

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORTA GERİLİM ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE**  
**PROJE TAMAMLANMA ZAMANLARININ BELİRLENMESİ**

**YEŞİM ŞENOL**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2016



**ORTA GERİLİM ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE PROJE  
TAMAMLANMA ZAMANLARININ BELİRLENMESİ**

**DETERMINATION OF THE PROJECT COMPLETION TIME  
AT THE MEDIUM VOLTAGE ELECTRICAL DISTRIBUTION  
SECTOR**

**YEŞİM ŞENOL**

Başkent Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Anabilim Dalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.

2016

“ Orta Gerilim Elektrik Dağıtım Sektöründe Proje Tamamlanma Zamanlarının Belirlenmesi ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından, 19 / 08 / 2016 tarihinde, **MÜHENDİSLİK ve TEKNOLOJİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

  
:Doç. Dr. Canan HAMURKAROĞLU

Üye (Danışman)

  
:Doç. Dr. Kumru Didem ATALAY

Üye

  
:Yrd. Doç. Dr. Gülin Feryal CAN

**ONAY**

... / 08 / 2016

Prof. Dr. Emin AKATA  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 29 / 08 / 2016

Öğrencinin Adı, Soyadı: Yeşim ŞENOL

Öğrencinin Numarası: 21410217

Anabilim Dalı: Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Anabilim Dalı

Programı: Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Doç. Dr. Kumru Didem ATALAY

Tez Başlığı: Orta Gerilim Elektrik Dağıtım Sektöründe Proje Tamamlanma Zamanlarının Belirlenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 84 sayfalık kısmına ilişkin, 29 / 08 / 2016 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNITIN adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Yeşim ŞENOL

Onay

... / ... / 20...

Doç. Dr. Kumru Didem ATALAY

## **TEŐEKKÜR**

Bu çalıőmanın gerçekleőmesinde, çalıőmanın sonuca ulaőtırılmasında ve karőtılaőtılan gülüklerin aőtılmasında katkılarından dolayı, Sayın Doç. Dr. Kumru Didem ATALAY'a (proje danıőtmanı) teőtekkürü borç bilirim.

## ÖZ

### **ORTA GERİLİM ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE PROJE TAMAMLANMA ZAMANLARININ BELİRLENMESİ**

Yeşim ŞENOL

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Anabilim Dalı

Endüstrilerde elektriğe olan bağımlılığın artması santrallerin herhangi bir gecikme olmaksızın zamanında işletmeye açılmasını zorunlu kılmaktadır. Elektrik tedarikinde yaşanması olası bir kesinti, siparişlerin zamanında yetiştirilememesi nedeniyle maruz kalınacak zararlar, tazminatlar ve piyasadaki prestij kayıplarına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra üretimden kaynaklanan hammadde ve yarımamul kayıpları ve bozulmalara neden olmaktadır. Bu çalışmada orta gerilim dağıtım şebekesine bağlanacak olan bir rüzgar enerji santralinin dağıtım şebekesine bağlanması için gerekli olan donanımların ve işlerin tamamlanma zamanlarının belirlenmesi, kritik yolun oluşturulması ve minimum maliyetle yapılması amaçlanmıştır.

Problem çok projeli, zaman-maliyet etkileşimli, öncelik ilişkili bir çizelgeleme problemi olarak ele alınmıştır. Çalışmada projenin gerçekleştirilmesine yönelik teknik bilgi ve proje aşamalarının zaman bilgileri, öncelikleri ve maliyetlerine ilişkin ayrıntılı bilgiler verilmiş; Kritik Yol Yöntemi (CPM), Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT) ve Hızlandırma yöntemleri açıklanmıştır. Rüzgar santralinin tamamlanmasına yönelik zamana ve proje maliyetlerine ilişkin veriler PERT ve Hızlandırma yöntemlerine göre analiz edilmiştir. Sonuçlarda projenin en kısa zamanda tamamlanma süresi ve maliyeti belirlenmiş, projenin hızlandırılması neticesinde kısaltılmış zaman ve hızlandırma maliyeti belirlenerek maliyet kar karşılaştırılma yöntemi ile şirket karar sürecine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** rüzgar elektrik üretim sistemleri, proje çizelgeleme problemleri, öncelik ilişkileri, çok projeli çizelgeleme.

**Danışman:** Doç. Dr. Kumru Didem ATALAY, Başkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü.

## **ABSTRACT**

### **DETERMINATION OF PROJECT COMPLETION TIME AT THE MEDIUM VOLTAGE ELECTRICAL DISTRIBUTION SECTOR**

Yeşim ŞENOL

Başkent Üiversity Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Engineering and Technology Management

The increasing dependence on industrial plants with electricity requires the power plants to begin production without a delay. Industries use electricity as a major energy input and possible interruption of electricity will cause compensation and loss of prestige in the market due to delay in orders. Besides, it causes distortion of raw materials and semi products during manufacturing. In this study it is aimed to determine the necessary equipment, related issues, the minimum cost and the completion time for connecting a wind power plant to a distribution network to be connected to the medium voltage electrical distribution network.

This problem has been taken as a scheduling problem containing multi project, trade-off time cost and priority relation. Detailed information on priorities, cost, project phase schedule and realization of the project data has been given in this study. Also Critical Path Method (CPM), Program Evaluation and Review Technique (PERT) and Crashing methods are explained in this study. The data on the cost and time for the completion of the wind power plant project has been analysed with PERT and Crashing methods. In the conclusion the minimum completion period and the cost of the project has been determined. Also the consequences of accelerating the project in terms of cost and completion period stated in the conclusion and using cost-profit comparison method recommendations have been given to the companies.

**KEY WORDS:** wind power generation systems, proje scheduling problems, priority relations, multi project scheduling.

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Kumru Didem ATALAY, Başkent University, Industrial Engineering Department



## İÇİNDEKİLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
<b>1 GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2 ELEKTRİK SEKTÖRÜNÜN ENDÜSTRİDEKİ ÖNEMİ.....</b>	<b>5</b>
2.1 Elektriğin Önemi .....	5
2.2 Elektriğin Üretim İletim ve Dağıtım Zinciri.....	7
2.3 Elektrik Projelerinde Tamamlanma Zamanın Önemi.....	9
<b>3 PROJE ÇİZELGELEME.....</b>	<b>12</b>
3.1 Proje Yönetiminin Önemi ve Özellikleri.....	12
3.2 Proje Planlama, Programlama ve Kontrol.....	13
3.3 Kritik Yol Yöntemi (CPM).....	14
3.3.1 Proje ağının oluşturulması.....	15
3.3.2 Kritik yolun bulunması.....	15
3.4 Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT).....	17
3.5 Hızlandırma ( Crashing ) Yöntemi.....	20
<b>4 ORTA GERİLİM ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE PROJE TAMAMLANMA VE HIZLANDIRMA SÜRELERİNİN ANALİZİ.....</b>	<b>24</b>
4.1 Projede Yer Alan Faaliyetlerin Belirlenmesi.....	25
4.2 Projede Yer Alan Faaliyetlerin Öncelik İlişkileri ve Tahmin Süreleri.....	31
4.2.1 Projede yer alan faaliyetlerin beklenen ortalama sürelerin hesaplanması.....	34
4.2.2 Projede yer alan faaliyetlerin varyans değerlerinin hesaplanması.....	35
4.2.3 Projenin şemasının çizilmesi.....	35

## İÇİNDEKİLER LİSTESİ (Devam Ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.2.4 Projenin kritik yolunun belirlenmesi ve kritik yol ile ilgili hesaplamalar.....	37
4.2.5 Projenin PERT şeması hesaplamaları.....	38
4.3 Projenin Hızlandırma (Crashing) Yöntemiyle Analizi.....	43
4.4 Uygulama Sonuçlarının Karşılaştırmalı Olarak Firmaya Sunulması.....	73
<b>5 SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>77</b>
KAYNAKLAR LİSTESİ.....	82

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Elektrğin üretim, iletim ve dağıtım zinciri şeması .....	8
Şekil 2.2 1970 - 2014 yılları Türkiye elektrik üretim grafiğı.....	9
Şekil 3.1 Beta dağılımı.....	18
Şekil 3.2 Zaman – maliyet ilişkisi.....	21

## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 2011 Yılı çeşitli ülkelerde elektrik tüketim istatistikleri .....	5
Çizelge 2.2 2011 Yılı çeşitli ülkelerde kişi başına elektrik tüketim istatistikleri .....	6
Çizelge 2.3 Elektrik birim fiyatları.....	7
Çizelge 2.4 Elektrik enerjisinin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı .....	10
Çizelge 4.1 Rüzgar santralının aşamaları, öncelik ilişkileri ve tahmin süreleri .....	31
Çizelge 4.2 Projenin şeması (ağı).....	36
Çizelge 4.3 Projenin beklenen süre değeri, varyansı ve standart sapması.....	38
Çizelge 4.4 PERT şeması.....	40
Çizelge 4.5 Proje faaliyetlerine ilişkin maliyetler.....	44
Çizelge 4.6 Hızlandırma adımı başlamadan evvel proje ağı ve kritik yolu.....	50
Çizelge 4.7 Hızlandırma adımı başlamadan evvel projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti.....	51
Çizelge 4.8 1.Hızlandırma adımı .....	52
Çizelge 4.9 1. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	53
Çizelge 4.10 2.Hızlandırma adımı .....	54
Çizelge 4.11 2. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	55
Çizelge 4.12 3.Hızlandırma adımı .....	56
Çizelge 4.13 3. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	57
Çizelge 4.14 4.Hızlandırma adımı .....	58
Çizelge 4.15 4. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	59

## ÇİZELGELER LİSTESİ (Devam Ediyor)

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.16 5.Hızlandırma adımı .....	60
Çizelge 4.17 5. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	61
Çizelge 4.18 6.Hızlandırma adımı .....	62
Çizelge 4.19 6. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	63
Çizelge 4.20 7.Hızlandırma adımı .....	64
Çizelge 4.21 7. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	65
Çizelge 4.22 8.Hızlandırma adımı .....	66
Çizelge 4.23 8. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	67
Çizelge 4.24 9.Hızlandırma adımı .....	68
Çizelge 4.25 9. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	69
Çizelge 4.26 10.Hızlandırma adımı .....	70
Çizelge 4.27 10. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	71
Çizelge 4.28 11.Hızlandırma adımı .....	72
Çizelge 4.29 11. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti .....	73

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
MW	Mega watt (1.000.000 Watt)
kWh	Kilowattsaat (1000 Wattsaat)
GWh	Giga wattsaat (Milyon kWh)
TWh	Terawattsaat (Milyar kWh)
HES	Hidroelektrik Santral
TES	Termoelektrik Santral
RES	Rüzgar Elektrik Santrali
DGKÇS	Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali
NES	Nükleer Elektrik Santrali
kV	Kilo volt (1000 volt)
AG	Alçak gerilim (1000 V'u aşmayan gerilim)
OG	Orta Gerilim (1000 V'tan büyük ve 36000 V'a kadar olan gerilim)
YG	Yüksek gerilim (1000 V'tan büyük gerilim)
MH	Modüler Hücre
AT	Akım Transformatörü
GT	Gerilim Transformatörü
EKAT	Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri
EKATY	Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği
<i>ES</i>	En Erken Başlama Zamanı
<i>EF</i>	En Erken Tamamlanma Zamanı
<i>LS</i>	En Geç Başlama Zamanı
<i>LF</i>	En Geç Tamamlanma Zamanı
<i>E(T<sub>ij</sub>)</i>	Projenin Beklenen Tamamlanma Süresi
<i>Z</i>	Normal Dağılım Test İstatistiği
PERT	Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği
CPM	Kritik Yol Yöntemi
<i>a</i>	En İyimser Süre
<i>b</i>	En Kötümser Süre
<i>m</i>	En Yüksek Olasılıklı Süre
<i>X</i>	Düğüm Numarası

## **SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ (Devam Ediyor)**

<i>t</i>	Bolluk Zamanı
<i>CP</i>	Kritik Yol
<i>NS</i>	Normal Süre
<i>NM</i>	Normal Maliyet
<i>HS</i>	Hızlandırma Süresi
<i>HM</i>	Hızlandırma Maliyeti
<i>Ic</i>	Zaman Başına Maliyet
Tep	Ton Eşdeğer Petrol

## 1 GİRİŞ

Elektrik enerjisi; sonsuz küçük parçalara bölünebilmesi, temiz olması, sürdürülebilir olması, çok uzak mesafelere ışık hızıyla nakledilebilmesi gibi özellikleri ile diğer enerji türlerinden tartışmasız daha üstün olması nedenleriyle günlük hayatımızda ve endüstrilerde vazgeçemediğimiz bir enerji türü olup işletmelerde temel maliyet girdilerindedir. İşletmelerde elektrik tedarikinde yaşanması olası bir kesinti veya gecikme, işletmede üretim yapılamamasına neden olmaktadır. Bu gibi durumlar işletmelerde, siparişlerin zamanında yetiştirilememesi nedeniyle maruz kalınacak zararlar, tazminatlar ve piyasadaki prestij kayıplarının yanısıra ani üretimden kaynaklanan hammadde ve yarımamul kayıpları ve bozulmalar bu maliyetleri artırmaktadır. Bu nedenle hiçbir endüstri günümüzde elektrik olmadan üretim yapması, hatta pazarlama ve satış yapması mümkün olmamaktadır. Bu özellikleriyle elektrik zorunlu bir girdi olarak işletmelerde yerini almıştır. Endüstrilerde elektriğe olan bağımlılığın artması Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde elektrik üretim yerleri olan santrallerin herhangi bir gecikme olmaksızın zamanında işletmeye açılmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle tüm dünyada rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir ve çevre dostu birincil enerji kaynaklarına olan yoğun ilgi ülkemizde de her yıl hızlanarak artan elektrik yatırımlarıyla sonuçlanmaktadır. Bu nedenle bu yatırımların daha proje aşamasında proje tamamlanma zamanlarının en kısa sürede ve minimum maliyetle yapılabilmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada orta gerilim dağıtım şebekesine bağlanacak olan bir rüzgâr enerji santralının dağıtım şebekesine bağlanması için gerekli olan donanımların ve faaliyetlerin en kısa zamanda tamamlanma zamanlarının belirlenmesi ve minimum maliyetle yapılması amaçlanmıştır. Problem çok projeli, zaman - maliyet etkileşimli, öncelik ilişkili bir çizelgeleme problemi olarak ele alınmış ve konuya ilişkin literatür taraması yapılmıştır.

Heilmann (2003) makalesinde farklı işler arasındaki en küçük ve en büyük zaman gecikmelerini verilebileceği, çok modlu Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme Problemi üzerinde çalışmıştır. Bu problemde amaç fonksiyonu olarak her işin kısıtlarının sağlanması ve maliyetini minimum yapan başlangıç zamanının ve modun bulunmasıdır. Çözüm yaklaşımı olarak modların ve başlangıç zamanlarının eş zamanlı olduğu bir karar verme şeklidir. Bu makalede ilk kez çok modlu Kaynak



Kısıtlı Proje Çizelgeleme Problemi ile maksimum ve minimum gecikmeler bir arada çalışılmıştır. Literatürdeki daha önce çalışılan problemler üzerinde çalışılmış ve küçük boyutu problemler için çalışılan dal sınır yaklaşımının oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak sonuçlar iyi gözükse de büyük problemler için sezgisel yöntemlerin kullanılmasının daha anlamlı olacağı açık bir şekilde görülmüştür [1].

Wayne ve arkadaşları (2004) makalelerinde PERT ağlarının Kritik Yol Yöntemi (CPM) modelindeki faaliyet tamamlama sürelerinin tahmini yapısını yok saydığını ve sadece etkinlik zamanı kullanarak hesaplamalar yapmak anlamına geldiğini belirtmişlerdir. Projenin geç tamamlanması için cezanın ne olduğunu dikkate almadan, bazı istenen tamamlanma tarihine ulaşıldığını, ayrıca, yöntem bazı etkinlik sürelerini azaltması nedeniyle darboğazlar gibi faktörleri göz ardı ettiğini belirtmişlerdir. Yazarlar geç kalınma için belirli bir ceza fonksiyonu verilen toplam (hızlandırma + aşma) maliyetinin beklenen değerini en aza indirmek için faaliyetleri PERT ağ için bir bilgisayar simülasyon modeli kullanın projenin tamamlanmasını öngörmüşlerdir [2].

Paksoy ve Uzun (2008) makalelerinde kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemlerinin genetik algoritma yaklaşımı ile çözümünü ele almış ve başlangıçta genetik algoritmanın temel kavramlarına yer verilerek, proje çizelgeleme şemaları ve çizelgelemede göz önünde bulundurulması gereken unsurları özetlenmiştir. Daha sonra, Delphi 6.0 da geliştirilen genetik algoritmanın, otuz faaliyetli ve dört kaynak kullanan standart test problemlerindeki sonuçlarına yer verilmiştir. Geliştirilen algoritmanın, iterasyon sayısı, çaprazlama oranı ve öncelik kuralları açısından davranışları test edilmeye çalışılmıştır. Son olarak, çizelgeleme problemlerinin faaliyet sayıları, basit ya da karmaşık olma özelliklerinin algoritma üzerinde etkileri araştırılmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda, geliştirilen genetik algoritma ile elde edilen çözümlerin, genel olarak optimuma yakın çözümler olduğu görülmüştür [3].

Erdal ve Kanit (2009) çalışmalarında çalışmalarında, Genetik Algoritma ile Kaynak Kısıtlı Proje Programlama; (GA\_KKPP) paket programı hazırlamış ve performansı bir örnek proje üzerinde test etmiştir. Programın hazırlanmasında Delphi 7.0 programlama dili ve Paradox veri tabloları kullanılmıştır. Hazırlanan bu paket programla kısıtlı kaynak koşullarında faaliyet süreleri minimize edilerek projenin

programlaması yapılabilmekte ve projenin toplam bitiş süresi ile kritik yolu belirlenebilmektedir [4].

Bergantinos ve Vidal-Puga (2009) çalışmalarında PERT yönteminin karmaşık bir projede çalışmalarını koordine etmek ve zamanlamak için kullanılan bir işletme araştırma aracı olduğunu belirtmişler ve her bir faaliyetin önemini ölçmek için iki değer sunduklarını beyan etmişlerdir. Bu çalışmada her iki değer, üç özellik kullanılarak bir aksiyom yoluyla elde edilmiştir. İlk değer ayrıştırılabilirlik, monotonluk ve sipariş korunması ile karakterize edilir. İkinci değer ayrıştırılabilirlik, bir bileşen içinde eşit işlem ve büyük süreleri bağımsızlığı ile karakterize edilir. Kendileri de bir projenin beklenen tamamlanma zamanından önce tamamlandığında elde edilen fazlalığın nasıl paylaşılacağı sorununa bir uygulama bir uygulama getirdiklerini belirtmişlerdir [5].

Trietsch ve arkadaşları (2012) çalışmalarında CPM ve PERT yönteminin başlangıcından bu yana hala kalibre ve onaylanmış dağılımları ve karmaşık kullanıcı girişi gerekmeden bir proje planlama sisteminde kullanılmadığını ifade etmişlerdir. Proje yönetimi için modern bir karar destek sistemlerinin (DSS) PERT / CPM den daha karmaşık ve daha kapsamlı olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte, tahmini analizi açısından, onların yeterli ilerleme göstermediğini, çalışmalarının ilgili ve doğrulanmış teoriye dayanan projeler için kökten farklı bir tahmini analiz sunduğunu ve henüz kullanımının kolay olduğunu ve mevcut DSSyi geliştirmek için tasarlandığını ifade etmişlerdir. Son olarak, çalışmalarının CPM kapsamında geliştirilen sıralama ile hızlandırma modelleri ile uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. İzin verdiğini belirtmişlerdir [6].

Hajdu (2013) makalesinde PERT yönteminde faaliyetlerde önerilen (beta) dağılımını, üç noktalı tahmin yöntemi, işin bağımsızlık varsayımı ve işin başlangıcından beri proje süresinin varsayılan dağılımını eleştirilmiş ve yıllardır bu sorunların çözülmesi için uğraşıldığını belirtmişlerdir. Bu sorunlardan biri de proje süresi dağılımı üzerine faaliyet takvimleri etkisidir. Kendileri yapay olarak oluşturulmuş bir projeyi kullanarak faaliyet takvimlerinin uygulamasının yukarıda belirtilen eleştiriler birisi olan daha proje süresi dağılımı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu kanıtlamışlardır. Analitik çözümlerin yokluğunda, hesaplamalar için

Monte Carlo simülasyonlarının kullanılabilir güçlü bir araç olduğunu ileri sürmüşlerdir [7] .

Castro ve arkadaşları (2014) önceki bir PERT ağındaki faaliyetleri arasında bolluk veya faaliyetler arasında oynama (yüzme) gibi bir oyun kuramını özel bir PERT problemi olarak tanımlamışlardır. Önceki yaklaşımlarda faaliyetlerin sürelerinin deterministik (belirlenmiş) olduğunu, kendilerinin yeni bir tahmini süre çerçevesinde problemi ele aldıklarını ve yeni çözüm için bir algoritma sunduklarını belirtmişlerdir [8].

Uğur ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada bir kompleksin inşaat maliyetini, CPM ile hazırlanan iş programları, iş gücü, ilgili yıl enflasyon ve faiz değerleri esas alınarak proje süresinin değişimi halinde maliyetlerin alacağı değerler bazında incelemiştir. İşin sözleşmesinde belirtilen sürede (16 ay) tamamlanması durumundaki iş gücü maliyeti, aylık gelir-giderler, enflasyon ve faiz değerleri hesaplanmıştır. İşin tamamlanma süresinin 12 aya, 10 aya, 8 aya, ve 6 aya çekilmesi halinde proje maliyeti değerlerinin; iş gücü maliyetleri, aylık gelir-giderler, enflasyon ve faiz değişimi durumuna göre aldığı değerler irdelenmiştir. Bunun için her süre kısaltması haline karşılık gelen iş programları düzenlenmiş, artış gerektiren iş gücü maliyetleri hesaplanarak ilgili diyagramlar çizilmiş ve süre-maliyet karşılaştırmaları yapılmıştır. Bir projenin yatırım planlaması yapılırken; farklı koşullara göre farklı planlamaların yapılması ve her planlamanın zaman, kaynak ve maliyet analizlerinin yapılarak en rasyonel olanın tercih edilmesinin; edinilen bulguların da desteği ile makro ve mikro ölçeklerde en uygun yol olacağı fikri benimsenmiştir [9].

Durucasu ve arkadaşları (2015) yaptıkları çalışmada inşaat sektöründe fuzzy (bulanık) sürelerinin mevcut olması halinde kritik yolun ve tamamlanma sürelerinin nasıl hesaplanacağını göstermişlerdir. Bu çalışmada, faaliyetlere ilişkin süreler üçgen bulanık sayılar yerine net sayı olarak belirtilmiştir. Proje ağ diyagramı öncelik ilişkileri belirttikten sonra Graphviz yazılımı ile bir ağ tipi matematiksel programlama modeli olan AMPL dili ile geliştirilmiştir [10].

## 2 ELEKTRİK SEKTÖRÜNÜN ENDÜSTRİDEKİ ÖNEMİ

Elektrik yüzyılı aşkın bir süredir gerek günlük hayatımızda gerekse endüstrilerde vazgeçemediğimiz bir enerji türüdür. Elektrik enerjisi; sonsuz küçük parçalara bölünebilmesi, temiz olması, sürdürülebilir olması, doğaya kirlilik etkisi yaratmaması nedeniyle doğa dostu olması, çok uzak mesafelere ışık hızıyla nakledilebilmesi gibi özellikleri ile diğer enerji türlerinden tartışmasız daha üstündür. Bugün tüm dünyada ülkelerin kalkınma ölçeği konumunda bulunan elektrik kalkınma endeksi olarak da kullanılmakta olmasının yanısıra kişi başına elektrik tüketimi toplumların da refah seviyesini gösterir bir ölçüt olarak ifade edilmektedir.

### 2.1 Elektriğin Önemi

Bugün ülkemizde toplam elektrik gücü 2014 yılı TEİAŞ verilerine göre kurulu gücümüz 69.519,8 MW ve yıllık enerji üretimimiz 251.962,8 GWh (Milyon kWh) ve tüketimimiz ise 257.220,1 GWh'tır [11]. Ülkemizdeki ve çeşitli ülkelerdeki elektrik tüketim istatistikleri Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de verilmiştir [12].

