98	9,178,197.51	18,686,327.53	38,044,380.28	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 33. RES-2 Yatırım Projesinin 3 Yıl Ertelenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Getiri Kısıtlığı=0, Maliyetin Her Yıl Risksiz Faiz Oranınca Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.5033560867														
2. Varlığın Şimdiki Değeri	53,189,870.29	2. Aşağı doğru hareket														
3. Kullanım Fiyatı	52,846,356.23	0.6651784024														
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	3.Risksiz Faiz Oranı														
6.Volatilitte	0.4077	12.28%														
7.Yıllık dönemler	1	4.Risk bağımsız olasılık yukarı														
8. Getiri kısıtlığı	0	0.5553474794														
		5.Risk bağımsız olasılık aşağı														
		6.r														
		1.1306582667														
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	16,021,197,531.95	24,085,564,825.66	
35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	10,656,954,579.05	16,021,197,531.95	
	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	4,715,300,709.03	7,088,776,021.48	
		15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	2,086,342,830.09	3,136,516,192.53	
			10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	923,128,061.87	1,387,790,190.61	
				6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	408,449,371.95	614,044,849.42	
					4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	180,723,451.42	271,691,700.70	
						3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	79,963,315.25	120,213,336.69	
							2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	35,380,752.94	53,189,870.29	
								1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	15,654,649.57	23,534,512.72	
									902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	6,926,592.37	10,413,134.79	
										599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	3,064,756.04	4,607,419.64	
											399,104.48	599,996.16	902,007.87	1,356,039.03	2,038,609.53	
												265,475.68	399,104.48	599,996.16	902,007.87	
													176,588.69	265,475.68	399,104.48	
														176,588.69	265,475.68	
															176,588.69	
																117,462.98
Opsiyon Değerleme																
46,474,033.17	71,806,031.41	110,453,370.46	169,221,278.24	258,332,861.32	393,125,504.71	596,597,604.83	903,351,775.01	1,365,418,669.64	2,061,048,284.97	3,107,916,705.99	4,682,964,463.16	7,052,214,777.77	10,615,616,306.60	15,974,458,072.48	24,032,718,469.43	
28,491,801.24	44,637,286.89	69,511,370.41	107,650,202.21	165,893,419.37	254,517,000.21	388,784,218.00	591,698,738.73	897,833,516.76	1,359,190,704.07	2,054,006,584.21	3,099,954,948.82	4,673,962,436.59	7,042,036,562.01	10,604,108,222.82	16,021,197,531.95	
	16,699,075.11	26,687,250.22	42,303,453.27	66,539,820.14	103,953,962.52	161,612,520.93	249,596,441.66	383,219,439.84	585,445,362.88	890,791,816.00	1,351,228,946.89	2,045,004,557.65	3,089,776,733.06	4,662,454,352.80	7,042,036,562.01	
		9,131,287.89	15,025,314.44	24,464,109.04	39,363,830.95	62,487,672.16	99,214,051.44	156,050,684.30	243,256,511.52	376,113,126.07	577,483,605.70	881,789,789.43	1,341,050,731.14	2,033,496,473.86	3,089,776,733.06	
			4,453,130.36	7,651,850.66	13,043,764.66	22,050,183.42	34,979,965.22	57,381,510.41	92,989,702.72	148,804,979.32	235,130,456.98	367,111,099.50	567,305,389.95	870,281,705.64	1,341,050,731.14	
				1,766,621.44	3,166,082.07	5,628,049.85	9,913,048.78	17,280,256.63	29,769,947.26	50,603,797.04	84,714,404.23	139,385,178.97	224,952,241.23	355,603,015.72	567,305,389.95	
