

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİ İNŞA SEKTÖRÜNDE FAALİYET GÖSTEREN BİR
İŞLETMEDE PERT VE BULANIK PERT UYGULAMASI**

Mühendis Emre KOCABIYIK

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim dalı Sistem Mühendisliği
Programında Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Semih ÖNÜT

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
2. PROJE KAVRAMI	3
2.1 Proje Kavramı	3
2.2 Projenin Başarısına Etki Eden Faktörler.....	6
3. PROJE YÖNETİMİ KAVRAMI	9
3.1 Proje Yönetimi Kavramı	9
3.2 Proje Yönetiminin Özellikleri	10
3.3 Proje Yönetimi Avantajları Ve Dezavantajları	10
4. PROJE ORGANİZASYON VE YÖNETİM YAPILARI	12
4.1 Proje Organizasyonu ve Yönetim Yapıları.....	12
4.2 Proje Yönetim Yapıları.....	12
4.2.1 Fonksiyonel Yapı	14
4.2.2 Proje Yapısı.....	15
4.2.3 Matris Yapı	15
5. PROJE YÖNETİM UYGULAMASI	18
5.1 Proje Yönetimi Uygulaması.....	18
5.2 Proje Planlama	20
5.3 Proje Programlama	21
5.4 Proje Kontrolü.....	23
6. PROJE YÖNETİMİNDE KULLANILAN TEKNİKLER	26
6.1 Gantt Şeması	26
6.2 Kritik Yol Methodu (CPM)	27

6.3	Proje Değerlendirme Ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT)	27
6.3.1	PERT' in Temel Kavramları	28
6.3.2	PERT Tekniğinin Uygulanması	31
6.3.3	PERT Ağının Kurulması.....	32
6.3.4	PERT Zaman Analizi Hesapları.....	33
6.3.4.1	Faaliyetlerin Beklenen Zaman ve Varyans Hesabı	34
6.3.4.2	İleri Gidiş İşlemleri.....	34
6.3.4.3	Geri Gidiş İşlemleri	35
6.3.4.4	Bollukların Hesabı.....	36
6.3.4.5	Kritik Yörüngenin Belirlenmesi.....	37
6.3.5	Projenin Belirli Bir Zamandan nce Veya Sonra Bitirilme Olasılığı	38
6.3.6	PERT/ Maliyet	38
6.3.6.1	Normal ve Hızlandırılmış Maliyetler	39
6.3.6.2	PERT/Maliyetin İşleyişı	40
6.4	Bulanık PERT Yöntemi (FUZZY PERT).....	41
7.	UYGULAMA	44
7.1	Uygulamanın Amacı ve Kapsamı	44
7.2	Uygulamanın Yapıldığı Şirket Profili	45
7.3	Uygulamanın Anlatılması	46
7.3.1	PERT ile Proje Tamamlanma Süresinin Hesaplanması	54
7.3.2	PERT ile Proje Tamamlanma Maliyetinin Hesaplanması	61
7.3.3	Bulanık PERT ile Proje Tamamlanma Süresinin Hesaplanması	66
7.3.4	Bulanık Pert Maliyetinin Hesaplanması	69
7.4	Uygulamanın Değerlendirilmesi	73
	SONUÇ VE ÖNERİLER	75
	KAYNAKÇA	77
	ÖZGEÇMİŞ.....	79

SİMGE LİSTESİ

D_{ij}	i-j eyleminin ortalama eylem süresi
a	İyimser zaman
b	Kötümser zaman
m	Olası zaman
D	Beklenen zaman
μ	Beklenen zaman
ES_{ij}	En erken başlama zamanı
EF_{ij}	En erken bitirme zamanı
Ei	En erken olay gerçekleşme zamanı
LS_{ij}	En geç başlama zamanı
LF_{ij}	En geç bitirme zamanı
Li	En geç olay gerçekleşme zamanı
TF_j	Bolluk süresi
TS	Proje tamamlanma süresi
VD	Varyans
σD	Standart sapma

KISALTMA LİSTESİ

PERT	Proje Değerlendirme Ve Gözden Geçirme Tekniği
CPM	Kritik Yol Metodu

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Proje yaşam döngüsü (Baktır, 2007).....	5
Şekil 2.2	Proje yönetimi hareket alanı (Kandiller, 2005).....	5
Şekil 4.1	Biçimsel ve biçimsel olmayan örgüt yapısı	14
Şekil 5.1	Proje yönetim safhaları (Monks ve Schaum, 1996).....	19
Şekil 6.1	Faaliyet tanım ve sürelerinin belirlenmesi	29
Şekil 6.2	Kukla faaliyet gösterimi.....	29
Şekil 6.3	Projenin zaman- maliyet ilişkisi eğrisi (Demir ve Gümüsoğlu, 1998) ...	39
Şekil 7.1	Kimyasal tanker gemisi güverte ağ şebekesi.....	54
Şekil 7.2	Kimyasal tanker gemisi güverte şebekesi üzerinde kritik faaliyetlerin gösterimi	59
Şekil 7.3	MS Project paket programında kritik ve kritik olmayan faaliyet gösterimi	60
Şekil 7.4	MS Project gantt şeması.....	64

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 7.1	Faaliyetler ve faaliyetlere ilişkin zaman öngörülleri	50
Çizelge 7.2	Faaliyetlere ait beklenen zaman hesapları	54
Çizelge 7.3	Faaliyetlere ait en erken başlama-bitiş, en geç başlama-bitiş ve bolluk zamanları.....	57
Çizelge 7.4	Projede kullanılan malzemeler, malzemelerin birim fiyatı ve tüketim miktarı.....	62
Çizelge 7.5	Projede kullanılan işgücü, işgücünün birim saat ve mesai ücreti.....	62
Çizelge 7.6	Bulanık faaliyet süreleri, bulanık en erken başlama-bitiş ve bulanık en geç başlama-bitiş zamanları	66
Çizelge 7.7	Faaliyet bollukları ve kritiklik dereceleri	68
Çizelge 7.8	En küçük bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık projede kullanılan işgücü maliyeti.....	70
Çizelge 7.9	En sık görünen bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık projede kullanılan işgücü maliyeti	71
Çizelge 7.10	En büyük bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık projede kullanılan işgücü maliyeti.....	72

ÖNSÖZ

Günümüzde organizasyonlarda iş yapma biçimi projelere doğru kaymaktadır. Proje insan ve insan dışı kaynakların bir amacı gerçekleştirmek için belirli zaman kısıtlaması içinde bir organizasyon dâhilinde bir araya getirildikleri, bu belirli projenin sonunda ise başka yerlere tahsis edildikleri bir süreçtir. Projelerin oluşturulması ve uygulanması proje yönetim sistemi dâhilinde yapılmaktadır.