Çizelge 2.1 2011 Yılı çeşitli ülkelerde elektrik tüketim istatistikleri

Ülkeler	Nüfus (Milyon)	GSYİH/kişi [\$/kişi]	Elektrik Tüketimi [TWh]
Çin	1348.1	5445	4700.07
ABD	313.1	48112	4308
Rusya	142.8	13089	1051.59
Hindistan	1242.6	1489	1006.17
Japonya	126.5	45903	1104.18
Kanada	34.3	50345	607.59
Almanya	82.1	44060	614.5
Brezilya	196.7	12594	501.32
Kore	48.4	22424	520.10
Türkiye	74.7	10444	228.41
Dünya	6978.3	10027	22018.12

Çizelge 2.2 2011 Yılı çeşitli ülkelerde kişi başına elektrik tüketim istatistikleri

Ülke/Bölge	Kişi Başına Elektrik Tüketimi [tep/kişi]
İzlanda	17.42
Norveç	8.77
Kuveyt	11.92
Katar	15.7
Kanada	9.58
İsveç	5.34
ABD	7.28
BAE	11.05
Finlandiya	5.14
Türkiye	1.59
Dünya	1.87

Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'den görüleceği üzere henüz ülkemizde elektrik tüketimi Avrupa Birliği üye ülkelerinin yaklaşık yarısı kadardır. Bu da gelişmişlik düzeyimizin gelişmiş ülkeler düzeyine yani kalkınmış ülkeler düzeyine çıkması için üretim düzeyimizin hızla artırılması olarak düşünülebilir. Öte yandan elektriğin, üretim maliyetleri içindeki yerinin pazardaki rekabet unsurları içinde fiyata olan etkisi üretim seviyesini de etkilemekte, özellikle uluslar arası pazarda daha iyi bir pazar payının elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle kalkınma sürecinde olan bir ülkede elektriğin bol, ucuz ve sürdürülebilir kılınması temel elektrik enerjisi politikası olarak düşünülebilir. Aşağıda Çizelge 2.3'de Türkiye'de elektrik enerjisi birim fiyatları OECD ülkelerinin ortalaması ile karşılaştırılmalı verilmiştir. Çizelge 2.3'den görüleceği üzere elektrik birim fiyatları Fransa ve A.B.D. gibi üye ülkelerin de yer aldığı OECD ülkeleri ile karşılaştırıldığında ülkemizdeki elektrik enerji birim fiyatının konutlarda yaklaşık %79'u kadar, endüstriyel kullanımlarda ise %69'u kadar kadar olduğu anlaşılacaktır [13]. Başka bir ifadeyle endüstriyel kullanımdaki birim enerji fiyatı OECD ülkelerinden %45 daha pahalıdır.

Çizelge 2.3 Elektrik birim fiyatları

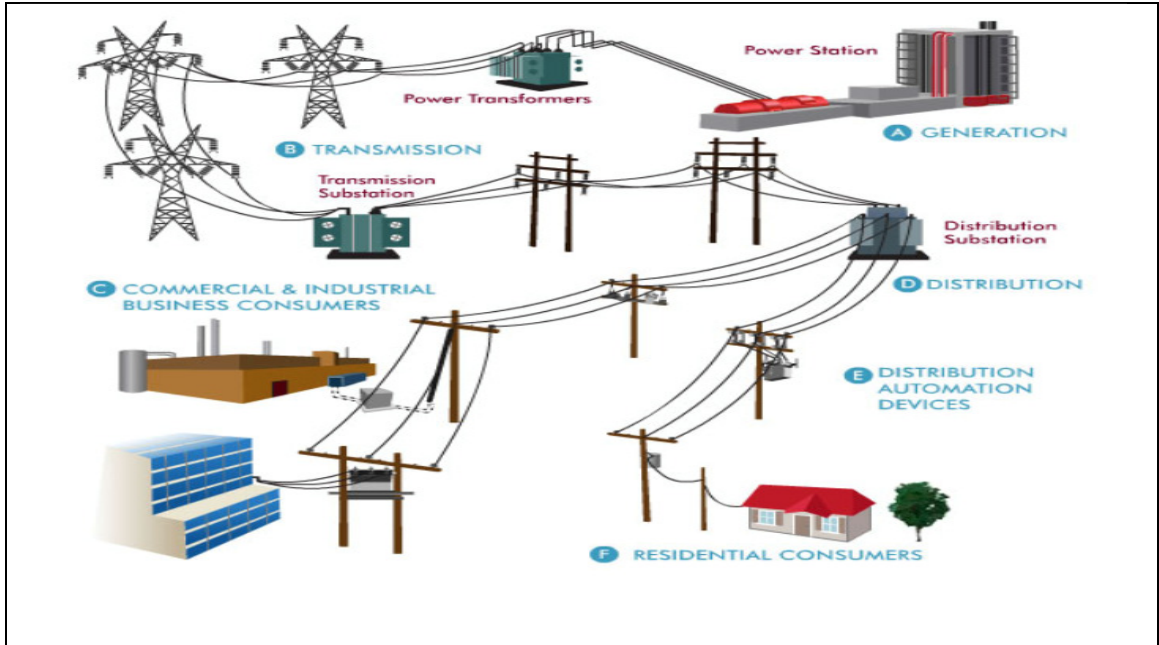
Ülke adı	Elektrik Birim Fiyatı [cent USD/kWh]	
	Konutsal tüketim	Endüstriyel tüketim
Türkiye	19,0	15,5
OECD Ortalaması	15,0	10,7

Bu durum Türkiye'nin pazardaki rekabet gücünün ve dolayısıyla üretim seviyesini olumsuz etkilemektedir. Bu ise elektrik enerjisini hem daha ucuz ve hem de bol üretme zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca elektrik yatırımlarındaki gecikmeler de kalkınmanın önünde engel teşkil etmektedir. Elektrik enerjisindeki gecikmeler; elektrik talep ve arzı arasındaki makasın daralmasına neden olmakta ve bu da gerek elektriğe olan ani talep artışlarında ve gerekse mevcut santrallerdeki istenmeyen duruşlar nedeniyle arz daralması problemi, ülkemizi 1970'li yıllarda olduğu gibi elektrik kesintileri ile başbaşa bırakmaktadır. Bu durum makroekonomik boyutta ülkemizin gayrisafi milli hasılasını olumsuz etkilerken; bunun yanısıra endüstriyel işletmelerde siparişlerin yetiştirilememesi ve duruş maliyetleri gibi maliyet artışlarına neden olmaktadır. Bunun olmaması için elektrik yatırımlarının zamanında ve gecikmeler olmaksızın gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

## 2.2 Elektriğin Üretim İletim ve Dağıtım Zinciri

Elektrik enerjisi ikincil bir enerji türü olup birincil enerji kaynaklarından teknolojik olarak üretilir. Primer enerji kaynakları; su, rüzgar, dalga, jeotermal, biyokütle, güneş gibi yenilenebilir kaynaklar olduğu gibi; taş kömürü, linyit uranyum gibi katı fosil yakıtlardan, petrol gibi sıvı fosil yakıtlardan ve doğal gaz, kaya gazı gibi gaz fazındaki gaz fosil yakıtlardan oluşur. Nükleer yakıtlar ve doğal gaz hariç diğer bütün primer enerji kaynaklarının ya taşınması mümkün değildir veya kömürde olduğu gibi taşınması ekonomik değildir. Bu nedenle primer enerji kaynakları nerede bulunuyorsa elektriğe dönüştürme işleminin yapıldığı fabrikaların da aynı yerde kurulmasını gerekli kılar. Elektriğin üretildiği fabrikalara elektrik santrali denir. Santrallerde üretilen elektrik enerjisinin şehir merkezlerine, organize sanayi bölgelerine, kasaba ve köylere kadar taşınması yani iletilmesi gerekir. Bu iletilme sırasında elektrik enerjisinde kayıp yani firenin az olması için elektrik gücünün temel

iki çarpanından birisi olan ve santrallerde üretilen gerilimin (Volt) olabildiğince yükseltilmesi ve yüksek gerilimli bir şekilde şehir merkezlerinin girişine kadar iletilmesi gerekir. Santralin ürettiği gerilim 20 kV (kilovolt) seviyelerinde iken iletim esnasında bu gerilim değeri transformatör denilen cihazlar sayesinde 36, 66, 154 ve 380 kV seviyelerine yükseltilerek elektrik enerjisi bir enerji havuzu niteliğindeki elektrik iletim hatlarına aktarılır. Bu değerler standart olmakla birlikte ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilmektedir. 1kV'u aşmayan gerilimler alçak gerilim (AG); 1kV'tan büyük gerilimlere yüksek gerilim (YG) denilmektedir. YG'nin 36 kV'a kadar (36 kV dahil) olan bölümüne orta gerilim (OG) adı verilir. Şehirlerin ve ilçe merkezlerinin girişine kadar YG ile getirilen elektrik enerjisi, şehrin girişinde bu defa santralde yapılanın aksine gerilimi 154 veya 380 kV'tan OG'e düşürülerek şehrin içinde mahallelere kadar OG ile dağıtılır. Buna elektriğin dağıtılması denilir. Mahalle aralarında yine transformatörlerle bir kez daha küçültülerek AG denilen ve evlerimizdeki cihazların çalıştığı gerilim seviyesine düşürülür. Böylece abonelere ulaştırılmış olur. Bilindiği üzere zincir kuralına göre zincir en zayıf halkası kadar sağlamdır. Bu nedenle elektriğin üretilmesi tek başına yeterli olmamakta, buna paralel olarak iletim ve dağıtım yatırımlarının da eşgüdümlü olarak yapılması büyük önem arz etmektedir. Şekil 2.1'de elektriğin üretim, iletim ve dağıtım zinciri görülmektedir [14].

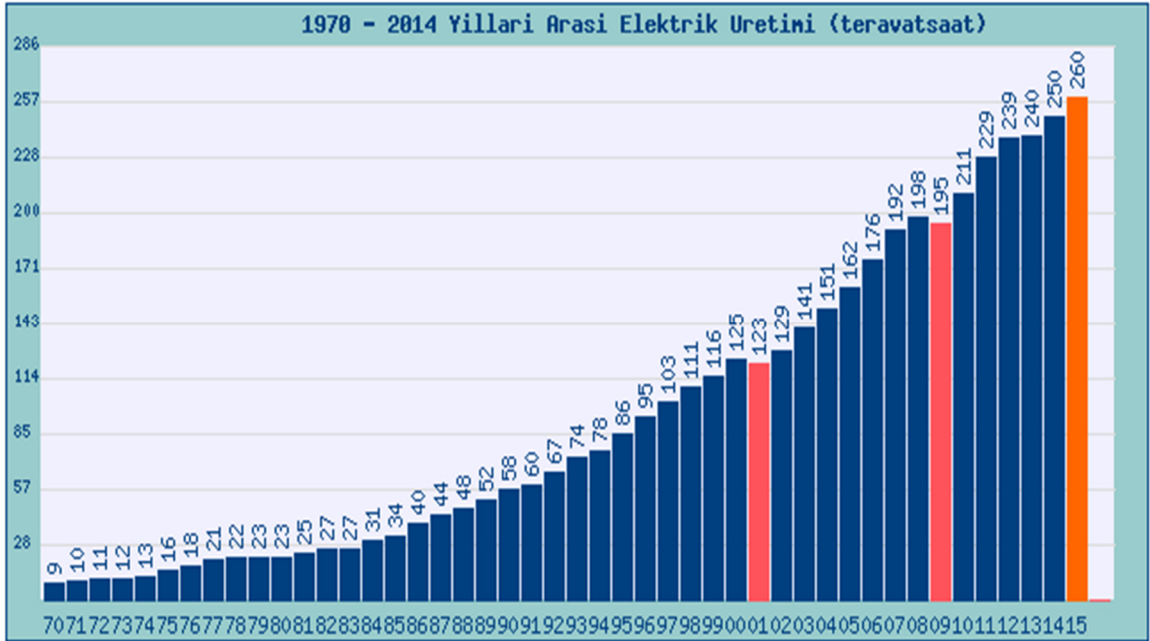


Şekil 2.1 Elektriğin üretim, iletim ve dağıtım zinciri şeması

Bu çalışmada OG'den elektrik şebekesine bağlanacak olan bir rüzgar elektrik santral yapım projesi ele alınacaktır.

### 2.3 Elektrik Projelerinde Tamamlanma Zamanının Önemi

Bir ülkedeki elektrik enerjisi tüketiminin önemi büyük olmakla birlikte bir ülkedeki elektrik enerjisine olan talep değişiklikleri daha önemlidir. Çünkü özellikle Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerdeki talep artış hızı, yeni elektrik yatırımların hızını belirleyecektir. Ülkemizde 1970 yılında kurulan o zaman tekel bünyesinde bulunan Türkiye Elektrik Kurumunun elektrik üretim istatistikleri Şekil 2.2'de 1970 yılından 2014 yılına kadar Türkiye'nin elektrik üretim grafiği olarak verilmiştir [15]. Elektrik üretim ve tüketimleri birbirine çok yakın değerler olduğu için aynı zamanda elektrik tüketim değerleri olarak da alınabilir. Şekil 2.2'den bakıldığında, 46 yıllık verilere göre, yıllık ortalama elektrik üretim artış hızımız %7,76 dır. Son 10 yıl dikkate alındığında ise yıllık ortalama elektrik üretim artış hızımız %4,94 dür.



Şekil 2.2 1970 - 2014 yılları Türkiye elektrik üretim grafiği

Bunun anlamı 46 yıllık ortalamaya göre her 9,27 yılda bir elektrik üretimimiz 2 katına çıkmaktadır. Bu da Ülkemizde elektrik üretim, iletim ve dağıtım yatırımlarının hızla ve zamanında yapılması zorunluluğunu gözler önüne sermektedir. Çünkü hidroelektrik santraller (HES) başta olmak üzere kömürle çalışan termoelektrik santraller (TES) in tesisinin tamamlanarak üretime geçme zamanı tesis



büyüklüğüne göre planlama süresi de dahil olmak üzere 5 ilâ 8 yılı bulabilmektedir. Rüzgar santrallerinde (RES) ve doğal gazla çalışan santrallerde (DGKÇS) bu süre biraz da kısılırken nükleer yakıtla çalışan Nükleer santrallerde (NES) bu süre daha da uzayabilmektedir. Bütün bunlar bir elektrik yatırımının planlama aşamasından başlayarak gerçekleştirme aşamasına kadar geçen sürecin yatırım planlama teknikleri kullanarak dikkatli bir şekilde hazırlanma gereğini ortaya koymaktadır.

Bilindiği üzere rüzgar santralleri yenilenebilir enerji kaynağı olup tüm ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de kurulması teşvik edilmektedir. Ülkemizdeki üretilen enerjinin ve elektrik gücünün içinde rüzgar enerjisinin yeri ve oranı 2013 ve 2014 yılları karşılaştırmalı olarak Çizelge 2.4'de elektrik enerjisinin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı olarak verilmiştir [11].

Çizelge 2.4 Elektrik enerjisinin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı

Birincil Enerji Kaynağı	2013		2014		Artış
	GWh	%	GWh	%	%
Kömür	63786,1	26,6%	76262,7	30,3%	19,6%
Sıvı Yakıtlar	1738,8	0,7%	2145,3	0,9%	23,4%
Doğal Gaz	105116,3	43,8%	120576,0	47,9%	14,7%
Yenilenebilir + Atık + Atık Isı	1171,2	0,5%	1432,6	0,6%	22,3%
Hidrolik	59420,5	24,7%	40,644,7	16,1%	-31,6%
Jeotermal	1363,5	0,6%	2364,0	0,9%	73,4%
Rüzgar	7557,5	3,1%	8520,1	3,4%	12,7%
Güneş	-	-	17,4	0,0%	-
Toplam	240154,0	100,0%	251962,8	100,0%	4,9%

Bu çizelgeden görüleceği üzere rüzgar enerji santrallerinin toplam üretilen enerji içindeki payı %3,4 olup bir önceki yıla göre artış hızı ise %12,7 dir. 2014 yılı verilerine göre Türkiye'deki üretilen elektrik enerjisinin %47,9'u doğal gazdan üretilmekte olup bu birincil enerji kaynağı yurtdışından özellikle Rusya ve İran'dan temin edilmektedir. Ancak Türkiye'nin rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir ve temiz enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke olduğu dikkate alındığında, bu milli kaynaklarımızdan daha çok yararlanılması elektrik enerjisinde yurtdışına olan

bağımlılığımızın azaltılmasını sağlayacaktır. Üstelik bu birincil enerji kaynaklarının işletme maliyetleri de diğer santrallere göre hem daha küçük ve de bu santraller çevre dostu santrallerdir. Bu nedenle ülkemizde hızla bu yatırımların gerçekleştirilmesini sağlayacak tedbirlerin ilgili otoriteler tarafından alınması önemlidir.

Proje aşamasında elektrik projelerinin tamamlanma sürelerinin belirlenmesi ve en küçük maliyetle yapılabilmesi de büyük önem arz etmektedir. Problemi çok projeli, zaman - maliyet etkileşimli, öncelik ilişkili bir çizelgeleme problemi olarak ele almak gerekir.

### 3 PROJE ÇİZELGELEME

Proje, genel bir ifadeyle benzersiz, özgün bir ürün, hizmet veya ürün üretmek amacıyla yürütülen geçici faaliyetler bütünü olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, belirli bir mal ve hizmet üretimini gerçekleştirmek amacı ile kaynakların tahsisi ve kullanımı önerisi olup, soruna özel ve bir defaya özgü oluşturulan, belli bir zaman ve bütçe çerçevesinde amaçları gerçekleştirmeyi sağlayan işlemler bütünüdür. Her projenin bir amacı bulunur. Projeler genelde belli bir ihtiyacın giderilmesini bazen de daha büyük bir projeye hizmet etmeyi amaçlar. Bir projede bütün işin tamamlanması için birbiri ile ilişkili olan ve belirli bir sıra ile yerine getirilmesi gereken faaliyetler bulunurlar. Bu faaliyetlerin birinin başlaması için bazen diğerinin tamamlanması gerekir [20].

#### 3.1 Proje Yönetiminin Önemi ve Özellikleri

Projelerin başarılı olabilmesi için zorunlu olarak yapılması gereken çalışmalar vardır. Bunların başında fizibilite çalışmaları gerektirmesi, ileri düzeyde proje bilgi ve becerilerine sahip etkin bir ekibi gerektirmesi, bir organizasyon sistemi içinde çalıştırma zorunluluğu sayılabilir [16][17].

Başarılı bir projede projenin sağlayacağı yararların etkileri ekonomiklik, verimlilik ve karlılığın artırılması bağlamında uzun yıllar hissedilir. Ayrıca yararlı mal ve hizmet üretiminde kullanmak amacıyla yeni veya ek üretim kapasiteleri yaratır [18].

Projelerdeki faaliyetlerin şirketlerde yürütülen diğer faaliyetlerden farkı sıradan olmayan işlemleri içermesidir. Projeler geçici organizasyonlar olup, yapısı gereği dinamik süreçlerdir [17] [18].

Bir projenin başarılı olması için projenin tam zamanında, bütçe sınırları içerisinde önceden belirlenen hedeflere ulaşması önemlidir. Projelerin başarılı olmalarında etkili 11 altın kural vardır. Bunlar, proje çıktıları üzerinde anlaşma sağlamak; mümkün olduğunca en iyi proje takımını oluşturmak; kapsayıcı, tutarlı bir plan oluşturmak ve plana uygun hareket etmek; projeyi yürütmek için gerçekten kaç kişi ile çalışılması gerektiğini belirlemek; gerçekçi bir çizelgeye sahip olmak; yapılabileceklerden daha fazlasını yapmaya çalışmamak; yönetimin, paydaşların sürekli ve resmi desteğini almak; değişime karşı istekli olmak; yapılan işler konusunda ilgilileri bilgilendirmek;

yöntemler deneme konusunda istekli olmak; lider olmaktır. Sonuç olarak bir projenin başarısı, onun iyi yönetilmesine bağlıdır [19].

Projenin başarısız olması durumunda yatırımcıya para ve zaman kaybettirmesinin yanısıra şirketlerde marka ve prestij değerinde kayıplar da oluşur. Projelerin başarısızlık nedenleri arasında en önemli sebepler; yetersiz proje ve program yönetim disiplini, yönetim desteğinin olmaması, projenin iş stratejileriyle uyum sağlamaması, yanlış proje ekibi seçimi, projenin başarısını değerlendirmek için kriterlerin bulunmaması, risk yönetiminin yapılmaması, değişimi yönetme becerisinin bulunmaması sayılabilir [17] [18] [19].

Proje yönetimi ise tanım olarak proje faaliyetlerinin, belirli bir hedefe ulaşmak için zaman, maliyet ve performans kısıtlamaları dahilinde kaynakların verimli kullanılarak planlanması, programlanması ve kontrolüdür.

### **3.2 Proje Planlama, Programlama ve Kontrol**

Projelerin yönetilmesi için bir üretim faaliyetinde de söz konusu olan planlama, programlama ve kontrol aşamalarının uygun bir şekilde yapılması gerekir. Proje planlama aşamasında planlamanın iyi tanımlanmış bir amaçla başlaması esastır. İşletmelerin organizasyon yapısında bulunan üretim, mühendislik, pazarlama, finansman ve muhasebe gibi departmanlardan sağlanan elemanlarla öncelikle proje takımının oluşturulması ve proje sınırlarının çizilerek zaman, maliyet ve kaynak kullanımı konusunda başarı ölçütlerinin belirlenmesi gerekir. Proje programlama aşaması ise proje süresince insan gücü, malzeme, finansman gibi kaynak ihtiyaçlarının ve projedeki beklenen gelişmenin programlanması faaliyetidir. Projelerin programlanmasında ilk geliştirilen yöntem, projede yer alan her faaliyetin yatay bir zaman ekseni üzerinde başlama ve bitiş zamanlarını gösteren çubuk diyagramlarının kullanılmasıdır. Gantt diyagramları da olarak bilinen bu temel yöntem çok kullanışlı ve kolay anlaşılabilir, kolay güncellenebilir olmakla birlikte; kaynaklar arasındaki karşılıklı ilişkileri ve proje faaliyetleri arasındaki öncelik ilişkilerini belirtmezler. Ayrıca gantt diyagramları karmaşık projelerin yürütülmesinde ve optimize edilmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle projenin etkinliğinin optimize edilmesi için daha sistematik ve etkin proje yönetim teknikleri geliştirilmiştir. Proje yönetiminde planlama, programlama ve kontrol aşamalarının analitik yollarla

geliştirilmesinde iki yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler; CPM ve PERT'dir. Bu programlama yöntemlerinin sağlayacağı yararlar aşağıda özetlenmiştir.

- a) Projenin bütünü ve ilgili tüm faaliyetleri koordine eder. Herbir faaliyetin projenin bütünü ile ilişkisini gösterir.
- b) Tüm faaliyetlerin mantıklı bir şekilde planlanmasını sağlar. İşin organizasyonunu ve tahsisleri kolaylaştırır.
- c) Öncelikli ilişkilerini ve faaliyet sıralarını belirler.
- d) Tamamlama zamanlarına ilişkin tahminlerin oluşturulmasını ve gerçek değerlerle karşılaştırılacak bir standardın belirlenmesini sağlar.
- e) İnsan, malzeme veya finansal kaynakların kaydırılabileceği alanları belirlemek amacıyla kaynakların daha iyi kullanılmasına olanak sağlar [20] [21].

Proje kontrol aşamasında ise proje faaliyetlerinin durumunun ölçülmesi gerçekleşen faaliyetlerin planlanan faaliyetle karşılaştırılmasının sağlanması gerekirse düzeltici faaliyet başlatmak için yeni faaliyetlerin tasarlanması amaçlanır [21].

### **3.3 Kritik Yol Yöntemi - CPM**

CPM, bir projenin gerçekleştirilmesinde insan gücü, makine ve zamandan en yüksek düzeyde yararlanmayı sağlar. Ağ tekniklerini kullanma bilimi olarak da bilinir. Bir projenin başlangıcından bitimine kadar uzanan sıralı faaliyetler dizisi olarak tanımlanabilmektedir. Kritik yol yönteminde izlenecek adımlar aşağıdaki gibidir [22];

1. Projenin faaliyetler ve olaylar cinsinden tanımlanması,
2. Olaylar ve faaliyetler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi,
3. Proje ağının kurulması,
4. Tüm faaliyetlerin sürelerinin belirlenmesi,
5. Kritik olay ve faaliyetlerin belirlenmesi,
6. Kritik yolun bulunması,
7. Tüm olayların ve faaliyetlerin boşluk(aylak) zamanlarının hesaplanması,
8. Tamamlanmış proje planının kurulması,
9. Tüm faaliyetlerin belirlenmiş zamanlarının gözlenerek, hazırlanan planla karşılaştırılması,
10. Esas plandan olan sapmaların belirlenmesi,

11. Gecikme süreleri belirlendiğinde, yeniden planlama ile orijinal ağda değişiklik yapılması,
12. Eğer mümkünse boşluk zamanlara göre kaynakların faaliyetlere transfer edilmesi.

Projenin belirli faaliyet ve olaylara ayrılmasından sonra bunlar arasındaki öncelik ilişkilerinin belirlenmesi gerekir. Bir faaliyetin kendisinden önce bitirilmesi gereken faaliyete “ önceki faaliyet “, kendisinin tamamlanması ile başlayan faaliyete de “ sonraki faaliyet “ denir [22].

### **3.3.1 Proje ağının oluşturulması**

Proje ağının oluşturulabilmesi için her ağda tek bir başlama olayı ile tek bir bitiş olayı olmalıdır. Gerektiği durumlarda yapay olarak da oluşturulabilmektedirler. Bir faaliyetin başlayabilmesi için kendinden önceki faaliyet(ler)in bitmesi gerekmektedir. Okların uzunluğunun herhangi bir önemi yoktur, yalnızca öncelikleri belirtirler. İki olay doğrudan en fazla bir faaliyetle bağlanabilirler. Her olayın bir numarası olmalıdır ve olaylar okların küçük numaralı bir noktadan daha büyük numaralı bir noktaya gitmesini sağlayacak şekilde numaralandırılır [22].