					537,879.41	1,021,547.27	1,930,078.88	3,624,681.10	6,758,985.28	12,497,277.26	22,871,051.26	41,326,277.90	73,473,877.22	127,877,095.19	224,952,241.23	
						91,856.21	187,014.42	380,751.52	775,190.07	1,578,246.21	3,213,226.30	6,541,959.79	13,319,086.13	27,116,959.02	56,730,562.01	
							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	0	0	
											0	0	0	0	0	
												0	0	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	
																0

Ek 34. RES-2 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertelenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Her Yıl %30 Oranında Varlığın Şimdiki Değerinin Arttığı, Maliyetin İse Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%														1.5033560867	
2. Varlığın Şimdiki Değeri	69,146,831.38														0.6651784024	
3. Kullanım Fiyatı	26,133,999.36														12.28%	
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15														0.5553474794	
6.Volatilitte	0.4077														0.4446525206	
7.Yıllık dönemler	1														1.1306582667	
8. Getiri kurlığı	0														6.r	
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	798,258,304.28	1,200,066,480.49	1,804,127,247.87	2,712,245,679.24	4,077,471,050.47	6,129,890,922.01	9,215,408,828.32	13,854,040,953.36	20,827,556,792.44	31,311,234,274.72	
	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	798,258,304.28	1,200,066,480.49	1,804,127,247.87	2,712,245,679.24	4,077,471,050.47	6,129,890,922.01	9,215,408,828.32	13,854,040,953.36	
		30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	798,258,304.28	1,200,066,480.49	1,804,127,247.87	2,712,245,679.24	4,077,471,050.47	6,129,890,922.01	
			20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	798,258,304.28	1,200,066,480.49	1,804,127,247.87	2,712,245,679.24	
				13,537,075.23	20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	798,258,304.28	1,200,066,480.49	
					9,004,570.08	13,537,075.23	20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	353,199,210.92	530,984,183.55	
						5,989,645.54	9,004,570.08	13,537,075.23	20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	156,277,337.71	234,940,486.85	
							3,984,182.85	5,989,645.54	9,004,570.08	13,537,075.23	20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	69,146,831.38	103,952,309.83	
								2,650,192.38	3,984,182.85	5,989,645.54	9,004,570.08	13,537,075.23	20,351,044.44	30,594,866.54	45,994,978.83	
									1,762,850.74	2,650,192.38	3,984,182.85	5,989,645.54	9,004,570.08	13,537,075.23	20,351,044.44	
										1,172,610.24	1,762,850.74	2,650,192.38	3,984,182.85	5,989,645.54	9,004,570.08	
											779,995.00	1,172,610.24	1,762,850.74	2,650,192.38	3,984,182.85	
												518,835.83	779,995.00	1,172,610.24	1,762,850.74	
													345,118.39	518,835.83	779,995.00	
														229,565.30	345,118.39	
															152,701.88	
Opsiyon Değerleme																
65,515,537.66	99,653,179.30	151,226,382.96	229,065,878.33	346,455,870.05	523,338,023.74	789,605,471.52	1,190,281,612.35	1,793,063,905.83	2,699,736,820.10	4,063,327,805.48	6,113,899,745.14	9,197,328,272.01	13,833,598,022.90	20,804,442,824.11	31,285,100,275.36	
	42,130,745.79	64,523,417.83	98,445,864.70	149,761,514.22	227,343,232.00	344,563,557.77	521,202,624.18	787,194,962.24	1,187,557,621.35	1,789,984,002.88	2,696,254,502.37	4,059,390,494.15	6,109,447,991.54	9,192,294,860.00	13,827,906,954.00	