Proje Yönetimi'nin hem tek tek işletmelerin hem de tüm ülkenin kalkınmasında önemi vardır. Proje yönetimi sayesinde kıt kaynaklar en verimli alanlara aktararak en kısa zamanda, en az maliyetle işlerin tamamlanmasını sağlar. Proje yönetim tekniklerinin öğrenilmesi ve amaca uygun, etkili şekilde kullanılması, bütün üretimlerin kaynağı olan projelerin hedeflere ulaşması ve bunun en verimli bir biçimde yapılmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada da proje yönetimi sisteminin gerekliliğinden ve proje yönetim tekniklerinden yararlanmanın sağlayacağı faydalardan bahsedilmiş, gemi inşa sanayide faaliyet gösteren bir işletmede üretimi gerçekleştirilen kimyasal tanker gemisi güverte projesi, proje yönetimi konusu çerçevesinde incelenmiştir. Tez çalışmam süresince bana her türlü yardımı sağlayan ve yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Semih ÖNÜT'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Proje yönetimi, zaman ve diğer kaynakların etkin kullanımını esas alan bir planlama sürecini ifade eder. Bu süreçte; planlamanın yanı sıra kontrol de büyük önem taşımaktadır. Son dönem çalışmalarında, geleneksel proje planlama ve kontrol tekniklerinden olan PERT' e alternatif ve destek olarak BULANIK PERT kullanılmaya başlanmıştır. Bulanık PERT; proje yönetiminde; bulanık küme teorisi kullanarak proje tamamlanma zamanını hesaplamayı esas alır. Bu çalışmada, gemi inşa sanayide faaliyet gösteren bir işletmede üretimi gerçekleştirilen kimyasal tanker gemisi güverte projesi, proje yönetimi konusu çerçevesinde incelenmiştir. Projenin tamamlanma süresi ve proje maliyetinin hesaplanmasında PERT ve Bulanık PERT teknikleri kullanılarak, işletme açısından en olası proje gerçekleştirme süresi ve maliyeti tespit edilmeye çalışılmıştır.

ABSTRACT

Project management represents a planning process based on efficient use of time and other resources. In the process, control has great importance as well as the planning. In recent studies, FUZZY PERT has been used as an alternative and to support to traditional project planning and control techniques known as PERT. In project management, Fuzzy PERT has been used to calculate project completion time by using fuzzy set theory. In this study, most potential way in terms of business projects costs have been trying to find by using Fuzzy PERT and PERT techniques which have been used to calculate the project's completion time and the calculation of project costs.

1. GİRİŞ

Günümüzde işletmelerin en önemli hedefi ellerindeki kaynakları en verimli şekilde kullanarak, en kısa zamanda ve en az maliyetle projelerini tamamlamaya çalışmalarıdır. Gelişen teknoloji, işletmeleri kendilerini yenileyerek rakiplerinden farklı olmaya itmektedir. Aynı zamanda işletmeler yeni teknolojileri; maliyetlerine, üretim süresine, malın kalitesine ve müşteriye ulaşan fiyata yansıtma olmalıdır. Bu bağlamda, proje yönetimi kavramı önem kazanmaktadır.

Proje yönetimi, projenin mümkün olan en kısa zamanda tamamlanabilmesi için faaliyetlerin planlanması ve kontrolüdür. Proje yönetiminde amaç; zaman, para ve işgücü vb. kaynakların etkin kullanımını sağlamaktır. Proje yönetim tekniklerinden en yaygın olarak kullanılan Proje Değerlendirme ve Gözdem Geçirme Tekniği (PERT), büyük projelerde planlama ve koordinasyon için kullanılmaktadır. PERT yöntemi faaliyet sürelerinin olasılıklı olduğunu kabul etmektedir. Yaşayan sistemlerde proje şebekesindeki her bir faaliyetin işlem zamanını kesin olarak tanımlamak ve hesaplamak zordur. Bu nedenle son yıllarda PERT' e alternatif ve destek olarak bulanık küme teorisi ile PERT' i birleştiren Bulanık PERT geliştirilmiş ve proje planlama ve kontrol problemlerinin zaman hesaplamalarında Bulanık PERT bir araç olarak kullanılmaya başlanmıştır. PERT yönteminden farklı olarak Bulanık PERT yönteminde faaliyet süreleri, kesin sayılar yerine bulanık sayılar ile ifade edilmektedir.

Proje planlama tekniklerinin yaygın kullanım alanlarından biri gemi inşasıdır. Gemi inşasının zorluğu ve aşamalı olarak gerçekleşen karmaşık birçok faaliyeti bünyesinde barındırmasından dolayı proje yönetim tekniklerinin uygulanması bu alanda önem kazanmıştır. Bu nedenle çalışmanın uygulama kısmında, kimyasal tanker gemisinin güverte inşa süreci ele alınmış, PERT ve Bulanık PERT teknikleri ile proje tamamlanma süreleri hesaplanarak proje teslimat süresinin gecikmesine sebep olabilecek kritik faaliyetler belirlenmiştir. Şirket yöneticilerine, proje yöneticilerine ve planlamacılara basit planlardan kapsamlı planlara kadar her türlü projeyi kolayca planlama, yürütme, kontrol ve analiz etme imkânı veren Microsoft Project 2003 programı ile proje planlaması yapılarak işletmenin katlanacağı maliyet çıkartılmıştır. Çalışmada, gemi inşa projelerinin minimum maliyetle en kısa zamanda bitirerek, gerçeğe en yakın proje tamamlanma süresinin bulunmasında, hangi tekniklerden faydalanabileceği örnek bir kimyasal tanker gemisi güverte inşa projesi incelenerek gösterilmek istenmiştir.

Bu tez çalışması, giriş ve sonuç bölümleri dahil olmak üzere sekiz bölümden oluşmaktadır. Tez içeriğinin belirtildiği birinci bölümden sonra ikinci bölümünde proje kavramı ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde proje yönetimi kavramı, dördüncü bölümünde proje organizasyon ve yönetim yapıları, beşinci bölümde proje yönetim uygulaması ve altıncı bölümde proje yönetiminde kullanılan teknikler hakkında detaylı bilgi yer almaktadır.

Tezin yedinci bölümü olan uygulama kısmında; gemi inşa sanayide faaliyet gösteren bir işletmede PERT ve Bulanık PERT teknikleri ile kimyasal tanker gemisinin güverte projesine ait proje tamamlanma süresi ve katlanılacak maliyet ile ilgili hesaplamalar yer almaktadır.