### **3.3.2 Kritik yolun bulunması**

Kritik yol, tamamlanma süresi en uzun olan yoldur; bu süre projenin tamamlanması için gerekli minimum süredir [21]. Kritik yolu oluşturan faaliyetlere “ kritik faaliyet “ denir. Bu yol üzerindeki tüm faaliyet süreleri projenin tamamlanma zamanını etkiler. Bu faaliyet sürelerinin toplamı kritik yolun beklenen ortalama süresidir. Diğer yollar fazla bolluk (aylak) sürelerine sahiptir. Kritik olmayan faaliyetlerin esnekliğine ya da geciktirilebilme rahatlığına “ bolluk “ denir[18]. Kritik yolun üzerinde olabilecek herhangi bir gecikme bütün projenin tamamlanmasını geciktirir. Dolayısıyla, projede meydana gelebilecek gecikmeleri önlemek için kritik faaliyetlerde oluşacak gecikmeler önlenmeye çalışılır. Projenin başlangıcında en uzun yolun bulunması, her bir faaliyet ile başlanabilecek en erken zamanın bulunmasında yardımcı olur [22] [23].

Proje faaliyetlerinin yönetiminde, en erken ve en geç faaliyet sürelerini göstermek için yaygın olarak kullanılan dört sembol bulunmaktadır. Bunlar;

ES ( En Erken Başlama Zamanı ) ( Earliest Start Time ): Bir faaliyete en erken başlama zamanıdır. İlgili faaliyetten önceki tüm faaliyetlerin en erken başlama zamanlarında başladığı varsayılır [21].

EF ( En Erken Tamamlanma Zamanı ) ( Earliest Finish Time): Bir faaliyeti en erken bitirme zamanıdır. Faaliyetin en erken başlama zamanında başladığı ve faaliyetin beklenen tamamlanma süresinde,  $E(T_{ij})$ , tamamlandığı varsayılır [21].

$$EF = ES + E(T_{ij}) \quad (3.1)$$

şeklindedir.

LF ( En Geç Tamamlanma Zamanı ) ( Latest Finish Time ): Projeyi geciktirmeyecek şekilde bir faaliyetin tamamlanması gereken en geç zamandır. İzleyen faaliyetlerin beklenen sürelerde tamamlanacağı varsayılır [21].

LS ( En Geç Başlama Zamanı ) ( Latest Start Time ): Projeyi geciktirmeyecek şekilde bir faaliyetin başlaması gereken en geç zamandır [21].

$$LS = LF - E(T_{ij}) \quad (3.2)$$

şeklindedir.

.ES ve EF değerleri soldan sağa doğru hesaplanır. Bir faaliyetin ES değeri, o faaliyetin bulunduğu yol üzerinde ilgili faaliyetten önce yer alan tüm faaliyetlerin sürelerinin toplamına eşittir. İki ya da daha çok yol bir düğümde buluştuğunda en uzun süreli yol kullanılır.

En geç süreler tersten hesaplanır. Kritik zamandan veya projenin tamamlanma zamanından başlanarak, ilgili faaliyete ulaşılan kadarki yol üzerinde yer alan faaliyet süreleri düşülür. İki veya daha fazla yol bir düğümde buluştuğunda en düşük bolluğa sahip olmasından dolayı toplam süresi en kısa olan yol için bulunan değer kullanılır [21].

### 3.4 Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği - PERT

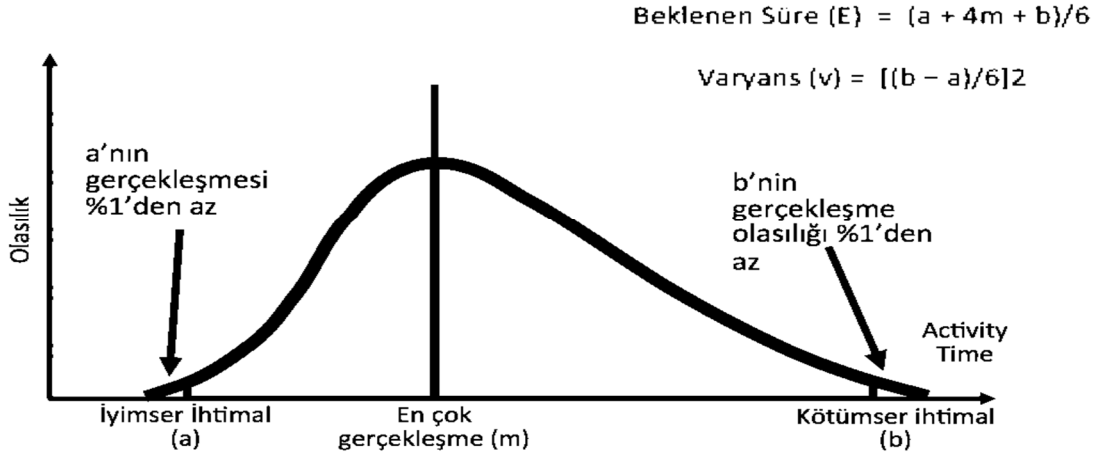
CPM'de sürelerin kesin olarak bilindiği kabul edilir. Faaliyetlere ayrılan kaynak miktarlarının değişmesi durumunda faaliyet sürelerinin de değişebileceği kabul edilmektedir. Halbuki, araştırma ve geliştirme projelerinin her biri özel projeler olup bu projelerdeki faaliyetlerin pek çoğu yalnızca bir kez gerçekleştirildiği için benzer faaliyetlerden süre ile ilgili önsel bilgilerin elde edilebilmesi mümkün değildir. Bu tür projeler, faaliyetlerin tamamlanma sürelerindeki belirsizlikleri dikkate alan PERT ile gerçekleştirilir. Eğer faaliyetlerin süreleri kesin olarak bilinmiyorsa proje için belirlenmiş bir teslim zamanında bitirme olasılığını bulabilmek için PERT yöntemi kullanılabilir.

PERT'de faaliyetlerin tamamlanma süreleri ile değil, beklenen değerleri ile işlem yapılır  $E(T_{ij})$ . Faaliyet sürelerinin rastgele değişkenler oldukları ve bir olasılık dağılımına göre ortaya çıktıkları varsayılır. Bu sürenin belirlenebilmesi için her bir faaliyete ilişkin üç adet tamamlanma süresinin tahmin edilmeksi gerekmektedir [22].

1. En İyimser Süre ( $a$ ): Faaliyetin en erken tamamlanacağı süredir. Her şey istenildiği gibi gittiğinde faaliyetin en çabuk tamamlanacağı süredir [23].
2. En Kötümser Süre ( $b$ ): Faaliyetin en geç tamamlanacağı süredir. En kötü durumda faaliyetin bitirilme süresidir. Bu sürenin tahmininde hiçbir şeyin planlandığı gibi gitmeyeceği, beklenmedik olaylar ( kötü hava koşulları, mekanik arıza, kaynak temininde aksama ) ile faaliyetlere kötü yönde etki edeceği varsayılır [23].
3. En Yüksek Olasılıklı Süre ( $m$ ): En gerçekçi süredir. Bu süre geçmiş deneyimlere göre beklenen durumlar altında faaliyetin bitirilme süresidir [23].

Burada her bir faaliyet süresi bir rasgele değişken olarak kabul edilmiş ve bu rasgele değişkenin dağılımının beta dağılımına uyduğu görülmüştür. Herbir  $T_{ij}$ , beta dağılıma sahiptir. Her faaliyetin olasılık dağılımı beta dağılımıdır.  $T_{ij}$  rassal değişkeninin alt uç noktası  $a$ , üst uç noktası  $b$  ve modu  $m$ 'dir.  $a, b, m$  değerlerinin tahmin edilmesinden sonra bu üç sürenin tek bir değer olarak ifade edilmesi gerekir.  $(a + b) / 2$ 'nin ağırlığı  $m$ 'nin ağırlığının yarısına eşittir. PERT analizine göre üç tahmini sürenin ortalaması alınır [22].





Şekil 3.1 Beta dağılımı [24]

$T_{i,j}$ 'nin ortalaması bu varsayım altında

$$E(T_{i,j}) = \frac{\frac{a+b}{2} + 2m}{3} = \frac{a+4m+b}{6} \quad (3.3)$$

ile hesaplanır.

Faaliyetin tamamlanma süresi, ortalama tamamlanma süresinden farklı olabileceği için bu süreye ilişkin varyansın da hesaplanması gerekir.

( $i, j$ ) faaliyetlerinin süresine ilişkin varyans,

$$Var(T_{i,j}) = \frac{(b-a)^2}{36} \quad (3.4)$$

biçiminde hesaplanır.

Varyans değerinin büyük olması, belirsizlik derecesinin de büyük olması anlamına gelmektedir. Varyans değerinin küçük olması ise, öngörülen iyimser ve kötümser sürelerin pek farklı olmaması anlamına gelmektedir [23].

PERT analizi, tüm faaliyetlerin sürelerinin bağımsız olduğunu varsayar. Her faaliyetin beklenen ortalama süresini  $E(T_{ij})$  belirleyerek projede kritik süreyi belirler. Ortalama (beklenen) tamamlanma süreleri ile çalışıldığından ve faaliyet

sayısının yeteri kadar büyük olması varsayımından, Merkezi Limit Teoremine göre kritik yolun normal dağıldığı varsayılır ve CP (CPM ile bulunan kritik yol üzerindeki faaliyetlerin toplam süresini gösteren rasgele değişkeni)

$$CP = \sum_{(i,j) \in \text{kritik yol}} (T_{ij}) \quad (3.5)$$

biçiminde hesaplanır [23].

Kritik yol, bu yollar içinde beklenen ortalama süresi ve varyansı nümerik olarak en yüksek olan yoldur. Buna göre, projenin beklenen süresi ve varyansı aşağıdaki formüller ile hesaplanır [23].

$$\sum_{(i,j) \in \text{yol}} E (T_{ij}) \quad (3.6)$$

$$\sum_{(i,j) \in \text{yol}} Var (T_{ij}) \quad (3.7)$$

Her faaliyetin ortalama süresinin ve varyansının hesaplanmasından sonra, kritik yol belirlenir. Projenin herhangi bir zaman süresinden evvel ya da bu zaman içerisinde tamamlanma olasılığı da hesaplanabilmektedir. Bu hesabın yapılabilmesi için, kritik yolu oluşturan faaliyetlerin sayısının kritik yolun normal dağılımlı olmasını sağlayacak büyüklükte olduğu kabul edilir. Bu kabulün sonucunda ise, projenin öngörülen zamanda tamamlanma olasılığı bulunabilir. Öngörülen bir T zamanında standart normal olarak bir değişken tanımlanır. Standart normal değişken, aşağıdaki şekilde hesaplanır [22].

$$Z = \frac{X - E(X)}{\sqrt{V(X)}} \quad (3.8)$$

Z ile tanımlanan değişken; ortalaması sıfır olan, varyansı 1 olan standart normal bir değişkendir. Hesaplamaları kolaylaştırmak için çeşitli Z değerleri için normal dağılım tablolarından yararlanılır [22].

Projede birden fazla kritik yol olduğu zaman olasılık hesaplamalarında, varyansı büyük olan kritik yolu dikkate almak gibi bir eğilim söz konusudur. Bu konudaki diğer yaklaşım ise; projenin beklenen süreden geç tamamlanması olasılıklarının hesaplanmasında en büyük varyansı, beklenen süreden daha kısa bir sürede

tamamlanmasıyla ilgili olasılıklarda en küçük varyansı dikkate almaktır. Böylece ulaşılan sonuçların daha güvenilir olması sağlanır [22].

### 3.5 Hızlandırma ( Crashing ) Yöntemi

Faaliyet süresinin kısaltılması veya hızlandırılmasına “ hızlandırma “ denir [22]. Faaliyet süreleri, faaliyetlerde kullanılan kaynak miktarıyla orantılıdır. Bir projenin normal bitirme süresinden daha kısa zamanda bitirilebilmesi için önce kritik faaliyetlerin tamamlanma sürelerinin kısaltılması gerekmektedir. Herhangi bir faaliyet için ayrılan para, emek, makine, ek iş gücü, teçhizat kullanılmasının artırılması durumunda, faaliyetin süresi kısılabılır. Hızlandırma, zaman ve maliyet arasında taviz verilmesini gerektiren bir konudur. Faaliyetleri hızlandırabilmek için ek maliyete katlanması gerekir. Faaliyetin hızlandırılması için katlanılan yoğun kaynak kullanımının bir maliyeti vardır. Bu maliyete ise “ hızlandırma maliyeti “ denir [18]. Makul bir maliyete katlanılarak hızlandırılmış zaman tahmini, faaliyet süresinin kısaltılması için tüm çabaların harcanılması durumunda ulaşılabilecek en kısa süredir [22] [23].

CPM'de anlatıldığı gibi, projenin tamamlanma süresi kritik faaliyetlerin süreleri ile doğrudan ilişkilidir ve tamamlanma süresi kritik yolun uzunluğuna eşittir. Kritik faaliyetlerin hızlandırılması koşuluyla proje daha erken tamamlanır. Projenin daha kısa sürede tamamlanmasının sağlayacağı avantajlar ile bu avantajlar için katlanılan maliyet dengede olmalıdır ve söz konusu maliyete katlanmaya değer olup olmadığı belirlenmelidir. Bahsedilen denge, zaman – maliyet analizi ile gerçekleştirilir. Zaman – maliyet analizi yapılırken amaç; artan kaynak kullanımı proje süresini azaltırken, süre kısaltmanın ek maliyet kalemlerini artırıcı etkilerini dengeleyerek en az maliyetle projeyi gerçekleştirmektir. Ek maliyet kalemleri, dolaylı ve dolaysız maliyetlerden oluşmaktadır. Faaliyetlerin gerçekleştirilmesindeki dolaysız maliyetler; makine kiralari, malzeme maliyetleri ve işçilik maliyetlerinden oluşurken, dolaylı maliyetler; seyahat, danışmanlık hizmetleri, proje idaresi, proje kontrolü ve sözleşme harcamalarından oluşmaktadır. Bazı projeler sözleşmelere dayalıdır. Bu tarz projelerde, sözleşmede belirtilen süreden daha geç tamamlanması durumunda gecikilen her gün için bir ceza ödenmesi gerekir. Aynı şekilde, sözleşmede belirtilen süreden daha erken tamamlanması durumunda erken bitirilen her gün için erken bitirme primi nadir de olsa verilebilir. Bu gibi durumlar

proje maliyetlerinin hesaplanmasında göz ardı edilmemelidir. Yani; projenin toplam maliyeti, proje süresi ile orantılı olan dolaylı maliyetler ile faaliyetler süreleri ile orantılı olan dolaysız maliyetlerin toplamına eşittir. Kısaca, yöntemin esas amacı projenin en düşük maliyetle en kısa sürede tamamlanmasını sağlamaktır [22] [23].

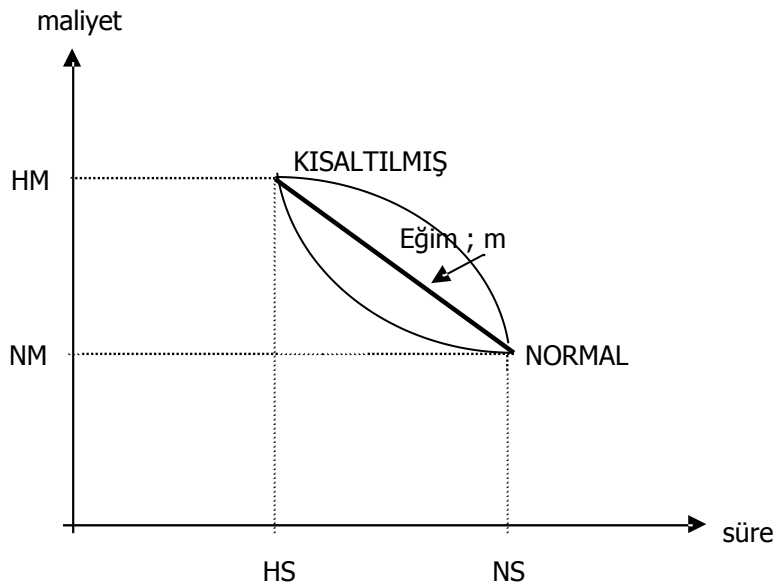
Ağ (şebeke) analizinde zaman – maliyet ilişkisini açıklayabilmek için her bir faaliyet için iki süre ve iki maliyet tahmini bulunmaktadır. Bunlar süre ve maliyet açısından normal ve hızlandırma tahminleridir.

**NS** ( Normal Süre ): Projenin tamamlanmasıyla ilgili tahmin edilen beklenen süredir [23].

**NM** ( Normal Maliyet ): Normal sürede projenin tamamlanması sonucu ortaya çıkan maliyettir [23].

**HS** ( Hızlandırma Süresi ): Projenin süresini kısaltmak için gerekli olan süredir [23].

**HM** ( Hızlandırma Maliyeti ): Projenin tamamlanma süresini minimum kılmak için hızlandırma temelinde yapılan işler adına katlanılan maliyettir [23].



Şekil 3.2 Zaman – maliyet ilişkisi [20]

Şekil 3.2'deki eğrinin çizimi, bir ucu normal diğer ucu kısaltılmış olarak adlandırılan iki noktaya değmektedir. Normal nokta, faaliyetin normal koşullarda herhangi bir ek harcama yapmadan tamamlanma süresi ile normal maliyeti verir. Kısaltılmış nokta, faaliyetin en fazla kaynak kullanımı ile tamamlanma süresi ile kısaltılmış maliyetini

verir. Genel bir yaklaşım olarak, faaliyetlerin gerçek süre - maliyet ilişkisini hesaplamak yorucu ve zaman alıcı olacağından bütün ara noktaların bu doğru parçası üzerinde olduğu kabul edilir. Bu varsayıma göre, her bir faaliyet için sadece bu iki noktanın bilinmesi yeterli olmaktadır. Projenin hızlandırılma çalışmalarını gerçekleştirebilmek için, her bir proje faaliyetinin süre – maliyet ilişkisinin saptanması gerekmektedir. Süre – maliyet ilişkisi çeşitli durumlara göre değişiklik gösterebilmektedir. İlişki doğrusal, iç bükey ya da dış bükey de olabilir. Hesaplamalarda genellikle ilişkinin doğrusal ve sürekli olduğu varsayılır [20] [22].

Zaman - maliyet arasındaki ilişki ters yönde doğrusal olarak varsayıldığında zaman içindeki her birim azalmanın maliyette eşit düzeyde artış yarattığı ortaya çıkmaktadır.

Zaman başına maliyet  $I_c$ ,

$$I_c = \frac{HM-NM}{NS-HS} \quad (3.9)$$

ile bulunur. Eşitlik (3.9)'da

$HM$  = Hızlandırma maliyeti

$NM$  = Normal maliyet

$NS$  = Normal süre

$HS$  = Hızlandırma süresi

olarak tanımlanır.

Uygulama aşamasında, proje faaliyetlerin normal sürelerine göre kritik yol hesaplanır, projenin toplam maliyeti kaydedilir. Projenin tamamlanma süresi kritik faaliyetlerin tamamlanma sürelerine bağlı olduğu için kritik faaliyetlerin hızlandırılmasına geçilir.

Hızlandırma işlemine, birim zaman başına maliyet artışı en az olan kritik faaliyet ile başlanır. Seçilen bu kritik faaliyet, hızlandırılabilirdiği kadar hızlandırılmalıdır. Yani, mümkün olan en kısa sürede tamamlanmalıdır. Böylece, kritik faaliyetler hızlandırıldıkça kritik faaliyet olmayan faaliyetlerdeki boşluklar azalır, en sonunda da yok olur. Bu durum bazı projelerde kritik olmayan faaliyetlerin kritik faaliyet olmalarına sebep olabilir, hatta paralel kritik yolların doğmasına da sebep olabilir. Bu sebeple,

proje en erken tamamlanma süresinden daha kısa sürede tamamlanmak istendiği zaman paralel kritik yollardaki faaliyetlerin sayısı azalabilir. Herhangi bir kritik faaliyetin veya faaliyetlerin hızlandırılabilmesi için, dolaysız maliyetlerde ortaya çıkan artışın dolaylı maliyetlerdeki azalıştan mutlaka küçük olması gerekmektedir. Dolayısıyla, her defasında dolaysız maliyetlerde en düşük artışa neden olan kritik faaliyet ya da kritik faaliyetler seçilmelidir [22].

#### 4 ORTA GERİLİM ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE PROJE TAMAMLANMA VE HIZLANDIRMA SÜRELERİNİN ANALİZİ

Elektrik tesisleri, esas itibariyle iki kısma ayrılır. Birincisi elektrik enerjisinin üretilmesi, iletilmesi, dağıtılmasını ve tüketilmesini sağlayan tesisler “elektrik kuvvetli akım tesisleri” (EKAT) olarak anılırlar. Bunlara örnek, elektrik santralleri, enerji iletim hatları, transformatör merkezleri, dağıtım merkezleri, yeraltı kablo şebekeleri, fabrikaların elektrik tesisleri sayılabilir. İkinci olarak binaların içinde yapılan elektrik tesisleri olarak “elektrik iç tesisi” (EİT) adını alırlar. EKAT’ler AG ve YG olan tesisler olmasına karşın, EİT’ler AG’ye sahiptirler. Tipi ne olursa olsun tüm elektrik tesisleri, özellikleri gereği kurulma aşamasından başlayarak, tesis edilme sürecinde ve işletmeye açılma sürecinde, işletme döneminde ve hatta demontaj sürecinde kendine özgü kural ve yönetmelikleri olan tesislerdir. Bu çalışmada ele alınan rüzgar elektrik santrali de bir EKAT olup bu kural ve yönetmelikleri göre kurulur, tesis edilir, işletmeye açılır ve işletilir. Bu kural ve yönetmelikler her ülkenin kendi mevzuatına göre uygulanır. Ülkemizde elektrik tesisleri ile ilgili yönetmelikler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nca, düzenleyici hükmündeki diğer yönetmelikler de aynı bakanlığın ilgili kuruluşu olan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’nca hazırlanarak Resmi Gazetede yayımlanmak suretiyle yürürlüğe konulur. Bu çalışmada ele alınan projenin tâbi olduğu ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nca yürürlüğe koyulan yönetmelikler şunlardır:

- Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği
- Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği
- Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği
- Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği
- Elektrik Üretim Tesisleri Kabul Yönetmeliği

Bu çalışmada ele alınan projenin tâbi olduğu ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’nca ve Orman ve Su İşleri Bakanlığınca yürürlüğe koyulan yönetmelik ve tebliğler şunlardır:

- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği
- Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ

Bu çalışmada anılan yönetmeliklerde belirlenen süre ve süreçler dikkate alınacaktır.

Elektrik tesisleri elektrik üretim, iletim, dağıtım ve tüketim zincirinin bir halkasını oluşturduklarından bir fabrika gibi müstakil çalıştırılmazlar ve tüm tesisler birbirine elektriksel olarak bağlanmak zorundadırlar. Dolayısıyla bir rüzgar santrali de ürettiği elektrikteki gerilim seviyesine uygun gerilim seviyesindeki elektrik şebekesine bağlanarak enerji verebilir. Bu çalışmada ele alınan rüzgar santrali 6 MW gücünde bir rüzgar elektrik santrali olup 36 kV seviyesinde ürettiği gerilimi 36 kV'luk bir orta gerilim (OG) şebekesine verecek şekilde planlanmıştır. Ele alınan santralin elektriksel olarak bağlanacağı OG bağlantı noktası Çanakkale İli Biga ilçesindeki "Biga 3 Dağıtım Merkezi" olup, bu bölgede elektrik dağıtım hizmeti veren ULUDAĞ Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin (UEADAŞ) bağlantı kriter ve kurallarına da uymak zorundadır. Bu nedenle bu çalışmada: UEDAŞ ile bir Bağlantı Anlaşmasının yapılması da söz konusu olduğundan OG Seviyesinden Elektrik Dağıtım Şebekesine Bağlanacak Santrallerin Uymak Zorunda Olduğu Kurallar" dokümanı dikkate alınmıştır.

#### **4.1 Projede Yer Alan Faaliyetlerin Belirlenmesi**

Bir rüzgar santrali projesinin gerçekleştirilmesinde belli başlı faaliyetler;

1. Rüzgar Santrali Kurulacak Sahanın Tespiti ve Ölçüm Direği Sahasının Kiralanması,
2. Ölçüm Direği ve Sistemi Şartnamesinin Hazırlanması, Teklif Alınması, Sözleşme Yapılması,
3. Ölçüm Direğinin İmal Edilmesi, Sahaya Nakli ve Sahada Montajı,
4. Ölçme İşlemlerinin Yapılması,
5. Ölçme Sonuçlarının Mühendislik Raporlarının Hazırlanması,
6. Santral Fizibilite Raporlarının Hazırlanması,
7. Santral Projesinin Hazırlanması,
8. Projenin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına Onaylatılması,
9. Banka Kredi Anlaşmalarının Araştırılması ve Banka Kredisinin Alınması,
10. Santral Sahasının Satın Alınması,
11. Rüzgar Türbinlerinin ve Generatörlerinin Şartnamesinin Hazırlanması, İhaleye Çıkılması, Sipariş Edilmesi ve İmalatı,



12. Rüzgar Santrali Binalarının ve Diğer Eklentilerinin Şartnamesinin Hazırlanması, İhaleye Çıkılması ve İnşası,
13. Santral Trafo Merkezi ve Bağlantı Noktasının Şartnamesinin Hazırlanması İhalesine Çıkılması, Sözleşmesinin Yapılması ve İmalatı,
14. Enerji Nakil Hattı (ENH) Şartnamesinin Hazırlanması, İhalesine Çıkılması ve Sözleşmesinin Yapılması, Yer Teslimi ve Malzeme Tedarik süreci,
15. Turbo Jeneratör Grubu ve direğinin Montajı,
16. Trafo Merkezi, Bağlantı Noktası ve ENH Montajının Yapılması,
17. Türbin ve Generatör Ön Testleri (Run tests),
18. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına Kabul Müracaatı,
19. Kabulun Yapılması ve Enerji Müsaadesi İşlemleri,
20. Deneme Üretimine Geçiş ve
21. Üretime Geçiş.