		26,543,329.92	41,115,864.86	63,283,013.15	96,872,504.33	147,744,583.22	225,198,479.15	342,144,282.36	518,475,324.42	784,115,059.29	1,184,075,303.62	1,786,046,691.55	2,691,802,748.77	4,054,357,082.14	6,103,756,922.65	
			16,142,590.34	25,511,900.03	39,926,819.32	61,801,327.28	94,422,553.93	145,312,472.78	222,453,021.43	339,055,965.93	514,993,006.69	780,177,747.96	1,179,623,550.02	1,781,013,279.54	2,686,111,679.88	
				9,184,213.85	15,004,935.06	24,338,953.44	39,219,060.83	58,609,193.63	91,667,137.75	142,188,492.46	218,949,309.99	335,118,654.61	510,541,253.09	775,144,335.96	1,173,932,481.13	
					4,613,162.77	7,756,342.90	12,906,330.36	21,238,752.01	34,543,502.33	55,504,433.35	88,099,460.11	138,196,781.39	214,497,556.39	330,085,242.60	504,850,184.19	
						2,043,045.08	3,603,432.14	6,292,018.13	10,862,692.46	18,514,792.86	31,104,587.64	51,418,012.02	83,509,379.37	133,163,369.39	208,806,487.49	
							694,539.74	1,304,375.67	2,432,356.46	4,497,555.71	8,231,257.18	14,874,076.89	26,446,441.79	46,032,863.06	77,818,310.47	
								136,972.93	278,869.69	567,764.03	1,155,937.71	2,353,428.40	4,791,456.48	9,755,153.45	19,860,979.47	
									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	

Ek 35. RES-2 Yatırım Projesinin 3 Yıl Ertelenmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Her Yıl %30 Oranında Varlığın Şimdiki Değerinin Arttığı, Maliyetin İse Azaldığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları													
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867												
2. Varlığın Şimdiki Değeri	116,858,145.00	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024												
3. Kullanım Fiyatı	12,805,659.69	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%												
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5553474794												
6.Volatilitte	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4446525206												
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667												
8. Getiri kütliği	0														
Binom Ağacı															
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
116,858,145.00	175,679,403.56	264,108,700.65	397,049,422.68	596,906,666.29	897,363,269.96	1,349,056,533.86	2,028,112,351.46	3,048,975,048.05	4,583,695,196.64	6,890,926,073.39	10,359,515,655.34	15,574,040,915.57	23,413,329,204.73	35,198,570,969.52	52,915,985,909.69
	77,731,514.20	116,858,145.00	175,679,403.56	264,108,700.65	397,049,422.68	596,906,666.29	897,363,269.96	1,349,056,533.86	2,028,112,351.46	3,048,975,048.05	4,583,695,196.64	6,890,926,073.39	10,359,515,655.34	15,574,040,915.57	23,413,329,204.73
		51,705,324.43	77,731,514.20	116,858,145.00	175,679,403.56	264,108,700.65	397,049,422.68	596,906,666.29	897,363,269.96	1,349,056,533.86	2,028,112,351.46	3,048,975,048.05	4,583,695,196.64	6,890,926,073.39	10,359,515,655.34
			34,393,265.10	51,705,324.43	77,731,514.20	116,858,145.00	175,679,403.56	264,108,700.65	397,049,422.68	596,906,666.29	897,363,269.96	1,349,056,533.86	2,028,112,351.46	3,048,975,048.05	4,583,695,196.64
				22,877,657.13	34,393,265.10	51,705,324.43	77,731,514.20	116,858,145.00	175,679,403.56	264,108,700.65	397,049,422.68	596,906,666.29	897,363,269.96	1,349,056,533.86	2,028,112,351.46
					15,217,723.42	22,877,657.13	34,393,265.10	51,705,324.43	77,731,514.20	116,858,145.00	175,679,403.56	264,108,700.65	397,049,422.68	596,906,666.29	897,363,269.96
						10,122,500.96	15,217,723.42	22,877,657.13	34,393,265.10	51,705,324.43	77,731,514.20	116,858,145.00	175,679,403.56	264,108,700.65	397,049,422.68