Tezin sekizinci ve son bölümü olan sonuç kısmında ise yapılan çalışmanın genel bir değerlendirilmesi yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

2. PROJE KAVRAMI

2.1 Proje Kavramı

Bir plan çerçevesinde, belli bir zaman döneminde belirli kaynaklarla diğerlerinden bağımsız olarak gerçekleştirilebilecek, birbiri ile doğrudan ilişkili faaliyetler kümesine proje adı verilmektedir.

Günümüzün refahını oluşturan bütün sanayi üretim araçları, binalar, bütün mamuller, etrafımızda gördüğümüz her şey çeşitli projelerin ürünleridir. Bir projenin amacı bir fayda sağlamak, bir ihtiyacı gidermek ve bir probleme çözüm bulmaktır.

Proje, başlama ve bitişi açıkça tanımlanmış aktivitelerle bütçe ve zaman kısıtı altında iyi tanımlanmış hedef ve amaçlara ulaşma eylemidir (Sakar, 2007).

Proje, yeni bir ürün, yeni bir bina, tesis, yeni bir sistem veya spesifik bazı sonuçların elde edilmesi için gerçekleştirilmesi gereken toplam süreçtir. Bu süreç, belirli bir ekip tarafından, belirli bir başlangıç ve bitiş süresinde, belirlenmiş hedefler doğrultusunda, kaynak kullanılarak, gerçekleştirilen faaliyetler bütünüdür.

Proje, tek ve ortak bir amaca ulaşmak için üzerinde uzlaşmış, zaman, maliyet ve kalite kısıtlarından etkilenen; risk, insan kaynakları, iletişim ve dağıtım bileşenlerini içeren bir prosestir (Steinford, 2007).

Proje, öngörülen hedeflere belirli bir süre içerisinde ulaşmak amacıyla yönelik olarak insan ve maddi kaynakları planlı bir çalışma içerisinde bir araya getiren ve kendi içerisinde bir bütünlük taşıyan yatırım ve etkinlikler bütünüdür (Balaban, 2007).

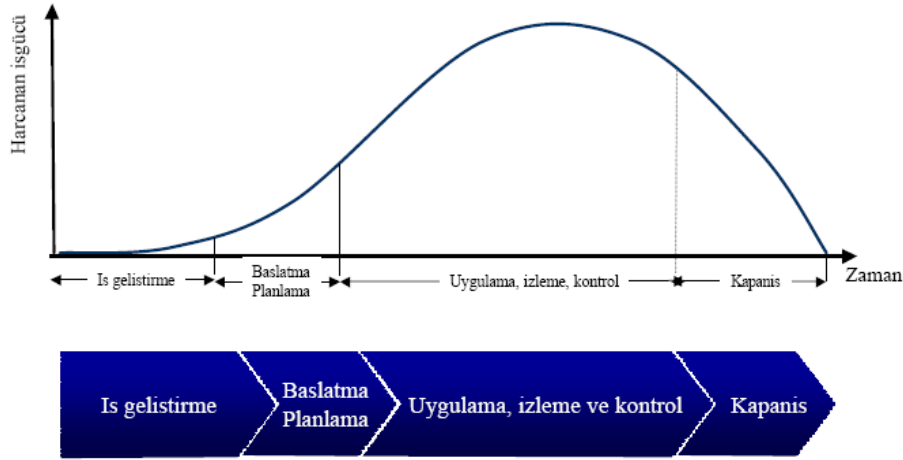
Bir projede, insan ve insan dışı kaynaklar, başlangıcı ve sonu belirli bir amaç için bir organizasyon çerçevesinde bir araya getirilir. Proje sonunda ise bu kaynaklar başka yerlere tahsis edilir (Wermter, 1996).

Projelerin özellikleri:

- Bir ihtiyaçtan doğmalı ve bu ihtiyacı karşılamayı hedeflemelidir. Problemler hedeflere, hedefler faaliyetlere dönüştürülür.
- İlgili tarafları net bir şekilde belirlenmiş olmalıdır. İlgili taraflar projenin içinde bulunduğu çevre, ürünün/hizmetin sunulduğu kitle, kamu otoritesi, finansman kuruluşları ve çevresel koşullarından oluşmaktadır.
- Proje mekânı belirli olmalıdır.
- Belirli kaynakları tüketmeli ve sonucunda belirli çıktıları sağlamalıdır.
- Hedeflere ulaşmak için yapılması gerekli her faaliyet ve bu faaliyetlerin nasıl bir sıralama ile gerçekleştirileceğinin ayrıntıları belirlenmiş olmalıdır.
- Projeler tekrarlanmazlar, bir kerelik veya bir adet yapırlar. Örneğin yeni ürün geliştirme bir proje kapsamına girerken ürünlerin seri üretimi bu kapsamda değildir.
- Proje belli bir amaç için yapılır ve amaca ulaşıldığında proje sona erer. Amacın gerçekçi, ölçülebilir ve somut olması gerekir.
- Projeler belirli bir süresi olan çalışmalardır.
- Her proje kendine özgüdür.
- Projeler koşullarda oluşabilecek değişikliklere duyarlı süreçlerdir.
- Projeler ekip anlayışı esasına göre kurulmuş bir örgüt yapısındadırlar.
- Projeler yenilik getiren çalışmalardır.

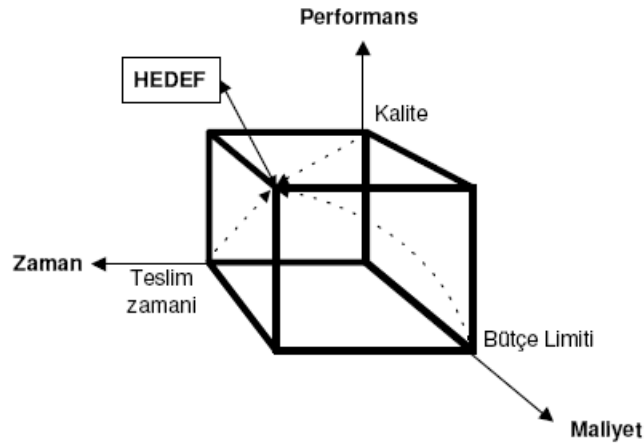
Proje, zaman ekseni üzerinde iki nokta arasında tanımlanmaktadır. İki nokta arasında geçen zamana projenin ömrü (project life cycle) denmektedir (Kandiller, 2005). Bir projenin ömrü

insan ömrü gibi değişik aşamalardan oluşur. Şekil 2.1’de bir projenin yaşam döngüsü görülmektedir.