Bu faaliyetlere ilişkin ayrıntılar aşağıda özetlenmiştir:

- Rüzgar Santrali Kurulacak Sahanın Tespiti ve Ölçüm Sahasının Kiralanması:  
  
Bunun için ülkenin rüzgar haritalarını hazırlayan kuruluşlara müracaat edilir. Ülkemizde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (eski adı EİE) olan kuruluş rüzgar haritalarını hazırlamaktadır. Ancak daha önceden rüzgar olduğu bilinen koordinatlara ait bilgiler verilerek haritalar sağlanırsa; hem kısa sürede hem de daha az maliyetle istenilen rüzgar haritalarının paftalarına (bölümlerine) ulaşılır. Bu paftaların incelenmesi ile bir saha tespit edilir ve ilgili kuruma müracaat edilerek ölçüm izni alınabilir.  
  
Ölçüm izninin alınmasından sonra ölçüm direği kurulacak yere bir teknik gezi yapılır. Saha koordinatlarının bulunduğu yer o bölgeyi tanıyan bir topograf veya bir harita mühendisi marifetiyle tespit edilir. Tespit edilen yer ormanlık araziye Orman Genel Müdürlüğünden, özel şahıs arazisi ise özel veya tüzel kişilerden kira sözleşmesi ile kiralanır [25].

- Ölçüm Direği ve Sistemi Şartnamesinin Hazırlanması, Teklif Alınması ve Sözleşme Yapılması:

Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yayımlanan Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ Hükümlerine uygun olarak ölçüm direği ve ölçüm sisteminde bulunan donanım listesinin yer aldığı bir şartname hazırlanır [25]. Örneğin böyle bir sistemde kullanılacak olan donanım cihaz ve imalatlar aşağıdaki gibidir [26] :

- ✓ 2 Adet Rüzgar Hızı Ölçüm Cihazı (Wind Speed Pro Anemometre)
- ✓ 2 Adet Rüzgâr Yönü Sensörü
- ✓ 1 Adet Sıcaklık ve Nem Sensörü
- ✓ 1 Adet Barometrik Sensör
- ✓ 1 Adet GSM/GPRS Uzaktan Veri Toplayıcı (Data Logger Telemetry)
- ✓ 1 Adet Yüksek Verimli ve Dayanımlı Güneş Paneli
- ✓ 1 Adet 1 Yıllık uzak erişim yazılım lisansı.
- ✓ 1 Adet EPDK tebliğine göre ölçüm direği. (60 Metre kafes tipi )
- ✓ Yüksek Dayanımlı Akü (3300mAH, -20°C +70°C, 6V, Nikel-Metal Hydride)
- ✓ Dönüştürümler (Converters), Kablolar ve Koruma ekipmanları

Şartnamede bunların ayrıntıları belirlenir.

Yukarıda belirtilen şartname bu konuda faaliyet gösterilen firmalara gönderilerek teklif alınır.

Firmalarla tek tek görüşülerek en uygun teklifi veren firma ile sözleşme imzalanır.

- Ölçüm Direğinin İmal Edilmesi Sahaya Nakli ve Sahada Montajı:

Gerek ölçüm direği ve gerekirse ölçüm sisteminin imal edilmesi ve tedarik edilmesinin bir süresi mevcuttur.

Ölçüm direği ve sisteminin imal ve tedarik edilmesinden sonra sahaya nakledilmesi büyük önem arz eder. Yurtdışından getirilmesi söz konusu olursa limanların tespiti, karayolundan nakil sırasında karayolları Genel Müdürlüğünden izin alınması, uygun araçların temini kaldırma ve indirme işlemleri için vinç vb. faaliyetler zaman alıcı iş ve işlemlerdendir. Bu arada sahanın telörgü ile çevrilmesi, bekçi kulubesi ve şantiye binasının korunması için yöreden bir bekçinin maaşlı olarak görevlendirilmesi de söz konusu olacaktır.

Ölçüm direği ve sisteminin montajı başlı başına bir mühendislik hizmeti olup 60m yüksekliğindeki direğin dikilmesi önemli bir montaj faaliyetidir.

- Ölçme İşlemlerinin Yapılması:

Ölçme direği ve sisteminin montajının tamamlanmasını müteakip ilgili kuruluşa bildirilir ve 1 yıllık ölçme işlemleri bilgisayar kontrollü olarak yapılmaya başlanır.

- Ölçme Sonuçlarının Mühendislik Raporlarının Hazırlanması:

Ölçme işlemlerinin bitmesini müteakip rüzgar yön ve şiddetlerinin zaman analizleri yapılarak santral gücü, olası enerji miktarları vb. temel parametreler belirlenmiş olur.

- Santral Fizibilite Raporlarının Hazırlanması:

Bu dataların ışığında fizibilite raporları hazırlanarak EPDK'ya Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğine göre lisans işlemleri için başvurulur. EPDK bu işlemler sırasında ilgili şirket ve kuruluşların görüşlerini de alır.

- Santral Projesinin Hazırlanması:

Lisanslama işlemleri ile birlikte bir elektrik proje şirketine inşaat, makine ve elektrik projeleri hazırlatılır. Projelerin hazırlanmasında ilgili Yönetmelik hükümlerine uyulma mecburiyeti bulunmaktadır.

- Projenin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına Onaylatılması:

Hazırlanan proje bakanlık tarafından incelenir, Elektrik Enerji Tesisleri Proje Hazırlama Yönetmeliğine uygunsu onaylanır.

- Banka Kredi Anlaşmalarının Araştırılması ve Banka Kredisinin Alınması:

Fizibilitenin bitmesini müteakip santralin gerçekleştirilebilmesi için fizibilite raporunda hesaplanan tahmini bedellere uygun kredi veren şirket ve bankalar araştırılır, görüşmeler yapılır. En uygun teklifi veren banka ile anlaşma yapılır.

- Santral Sahasının Satın Alınması:

Aynı anda santral yeri özel veya tüzel kişilerden rızaen veya kamulaştırılarak alınır.

- Rüzgar Türbinlerinin ve Generatörlerinin Şartnamesinin Hazırlanması, İhaleye Çıkılması, Sipariş Edilmesi ve İmalatı:

Proje onaylanınca rüzgar santraline ait türbin ve generatörler için şartname hazırlanır, ihaleye çıkarılır ve en uygun firma ile sözleşme yapılarak imalat işlemleri başlatılır. Tedarikçi tarafından imalatı kendi fabrikasında yapılır.

- Rüzgar Santrali Binalarının ve Diğer Eklentilerinin Şartnamesinin Hazırlanması, İhaleye Çıkılması ve İnşaatı:

Bu faaliyet, santrale ait türbo-generatör grubu dışındaki santral teknik ve ölçme düzenlerinin bulunduğu bina, idari binası ve bakım atölyesinin ve diğer eklentilerinin yapılması için fizibilite raporunda öngörülen ve projede yer alan tesislerin şartnamesinin hazırlanarak ihaleye çıkılması, inşaatına başlanması ve inşaat işlemlerini kapsar.

- Santral Trafo Merkezi ve Bağlantı Noktasının Şartnamesinin Hazırlanması, İhalesine Çıkılması, Sözleşmesinin Yapılması ve İmalatı:

Santralin enerjisinin UEDAŞ'a bağlanacağı nokta konusunda UEDAŞ ile protokol yapılmasını müteakip santralin trafo merkezi ile bağlantı noktasının şartnamesi hazırlanır. Bu kapsamda rüzgar generatörünün çıkış gerilimlerini

36 kV seviyesine yükselten trafo merkezine ait ihale dokümanı ile aynı zamanda UEDAŞ bağlantı noktası fider donatımı projesine uygun ihale dokümanı da hazırlanır ihaleye çıkılarak en uygun teklif veren firma ile sözleşme yapılır. İhaleyi alan firma tarafından imalatlara başlanır. Bu faaliyet imalat süresini kapsar.

- Enerji Nakil Hattı (ENH) Şartnamesinin Hazırlanması, İhalesine Çıkılması, Sözleşmesinin Yapılması, Yer Teslimi ve Malzeme Tedarik Süreci:

Santral Trafo Merkezi ile bağlantı noktası arasındaki enerji nakil hattı şartnamesi Elektrik Enerji Tesisleri Proje Hazırlama Yönetmeliği [17], Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği [18] ve Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliğine [19] göre hazırlanır. ENH tesisi yapan firmalar araştırılarak teklif toplanır. En uygun teklifi veren firmaya yer teslimi yapılır. ENH Direk yerleri kamulaştırılır/satın alınır [20]. Hat güzergahı boyunca ise arazi sahiplerinden intifa (yükseklik) hakkı alınır. İhaleyi kazanan firma direk imalatında kullanacağı, galvanizli direk lenteleri, çubukları, civata somun, izolatör, hat hırdavat ve fitting malzemelerinin tedarikini yapar.

- Turbo Jeneratör Grubu ve Direğinin Montajı:

Santral rüzgar türbin ve generatörleri ve direğin sahadaki montajları yapılır.

- Trafo Merkezi, Bağlantı Noktası ve ENH Montajının Yapılması:

Bir taraftan trafo merkezi ve bağlantı noktası Modüler hücre (MH) montajı yapılırken, diğer yandan ENH imalatı hat güzergahı boyunca yapılır.

- Türbin ve Generatör Ön Testleri (Run tests):

Tüm imalatlar bitince şirket tarafından tüm donanımların koordineli ve doğru çalışıp çalışmadığı, kontrol edilir.

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına Kabul Müracaatı:

Santralin, ENH'nın, bağlantı noktasının, kabulünün yapılması için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına başvurulur. Bakanlıktan bir mühendisin başkanlığında ilgili kuruluşlardan mühendisler ve müşahitlerin huzurunda

Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği ve Elektrik Üretim Tesisleri Kabul Yönetmeliğine uygun olarak Kabul Komisyonu kurulur [31] [32].

- Kabulun Yapılması ve Enerji Müsaadesi İşlemleri:

Kabul Komisyonu, yapılan tüm imalatları test ederek kabule uygun olup olmadığını belirler. Uygunsa ilgili kuruluşlara ve santralin bulunduğu yerin mülki amirine (kaymakamlık veya valilik) bildirir. Santral enerjilenmiş olur.

- Deneme Üretimine Geçiş:

Santralde deneme üretimlerine başlanan faaliyettir.

- Üretime Geçiş:

Santralde deneme üretim süresince bir sorun yaşanmazsa gerçek üretime başlanan faaliyettir.

#### 4.2 Projede Yer Alan Faaliyetlerin Öncelik İlişkileri ve Tahmin Süreleri

Proje faaliyetleri olarak adlandırılmış olan ve Bölüm 4.1'de ayrıntıları verilen ve projenin tamamlanması için gerekli iş ve işlemlerin herbiri, belirli iş sıralarına uygun olarak yapılır. Bazı işlerin diğer işler yürürken yapılması da söz konusudur. Bu faaliyetlerin herbirisinin iyimser süreleri, ortalama süreleri ve kötümser sürelerinin belirlenmesinde mühendislik deneyimleri, yönetmeliklerde öngörülen minimum süreler, imalat süreleri vb. faktörler dikkate alınır. Bunlar dikkate alınarak proje faaliyetlerinin öncelik durumları ile iyimser, kötümser ve ortalama süreleri gün olarak Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Rüzgar santralinin aşamaları, öncelik ilişkileri ve tahmin süreleri

Faaliyet No	Faaliyet Adı	Öncelik	İyimser Süre (a)	Ort. Süre (m)	Kötümser Süre (b)
1	Rüzgar Santrali Kurulacak Sahanın Tespiti ve Ölçüm Direği Sahasının Kiralanması	-	10	20	30

Çizelge 4.1 Devam ediyor

Faaliyet No	Faaliyet Adı	Öncelik	İyimser Süre (a)	Ort. Süre (m)	Kötümser Süre (b)
2	Ölçüm Direği ve Sistemi Şartnamesinin Hazırlanması, Teklif Alınması, Sözleşme Yapılması	1	15	21	30
3	Ölçüm Direğinin İmal Edilmesi, Sahaya Nakli ve Sahada Montajı	2	28	35	42
4	Ölçme İşlemlerinin Yapılması	3	365	370	438
5	Ölçme Sonuçlarının Müh. Raporlarının Hazırlanması	4	15	21	30
6	Santral Fizibilite Raporlarının Hazırlanması	5	21	30	60
7	Santral Projesinin Hazırlanması	6	10	14	30
8	Projenin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına Onaylatılması	7	7	14	30
9	Banka Kredi Anlaşmalarının Araştırılması ve Banka Kredisinin Alınması	8	30	45	90
10	Santral Sahasının Satın Alınması	9	7	10	30
11	Rüzgar Türbinlerinin ve Generatörlerinin Şartnamesinin Hazırlanması, İhaleye Çıkılması, Sipariş Edilmesi ve İmalatı	9	120	130	180

Çizelge 4.1 Devam ediyor

Faaliyet No	Faaliyet Adı	Öncelik	İyimsen Süre (a)	Ort. Süre (m)	Kötümser Süre (b)
12	Rüzgar Santrali Binalarının ve Diğer Eklentilerinin Şartnamesinin Hazırlanması, İhaleye Çıkılması, Sipariş Edilmesi ve İnşaatı	9	100	120	150
13	Santral Trafo Merkezi ve Bağlantı Noktasının Şartnamesinin Hazırlanması, İhalesine Çıkılması, Sözleşmesinin Yapılması ve İmalatı	9	60	90	120
14	Enerji Nakil Hattı Şartnamesinin Hazırlanması, İhalesine Çıkılması, Sözleşmesinin Yapılması, Yer teslimi ve Malzeme Tedarik Süreci	9	42	50	63
15	Turbo Jeneratör Grubu ve Direğinin Montajı	11	60	100	120
16	Trafo Merkezi, Bağlantı Noktası ve ENH Montajının Yapılması	13, 14	20	30	40
17	Türbin ve Generatör Ön Testleri (Run tests)	10, 15, 12, 16	14	21	28
18	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına Kabul Müracaatı	17	7	10	14
19	Kabulun Yapılması ve Enerji Müsaadesi İşlemleri	18	7	10	12
20	Deneme Üretimine Geçiş	19	2	5	10
21	Üretime Geçiş	20	1	7	15



Çizelge 4.1'de verilen değerler kullanılarak projede yer alan tüm faaliyetlerin beklenen süre değerleri, varyans değerleri PERT yöntemine göre hesaplanabilir.

#### 4.2.1 Projede yer alan faaliyetlerin beklenen ortalama sürelerin hesaplanması

Projenin tüm faaliyetleri için beklenen süre değerleri (3.3) eşitliği ile verilir. Eşitlikte yer alan  $a$ ; iyimser süre,  $m$ ; ortalama süre ve  $b$ ; kötümser süre değerleri Çizelge 4.1'den alınarak 21 faaliyetin her biri için beklenen süre değerleri gün olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E(T1) = (10 + 20x4 + 30) / 6 = 20$$

$$E(T2) = (15 + 21x4 + 30) / 6 = 21,5 \approx 22$$

$$E(T3) = (28 + 35x4 + 42) / 6 = 35$$

$$E(T4) = (365 + 370x4 + 438) / 6 = 380,5 \approx 381$$

$$E(T5) = (15 + 21x4 + 30) / 6 = 21,5 \approx 22$$

$$E(T6) = (21 + 30x4 + 60) / 6 = 33,5 \approx 34$$

$$E(T7) = (10 + 14x4 + 30) / 6 = 16$$

$$E(T8) = (7 + 14x4 + 30) / 6 = 15,5 \approx 16$$

$$E(T9) = (30 + 45x4 + 90) / 6 = 50$$

$$E(T10) = (7 + 10x4 + 30) / 6 = 12,8333 \approx 13$$

$$E(T11) = (120 + 130x4 + 180) / 6 = 136,6666 \approx 137$$

$$E(T12) = (100 + 120x4 + 150) / 6 = 121,6666 \approx 122$$

$$E(T13) = (60 + 90x4 + 120) / 6 = 90$$

$$E(T14) = (42 + 50x4 + 63) / 6 = 50,8333 \approx 51$$

$$E(T15) = (60 + 100x4 + 120) / 6 = 96,6666 \approx 97$$

$$E(T16) = (20 + 30x4 + 40) / 6 = 30$$

$$E(T17) = (14 + 21x4 + 28) / 6 = 21$$

$$E(T18) = (7 + 10x4 + 14) / 6 = 10,1666 \approx 10$$

$$E(T19) = (7 + 10x4 + 12) / 6 = 9,8333 \approx 10$$

$$E(T20) = (2 + 5x4 + 10) / 6 = 5,3333 \approx 5$$

$$E(T21) = (1 + 7x4 + 15) / 6 = 7,3333 \approx 7$$

#### 4.2.2 Projede yer alan faaliyetlerin varyans değerlerinin hesaplanması

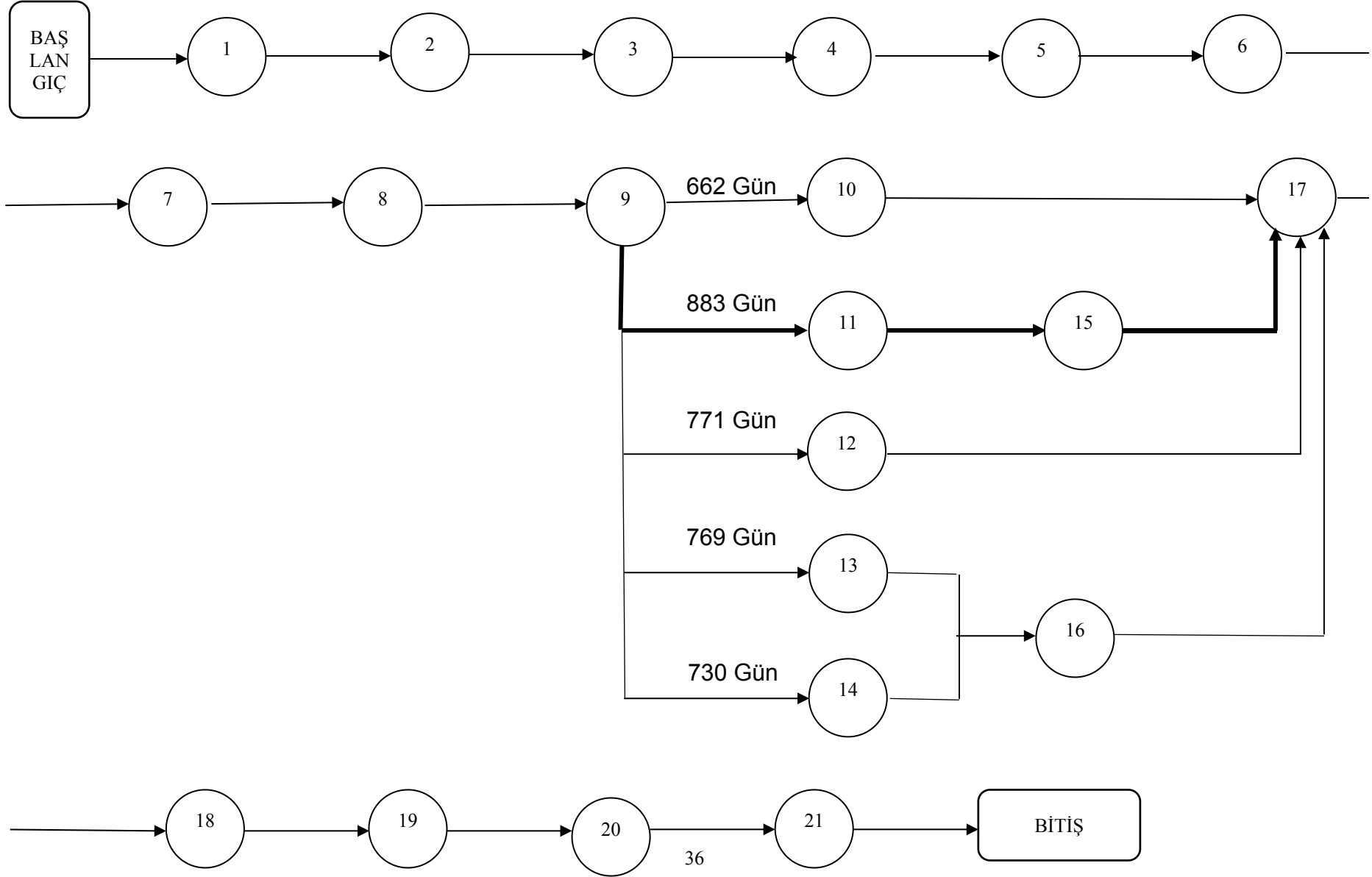
Projenin tüm faaliyetlerin sürelerine ilişkin varyans (3.4) eşitliği ile verilir. Eşitlikte yer alan  $a$ ; iyimser süre, ve  $b$ ; kötümser süre değerleri Çizelge 4.1'den alınarak 21 faaliyetin her biri için varyans değerleri gün olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned}V(T1) &= (30 - 10)^2 / 36 = 1,1111 \\V(T2) &= (30 - 15)^2 / 36 = 6,2500 \\V(T3) &= (42 - 28)^2 / 36 = 5,4444 \\V(T4) &= (438 - 365)^2 / 36 = 148,0277 \\V(T5) &= (30 - 15)^2 / 36 = 6,2500 \\V(T6) &= (60 - 21)^2 / 36 = 42,2500 \\V(T7) &= (30 - 10)^2 / 36 = 11,1111 \\V(T8) &= (30 - 7)^2 / 36 = 14,6944 \\V(T9) &= (90 - 30)^2 / 36 = 100,0000 \\V(T10) &= (30 - 7)^2 / 36 = 14,6944 \\V(T11) &= (180 - 120)^2 / 36 = 100,0000 \\V(T12) &= (150 - 100)^2 / 36 = 69,4444 \\V(T13) &= (120 - 60)^2 / 36 = 100,0000 \\V(T14) &= (63 - 42)^2 / 36 = 12,2500 \\V(T15) &= (120 - 60)^2 / 36 = 100,0000 \\V(T16) &= (40 - 20)^2 / 36 = 11,1111 \\V(T17) &= (28 - 14)^2 / 36 = 5,4444 \\V(T18) &= (14 - 7)^2 / 36 = 1,3611 \\V(T19) &= (12 - 7)^2 / 36 = 0,6944 \\V(T20) &= (10 - 2)^2 / 36 = 1,7777 \\V(T21) &= (15 - 1)^2 / 36 = 5,4444\end{aligned}$$

#### 4.2.3 Projenin şemasının çizilmesi

Projedeki tüm faaliyetlerin ortalama süreleri ve varyansları hesaplandıktan sonra öncelik sıraları dikkate alınarak projenin genel şeması (ağı) Çizelge 4.2' de çizilmiştir.

Çizelge 4.2 Projenin şeması (ağı)



#### 4.2.4 Projenin kritik yolunun belirlenmesi ve kritik yol ile ilgili hesaplamalar

Projedeki kritik yol tamamlanma süresi en uzun olan yoldur. Projedeki her bir faaliyetin hesaplanan beklenen ortalama süreleri ve öncelik sıraları dikkate alınarak çizilen proje şemasında 5 ayrı yol tespit edilmiş olup bunlar faaliyet numaralarına göre aşağıdaki gibi sıralanmış ve her bir yolun beklenen ortalama süreleri Eşitlik (3.6)' dan hesaplanmıştır.

**1.Yol:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 17 – 18 – 19 – 20 –  
21- Bitiş

**Beklenen Süre ( 1. Yol )** =  $E ( 1.P ) = 20 + 22 + 35 + 381 + 22 + 34 + 16 + 16 + 50 + 13 + 21 + 10 + 10 + 5 + 7 = 662 \text{ Gün}$

**2.Yol:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20  
– 21- Bitiş

**Beklenen Süre ( 2. Yol )** =  $E ( 2.P ) = 20 + 22 + 35 + 381 + 22 + 34 + 16 + 16 + 50 + 137 + 97 + 21 + 10 + 10 + 5 + 7 = 883 \text{ Gün}$

**3.Yol:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 12 – 17 – 18 – 19 – 20 –  
21- Bitiş

**Beklenen Süre ( 3. Yol )** =  $E ( 3.P ) = 20 + 22 + 35 + 381 + 22 + 34 + 16 + 16 + 50 + 122 + 21 + 10 + 10 + 5 + 7 = 771 \text{ Gün}$

**4.Yol:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 13 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20  
– 21- Bitiş

**Beklenen Süre ( 4. Yol )** =  $E ( 4.P ) = 20 + 22 + 35 + 381 + 22 + 34 + 16 + 16 + 50 + 90 + 30 + 21 + 10 + 10 + 5 + 7 = 769 \text{ Gün}$

**5.Yol:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 14 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20  
– 21- Bitiş

**Beklenen Süre ( 5. Yol )** =  $E ( 5.P ) = 20 + 22 + 35 + 381 + 22 + 34 + 16 + 16 + 50 + 51 + 30 + 21 + 10 + 10 + 5 + 7 = 730 \text{ Gün}$

Yukarıda belirlenen her bir yola ait beklenen ortalama sürelerin içinde en uzun olan 2. yol olup bu yol "Kritik Yol" olarak belirlenmiştir. Buna göre:

**Kritik Yol:** 2. Yol: Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

**Beklenen Süre ( Kritik Yol )** =  $E ( C.P ) = E ( 2.P ) = 20 + 22 + 35 + 381 + 22 + 34 + 16 + 16 + 50 + 137 + 97 + 21 + 10 + 10 + 5 + 7 = 883$  Gün

biçimindedir.