							6,733,269.01	10,122,500.96	15,217,723.42	22,877,657.13	34,393,265.10	51,705,324.43	77,731,514.20	116,858,145.00	175,679,403.56
								4,478,825.13	6,733,269.01	10,122,500.96	15,217,723.42	22,877,657.13	34,393,265.10	51,705,324.43	77,731,514.20
									2,979,217.74	4,478,825.13	6,733,269.01	10,122,500.96	15,217,723.42	22,877,657.13	34,393,265.10
										1,981,711.30	2,979,217.74	4,478,825.13	6,733,269.01	10,122,500.96	15,217,723.42
											1,318,191.56	1,981,711.30	2,979,217.74	4,478,825.13	6,733,269.01
												876,832.55	1,318,191.56	1,981,711.30	2,979,217.74
													583,250.08	876,832.55	1,318,191.56
														387,965.35	583,250.08
															258,066.17
Opsiyon Değerleme															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
115,304,669.14	173,790,036.62	261,785,571.37	394,225,639.74	593,589,789.79	893,612,777.19	1,344,816,008.21	2,023,317,766.08	3,043,554,010.45	4,577,565,855.67	6,883,995,883.34	10,351,679,978.67	15,565,181,442.98	23,403,312,168.80	35,187,245,125.04	52,903,180,250.00
	76,141,069.72	114,955,346.01	173,298,927.71	261,071,015.15	393,299,467.25	592,666,140.64	892,568,684.57	1,343,635,496.26	2,021,983,010.48	3,042,044,858.01	4,575,859,519.98	6,882,066,600.79	10,349,498,619.41	15,562,715,071.09	23,400,523,545.04
		50,037,652.40	75,866,183.17	114,599,001.80	172,638,701.29	259,869,541.36	392,254,837.29	591,485,628.69	891,233,928.98	1,342,126,343.81	2,020,276,674.80	3,040,115,575.46	4,573,678,160.72	6,879,600,228.91	10,346,709,995.65
			32,482,424.07	49,783,728.52	75,784,662.32	114,420,761.46	170,888,292.54	258,687,663.05	390,920,081.70	589,976,476.25	889,527,593.29	1,340,197,061.26	2,018,095,315.53	3,037,649,203.57	4,570,889,536.95
				20,418,760.11	31,938,564.02	49,799,050.84	77,517,602.40	111,445,941.97	169,550,062.59	257,178,510.61	389,213,746.01	588,047,193.70	887,346,234.03	1,337,730,689.38	2,015,306,691.77
					12,031,054.92	19,016,701.09	29,813,174.97	46,375,820.46	71,624,637.69	109,927,954.95	167,843,726.90	255,249,228.06	387,032,386.75	585,580,821.81	884,557,610.27
						6,841,600.00	11,120,410.86	17,887,715.40	28,468,618.06	44,832,256.82	69,895,837.53	107,998,672.40	165,662,367.64	252,782,856.17	384,243,762.99
							3,507,951.44	5,936,066.23	9,928,917.07	16,396,618.02	26,702,838.82	42,845,851.84	67,714,478.27	105,532,300.52	162,873,743.87
								1,506,153.33	2,693,481.39	4,768,648.72	8,342,733.49	14,387,525.85	24,376,229.17	40,379,479.95	64,925,854.51
									893,169.24	1,706,042.46	3,244,565.83	6,139,845.14	11,551,812.65	21,587,605.41	41,587,605.41
										68,953.45	140,385.60	285,817.69	581,909.79	1,184,737.74	2,412,063.73
											0	0	0	0	0
												0	0	0	0
													0	0	0
														0	0
															0

Ek 36. RES-2 Yatırım Projesinin 1 Yıl Ertenilmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Her Dönem Risksiz Faiz Oranına (%12.28), Varlığın Şimdiki Değerinin Azaldığı, Maliyetin İse Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2.Varlığın Şimdiki Değeri	46,658,154.22	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3.Kullanım Fiyatı	41,918,934.97	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5553474794													
6.Volatilité	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4446525206													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667													
8.Getiri kütliği	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