Şekil 2.1 Proje yaşam döngüsü (Baktır, 2007)

Proje hareket alanı üç boyutlu olarak Şekil 2.2’deki gibi tanımlanmıştır. Birinci boyutu zaman eksenini olup, projenin belirli bir sürede tamamlanması gerektiğinden, hareket alanı sıfırla proje süresi arasındadır. Tüm kaynaklar maliyet kalemi olarak ifade edebileceğinden, hareket uzayının ikinci boyutu hem maliyet hem de kaynak boyutudur. Bütçe limiti hareket alanının bu boyutunu sınırlar. Hareket uzayının üçüncü boyutu ise proje speklerini de içeren kalite eksenini tarafından tanımlanır. Yapılan işlerin minimum kabul edilebilir standartları olduğu gibi, teknolojik olarak mümkün olan üst tolerans limitleri vardır. Bir projenin gerçekleştirilebilir hedef, süre ve bütçe kısıtlarına uyularak en yüksek kalitede iş çıkarmaktır.



Şekil 2.2 Proje yönetimi hareket alanı (Kandiller, 2005)

Proje ile ilgili başlıca dört adet değişken tanımlanmıştır;

1. Performans: Projenin amaçları ne ölçüde ve ne nitelikte gerçekleştirdiğinin bir ölçüsüdür.
2. Maliyet: Maliyet fiyat ile karıştırılmamalıdır. Fiyatlandırma bir şirket politikasıdır. Maliyette önemli olan ürünün ne kadar harcama yapılarak üretilebileceğinin hesaplanmasıdır. Faaliyet ayrılmış iş yapısı, kaynak verileri, faaliyet süresi tahminleri, tecrübe ve hesap grafikleri kaynak alınır. Sektörel alanlarda yıllık olarak çıkarılan birim fiyat katalogları da önemli maliyet hesabı kaynaklarıdır.
3. Çizelge veya Zaman: Projenin ne zaman tamamlanacağı ve hangi faaliyetlerin ne zaman yapılacağını belirtir.
4. Proje Ölçeği veya Büyüklüğü: Proje büyüklüğü, önceden tespit edilememiş, gözden kaçmış bazı gereksinimler planlama safhasında proje ayrıntılarıyla belirlenmeli ve müşteriyle veya projeyi isteyen kişilerle bu büyüklüğün sınırları belirlenmelidir.

2.2 Projenin Başarısına Etki Eden Faktörler

Proje yönetiminde bir dizi görev aynı anda yapılacaktır. Bütün düzeylerde kaynak kullanımı, çizelge ayarlama, bütçeleme, organizasyonel iletişim, teknik problemler ve insan ilişkilerini ilgilendiren kararlar verilecektir. Stratejik, taktik, operasyonel temel konular belirlenmeli ve proje yöneticisinin kritik olanların üzerine odaklanması için işlere öncelikler atanmalıdır.

Projenin başarısına en fazla etki yapan 10 faktörü şu şekilde belirlemişlerdir (Cleland ve King, 1983).

- Proje amaç ve hedefleri: Proje amaçlarının iyi tanımlanmış ve anlaşılabilir olması planlama ve uygulamanın temelini oluşturur. Hedefleri ve değerlendirmede kullanılan performans ölçülerini anlamak çabaların koordinasyonu ve organizasyonun desteğini temin etmek için şarttır. Proje ömrünün kavramsal tasarım safhasından itibaren proje ile ulaşılmak istenen yer, misyon, tanımlanmalı ve takım üyelerine, taşeron ve diğer katılımcılara anlatılmalıdır.

- Üst Yönetimin Desteği: İşletme içinde mevcut kaynakları kullanmak için daima bir rekabet vardır. Proje sürecinde var olan yüksek belirsizlik oranı projeyi bu yarışın dışında bırakabilir. Üst yönetimin projeye katılımı, projenin amaç ve önemini anlamalarına yardımcı olur. Bu yüzden, proje yönetimi ve üst yönetim arasındaki devamlı, sıkı iletişim projenin başarısı için şarttır.
- Proje Planlaması: Proje amaç, hedef ve performans ölçülerinin çalışabilir bir plana dönüştürülmesidir. Projenin bütün yönlerini -teknik, finansal, çizelgelemeye, iletişime ve kontrole ait-, kapsayan ayrıntılı bir plan projenin uygulanmasının temelidir. Planlama icra sürecinin başlamasıyla son bulmaz çünkü uygulama sırasında meydana gelen sapmalar bir dönemden diğerine yeniden planlamayı ve güncelleştirmeyi gerekli kılar. Planlama, değişen hedefleri ve performansı sonuçlarla ilişkilendiren dinamik ve devamlı bir süreçtir.
- Müşteriye Danışma: Projenin son kullanıcısı, başarısının gerçek yargıcısıdır. Teknik spesifikasyonlara uygun, zamanında ve bütçe içinde tamamlanmış bir proje fakat kullanılmayan pek çok proje vardır. Projenin kavramsal planlama safhasında, amacı belirlemek ve hedefleri tespit etmek için müşterinin istekleri temel alınır. Daha sonraki safhalarda da müşteriye danışmak, hedefleri performansa çevirme sürecinde yapılan hataları azaltacaktır. Değişen ihtiyaç ve koşullara bağlı olarak, müşterinin isteklerini belirten amaç bildirgesi planlama ve uygulama safhalarında geçerliliğini sürdürmeyebilir.
- Personel ile ilgili konular: Teknik hedeflere, çizelge ve bütçe kısıtlarını ihlal etmeden, müşterinin de tatminini sağlayarak ulaşmak komple bir başarıdır. Eğer takım üyelerinin kendi aralarında, takım üyeleri ile müşteri arasında, takım üyeleri ile şirketteki diğer personel arasındaki ilişkiler zayıf ve moraller düşükse projenin başarısı kuşkulu olur. İyi motive olmuş, projeye bağlı takım üyeleri ve müşterilerle iyi ilişkiler proje başarısının anahtarlarıdır.
- Teknik Konular: Projenin teknik yönlerini anlamak ve takım üyelerinin gerekli yeteneklere sahip olduklarından emin olmak proje yöneticisinin sorumluluklarındandır. Uygun olmayan teknolojiler ve teknik yetersizlikler, maliyetler, çizelge, gerçekleşen performansı ve moral başta olmak üzere projenin bütün yönlerini olumsuz etkileyebilir.