Kritik yola ait varyans değeri ve standart sapma:

**Varyans ( Kritik Yol )** =  $V ( C.P ) = 11,1111 + 6,2500 + 5,4444 + 148,0277 + 6,2500 + 42,2500 + 11,1111 + 14,6944 + 100,0000 + 100,0000 + 100,0000 + 5,4444 + 1,3611 + 0,6944 + 1,7777 + 5,4444 = 559,8611$  ve

**Standart Sapma ( Kritik Yol )** =  $Std. ( C.P ) = \sqrt{559,8611} = 23,661$  biçiminde elde edilir.

Projenin beklenen süre değeri, varyansı ve standart sapması Çizelge 4.3' te özet olarak verilmiştir.

Çizelge 4.3 Projenin beklenen süre değeri, varyansı ve standart sapması

Projenin Beklenen Süre Değeri	883 Gün
Projenin Varyansı	559,8611
Projenin Standart Sapması	23,661

#### 4.2.5 Projenin PERT şeması hesaplamaları

(3.1) ve (3.2) eşitlikleri dikkate alınarak Çizelge 4.4' de PERT şeması oluşturulmuştur. Bu şemada kritik yoldaki her bir faaliyetin en erken başlama, en erken tamamlanma, en geç başlama, en geç tamamlanma, bolluk ( aylak ) zamanları ve beklenen ortalama süreleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.4'de yer alan değerler aşağıdaki gösterim ile açıklanmıştır.

<i>ES</i>	<i>E(T<sub>ij</sub>)</i>	<i>EF</i>
Faaliyet Adı		
<i>LS</i>	<i>t</i>	<i>LF</i>

*ES*: En Erken Başlama Süresi

*EF*: En Erken Tamamlanma Süresi

*LS*: En Geç Başlama Süresi

*LF*: En Geç Tamamlanma Süresi

*E(T<sub>ij</sub>)*: Beklenen Tamamlanma Süresi

*t*: Bolluk Zaman

göstermektedir.

1 numaralı faaliyetin PERT diyagramı için;

$$ES(1) = EF(\text{BAŞLANGIÇ}) = 0$$

$$EF(1) = ES(1) + E(T_1) = 0 + 20 = 20$$

$$LF(1) = LS(2) = 20$$

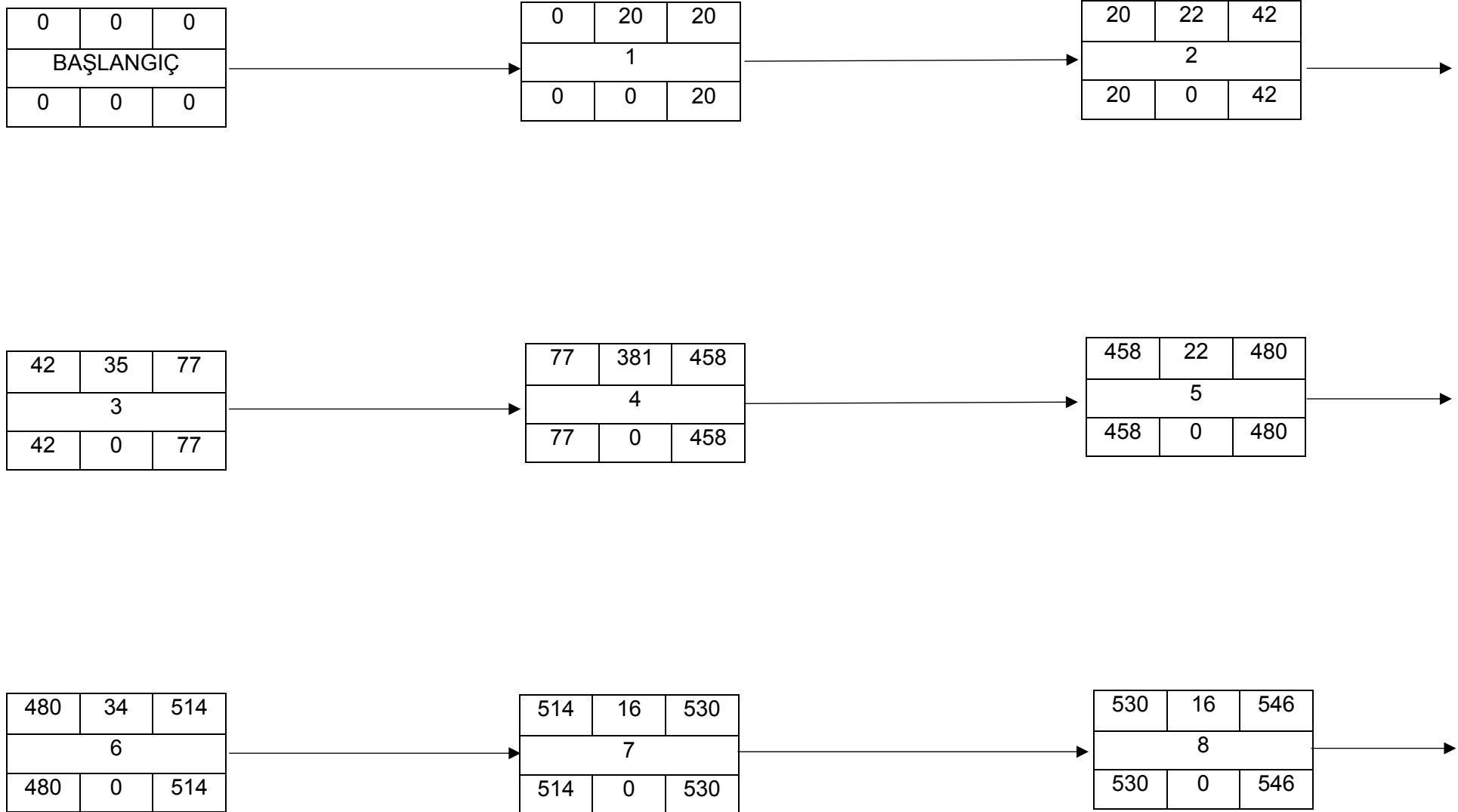
$$LS(1) = LF(1) - E(T_1) = 20 - 20 = 0$$

$$t(1) = LF(1) - EF(1) = 20 - 20 = 0 \text{ ya da}$$

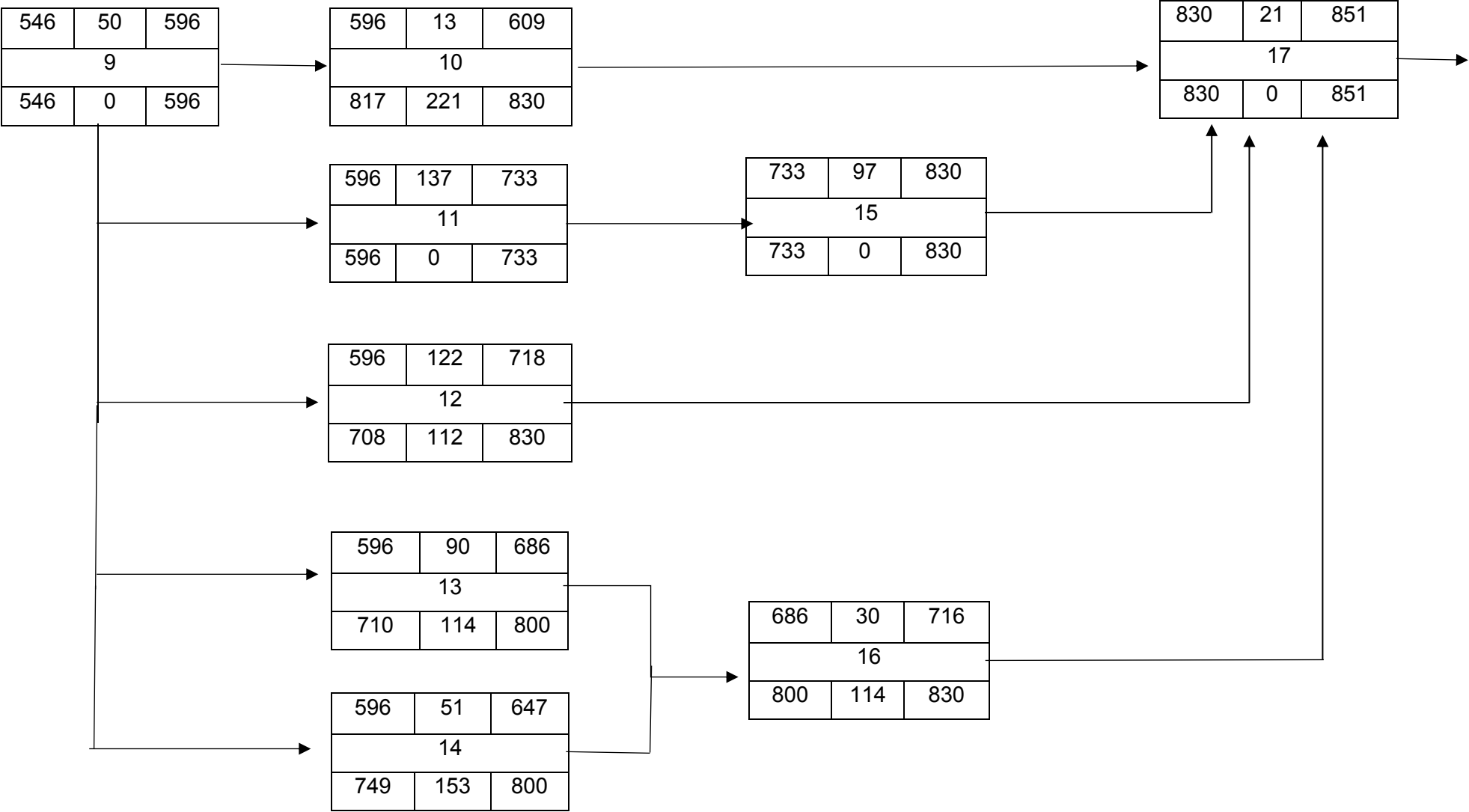
$$t(1) = LS(1) - ES(1) = 0 - 0 = 0$$

bulunur ve tüm faaliyetler için bu işlemler yapılarak projenin PERT şeması çizilir.

Çizelge 4.4 PERT şeması

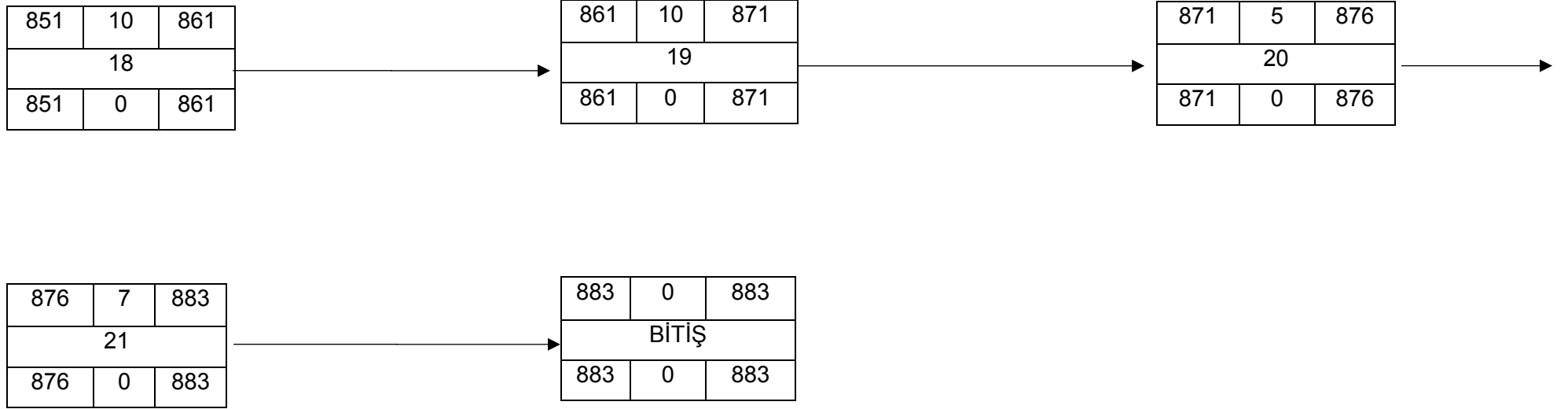


Çizelge 4.4 Devam ediyor





Çizelge 4.4 Devam ediyor



Çizelge 4.4'e göre kritik yol olarak belirlenen 2.yola ilişkin 883 günde tamamlanması öngörülen rüzgar elektrik santrali projesinin daha hızlı bitirilmesi ve hızlandırma maliyetleri Hızlandırma (Crashing) Yöntemi ile incelenebilir. Projenin erken bitirilmesi halinde işletme dönemine daha hızlı geçileceğinden santral elektrik üretmeye başlayacak, şirket gelir elde etmeye başlayacak ve ülke ekonomisine de katkıda bulacaktır. Ancak şirket projeyi hızlandırmanın ve erken tamamlama maliyetleri ile de karşı karşıya kalacaktır.

### 4.3 Projenin Hızlandırma (Crashing) Yöntemiyle Analizi

Hızlandırma yönteminde öncelikle her bir faaliyetin zaman başına maliyetinin hesaplanması gerekir. Zaman başına maliyet Eşitlik (3.9)' da verildiği gibi hesaplanır. Zaman başına maliyetlerin hesaplanması için her bir faaliyetin normal maliyeti ve hızlandırılmış maliyeti bilinmelidir. Normal ve hızlandırılmış maliyetlerin belirlenmesinde mühendislik deneyimleri, imalat süreleri, ithal ürün olup olmadığı, imalatçı firmaların satış fiyatları, Elektrik Mühendisleri Odası'nın tespit ettiği proje, danışmanlık hizmet bedelleri, TEİAŞ, TEDAŞ gibi kamu kurumlarının çıkardıkları Birim Fiyat Cetvelleri vb. dikkate alınarak belirlenmiştir. Bunlar dikkate alınarak proje maliyetleri TL olarak olarak Çizelge 4.5'de verilmiştir. Çizelge 4.5'deki hızlandırılmış süreler Çizelge 4.1' de verilen iyimser sürelerdir. Çizelge 4.5' deki normal süreler, beklenen tamamlanma süresi (beklenen ortalama süreler)  $E(T_{ij})$ ' dir.

Çizelge 4.5'deki Tablo başlıkları aşağıda açıklanmıştır:

**HS:** Hızlandırılmış süre

**NS:** Normal süre. Bu değer  $E(T_{ij})$  değerine eşittir.

**NM:** Normal maliyet

**HM:** Hızlandırılmış maliyet

**$I_c$ :** Zaman başına (gün başına) maliyet' tir.

Çizelge 4.5 Proje faaliyetlerine ilişkin maliyetler

Faaliyet No	Aşama Adı	<i>HS</i> (gün)	<i>NS</i> (gün)	<i>NM</i> ( TL )	<i>HM</i> ( TL )	<i>I<sub>c</sub></i> ( TL )
1	Rüzgar Santrali Kurulacak Sahanın Tespiti ve Ölçüm Direği Sahasının Kiralanması	10	20	1,000	1,500	50
2	Ölçüm Direği ve Sistemi Şartnamesinin Hazırlanması, Teklif Alınması, Sözleşme Yapılması	15	22	500	500	Uygulanmaz
3	Ölçüm Direğinin İmal Edilmesi, Sahaya Nakli ve Sahada Montajı	28	35	25,000	30,000	714.285
4	Ölçme İşlemlerinin Yapılması	365	381	60,000	72,000	750
5	Ölçme Sonuçlarının Müh. Raporlarının Hazırlanması	15	22	5,000	6,000	142.850
6	Santral Fizibilite Raporlarının Hazırlanması	21	34	30,000	40,000	769.230
7	Santral Projesinin Hazırlanması	10	16	50,000	70,000	3,333.330

Çizelge 4.5 Devam ediyor

Faaliyet No	Aşama Adı	<i>HS</i> (gün)	<i>NS</i> (gün)	<i>NM</i> ( TL )	<i>HM</i> ( TL )	<i>I<sub>c</sub></i> ( TL )
8	Projenin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına Onaylatılması	7	16	1,000	1,000	Uygulanmaz
9	Banka Kredi Anlaşmalarının Araştırılması ve Banka Kredisinin Alınması	30	50	100,000	150,000	2,500
10	Santral Sahasının Satın Alınması	7	13	20,000	30,000	1,666.660
11	Rüzgar Türbinlerinin ve Generatörlerinin Şartnamesinin Hazırlanması, İhaleye Çıkılması, Sipariş Edilmesi ve İmalatı	120	137	18,000,000	19,000,000	58,823.530
12	Rüzgar Santrali Binalarının ve Diğer Eklentilerinin Şartnamesinin Hazırlanması, İhaleye Çıkılması, Sipariş Edilmesi ve İnşası	100	122	300,000	400,000	4,545.450

Çizelge 4.5 Devam ediyor

Faaliyet No	Aşama Adı	<i>HS</i> (gün)	<i>NS</i> (gün)	<i>NM</i> ( TL )	<i>HM</i> ( TL )	<i>I<sub>c</sub></i> ( TL )
13	Santral Trafo Merkezi ve Bağlantı Noktasının Şartnamesinin Hazırlanması, İhalesine Çıkılması, Sözleşmesinin Yapılması ve İmalatı	60	90	300,000	400,000	3,333.330
14	Enerji Nakil Hattı (ENH) Şartnamesinin Hazırlanması, İhalesine Çıkılması, Sözleşmesinin Yapılması, Yer teslimi ve Malzeme Tedarik Süreci	42	51	250,000	350,000	1,111.110
15	Turbo Jeneratör Grubu ve Direğinin Montajı	60	97	3,000,000	3,500,000	13,513.510
16	Trafo Merkezi, Bağlantı Noktası ve ENH Montajının Yapılması	20	30	250,000	350,000	10,000
17	Türbin ve Generatör Ön Testleri (Run tests)	14	21	100,000	150,000	7,142.850
18	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına Kabul Müracaatı	7	10	1,000	1,000	Uygulanmaz

Çizelge 4.5 Devam ediyor

Faaliyet No	Aşama Adı	HS (gün)	NS (gün)	NM ( TL )	HM ( TL )	I <sub>c</sub> ( TL )
19	Kabulun Yapılması ve Enerji Müsaadesi İşlemleri	7	10	15,000	22,500	2,500
20	Deneme Üretimine Geçiş	2	5	100,000	100,000	Uygulanmaz
21	Üretime Geçiş	1	7	50,000	100,000	8,333.330

Çizelge 4.5' deki veriler (3.9) eşitliği dikkate alınarak herbir faaliyet için zaman başına (günlük) maliyetler aşağıda hesaplanmıştır.

$$\text{Günlük Maliyet ( 1 )} = \frac{1500-1000}{20-10} = 50 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 2 )} = \frac{500-500}{22-15} = 0 \text{ TL} = \text{UYGULANMAZ.}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 3 )} = \frac{30.000-25.000}{35-28} = 714.285 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 4 )} = \frac{72.000-60.000}{381-365} = 750 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 5 )} = \frac{6.000-5.000}{22-15} = 142.850 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 6 )} = \frac{40.000-30.000}{34-21} = 769.230 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 7 )} = \frac{70.000-50.000}{16-10} = 3,333.330 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 8 )} = \frac{1.000-1.000}{16-7} = 0 \text{ TL} = \text{UYGULANMAZ.}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 9 )} = \frac{150.000-100.000}{50-30} = 2,500 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 10 )} = \frac{30.000-20.000}{13-7} = 1,666.660 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 11 )} = \frac{19.000.000-18.000.000}{137-120} = 58,823.530 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 12 )} = \frac{400.000-300.000}{122-100} = 4,545.450 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 13 )} = \frac{400.000-300.000}{90-60} = 3,333.330 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 14 )} = \frac{350.000-250.000}{51-42} = 11,111.110 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 15 )} = \frac{3.500.000-3.000.000}{97-60} = 13,513.510 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 16 )} = \frac{350.000-250.000}{30-20} = 10,000 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 17 )} = \frac{150.000-100.000}{21-14} = 7,142.850 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 18 )} = \frac{1.000-1.000}{10-7} = 0 \text{ TL} = \text{UYGULANMAZ.}$$

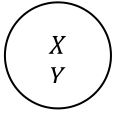
$$\text{Günlük Maliyet ( 19 )} = \frac{22.500-15.000}{10-7} = 2,500 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 20 )} = \frac{100.000-100.000}{5-2} = 0 \text{ TL} = \text{UYGULANMAZ.}$$

$$\text{Günlük Maliyet ( 21 )} = \frac{100.000-50.000}{7-1} = 8,333.330 \text{ TL}$$

Günlük maliyetlerin hesaplanmasını müteakip hızlandırma adımlarına başlanır. Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden en küçük günlük maliyeti olan faaliyetten başlanır. Böylece süre kısılırken maliyet de en az artacak şekilde hareket edilir. Bu işlemler yapılırken zaman başına maliyeti 0 TL olan faaliyetler dikkate alınmaz. Hızlandırma işlemi uygulandıktan sonra her defasında kritik yol yeniden bulunmalı ve diğer hızlandırma faaliyeti yeni kritik yol dikkate alınarak yapılmalıdır. Kritik yol üzerinde olan faaliyetlerin tamamına bu işlem uygulanarak hızlandırmaya devam edilir. Çizelge 4.6' da hızlandırma adımı başlamadan evvel projenin şeması (ağı) ve kritik yolu bulunmaktadır. Çizelge 4.6' da yer alan değerler,

( *ES, EF* )



*ES* : Faaliyetin Başlama Zamanı

*EF* : Faaliyetin Tamamlanma Zamanı

*X* : Düğüm Numarası

*Y* : *X* Düğümünden Önceki Faaliyetin Kaç Gün Kısılacağı

nı göstermektedir. Projenin kaç gün kısılacağını bulmak için;

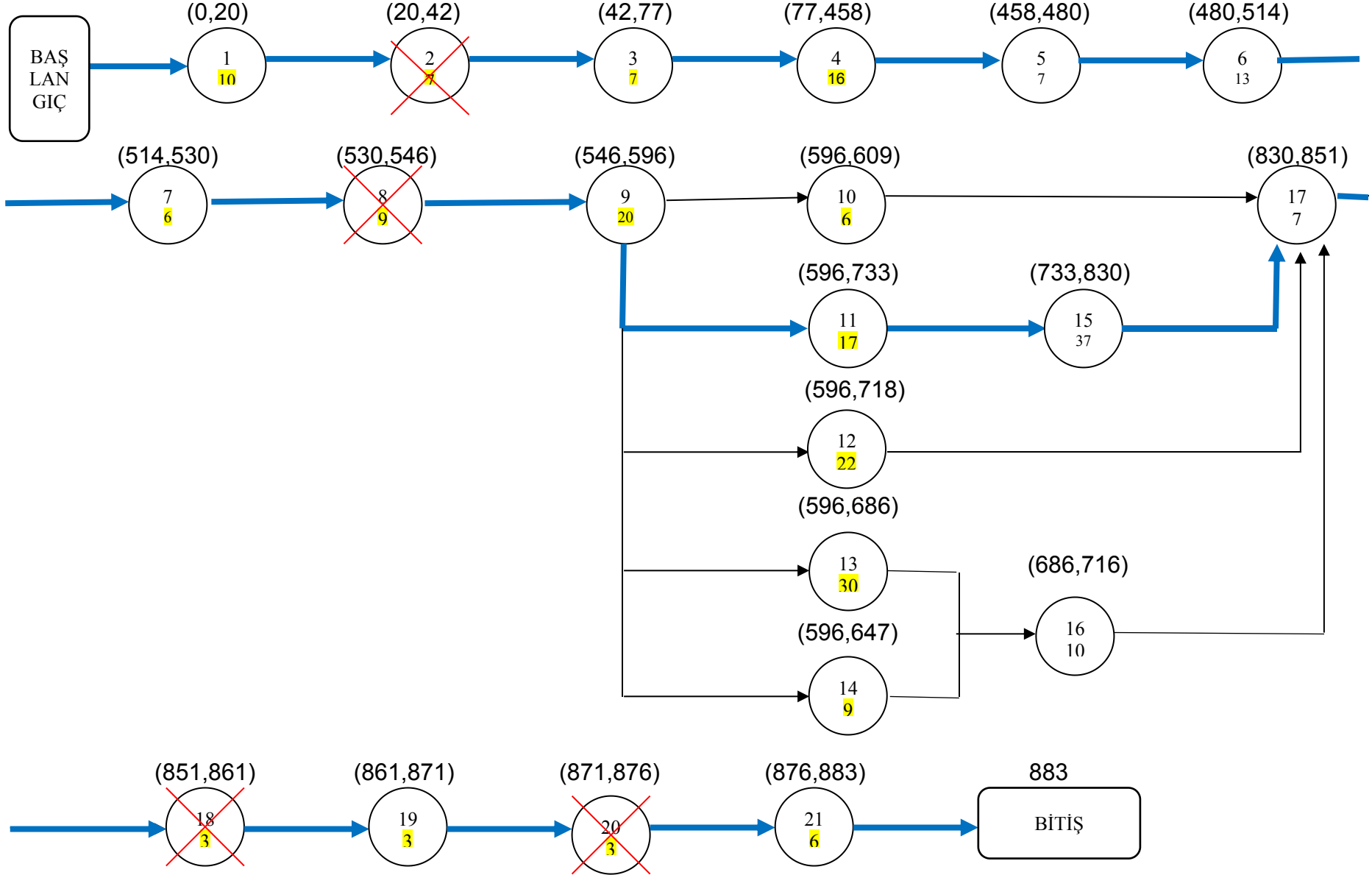
$$Y = NS - HS \quad (4.1)$$

eşitliği kullanılır.