46,658,154.22	70,143,820.14	105,451,138.95	158,530,611.59	238,327,959.86	358,291,789.08	538,640,141.93	809,767,935.90	1,217,369,555.24	1,830,139,930.62	2,751,352,004.18	4,136,261,782.11	6,218,274,326.26	9,348,280,557.06	14,053,794,475.51	21,127,857,465.80	
	31,035,996.48	46,658,154.22	70,143,820.14	105,451,138.95	158,530,611.59	238,327,959.86	358,291,789.08	538,640,141.93	809,767,935.90	1,217,369,555.24	1,830,139,930.62	2,751,352,004.18	4,136,261,782.11	6,218,274,326.26	9,348,280,557.06	
		20,644,474.56	31,035,996.48	46,658,154.22	70,143,820.14	105,451,138.95	158,530,611.59	238,327,959.86	358,291,789.08	538,640,141.93	809,767,935.90	1,217,369,555.24	1,830,139,930.62	2,751,352,004.18	4,136,261,782.11	
			13,732,258.61	20,644,474.56	31,035,996.48	46,658,154.22	70,143,820.14	105,451,138.95	158,530,611.59	238,327,959.86	358,291,789.08	538,640,141.93	809,767,935.90	1,217,369,555.24	1,830,139,930.62	
				9,134,401.84	13,732,258.61	20,644,474.56	31,035,996.48	46,658,154.22	70,143,820.14	105,451,138.95	158,530,611.59	238,327,959.86	358,291,789.08	538,640,141.93	809,767,935.90	
					6,076,006.82	9,134,401.84	13,732,258.61	20,644,474.56	31,035,996.48	46,658,154.22	70,143,820.14	105,451,138.95	158,530,611.59	238,327,959.86	358,291,789.08	
						4,041,628.51	6,076,006.82	9,134,401.84	13,732,258.61	20,644,474.56	31,035,996.48	46,658,154.22	70,143,820.14	105,451,138.95	158,530,611.59	
							2,688,404.00	4,041,628.51	6,076,006.82	9,134,401.84	13,732,258.61	20,644,474.56	31,035,996.48	46,658,154.22	70,143,820.14	
								1,788,268.28	2,688,404.00	4,041,628.51	6,076,006.82	9,134,401.84	13,732,258.61	20,644,474.56	31,035,996.48	
									1,189,517.43	1,788,268.28	2,688,404.00	4,041,628.51	6,076,006.82	9,134,401.84	13,732,258.61	
										791,241.31	1,189,517.43	1,788,268.28	2,688,404.00	4,041,628.51	6,076,006.82	
											526,316.63	791,241.31	1,189,517.43	1,788,268.28	2,688,404.00	
												350,094.45	526,316.63	791,241.31	1,189,517.43	
													232,875.27	350,094.45	526,316.63	
														154,903.60	232,875.27	
															103,038.53	
Opsiyon Değerleme																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
41,233,721.22	63,586,099.14	97,636,287.20	149,350,605.48	227,693,497.91	346,116,588.34	524,792,778.97	794,079,234.17	1,199,623,954.61	1,810,075,720.57	2,728,666,239.22	4,110,611,934.42	6,189,273,113.93	9,315,490,096.60	14,016,719,670.32	21,085,938,530.83	
	25,433,045.72	39,743,579.15	61,737,630.36	95,390,185.84	146,695,583.05	224,663,597.30	342,675,202.84	520,910,374.62	789,703,725.85	1,194,683,790.28	1,804,490,082.93	2,722,350,791.86	4,103,471,321.65	6,181,199,521.07	9,306,361,622.09	
		15,033,282.33	23,952,566.13	37,848,571.83	59,342,247.41	92,423,205.27	143,289,288.60	220,761,792.17	338,267,839.85	515,954,376.97	784,118,088.22	1,188,368,342.92	1,797,349,470.16	2,714,277,199.00	4,094,342,847.14	
			8,311,001.40	13,635,496.62	22,125,665.87	35,463,216.28	56,052,118.60	88,634,859.86	138,872,378.31	215,744,569.72	332,641,941.40	509,638,929.60	776,977,475.44	1,180,294,750.05	1,788,220,995.65	
				4,103,122.49	7,038,426.75	11,969,254.66	20,169,402.97	31,828,550.61	51,935,636.67	83,669,827.20	133,141,081.64	209,326,747.53	325,501,328.62	501,565,336.74	767,849,000.93	
					1,642,758.72	2,948,279.68	5,244,791.20	9,235,293.28	16,068,477.32	27,562,262.07	46,468,684.51	77,111,860.13	125,740,151.13	201,253,154.67	316,372,854.11	
						494,946.12	946,391.17	1,802,013.12	3,414,739.02	6,434,966.22	12,048,132.86	21,851,501.30	39,036,517.99	68,376,333.76	116,611,676.62	