- Müşteri Kabulü: Proje ömrü süresince devamlı olarak müşteriye danışmak, kullanıcı kabulüne bağlı başarı olasılığını arttırır. Projenin sonlarına doğru müşteri projenin sonuçlarını yargılar ve kabul edilir olup olmadığını belirler. Bu aşamada reddedilen proje bir başarısızlık olarak kabul edilmelidir.
- Proje Kontrolü: Gerçekleşen ilerlemeyle ilgili sürekli bilgi akışının olması proje yöneticisinin belirsizliklerle baş edebilmesini sağlayacak bir geri-besleme mekanizmasıdır. Gerçekleşen ilerlemeyi planla karşılaştırmakla sapmalar belirlenir, problemler önceden tespit edilir ve düzeltici hareketler yapılabilir. Çizelge ve teknik alanlarda umulandan az bir başarı ve maliyetlerdeki sapmaların erkenden tespit edilmesi, yöneticilere önemli konular üzerinde odaklanma imkânı verir. Planlar güncelleştirilebilir veya projeyi çizelge içinde tutmak için kısmi olarak değiştirilebilirler.
- İletişim: Her bir proje safhasında katılanlar arasındaki iyi bir koordinasyon kurulması sürekli bir bilgi değişimini gerektirir. Otorite hatları eğer iyi tanımlanmışsa, proje takımı içindeki ve organizasyonun diğer kısımları ile ve müşteri ile ilişkiler daha kolay olur. Projenin organizasyonel yapısı iletişim kanallarını ve kimin kime bilgi aktarmakla yükümlü olduğunu belirlemelidir. Buna ek olarak bu bilgilerin ne sıklıkla üretileceği ve aktarılacağını da göstermelidir. Resmi, yazılı iletişim kanalları, olumlu çalışma ortamı neticesi ortaya çıkan gayri resmi iletişim kanalları ile birlikte projenin başarısına olumlu katkı yapar.
- Problem giderme: Kontrol sistemi problemleri tanımlamak ve eğer mümkünse izini organizasyonun içlerine kadar takip etmek için tasarlanır. Belirsizlik her zaman mevcut olduğundan elde bir acil durum, hatta felâket planının bulunması yerinde olur. Problemlerin çözümü için önceden hazırlanmış planların ve prosedürlerin bulunması, problemler gerçekten ortaya çıktığında onları çözmek için harcanacak çabayı azaltacaktır.

3. PROJE YÖNETİMİ KAVRAMI

3.1 Proje Yönetimi Kavramı

Proje yönetimi, proje faaliyetlerinin proje hedeflerine ulaşmak için planlanması, çizelgelenmesi ve kontrolüdür. Bu faaliyetler gerçekleştirilirken performans, maliyet, zaman sınırlamaları içinde kalmak ve proje büyüklüğünün kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutulması zorunlulukları vardır.

Proje yönetimi, işletme ya da yönetim bilimleri başlığı altında incelenen insan gücü, sermaye, zaman, üretim süreçleri ve örgütlenme gibi birçok bileşenin birlikte ele alındığı planlama ve uygulamaya yönelik bir disiplindir.

Proje Yönetiminin amacı, mevcut durumdan ders alarak gelecekte daha iyi performans sağlamanın ortaya konulmasıdır. Bu amacı gerçekleştirmek için değerlendirme sonucunda belirlenen temel sorunların ele alınması gerekir. Başka bir deyişle, başarısızlığın temelinde yatan başlıca zayıflıkların ortadan kaldırılmasına çalışılmaktadır. Daha iyi bir performans ancak başarılı bir proje yönetimi ile sağlanır.

Proje yönetiminin son yıllarda yaygınlaşmasının nedenleri;

- Firmalarda çalışan insan kaynağında azalma olmasına rağmen ortaya çıkarılan işlerin niteliğinde ve kalitesindeki artış
- Projelerin daha kapsamlı olmaya başlaması
- Küreselleşmenin getirdiği rekabet ortamı
- İletişimin kolaylaşması
- Müşterilerin etkisi
- Çok uluslu iş yapma olanaklarındaki artış ve gelişmeleri merkezden düzenli olarak izleyebilme ve gerekirse müdahale edebilme isteği

3.2 Proje Yönetiminin Özellikleri

1. Her proje, belirlenen maliyet çerçevesinde ve belirlenen süre içerisinde ileri teknoloji kullanarak gerçekleştirilmektedir.
2. Her proje, bir defada; belirli bir zaman diliminde, genellikle farklı kişilerden oluşan bir ekiple, gerçekleştirilmekte olduğundan birbirinden farklı özellikler taşımaktadır ve tektir.
3. Her proje, insan, malzeme, zaman, para, enformasyon teknolojisi, kaynakların kullanımını içermektedir.
4. Her proje, bir organizasyon sistemi içerisinde çalışmayı gerektirir.

3.3 Proje Yönetimi Avantajları Ve Dezavantajları

Proje yönetiminin avantajları şunlardır (Baktır, 2007);

- Daha iyi kontrol sağlar.
- Daha iyi müşteri ilişkileri sağlar.
- Proje geliştirme zamanının kısaltılmasına olanak verir.
- Maliyetleri azaltılır.
- Yüksek kalite ve güvenilirlik sağlar.
- Yüksek kar payları sağlar.
- Hızla sonuç elde etmeye yöneltir.
- Bölümler arası/disiplinler arası daha iyi kontrol oluşturur.

Proje yönetiminin dezavantajları ise aşağıdaki gibi özetlenebilir (Baktır, 2007);

- Karmaşık organizasyonlardır.
- Kuruluş politikalarının bozulma eğilimi vardır.
- Yönetim güçlüğü sorunu ile karşılaşılır.
- Personel kullanımı zorluğu söz konusudur.

4. PROJE ORGANİZASYON VE YÖNETİM YAPILARI

4.1 Proje Organizasyonu ve Yönetim Yapıları

Bir proje organizasyonunun proje yönetimi ile yapılandırılması; Projelerin istenilen performans ve teknolojik düzeyde, zamanında bütçe sınırları içinde, başarılı tamamlanabilmesi için kaynakların etkili olarak kullanılmasını sağlar. Proje yönetimi organizasyon yapısı, çok bölümlü organizasyon yapısının birçok özelliklerini içerir. (Donald S.Barrie ve diğ., 1992).