Eşitlik (4.1) kullanılarak hızlandırma adımlarında her faaliyet için kaç gün kısılacağı hesaplanmıştır.



Çizelge 4.6 Hızlandırma adımı başlamadan evvel proje ağı ve kritik yolu



Çizelge 4.6'ya göre hızlandırma adımı başlamadan evvel projenin faaliyet maliyeti hesaplanırken kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetleri Çizelge 4.5' den alınarak toplanır. Bu maliyet projenin normal tamamlanma maliyeti olur.

**Hızlandırma adı başlamadan evvel projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

**Hızlandırma adı başlamadan evvel projenin normal tamamlanma maliyeti =**  
1,000 + 500 + 25,000 + 60,000 + 5,000 + 30,000 + 50,000 + 1,000 +  
100,000 + 18,000,000 + 3,000,000 + 100,000 + 1,000 + 22,500 +  
100,000 + 50,000 = 21,546,000 TL

Çizelge 4.7' de hızlandırma adımı başlamadan evvel projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

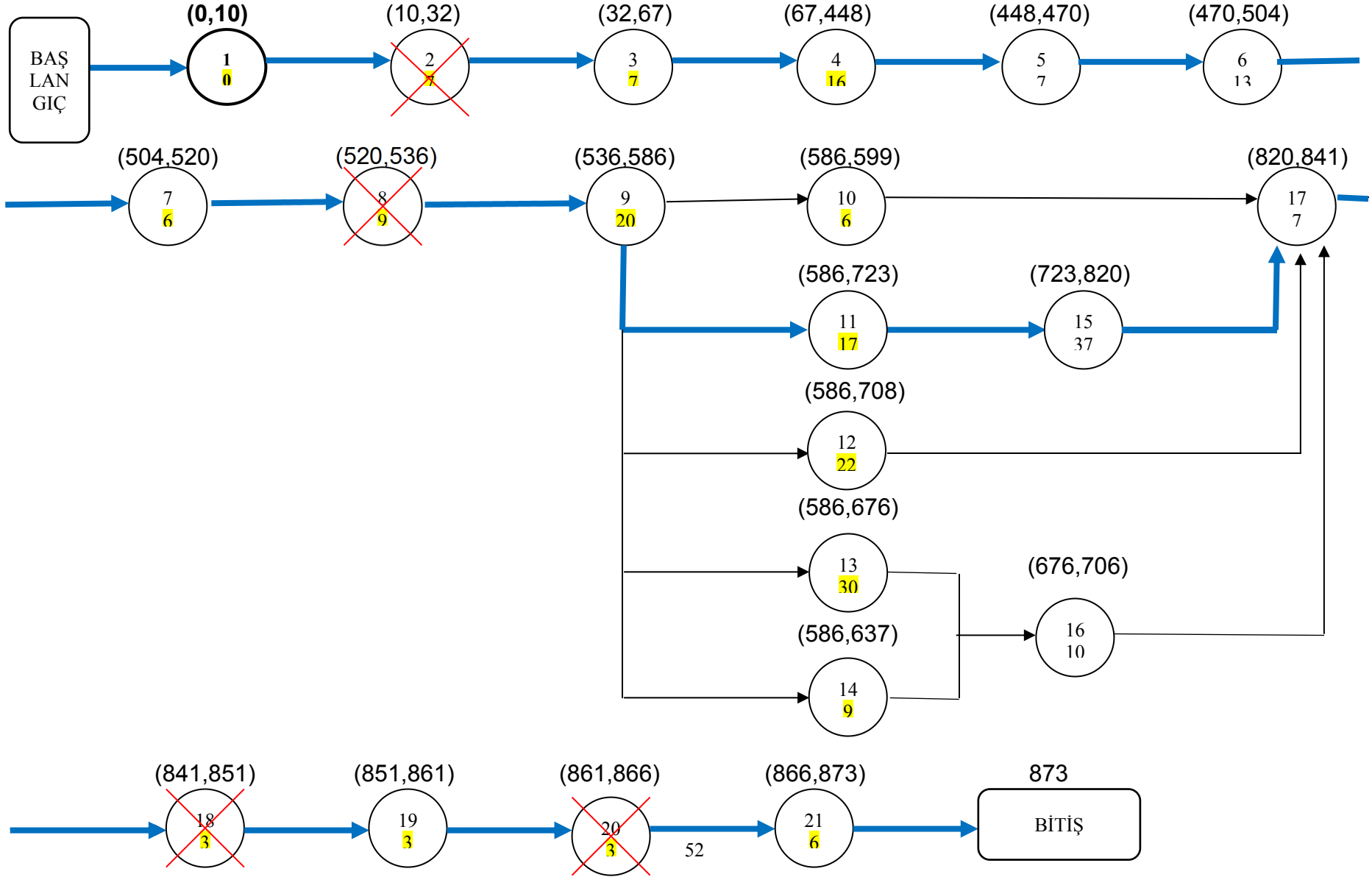
Çizelge 4.7 Hızlandırma adımı başlamadan evvel projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

Projenin Tamamlanma Süresi	883 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	21,546,000 TL

Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden en küçük günlük maliyeti olan "1" faaliyeti ile başlanır. "1" faaliyeti 10 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.8' de 1. Hızlandırma adımı olarak "1" faaliyeti 10 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanının hesaplanmasına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.

Çizelge 4.8 1.Hızlandırma adımı:

1 Faaliyeti 10 Gün Kısaltıldı.



Çizelge 4.8' e göre 1. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**1. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

1. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 1. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 873 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**1. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti = 21,546,000 + 500 = 21,546,500 TL**

Çizelge 4.9' da 1. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

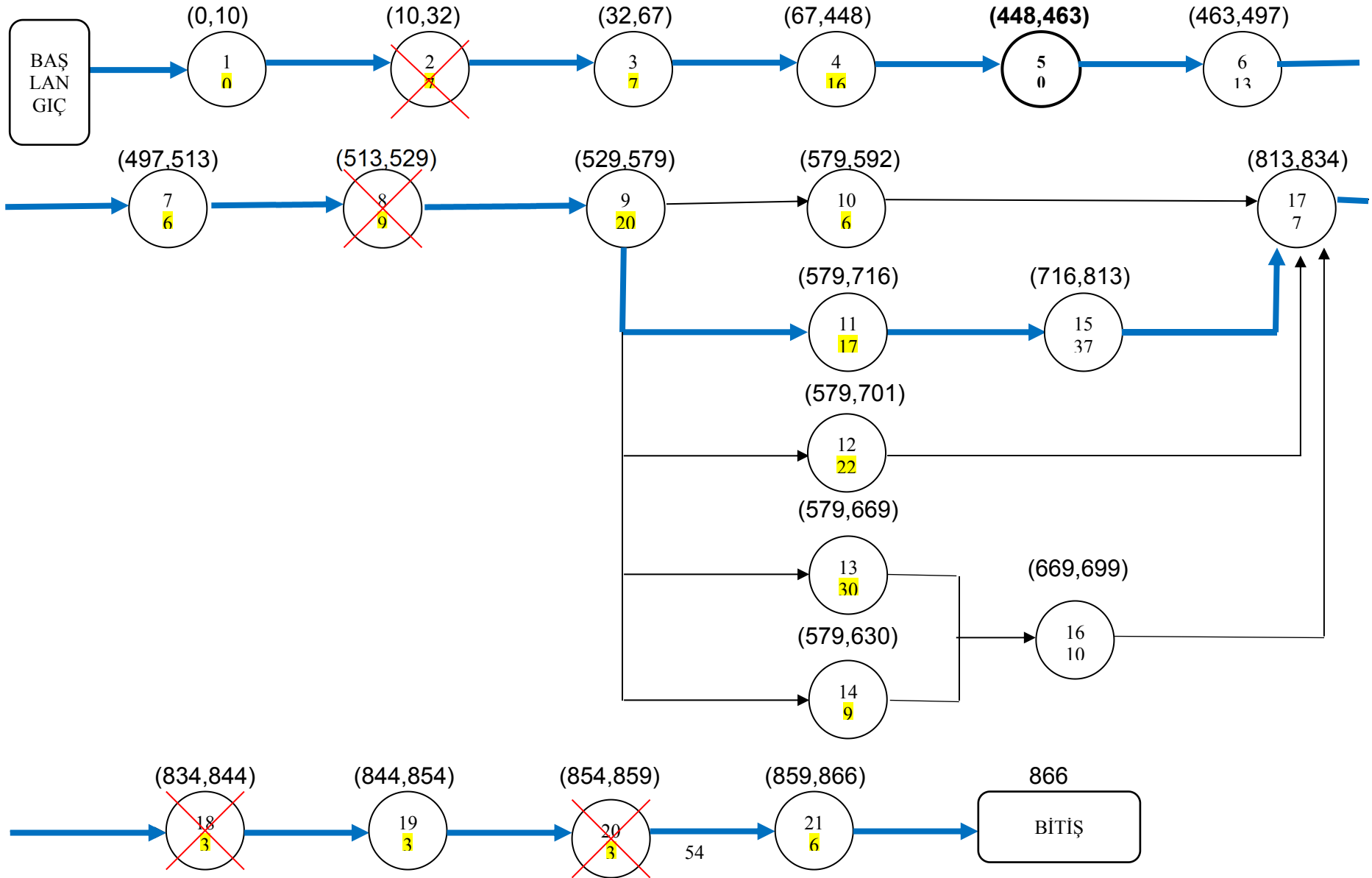
Çizelge 4.9 1. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

Projenin Tamamlanma Süresi	873 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	21,546,500 TL

2. Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden en küçük günlük maliyeti olan "5" faaliyeti ile devam edilir. "5" faaliyeti 7 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.10' da 2. Hızlandırma adımı olarak "5" faaliyeti 7 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.

Çizelge 4.10 2.Hızlandırma adımı

**5 Faaliyeti 7 Gün Kısaltıldı.**



Çizelge 4.10' a göre 2. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**2. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

2. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 5. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 866 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**2. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti = 21,546,500 + 1,000 = 21,547,500 TL**

Çizelge 4.11'de 2. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

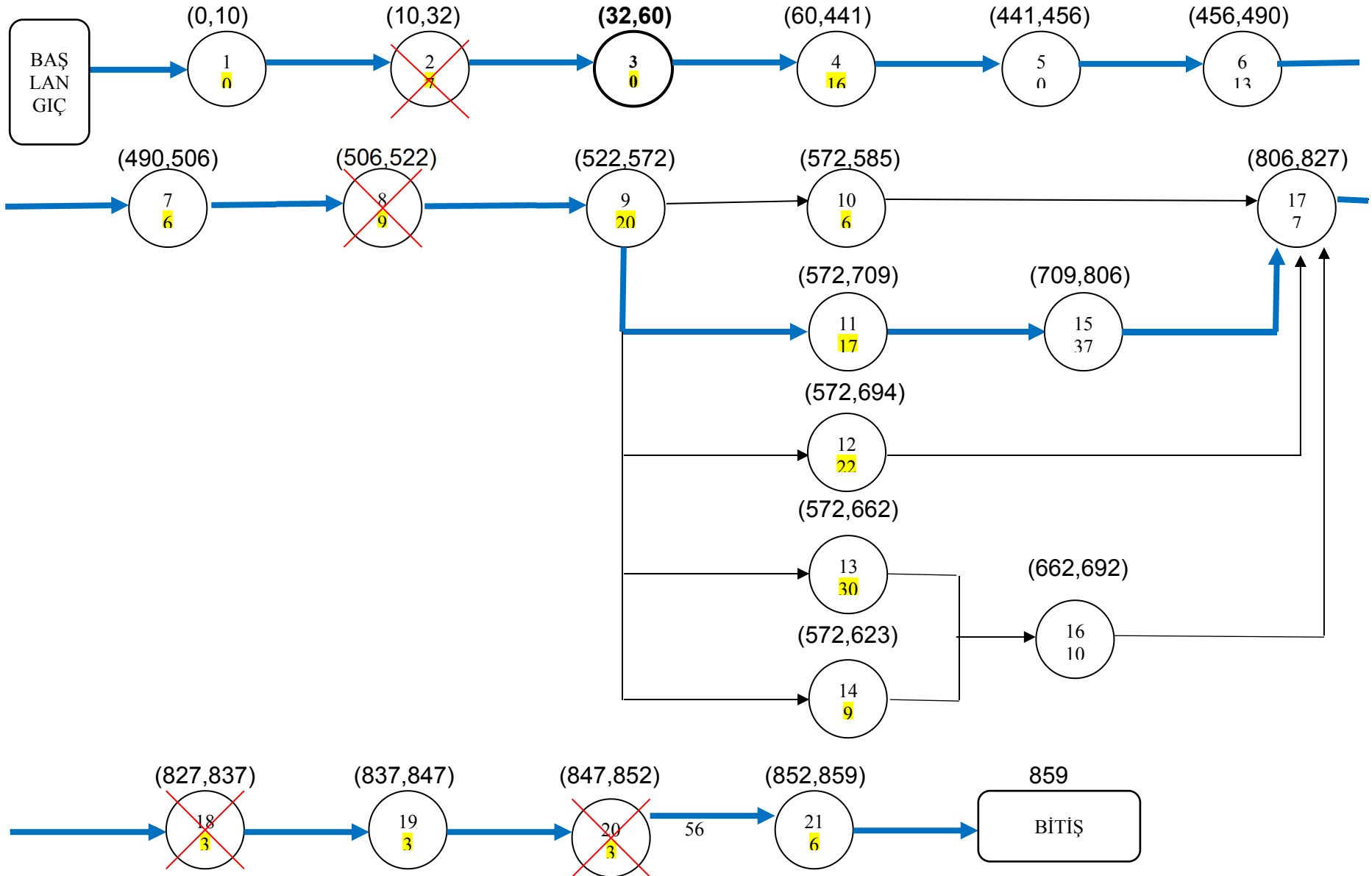
Çizelge 4.11 2. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

Projenin Tamamlanma Süresi	866 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	21,547,500 TL

3. Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden en küçük günlük maliyeti olan "3" faaliyeti ile devam edilir. "3" faaliyeti 7 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.12' de 3. Hızlandırma adımı olarak "3" faaliyeti 7 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.

Çizelge 4.12 3.Hızlandırma adımı

3 Faaliyeti 7 Gün Kısaltıldı.



Çizelge 4.12' ye göre 3. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**3. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

3. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 3. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 859 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**3. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti** = 21,547,500 + 5,000 = 21,552,500 TL

Çizelge 4.13' de 3. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.13 3. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

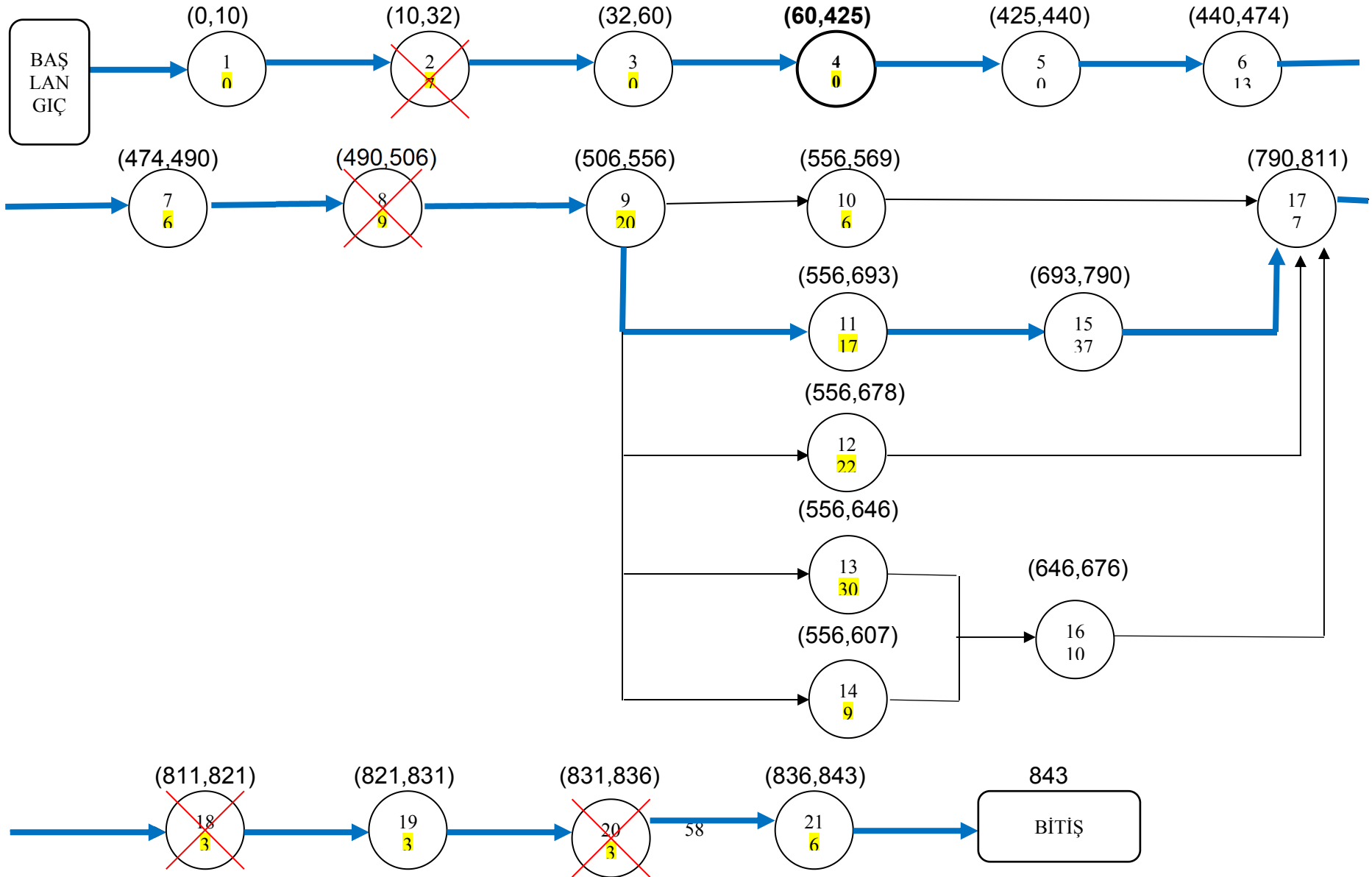
Projenin Tamamlanma Süresi	859 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	21,552,500 TL

4. Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden en küçük günlük maliyeti olan “4” faaliyeti ile devam edilir. “4” faaliyeti 16 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.14' de 4. Hızlandırma adımı olarak “4” faaliyeti 16 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.



Çizelge 4.14 4.Hızlandırma adımı

4 Faaliyeti 16 Gün Kısaltıldı.



Çizelge 4.14' e göre 4. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**4. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

4. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 4. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 843 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**4. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti = 21,552,500 + 12,000 = 21,564,500 TL**

Çizelge 4.15' de 4. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

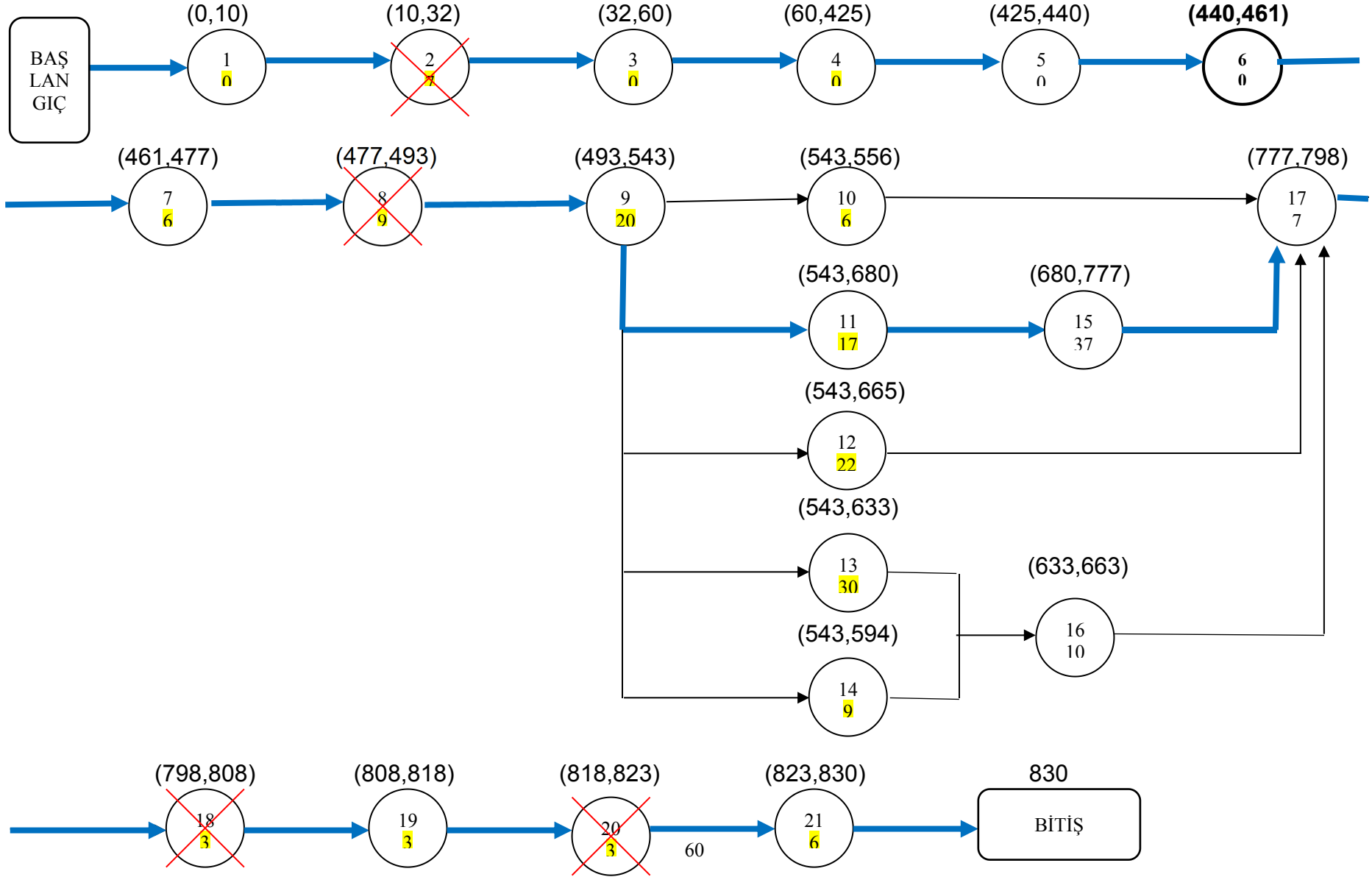
Çizelge 4.15 4. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

Projenin Tamamlanma Süresi	843 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	21,564,500 TL

5. Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden en küçük günlük maliyeti olan "6" faaliyeti ile devam edilir. "6" faaliyeti 13 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.16' da 5. Hızlandırma adımı olarak "6" faaliyeti 13 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.