							76,551.85	155,855.54	317,313.68	646,033.96	1,315,291.18	3,344,510.10	6,809,246.70	13,863,268.24	28,224,885.17	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 37. RES-2 Yatırım Projesinin 3 Yıl Ertenilmesi Durumundaki Opsiyon Değerinin (Her Dönem Risksiz Faiz Oranınca (%12.28), Varlığın Şimdiki Değerinin Azaldığı, Maliyetin İse Arttığı Durumda) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1. Yukarı doğru hareket	1.5033560867													
2.Varlığın Şimdiki Değeri	35,092,509.04	2. Aşağı doğru hareket	0.6651784024													
3.Kullanım Fiyatı	52,846,356.24	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5553474794													
6.Volatilité	0.4077	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4446525206													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667													
8.Getiri kütliği	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
35,092,509.04	52,756,537.06	79,311,861.11	119,233,969.14	179,251,113.24	269,478,252.14	405,121,770.59	609,042,279.66	915,607,418.18	1,376,483,985.13	2,069,345,577.28	3,110,963,269.06	4,676,885,565.99	7,031,024,382.37	10,570,133,300.88	15,890,674,234.96	
	23,342,779.10	35,092,509.04	52,756,537.06	79,311,861.11	119,233,969.14	179,251,113.24	269,478,252.14	405,121,770.59	609,042,279.66	915,607,418.18	1,376,483,985.13	2,069,345,577.28	3,110,963,269.06	4,676,885,565.99	7,031,024,382.37	
		15,527,112.51	23,342,779.10	35,092,509.04	52,756,537.06	79,311,861.11	119,233,969.14	179,251,113.24	269,478,252.14	405,121,770.59	609,042,279.66	915,607,418.18	1,376,483,985.13	2,069,345,577.28	3,110,963,269.06	
			10,328,299.89	15,527,112.51	23,342,779.10	35,092,509.04	52,756,537.06	79,311,861.11	119,233,969.14	179,251,113.24	269,478,252.14	405,121,770.59	609,042,279.66	915,607,418.18	1,376,483,985.13	
				6,870,162.02	10,328,299.89	15,527,112.51	23,342,779.10	35,092,509.04	52,756,537.06	79,311,861.11	119,233,969.14	179,251,113.24	269,478,252.14	405,121,770.59	609,042,279.66	
					4,569,883.40	6,870,162.02	10,328,299.89	15,527,112.51	23,342,779.10	35,092,509.04	52,756,537.06	79,311,861.11	119,233,969.14	179,251,113.24	269,478,252.14	
						3,039,787.74	4,569,883.40	6,870,162.02	10,328,299.89	15,527,112.51	23,342,779.10	35,092,509.04	52,756,537.06	79,311,861.11	119,233,969.14	
							2,022,001.15	3,039,787.74	4,569,883.40	6,870,162.02	10,328,299.89	15,527,112.51	23,342,779.10	35,092,509.04	52,756,537.06	
								1,344,991.50	2,022,001.15	3,039,787.74	4,569,883.40	6,870,162.02	10,328,299.89	15,527,112.51	23,342,779.10	
									894,659.29	1,344,991.50	2,022,001.15	3,039,787.74	4,569,883.40	6,870,162.02	10,328,299.89	
										595,108.04	894,659.29	1,344,991.50	2,022,001.15	3,039,787.74	4,569,883.40	
											395,853.02	595,108.04	894,659.29	1,344,991.50	2,022,001.15	
												263,312.88	395,853.02	595,108.04	894,659.29	
													175,150.04	263,312.88	395,853.02	
														116,506.02	175,150.04	
															77,497.29	
Opsiyon Değerleme																
28,733,724.00	44,925,616.60	69,832,452.47	107,954,262.24	166,046,513.57	254,237,111.76	387,707,306.40	589,273,393.88	893,236,027.89	1,351,189,440.01	2,040,746,090.73	3,078,627,023.17	4,640,324,322.27	6,989,686,109.92	10,523,393,841.40	15,837,827,878.72	
	16,954,125.49	27,019,397.79	42,740,142.83	67,121,774.56	104,692,814.89	162,245,828.85	249,887,208.35	382,794,316.09	583,748,066.82	887,007,931.64	1,344,147,739.25	2,032,784,333.56	3,069,624,996.60	4,630,146,106.51	6,978,178,026.13	