Proje organizasyonunu gerektiren başlıca nedenler:

1. İşlerin arzulan hedeflere uygun olarak yürütülmesi,
2. Rasyonel bir karar verme sistemi oluşturulması,
3. Sağlıklı bir bilgi akış sistemi oluşturulması,
4. Karar prosesine katılanlar arasındaki koordinasyonun sağlanması
5. Görev ve yetkilerin belirlenmesi
6. Teknik birimler ile proje bölümü arasındaki işbirliğinin sağlanması
7. Proje ortaya çıkabilecek uzlaşmazlıkların ortak görüşle çözümlenmesi, öncelikler üzerinde ortak fikir birliğine varılması

olarak belirtilebilir.(Ulukan, 1992)

4.2 Proje Yönetim Yapıları

Projeler yıllarca bir proje yöneticisi olmadan yürütülmüştür. Proje mühendisi projeyi tasarım aşamasından başlatır ve bölüm müdürü proje amaçlarına ulaşmak için gerekli koordinasyonu sağlayarak proje yöneticisi görevini yerine getirirdi. Günümüzde projeler çok karmaşık ve uzun sürelidir; yapımı birçok özel beceri ve deneyim gerektirir; bu sebeple projeleri geçmişteki gibi yönetmek mümkün değildir.

Proje yönetimini organize etmek, birçok projenin tekil olması nedeniyle esneklik ister. Projenin kapsamı ve karmaşıklığı, zamanlama, coğrafik konum, sözleşme şartları, finansal düzenlemeler vb. proje yönetimi organizasyonunu etkileyen hususlardır. Proje yönetimi

organizasyon yapısı, proje amaçlarına erişilebilmesi için şirket olanaklarının entegrasyonunu sağlayabilecek biçimde olmalıdır.

Proje organizasyonu, bir görevin, belirli bir zamanda belirli bir maliyetle, sözleşme hükümlerine uygun bir şekilde yapılmasını amaçlar; sonunda proje yöneticileri işlerinin biteceğini bilirler.

Üst yönetim, çeşitli fonksiyonel uzman grupları ve proje organizasyon gruplarının işlerini koordine, entegre ve kontrol etmek için bir proje yönetimi yetki yapısına karar vermelidir.

Yetkilendirme sistemi ve etkinlik, liderlik etme başarısına bağlıdır. Burada göz önünde bulundurulması gereken başlıca noktalar şunlardır:

1. Sözleşme koşulları
2. Proje boyutları ve süresi
3. Organizasyon tecrübesi
4. Kullanılabilir kaynaklar
5. Projenin özelliği
6. Finansal belirsizlikler
7. Alınabilecek proje sayısı

Kurulacak yetki yapısı, proje müdürüne verilecek yetki ve proje organizasyonu ile doğrudan ilgilidir; proje yöneticisine verilecek yetkinin çok az olduğu veya hiç olmadığı tam fonksiyonel yapıdan, bütün proje çalışanlarının ve kaynakların kontrolünde tam yetkili olduğu tam proje yapısına kadar değişebilir.

Yapı projelerini ve tasarımı, organizasyonel yaklaşım olarak düşündüğümüzde; başlıca kavramlar; fonksiyonel yapı, proje yapısı ve matris organizasyon yapısıdır. (Donald S.Barrie ve diğ., 1992).

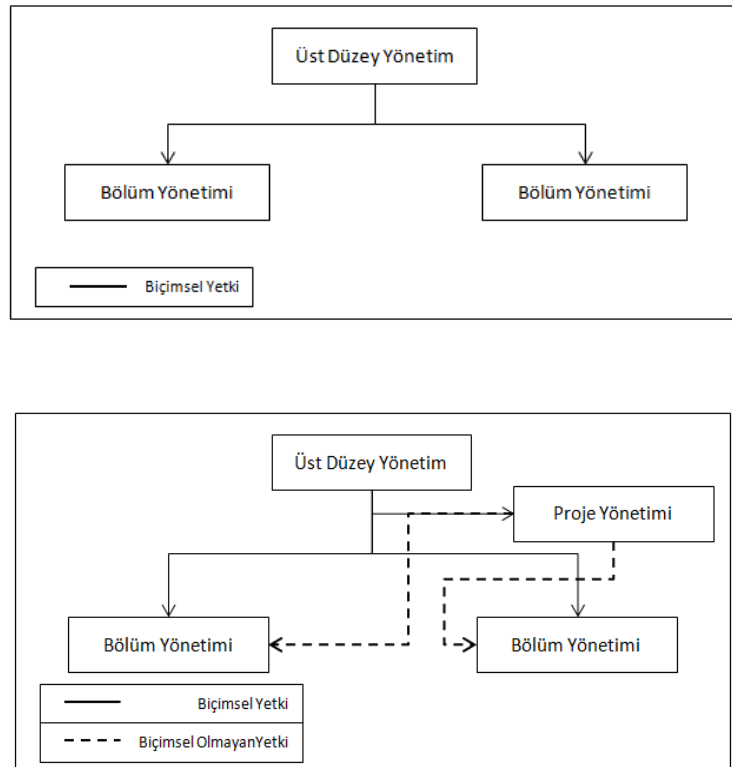
Uygun organizasyon şeklinin belirlenmesinde şu prosedürler takip edilir:

1. Projenin amaçlarının ve projeden beklenen ana sonuçların tanımlanması
2. Her bir amaca ulaşmak için yapılması gereken işlerin belirlenmesi ve bu işler için kuruluş içerisinde katkısına ihtiyaç duyulacak ünitelerin belirlenmesi
3. Projedeki kritik işlerin sınıflandırılması ve alt iş gruplarına ayrılması

4. Alt iş gruplarının yürütülmesi için oluşturulması gereken proje alt gruplarının belirlenmesi
5. Projenin özelliklerinin ve yapılan kabullerin belirlenmesi(ihtiyaç duyulan teknoloji, projenin büyüklüğü, personel ihtiyacı, muhtemel problemler vb...)
6. Organizasyon şekillerinin avantaj ve dezavantajlarını dikkate alarak uygun seçimin yapılması.

4.2.1 Fonksiyonel Yapı

Fonksiyonel yapı, basit ve küçük projelerde kullanılır ve şirketi mevcut fonksiyonel organizasyonunu en az bozar. Proje yönetim organizasyonu yoktur, ana fonksiyonel bölümlerin birinden bir proje yöneticisi atanır. İşleri koordine edecek proje yöneticisinin, gerekli işlerin fonksiyonel gruplarda yapılmasını sağlayabilecek ölçüde sınırlı yetkisi vardır. Koordinasyon fonksiyonuna yardımcı olmak için proje yöneticisine az sayıda eleman verilebilir veya bu proje için kurulan ekibin başı Şekil 4.1'deki gibi atanabilir.