Çizelge 4.16 5.Hızlandırma adımı

6 Faaliyeti 13 Gün Kısaltıldı.



Çizelge 4.16' ya göre 5. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**5. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

5. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 6. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 830 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**5. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti = 21,564,500 + 10,000 = 21,574,500 TL**

Çizelge 4.17' de 5. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

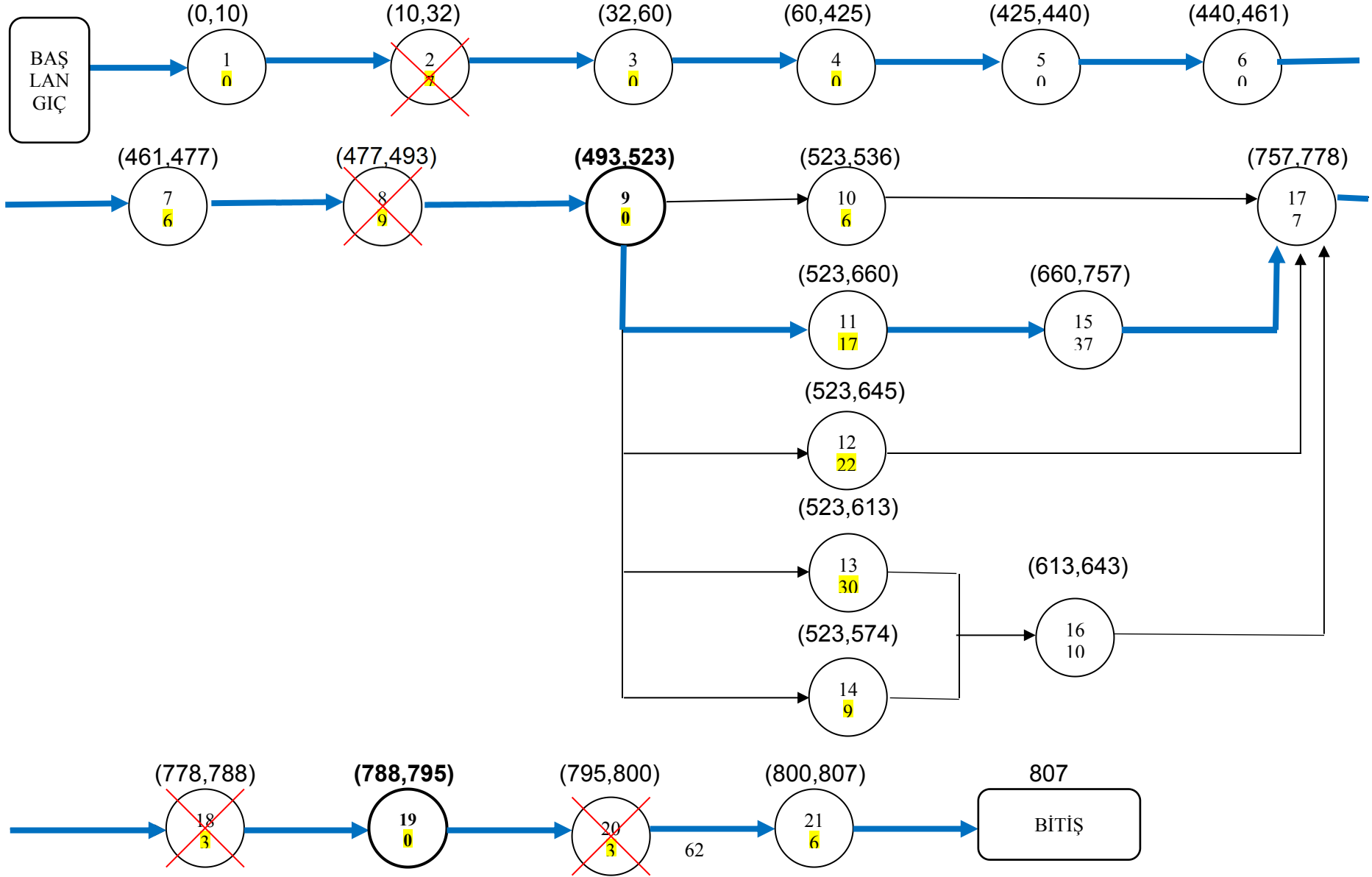
Çizelge 4.17 5. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

Projenin Tamamlanma Süresi	830 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	21,574,500 TL

6. Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden gün bazında en az maliyeti olan “9” faaliyeti ve “19” faaliyeti ile devam edilir. “9” faaliyeti 20 gün ve “19” faaliyeti 3 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.18' de 6. Hızlandırma adımı olarak “9” faaliyeti 20 gün, “19” faaliyeti 3 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.

Çizelge 4.18 6.Hızlandırma adımı

9 Faaliyeti 20 Gün, 19 Faaliyeti 3 Gün Kısaltıldı.



Çizelge 4.18' e göre 6. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**6. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

6. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 9. faaliyet ve 19. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 807 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**6. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti** = 21,574,500 + 50,000 + 7,500 = 21,632,000 TL

Çizelge 4.19' da 6. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

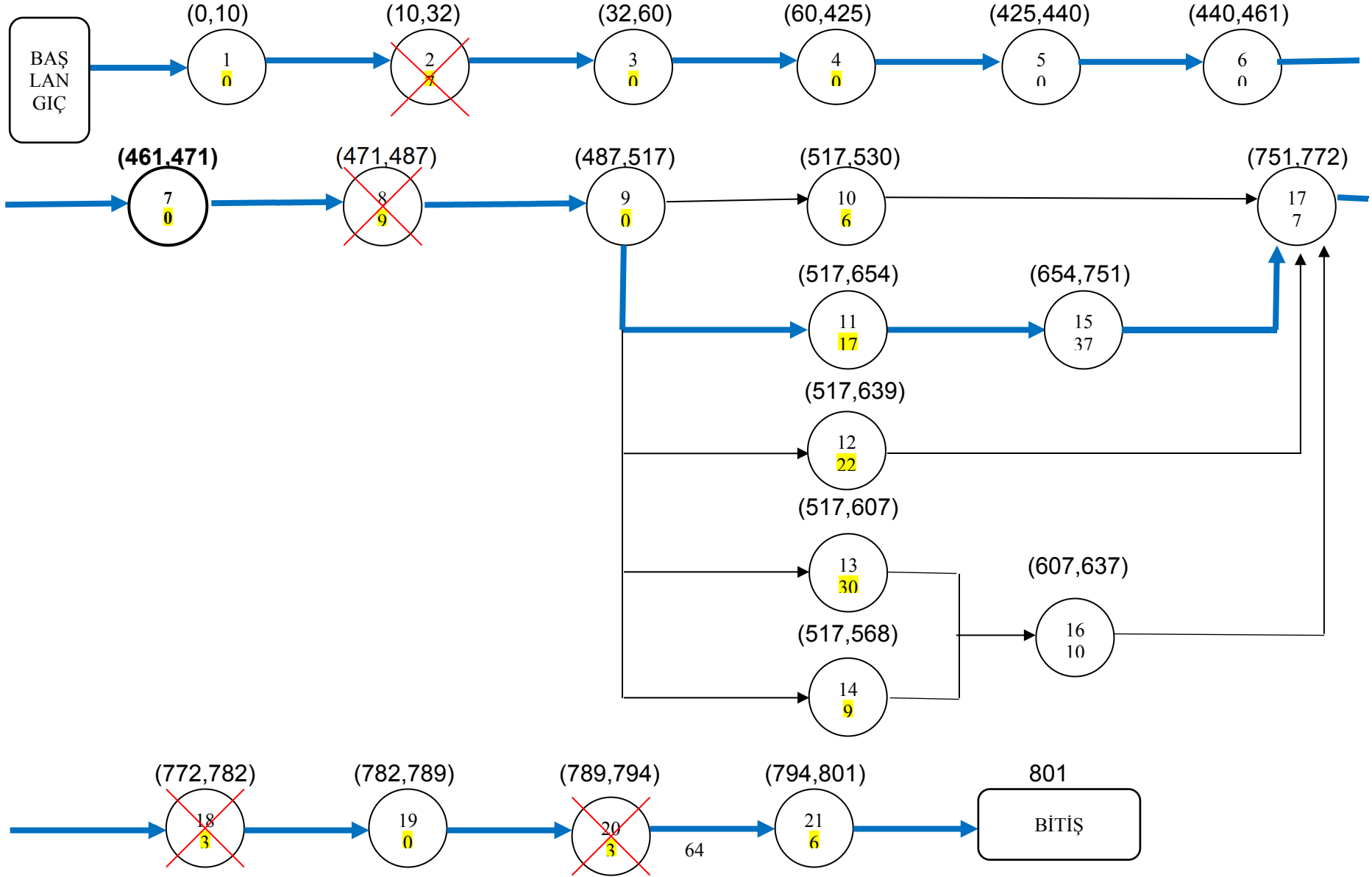
Çizelge 4.19 6. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

Projenin Tamamlanma Süresi	807 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	21,632,000 TL

7. Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden en küçük günlük maliyeti olan "7" faaliyeti ile devam edilir. "7" faaliyeti 6 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.20' de 7. Hızlandırma adımı olarak "7" faaliyeti 6 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.

Çizelge 4.20 7.Hızlandırma adımı

7 Faaliyeti 6 Gün Kısaltıldı.



Çizelge 4.20' ye göre 7. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**7. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

7. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 7. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 801 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**7. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti = 21,632,500 + 20,000 = 21,652,000 TL**

Çizelge 4.21'de 7. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.21 7. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

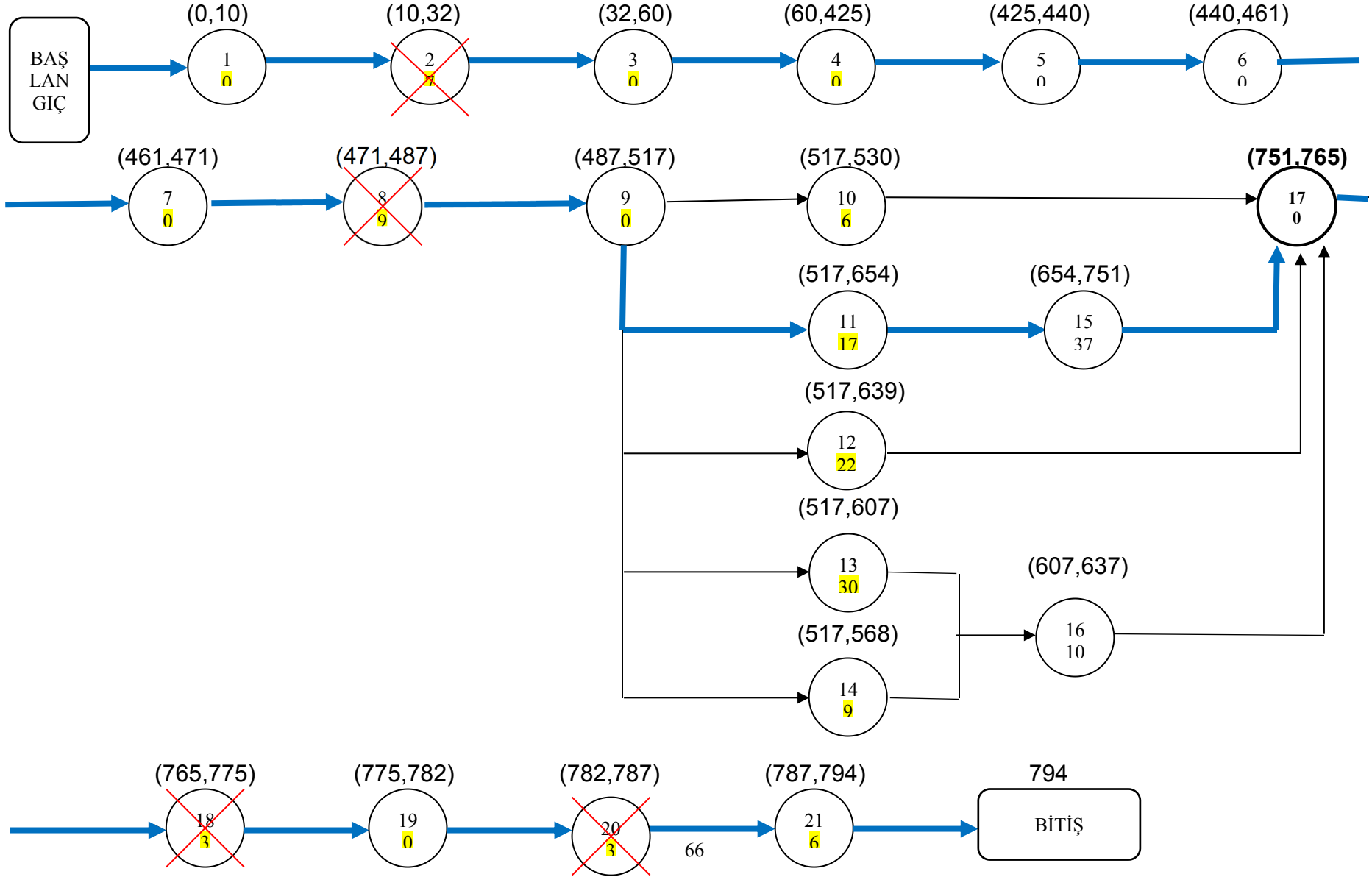
Projenin Tamamlanma Süresi	801 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	21,652,000 TL

8. Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden en küçük günlük maliyeti olan "17" faaliyeti ile devam edilir. "17" faaliyeti 7 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.22' de 8. Hızlandırma adımı olarak "17" faaliyeti 7 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.



Çizelge 4.22 8.Hızlandırma adımı

17 Faaliyeti 7 Gün Kısaltıldı.



Çizelge 4.22' ye göre 8. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**8. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

8. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 17. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 794 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**8. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti = 21,652,000 + 50,000 = 21,702,000 TL**

Çizelge 4.23' de 8. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

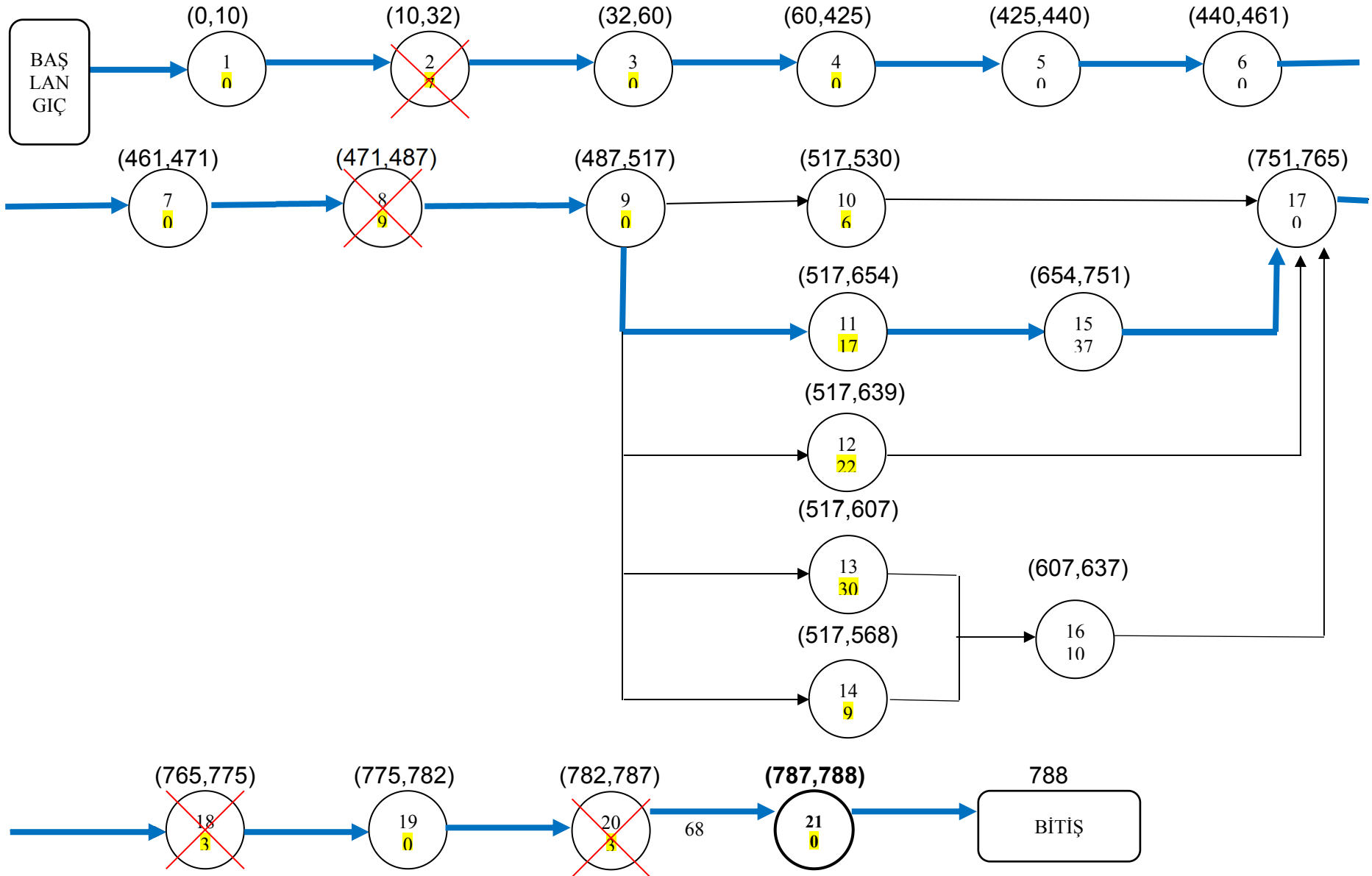
Çizelge 4.23 8. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

Projenin Tamamlanma Süresi	794 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	21,702,000 TL

9. Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden en küçük günlük maliyeti olan "21" faaliyeti ile devam edilir. "21" faaliyeti 6 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.24' de 9. Hızlandırma adımı olarak "21" faaliyeti 6 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.

Çizelge 4.24 9.Hızlandırma adımı

21 Faaliyeti 6 Gün Kısaltıldı.



Çizelge 4.24' e göre 9. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**9. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

9. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 21. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 788 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**9. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti = 21,702,000 + 50,000 = 21,752,000 TL**

Çizelge 4.25' de 9. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

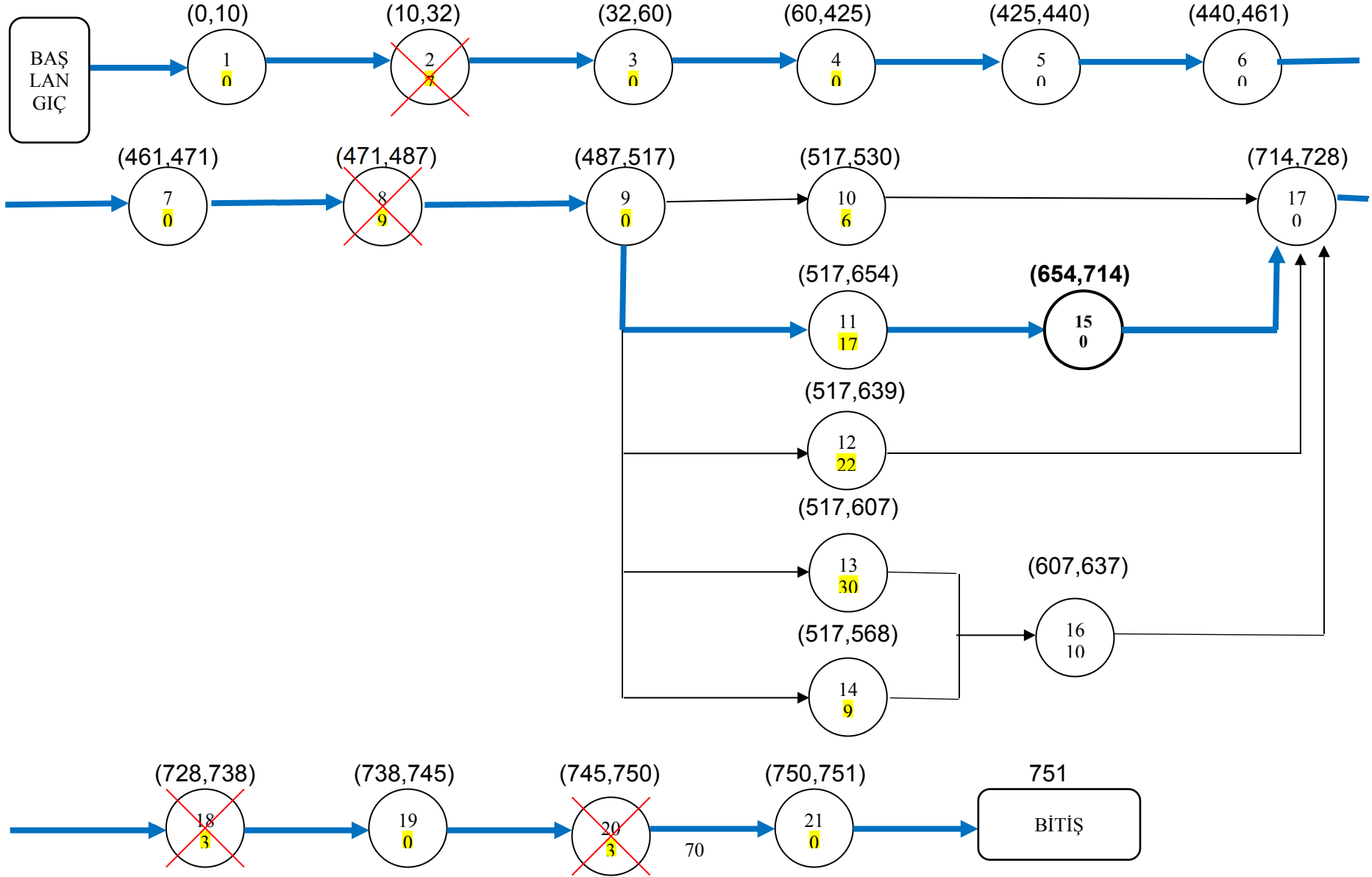
Çizelge 4.25 9. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

Projenin Tamamlanma Süresi	788 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	21,752,000 TL

10. Hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan faaliyetlerden en küçük günlük maliyeti olan "15" faaliyeti ile devam edilir. "15" faaliyeti 37 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.26' da 10. Hızlandırma adımı olarak "15" faaliyeti 37 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.

Çizelge 4.26 10.Hızlandırma adımı

15 Faaliyeti 37 Gün Kısaltıldı.



Çizelge 4.26' ya göre 10. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**10. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

10. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 15. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 751 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**10. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti = 21,752,000 + 500,000 = 22,252,000 TL**

Çizelge 4.27' de 10. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

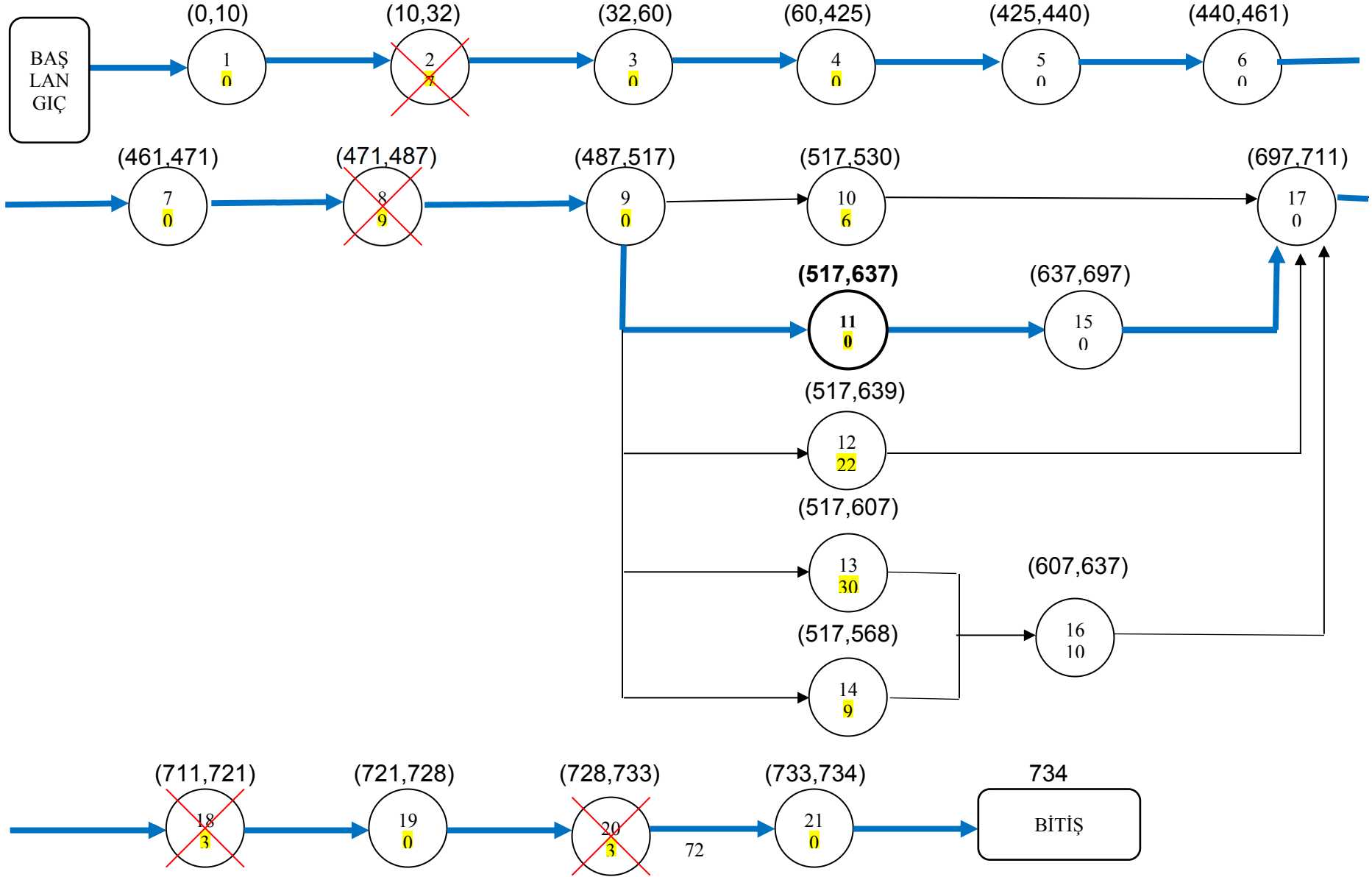
Çizelge 4.27 10. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

Projenin Tamamlanma Süresi	751 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	22,252,000 TL

11. hızlandırma adımına kritik yol üzerinde bulunan hızlandırılmamış son faaliyet olan "11" faaliyeti ile devam edilir. "11" faaliyeti 17 gün kısalabileceğinden Çizelge 4.28' de 11. Hızlandırma adımı olarak "11" faaliyeti 17 gün kısaltılır. Herbir faaliyet için yeniden başlama zamanı ve tamamlanma zamanı hesaplanır. Herbir faaliyet için başlama ve tamamlanma zamanına müteakip projenin kritik yolu hesaplanır.