		9,364,992.87	15,324,493.99	24,847,688.89	39,920,831.64	63,575,450.97	100,461,268.66	157,321,000.19	244,295,343.84	376,523,128.97	576,706,033.78	879,046,174.46	1,335,145,712.68	2,022,606,117.80	3,058,116,912.82	
			4,673,733.75	7,933,530.70	13,323,463.48	22,107,941.39	36,188,250.64	58,966,365.34	94,922,403.44	150,934,440.50	237,144,154.72	368,560,526.87	567,704,007.21	868,867,958.70	1,323,637,628.89	
				1,975,766.21	3,533,006.42	6,267,128.74	11,018,655.44	18,373,273.52	31,386,060.54	52,858,665.97	87,614,176.22	142,695,332.60	228,139,979.69	358,382,311.11	556,195,923.42	
					611,421.67	1,156,383.34	2,174,278.46	4,060,129.57	7,519,858.38	13,790,502.96	24,983,049.01	44,565,584.19	77,909,588.15	132,511,653.77	216,631,895.90	
						110,455.68	224,881.95	457,847.82	932,154.09	1,897,816.71	3,863,855.03	7,866,605.67	16,015,995.51	32,607,724.70	66,387,612.90	
							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	0	0	
											0	0	0	0	0	
												0	0	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

Ek 38. RES-2 Projesinin 15 Yıl Vadeli Ve Bugün Başlanılması Durumundaki Opsiyon Değerinin (Simülasyon Sonrası-Crystal Ball) Binomial Değerleme Sonuçları

		Parametre Hesaplamaları														
1.Yıllık Risksiz Faiz Oranı	12.28%	1.Yukarı doğru hareket	1.5093815539													
2. Varlığın Şimdiki Değeri	53,554,546.01	2. Aşağı doğru hareket	0.6625230031													
3. Kullanım Fiyatı	37,334,284.80	3.Risksiz Faiz Oranı	12.28%													
4.Opsiyonun Ekonomik Süresi	15	4.Risk bağımsız olasılık yukarı	0.5527903841													
6.Volatilité	0.4117	5.Risk bağımsız olasılık aşağı	0.4472096159													
7.Yıllık dönemler	1	6.r	1.1306582667													
8. Getiri ktlığı	0															
Binom Ağacı																
Başlangıç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
53,554,546.01	80,834,243.88	122,009,716.63	184,159,215.69	277,966,523.15	419,557,542.65	633,272,415.69	955,849,702.85	1,442,741,909.82	2,177,648,025.76	3,286,901,761.05	4,961,188,887.72	7,488,326,992.70	11,302,742,632.61	17,060,151,238.51	25,750,277,586.73	
	35,481,118.65	53,554,546.01	80,834,243.88	122,009,716.63	184,159,215.69	277,966,523.15	419,557,542.65	633,272,415.69	955,849,702.85	1,442,741,909.82	2,177,648,025.76	3,286,901,761.05	4,961,188,887.72	7,488,326,992.70	11,302,742,632.61	
		23,507,057.29	35,481,118.65	53,554,546.01	80,834,243.88	122,009,716.63	184,159,215.69	277,966,523.15	419,557,542.65	633,272,415.69	955,849,702.85	1,442,741,909.82	2,177,648,025.76	3,286,901,761.05	4,961,188,887.72	
			15,573,966.19	23,507,057.29	35,481,118.65	53,554,546.01	80,834,243.88	122,009,716.63	184,159,215.69	277,966,523.15	419,557,542.65	633,272,415.69	955,849,702.85	1,442,741,909.82	2,177,648,025.76	
				10,318,110.85	15,573,966.19	23,507,057.29	35,481,118.65	53,554,546.01	80,834,243.88	122,009,716.63	184,159,215.69	277,966,523.15	419,557,542.65	633,272,415.69	955,849,702.85	
					6,835,985.79	10,318,110.85	15,573,966.19	23,507,057.29	35,481,118.65	53,554,546.01	80,834,243.88	122,009,716.63	184,159,215.69	277,966,523.15	419,557,542.65	
						4,528,997.83	6,835,985.79	10,318,110.85	15,573,966.19	23,507,057.29	35,481,118.65	53,554,546.01	80,834,243.88	122,009,716.63	184,159,215.69	
							3,000,565.25	4,528,997.83	6,835,985.79	10,318,110.85	15,573,966.19	23,507,057.29	35,481,118.65	53,554,546.01	80,834,243.88	
								1,987,943.50	3,000,565.25	4,528,997.83	6,835,985.79	10,318,110.85	15,573,966.19	23,507,057.29	35,481,118.65	