Şekil 4.1 Biçimsel ve biçimsel olmayan örgüt yapıları

Fonksiyonel yapıda iki farklı durum sözkonusudur. İlk durumda, proje yöneticisi, proje gelişmesi ve durumu konusunda bağlı olduğu üst düzey yöneticiye sürekli bilgi verir. Proje görevlerinin yerine getirilmesinde proje yöneticisi, bölüm yöneticileri proje programı içinde ve maliyet kısıtlamaları ile çalışmaya ikna etmelidir. Bu çalışma düzeninde, proje yöneticisinin fonksiyonel bölümler üzerinde yetkisi olmadığından proje amaçlarında ve araterminlerde başarı sağlamak güç olabilir. Bu sebeple kişiler arası ilişki becerisi ve teknik yetenek gerekmektedir. İkinci durumda, proje yöneticisine bölüm yöneticisinin kararlarını bir ölçüde etkileyebilme yetkisi verilir. Bu etkileme zorunlu danışmandan yetki paylaşmasına kadar gidebilir. Yetkinin paylaşılması, ikili yetki ilişkilerinde deneyimli olmayan organizasyon yapılarında sorun çıkarabilir.

4.2.2 Proje Yapısı

Tam proje yapısında proje yöneticisinin şirketin genel politikası sınırları içinde, projenin bütünü üzerinde tam kontrolü vardır. Tam proje yetki yapısı pratikte çok kullanılmaz çünkü böyle bir düzenlemenin sakıncaları genellikle yararlarından fazladır. Sakıncaları azaltmak için kısmi proje yetki yapısı kullanılabilir. Bu düzenlemede proje için kritik önemi olan fonksiyonlar proje yöneticisine görev olarak verilir. Projeye ilişkin çeşitli destek hizmetleri fonksiyonel bölümler tarafından yerine getirilir. Bu düzenleme bölüm yöneticilerine kaynak ve personel tahsis ederek destek fonksiyonlarında randımanı maksimize etmeyi amaçlar. Bu, bölüm yetkilisinin projeye ilişkin olan ve olmayan eylemlere, şirket politikası ve düzeni sınırları içinde, öncelik verebileceği anlamına gelmektedir.

4.2.3 Matris Yapı

Matris organizasyon yapısında geleneksel organizasyon yapılarından farklı olarak davranış becerilerinin ve yapısal düzenlerin kullanılması gerekir. Matris yapı yaklaşımı ile projeleri yürütmek kuvvetli fonksiyonel gruplar ve proje/alt-proje grupları gerektirir.

Matris yapı tam fonksiyonel ve tam proje yetki yapılarının yararlarını birleştirir. Matris yapının en önemli özelliği çoklu-komuta sistemi ile karakterize edilmesidir. Bu yönetim tekniği şirketin kendi insan yatırımından daha iyi yararlanmasını sağlar ve şirketin rekabet edebilecek bir durumda kalmasına yardımcı olur.

Matris yapı, kendine ait bir proje yönetim ekibi kullanıp insan kaynaklarını ve teknik standartları fonksiyonel gruplarla kontrol ederek etkin bir proje yapımı sağladığından proje yönlendirmede daha etkindir. Proje ekibi, proje işlerinden sorumludur; standart gereçler ve şartnameler konularında destek veren fonksiyonel organizasyonlardan teknik destek ve yönlendirme alır.

Matris organizasyonlar proje yöneticisine formel yetki vermekte ve böylece organizasyonda mevcut dikey yetki yapısına yatay bir yetki hattı eklemektedir (Efil, 2006).

Matris yapıda alışlagelmiş dikey ve yatay ilişkilerin yanında uzman danışmanlara da yer verilir. Bu sistemin karakteristiklerini şöyle sıralayabiliriz:

1. Büyük esneklik ve girişimcilik mevcuttur.
2. Dış kuruluşlarla hizmet alışverişi yaygındır.
3. Kaynak paylaşımı sebebiyle iletişim becerisi artar.
4. Ortak karar verme ön plandadır.
5. Hizmeti verecek ve alacak olanlar sürekli iletişim halindedir.

Matris yetki yapısında, özellikle ikili-yetki sistemi şirkette yeni işe, birçok sorunla karşılaşılır. Birçok şirkette değişme ve yeni şartlara uyma geleneği yoktur. Bölüm yöneticileri genellikle açık ve esnek değildir; heyecan duymazlar. Çoğu kez bunu kendi statü ve yetkilerine karşı bir tehlike olarak görmektedirler. Şirketin ana bölümleri arasında büyük bir takım çalışması ortaya çıkması azdır. Sorumluluklar fonksiyonel ve proje çizgileri ile kesiştiğinden ekip elemanları iki yöneticiye hizmet eder; çatışma başlar. Ara yüz sorumlulukları sorunlarını ortadan kaldırmak için kilit proje ekibi elemanları ile fonksiyonel yöneticiler arasında sorumluluk ara yüzlerini iyi tanımlamak gerekir.

Matris organizasyon yapısı ile proje yönetimi kavramını başlatırken bir diğer sorun, proje yönetimi felsefesi ve politikası ile anlayış ve uyumun olmamasıdır. Bu sebeple proje yöneticisi el kitabı hazırlamak gerekir. El kitabının esas amacı proje yönetim felsefesini tanımlamak ve proje yöneticilerine sorumluluklarını tanımlayan başvurabilecekleri bir belge vermektir. El kitabı, eğitim için bir gereç olmasının yanı sıra, bütün işlerde üniform bir proje yönetimi yaklaşımı oluşmasına yardımcı olur.

Matris organizasyon yapısının avantajları aşağıdaki gibidir;

1. Odak noktası projedir. Yonetimden bir birey, Proje yöneticisi, sorumludur.
2. Proje, işlevsel bölümler üzerine kurulduğu için projenin tüm alanlarda teknolojiye erişim imkanı olur
3. Proje tamamlandığında ne olacağı hakkında daha az endişe vardır.
4. Müşteri ihtiyaçlarının karşılanması proje organizasyonunda olduğu kadar hızlıdır.
5. Şirketin idari birimlerinden temsilcilere ulaşma imkanı sağlar.
6. Hedeflere ulaşmak için şirket çapında daha dengeli kaynak kullanımını sağlar
7. Projenin matris kapsamında organize edilmesinde oldukça esnektir

Matris organizasyon yapısının dezavantajları aşağıdaki gibidir;

1. Dezavantajların çoğu işlevsel yöneticiler ve proje yöneticisi arasındaki uyumsuzluklarla ilgilidir.
2. Proje ve işlevsel alanlardaki güç dengesi oldukça hassastır.
3. Kaynakların projeden projeye aktarılması politik çatışmalara sebep olabilir.
4. Projenin sonlandırılmasıyla ilgili sorunlar proje yönetiminde olduğu kadar ciddi olabilir.
5. Yetki ve sorumluluk paylaşımı karmaşık ve proje müdürü için çetrefillidir.
6. Yönetimdeki komuta birliği ilkesini ihlal eder.