Çizelge 4.28 11.Hızlandırma adımı

11 Faaliyeti 17 Gün Kısaltıldı.



Çizelge 4.28' e göre 11. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu bulunur.

**11. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolu:** Başlangıç – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 11 – 15 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – Bitiş.

11. Hızlandırma adımı için projenin kritik yolunun bulunmasına müteakip kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetlerin normal maliyetlerine 11. faaliyet için hızlandırma maliyeti eklenir. Bulunan bu maliyet, projenin 734 gün içerisinde tamamlanma maliyeti olur.

**11. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma maliyeti = 22,252,000 + 1,000,000 = 23,252,000 TL**

Çizelge 4.29' da 11. hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti özet olarak tablo şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.29 11. Hızlandırma adımı için projenin tamamlanma süresi ve tamamlanma maliyeti

Projenin Tamamlanma Süresi	734 Gün
Projenin Tamamlanma Maliyeti	23.252,000 TL

Kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetler için hızlandırma adımları tamamlanmıştır. Söz konusu proje, hızlandırma adımları başlamadan evvel 883 günde 21,546,000 TL'ye mal olmaktadır. Yapılan 11 hızlandırma adımı sonrasında ise proje, 734 günde 23,252,000TL bedelle tamamlanabilmektedir.

Sonuç olarak projenin 149 gün daha önce tamamlanması halinde firmaya 23,252,000TL – 21,546,000 TL = 1.706.000 TL'lik bir maliyet artışı getirecektir. Bu durum zaman maliyet ödünleşmesi hesaplamalarında projeyi erken tamamlamanın faydalarının da ortaya konulmasını zorunlu kılmaktadır.

#### **4.4 Uygulama Sonuçların Karşılaştırmalı Olarak Firmaya Sunulması**

Elektrik santralleri bir yıl boyunca her zaman tam kapasite ile çalışamazlar. Bir santralin bir yılda (8760 h) ürettiği enerjinin toplamının santralin kurulu gücüne oranına “İşletme süresi” denilir. Rüzgar santrallerinin işletme süresi 3500 h



çivarındadır. Bu Projede yıllık işletme süresi 3500 h olarak alınmıştır. Buna göre bu çalışmada ele alınan santralin yıllık enerji üretimi:

$$6 \text{ MW} \times 3500 \text{ h/yıl} = 21.000.000 \text{ kWh/yıl olacaktır.}$$

Öte yandan, rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik üretimine ülkemizde sağlanan teşvikler Yenilenebilir Enerji Kanunu ile düzenlenmiş olup, rüzgar enerjisinin kWh başına satış fiyatı 7.3 cent (USD) birim fiyatla devlet garantisi altındadır. Ayrıca santralda yerli imalat kullanılması durumunda 0.6 cent (USD) ilave destek birim fiyatı verilmektedir. Bu çalışmada ele alınan santral yerli imalat kullandığından santralin enerjisi 7.9 cent (USD) birim satış fiyatı üzerinden TEİAŞ' a satılabilecektir.

Hızlandırma neticesinde santral tamamlanma süresi 149 gün kısaltılabileceğine göre:

21,000,000 kWh yıllık enerji üretimi olan söz konusu RES'in 149 gündeki enerji üretimi

$$21.000.000 \text{ kWh} \times 149/365 = 8.572.602 \text{ kWh olacaktır.}$$

Söz konusu RES'in 149 gündeki enerji geliri:

$$8.572.602 \text{ kWh} \times 0,079 = 677.235 \$ \text{ olmaktadır.}$$

1 USD Dolar kuru fiyatı ortalama 3 TL alınarak santralin hızlandırma dönemindeki geliri:

$$677.235 \$ \times 3 \text{ TL}/\$ = 2.031.705 \text{ TL bulunur.}$$

Diğer yandan hızlandırma dönemindeki giderler ise benzer büyüklükte RES santralleri için mühendislik uygulamaları dikkate alınarak personel ve işletme, bakım giderleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

a-) Personel giderleri: ( 4,500 TL (1 Mühendis) + 2,500 TL (İdari personel) + 5,000 TL ( 2 teknisyen: elektrik ve mekanik) + 8,000 TL ( vardiyalı 4 bekçi) = 20,000 TL/ay olup hızlandırma döneminde (5 ayda) 100,000 TL personel gideri olacaktır.

b-) İşletme ve bakım onarım giderleri:  $10,000 TL/ay \times 5 ay = 50,000 TL$  olup;

Toplam giderler:  $100,000 TL + 50,000 TL = 150.000 TL$  olacaktır.

Buna göre hızlandırma döneminde gelir-gider farkı:  $2.031.705 TL - 150.000 TL = 1.881.705 TL$  olarak hesaplanır. Hızlandırma Yöntemine göre zaman maliyet ödünleşmesi bakımından hızlandırmanın toplam maliyeti ise  $1.706.000 TL$  olarak hesaplandığından, firmanın hızlandırma döneminde

$$1.881.705 TL - 1.706.000 TL = 175.075 TL \text{ net karı olacaktır.}$$

Şirketin hızlandırma döneminde gelir- gider farkı fayda (F) ve hızlandırma maliyeti masraf (M) ile gösterildiğinde firmanın  $175.075 TL$  fayda–masraf farkına sahip olduğu, başka bir deyişle fayda /masraf oranının 1'den büyük ( $F/M > 1$ ) olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuca göreye firmaya projeyi hızlandırma tavsiyesinde bulunmak isabet olacaktır.

Öte yandan “yeşil enerji” olarak da adlandırılan yenilenebilir enerji türü olan rüzgar enerjisi, enerji sektöründe firmalara ayrı bir fırsat olanağı daha sunmaktadır. 1997 Aralık ayında imzalanan Kyoto Protokolüne göre (Ülkemizde imzalanarak yürürlüğe girişi Mayıs 2009 ayı) ülkelerin düşük maliyetle sera gazı etkisi yaratan “carbon” salım azaltımı yapabilmelerine imkan tanınmaktadır. Kyoto Protokolüne göre Salım Ticareti (Emission Trading ) yapılabilmekte olup “Karbon piyasası” olarak tanınan bu piyasa; salımları azaltmak için belirlenen limitten fazla salım yapanları cezalandırırken daha az salanlar ise ödüllendirilerek mevcut kaynakların en düşük maliyetle kanalize edilmesini sağlamaktadır [33]. Ayrıca fiyatlandığı kirletme birimlerini mülkiyet hakkına dönüştürerek karbonun tüm dünyada ticaretinin yapılmasını mümkün kılması sayesinde düzgün işleyen bir karbon piyasası, işletmelerin daha az sera gazı salımı salmasını teşvik ederek temiz teknolojiyi kullanmaya yönlendirmektedir. Bu kapsamda 2005 Aralık ayında işlemlerine başlayan “Yeşil Sertifika Piyasası” da oluşturulmuştur. Bu piyasalarda yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjiyi temsil eden sertifikalarla işlem görülmektedir. Bu sertifikalar fiziksel olarak değil, elektronik form halinde olup her biri 1 kWh'lik elektrik enerjisini temsil etmektedir [34]. Avrupa pazarında ortalama

0,5 cent/kWh civarında birim fiyattan işlem gördüğü dikkate alınarak firmanın bu santralin ürettiği yeşil enerjiyi sertifikalandırarak hızlandırma döneminde kendisine 42.863 \$'lık (128.589 TL) fırsat yaratabileceği tavsiye edilmelidir.

## 5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrik enerjisi; endüstrilerde temel maliyet girdilerindedir. Elektrik, tedarikinde yaşanması olası bir kesinti, siparişlerin zamanında yetiştirilememesi nedeniyle maruz kalınacak zararlar, tazminatlar ve piyasadaki prestij kayıplarına neden olmaktadır. Bunun yanısıra üretimden kaynaklanan hammadde ve yarımamul kayıpları ve bozulmalara neden olmaktadır. Bu nedenle daha proje aşamasında elektrik projelerinin tamamlanma zamanlarının en kısa sürede ve en küçük maliyetle yapılabilmesi büyük önem arz etmektedir. Bugün tüm dünyada ülkelerin kalkınma endeksi olarak da kullanılan elektrik, toplumların refah seviyesini gösterir bir ölçüt olarak ifade edilmektedir. 46 yıllık verilere göre, Ülkemizde yıllık ortalama elektrik üretim artış hızı %7,76 olup bunun anlamı her 9,27 yılda bir elektrik üretimimiz 2 katına çıkmaktadır. Endüstrilerde elektriğe olan bağımlılığın artması ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde elektrik santrallerinin herhangi bir gecikme olmaksızın zamanında işletmeye açılmasını zorunlu kılmaktadır.

Özellikle tüm dünyada rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir ve çevre dostu birincil enerji kaynaklarına olan yoğun ilgi ülkemizde de her yıl hızlanarak artan elektrik yatırımlarıyla sonuçlanmaktadır. Rüzgar enerji santrallerinin toplam üretilen enerji içindeki payı %3,4 olup bir önceki yıla göre artış hızı ise %12,7 dir. Ülkemizdeki üretilen elektrik enerjisinin %47,9'u doğal gazdan üretilmekte olup bu birincil enerji kaynağı yurtdışından özellikle Rusya ve İrandan temin edilmektedir. Oysa başta rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir ve temiz enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke olup, bu milli kaynaklarımızdan daha çok yararlanarak elektrik enerjisinde yurtdışına olan bağımlılığımızı azaltmamız gerekecektir. Üstelik bu primer enerji kaynaklarının işletme maliyetleri de diğer santrallere göre daha küçük olup bu santraller çevre dostu santrallerdir. Bu nedenle ülkemizde bu yatırımların daha hızlı gerçekleştirilmesini sağlayacak tedbirlerin ilgili otoriteler tarafından alınması, projelerin önündeki engellerin kaldırılması gerekmektedir. Yatırımcılar açısından bakıldığında, bu yatırımların daha proje aşamasında proje tamamlanma zamanlarının en kısa sürede ve minimum maliyetle yapılabilmesi büyük önem arz etmektedir.

Bir projenin başarılı olması için projenin tam zamanında, bütçe sınırları içerisinde önceden belirlenen hedeflere ulaşması önemlidir. Projelerin başarılı olması için,

proje çıktıları üzerinde anlaşma sağlamak; mümkün olduğunca en iyi proje takımını oluşturmak; kapsayıcı, tutarlı bir plan oluşturmak ve plana uygun hareket etmek; projeyi yürütmek için gerçekten kaç kişi ile çalışılması gerektiğini belirlemek; gerçekçi bir çizelgeye sahip olmak; yapılabileceklerden daha fazlasını yapmaya çalışmamak; yönetimin, paydaşların sürekli ve resmi desteğini almak; değişime karşı istekli olmak; yapılan işler konusunda ilgilileri bilgilendirmek; yöntemler deneme konusunda istekli olmak; lider olmaktır. Başarılı bir projede projenin sağlayacağı yararların etkileri uzun yıllar hissedilir. Şirkette ekonomiklik, verimlilik ve karlılığın artırılmasına yardımcı olur. Projeler geçici organizasyonlar olup, yapısı gereği dinamik süreçlerdir. Sonuç olarak bir projenin başarısı, onun iyi yönetilmesine bağlıdır. Projenin başarısız olması durumunda yatırımcıya para ve zaman kaybettirmesinin yanısıra şirketlerde marka ve prestij değerinde kayıplar da oluşur. Projelerin başarısızlık nedenleri arasında en önemli sebepler; yetersiz proje ve program yönetim disiplini, yönetim desteğinin olmaması, projenin iş stratejileriyle uyum sağlamaması, yanlış proje ekibi seçimi, projenin başarısını değerlendirmek için kriterlerin bulunmaması, risk yönetiminin yapılmaması, değişimi yönetme becerisinin bulunmaması sayılabilir. Projelerin yönetilmesi için bir üretim faaliyetinde de söz konusu olan planlama, programlama ve kontrol aşamalarının uygun bir şekilde yapılması gerekir. Proje planlama aşamasında planlamanın iyi tanımlanmış bir amaçla başlaması esastır. İşletmelerin organizasyon yapısında bulunan üretim, mühendislik, pazarlama, finansman ve muhasebe gibi departmanlardan sağlanan elemanlarla öncelikle proje takımının oluşturulması ve proje sınırlarının çizilerek zaman, maliyet ve kaynak kullanımı konusunda başarı ölçütlerinin belirlenmesi gerekir. Proje programlama aşaması ise proje süresince insan gücü, malzeme, finansman gibi kaynak ihtiyaçlarının ve projedeki beklenen gelişmenin programlanması faaliyetidir.

Elektrik yatırım projeleri fizibilite çalışmaları gerektirmesi, ileri düzeyde proje bilgi ve becerilerine sahip etkin bir ekibi gerektirmesi, bir organizasyon sistemi içinde çalıştırma zorunluluğu gibi özelliklere sahiptir.

Bu çalışmada orta gerilim dağıtım şebekesine bağlanacak olan bir RES'in dağıtım şebekesine bağlanması için gerekli olan donanımların ve faaliyetlerin en kısa zamanda tamamlanma zamanlarının belirlenmesi ve minimum maliyetle yapılması

amaçlanmıştır. Problem çok projeli, zaman - maliyet etkileşimli, öncelik ilişkili bir çizelgeleme problemi olarak ele alınmıştır. Çalışmada projenin gerçekleştirilmesinde yapılması gereken faaliyetler 21 olarak verilmiştir. Herbir faaliyetin teknik özellikleri, bir faaliyet kapsamında yapılması gereken işlere ait teknik bilgiler verilmiştir. Bir faaliyetin diğer faaliyetlere göre öncelik sıralamaları verilmiş, projenin bazı faaliyetlerinin Devlet tarafından yürürlüğe konulan ilgili yönetmeliklerde öngörülen minimum süreleri dikkate alınarak, o faaliyetin tamamlanması için gerekli mühendislik çalışmasının süreleri geçmiş tecrübeler, benzer deneyimler ve işin tamamlanma süresi gibi diğer faktörlerin ışığında değerlendirilmiş ve 21 faaliyetin herbirine ait tamamlanma süreleri iyimser ( $a$ ), ortalama ( $m$ ) ve kötümser ( $b$ ) süreler olarak ayrı ayrı öngörülmüştür. Ayrıca herbir faaliyetin tamamlanma maliyetleri ve hızlandırılmış maliyetleri yine Devlet tarafından yürürlüğe konulan Yönetmeliklerde öngörülen minimum süreleri dikkate alınarak, o faaliyetin tamamlanması için gerekli mühendislik çalışmasının sürelerinin oluşturduğu maliyetler, geçmiş tecrübeler, benzer deneyimler ve işin tamamlanma süresine göre oluşan maliyetler, malzeme ve montaj maliyetleri, v.b. faktörlerin ışığında değerlendirilmiş ve 21 faaliyetin herbiri için tamamlanma maliyetleri ve faaliyetin hızlandırılması neticesinde ortaya çıkan maliyetler belirlenmiştir. Daha sonra herbir faaliyet için ortalama beklenen süreler  $[E(T_{ij})]$  PERT ile hesaplanmıştır. Daha sonra öncelik sıraları dikkate alınarak proje ağı çizilmiştir. PERT şemasında herbir faaliyetin en erken başlama ( $ES$ ), en erken tamamlanma ( $EF$ ), en geç başlama ( $LS$ ), en geç tamamlanma ( $LF$ ) ve bolluk süreleri hesaplanarak projedeki tüm yollar içinden projedeki kritik yol ( $CP$ ) belirlenmiştir.

Projenin kritik yolu ( $CP$ ) dikkate alınarak projenin 883 günde tamamlanabileceği hesaplanmıştır. 883 günde tamamlanan projenin varyans değeri 559,86 olarak bulunurken, standart sapması ise 23,66 olarak bulunmuştur. Söz konusu proje maliyeti hızlandırma adımları başlamadan önce 21.546.000 TL olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada daha sonra Hızlandırma yöntemi ile herbir faaliyet için belirlenmiş olan tamamlanma maliyetleri ve hızlandırma maliyetleri ışığında zaman başına maliyet değerleri hesaplanmış ve bu kritik yol üzerinde bulunan tüm faaliyetler arasında zaman başına maliyeti minimum olan faaliyetten başlayarak hızlandırma adımları

başlatılmış ve her hızlandırma adımının sonucunda kritik yol tekrar hesaplanmıştır. Yapılan 11 adet hızlandırma adımı sonrasında ise projenin, 734 günde 23.252.000 TL bedelle tamamlanabileceği sonucuna varılmıştır. Hızlandırma yöntemi neticesinde projenin tamamlanma zamanı 883 günden 734 güne düşürülmüş ve 149 gün daha önce tamamlanabileceği hesaplanmıştır. Tamamlanma süresinin öne çekilmesi zaman maliyet ödünleşmesi dikkate alındığında proje maliyetini 21.546.000 TL'den 23.252.000 TL'ye çıkarmaktadır. Başka bir deyişle zaman maliyet ödünleşmesi 1.706.000 TL'lik maliyet artışıyla sonuçlanmaktadır. Bu durumda karar verici olan durumdaki firmaya Hızlandırma Yönteminin sonuçlarının zaman maliyet ödünleşmesi ile diğer gelir ve gider unsurları ile gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Yatırımcı olan firma projenin hızlandırılması durumunda 1.706.000 TL'lik erken tamamlama maliyetleri ile de karşı karşıya kalacak; ancak projenin erken bitirilmesi halinde işletme dönemine daha hızlı geçileceğinden santral elektrik üretmeye ve gelir elde etmeye de başlayacak ve ülke ekonomisine de ayrıca katma değer yaratacaktır. Şirketin hızlandırma döneminde gelir- gider farkı 1.881.705 TL olarak hesaplanmış ve bu değer hızlandırma maliyeti ile karşılaştırılarak 175.075 TL fayda-masraf farkına sahip olduğu, başka bir deyişle fayda/masraf oranının 1'den büyük ( $F/M > 1$ ) olduğu gerekçesiyle firmaya projeyi hızlandırma tavsiyesinde bulunulmuştur. Firmaya ayrıca "Yeşil enerji" olarak da adlandırılan yenilenebilir enerji türü olan rüzgar enerjisi, enerji sektöründe firmalara ayrı bir fırsat olanağı daha sunmaktadır. 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolüne göre ülkelerin düşük maliyetle sera gazı etkisi yaratan "carbon" salım azaltımı yapabilmelerine imkan tanınmaktadır. Kyoto Protokolüne göre Salım Ticareti (Emission Trading -ET) yapılabilmekte olup "Karbon piyasası" olarak tanınan bu piyasa; salımları azaltmak için belirlenen limitten fazla salım yapanları cezalandırırken daha az salanlar ise ödüllendirilerek mevcut kaynakların en düşük maliyetle kanalize edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca fiyatlandığı kirletme birimlerini mülkiyet hakkına dönüştürerek karbonun tüm dünyada ticaretinin yapılmasını mümkün kılması sayesinde düzgün işleyen bir karbon piyasası, işletmelerin daha az sera gazı salım salmasını teşvik ederek temiz teknolojiyi kullanmaya yönlendirmektedir. Bu kapsamda 2005 Aralık ayında işlemlerine başlayan "Yeşil Sertifika Piyasası"nda yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjiyi temsil eden sertifikalarla

işlem görülmektedir. Bu sertifikalar fiziksel olarak değil, elektronik form halinde olup her biri 1 kWh'lik elektrik enerjisini temsil etmektedir. Avrupa pazarında ortalama 0,5 cent/kWh civarında birim fiyattan işlem gördüğü dikkate alınarak, SWOT analizinin önemli parametrelerinden olan "fırsatlar"ın, bu projede de projeyi hızlandırması durumunda 149 günde üreteceği 8.572.602 kWh'lik enerji için "Yeşil Sertifika Piyasası"nda özellikle Avrupa pazarında ortalama 0,5 cent/kWh civarında birim fiyattan toplam 42.863 \$'lık (128.589 TL) fırsat yaratabileceği firmaya öneri olarak sunulmuştur.



## KAYNAKLAR LİSTESİ

- [1] Heilmann, R., A Branch-and-Bound Procedure for the Multi-mode Resource - Constrained Project Scheduling Problem with Minimum and Maximum Time Lags, European Journal of Operational Research, 144, 348-365, 2003.
- [2] Wayne at all. Project Management Journal. June 2004, Vol. 35 Issue 2, p 31-37. 7p. 3 Diagrams, 3 Charts, 3 Graphs.
- [3] Paksoy S. ve Uzun A., Genetik Algoritma İle Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme, Çukurova Üniv. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi; Yıl: 2008 Cilt: 17 Sayı:2
- [4] Erdal M. ve Kanıt R., Yapı Projelerinin Genetik Algoritma İle Programlanması, Technological Applied Sciences; Volume: 4 Number: 2; 77-97.
- [5] Bergantinos, G. Ve Vidal-Puga, J. International Game Theory Review. Dec. 2009, Vol. 11 Issue 4, p419-436. 18p.
- [6] Trietsch, Dan; Baker, Kenneth R., International Journal of Project Management. May2012, Vol. 30 Issue 4, p490 - 502. 13p.
- [7] Hajdu M., Automation in Construction. Nov. 2013, Vol. 35, p397-404. 8p.
- [8] Castro J., Central European Journal of Operations Research. Mar 2014, Vol. 22 Issue 1, p37-52. 16p.
- [9] Uğur L. Ve Erdal A., İnşaat Projelerinin Ağ Diyagramlarıyla Planlanmasında Süre-Maliyet Değişimlerinin Yeni İşgücü Eklenmesi Orijininde Analizi, Düzce University Journal of Science & Technology; Yıl: 2014 Cilt: 2 Sayı: 2; 362-373.
- [10] Durucasu H., Bulanık CPM Yöntemiyle Proje Çizelgeleme: İnşaat Sektöründe Bir Uygulama, Ege Academic Review. Ekim 2015, Vol. 15 Issue 4, p449-466. 18p.
- [11] <http://www.teias.gov.tr/FaaliyetRaporlari/faaliyetrap2014/2014.pdf>
- [12] Koç E., Şenel M. C.. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu – Genel Değerlendirme, Mühendis ve Makine, Cilt 54, Sayı 639, sayfa 32-44,2013.
- [13] <http://dektmk.org.tr/upresimler/elektrik2012.pdf>
- [14] <http://www.gonder.org.tr/?p=1937>

## KAYNAKLAR LİSTESİ (Devam Ediyor)

- [15] <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/>
- [16] Cemal Engin., Proje Yönetimi, Harward Business Review, Haziran 2005, İstanbul
- [17] İlker Gülfidan., Adım Adım Proje Yönetimi, Nisan 2010, İstanbul
- [18] Prof. Dr. İsmet Barutçugil., Proje Yönetimi, Birinci Baskı, Mayıs 2008, İstanbul
- [19] Aydın Bodur., Mühendisler İçin Proje Yönetimi, TMMOB, Ankara
- [20] Osman Halaç. Kantitatif Karar Verme Teknikleri ( Yöneylem Araştırmasına Giriş), 4.Baskı, sayfa 183-232
- [21] Joseph G. Monks., Operation's Management, Schaum's Series Outlines, 2nd Edition
- [22] Prof. Dr. Nalan Cinemre, Yöneylem Araştırması, İkinci Baskı, İstanbul – 2004.
- [23] Prof. Dr. Ahmet Öztürk, Yöneylem Araştırması, Ekin Kitabevi - 2005, 10. Baskı.
- [24] [http://mis.sadievrenseker.com/wp-content/uploads/2015/02/pert\\_cpm15.png](http://mis.sadievrenseker.com/wp-content/uploads/2015/02/pert_cpm15.png)
- [25] Rüzgâr Ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgâr ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ, 22.02.2012 tarih 28212 sayılı Resmi Gazete.
- [26] Eletcon Ölçüm Sistemleri Ltd. Şti den alınan ölçüm istasyonu ve kurulumu fiyat teklifi
- [27] Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği, 30.12.2014 tarih ve 29221 sayılı Resmi Gazete.
- [28] Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği, 30.11.1998 tarih ve 22400 sayılı Resmi Gazete
- [29] Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği, 21.08.2001 tarih ve 24500 sayılı Resmi Gazete
- [30] Kamulaştırma Kanunu, 08.11.1983 tarih ve 18215 sayılı Resmi Gazete.
- [31] Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği, 07.05.1995 tarih ve 22280 sayılı Resmi Gazete

## **KAYNAKLAR LİSTESİ (Devam Ediyor)**

[32] Elektrik Üretim Tesisleri Kabul Yönetmeliği, 06.11.2015 tarih ve 29524 sayılı Resmi Gazete.

[33] [http://www.eie.gov.tr/iklim\\_deg/emisyon\\_ticareti.aspx](http://www.eie.gov.tr/iklim_deg/emisyon_ticareti.aspx)

[34] [http://www.tspb.org.tr/wp\\_content/uploads/2015/08/aim\\_Yayin\\_ve\\_Raporlar\\_Aylik\\_Yayinlar\\_2009\\_gundem\\_200906.pdf](http://www.tspb.org.tr/wp_content/uploads/2015/08/aim_Yayin_ve_Raporlar_Aylik_Yayinlar_2009_gundem_200906.pdf)