									1,317,058.30	1,987,943.50	3,000,565.25	4,528,997.83	6,835,985.79	10,318,110.85	15,573,966.19	
										872,581.42	1,317,058.30	1,987,943.50	3,000,565.25	4,528,997.83	6,835,985.79	
											578,105.26	872,581.42	1,317,058.30	1,987,943.50	3,000,565.25	
												383,008.03	578,105.26	872,581.42	1,317,058.30	
													253,751.63	383,008.03	578,105.26	
														168,116.29	253,751.63	
															111,380.91	
Opsiyon Değerleme																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
48,508,781.44	74,796,227.71	114,879,013.23	175,847,578.43	268,400,823.43	408,663,166.48	620,919,407.33	941,872,429.88	1,426,937,135.47	2,159,778,227.00	3,266,697,125.35	4,938,344,349.34	7,462,497,626.54	11,273,538,446.23	17,027,131,283.77	25,712,943,301.93	
	30,187,676.70	47,103,100.16	73,079,948.17	112,819,854.86	173,441,129.79	265,692,206.93	405,603,171.58	617,470,447.89	937,979,904.09	1,422,537,274.12	2,154,803,487.39	3,261,072,394.88	4,931,984,701.34	7,455,307,037.95	11,265,408,347.81	
		18,098,460.10	28,755,233.57	45,309,214.99	70,848,460.46	110,083,836.11	170,375,489.36	262,218,987.97	401,694,839.55	613,067,779.99	933,005,164.48	1,416,912,543.65	2,148,443,839.39	3,253,881,806.30	4,923,854,602.92	
			10,213,458.65	16,694,283.66	26,978,156.08	43,049,413.00	67,720,518.64	106,626,330.72	166,425,361.07	257,779,827.07	396,713,004.27	607,443,049.52	926,645,516.48	1,409,721,955.07	2,140,313,740.96	
				5,186,587.89	8,859,971.76	14,994,699.15	25,131,219.86	39,414,970.70	63,861,782.04	102,126,606.94	161,360,033.18	252,137,156.98	390,353,356.27	600,252,460.94	918,515,418.05	
					2,161,293.60	3,865,468.80	6,845,970.57	11,987,554.20	20,712,174.12	35,221,169.10	58,746,540.20	96,295,021.49	154,955,029.31	244,946,568.40	382,223,257.85	
						686,234.11	1,310,655.07	2,490,663.20	4,705,481.50	8,829,119.84	16,432,078.45	29,496,904.65	51,919,974.65	88,989,761.89	146,824,930.89	
							114,887.41	234,986.72	480,633.69	983,071.46	2,010,740.25	5,083,656.53	10,397,934.64	21,267,574.65	43,499,959.08	
								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	0	0	
													0	0	0	
														0	0	
															0	

ÖZ GEÇMİŞ

Duygu Bıyıklı, Kastamonu Abdurrahmanpaşa Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği bölümünden 20.06.2010 tarihinde mezun oldu. 2017 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına bitirdi. 2019 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalında doktora programına başladı. 2010-2013 yılları arasında inşaat ve harita şirketleri bünyesinde, 2013 yılından bu yana da Kastamonu Üniversitesi İhsangazi Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümünde öğretim görevlisi olarak görev yapan Duygu Bıyıklı, orta derecede İngilizce bilmektedir. (5.03.2023)

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-0220-5101

Yayımlar:

1. Bıyıklı, D. (2019). Landsat-8 uydu görüntüleri kullanarak nesne-tabanlı sınıflandırma yöntemi ile ormanlık alanlardaki zamansal değişimin izlenmesi: Muğla ili örneği. *TMMOB 6. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 23-25.
2. Bıyıklı, D., Sesli, F.A., ve Kasap, P. Rüzgâr Enerji Santrali Değerlemede Reel Opsiyonların Kullanılması. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 5(4), 166-173.
3. Bıyıklı, D., Sesli, F.A., ve Kasap, P. Rüzgâr Enerji Santrali Değerlemede Geleneksel Değerleme Yöntemi ile Monte Carlo Simülasyonu'nun Karşılaştırılması. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 995-1016.