5. PROJE YÖNETİM UYGULAMASI

5.1 Proje Yönetimi Uygulaması

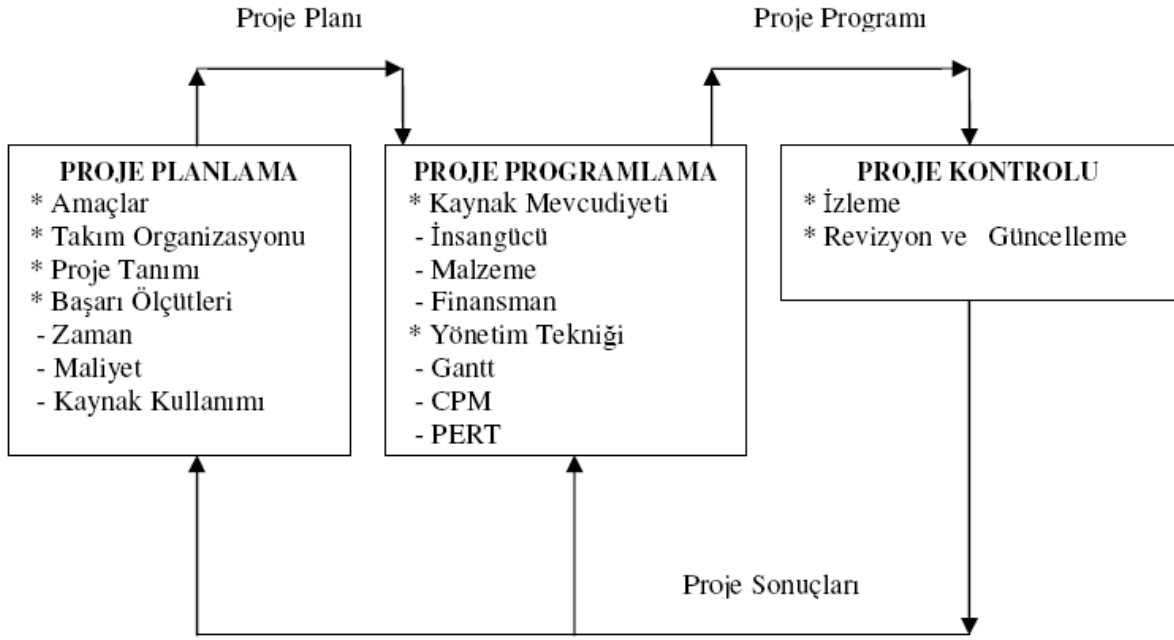
Proje yönetimi, büyük ölçekli yatırım projelerinin, uygun maliyetlerle, tespit edilen süre içinde tamamlanmasını ve projede belirlenen amaçların istenen düzeyde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Proje yönetimi, başarılı bir şekilde uygulandığı takdirde, kaynakların bosa harcanması, zaman kaybı ve maliyet artışları önlenmiş olmaktadır. Proje yönetimi, ulaşılmak istenen belli bir sonucu elde etmek için kullanılan maddi ve beseri kaynakların ortak faaliyetlerini planlama, programlama, yürütme ve denetleme çalışmalarıdır.

Projelerin başarılı bir şekilde yürütülmesi için uygun teknoloji kullanımı ve gerekli kaynakların tahsisinden baska, etkin ve başarılı bir proje yönetiminin de gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Bu noktada projelerin yönetim açısından önem taşıyan özellikleri şöyle ifade edilebilir: (Barutçugil, 1984)

- Projeler belirli bir bütçe ve belirli bir zaman içerisinde istenen amaca ulaşmayı hedeflerler.
- Proje ilerledikçe, projenin plan ve programında birtakım değişiklikler gerekebilir. Her aşamada faaliyetlerin gereksinim duyduğu (hammadde, işgücü vb.) kaynakların harcama hızı değişebilir. Bu nedenle proje yönetimi esnek bir yapıya sahip olmalıdır.
- Proje hızlandırma çalışmalarının maliyeti, sonuca yaklaştıkça daha çok artmaktadır. İstenilen zaman tasarrufunu gerçekleştirmek için uygulanması gereken hızlandırma işleminin maliyeti, projenin ilerleyen aşamalarında daha pahalıya mal olduğundan, tüm aşamalarda bütünleşmiş bir kontrol sisteminin kurulması gerekmektedir. Projedeki aşamalar birbirine bağlı olduğundan dolayı, ilk aşamada alınan kararların, daha sonraki aşamaların zaman ve maliyet faktörlerini etkilemesi söz konusu olduğundan, proje yöneticilerinin başlangıç kararlarında oldukça dikkatli davranmaları gerekmektedir.
- Projenin bitiş noktalarına doğru maliyet, zaman ve teknik koşullarla ilgili belirsizlikler giderek azalır, proje tamamlandığında ise bu belirsizlik tamamen ortadan kalkar. Söz konusu

belirsizlikler, projenin birbirine bağılı aşamalarının tamamlanmasıyla giderek kaybolur. Ulaşılmak istenen hedefe olabildiğince erken ve doğru bir şekilde ulaşmayı sağlayan proje planlama ve kontrol sistemlerine ve yöntemlerine, projelerin bu özelliğinden dolayı gereksinim duyulmaktadır.



Şekil 5.1 Proje yönetim safhaları (Monks ve Schaum, 1996)

Şekil 5.1.'de gösterildiği üzere ; Projenin planlama aşaması, proje hedeflerinin belirlenmesini, bu hedefleri gerçekleştirecek takımların oluşturulmasını ve hedeflerin takibini gerçekleştirmek için gerekli başarı ölçütlerinin belirlenmesini içerir. Projenin toplam maliyeti, tamamlanma süresi ve projenin ihtiva ettiği tüm faaliyetlerin gereksinim duyduğu kaynakların tesbiti yine projenin planlama aşamasında gerçekleştirilen hususlardır.

Proje programlama aşamasında, hangi yönetim tekniğinin kullanılması gerektiğine karar verilmekte ve mevcut kaynakların ilgili faaliyetlere tayini yapılmakta ve tercih edilen teknik uyarınca, projeyi oluşturan faaliyetlerinin zaman sınırlarının tesbiti ve proje hedefleri doğrultusunda programlanması, projenin programlama aşamasının içerdiği hususlardır.

Proje kontrolü aşamasında ise, proje hedefleri ışığında ve planlama aşamasında belirlenmiş olan başarı ölçütleri de göz önünde bulundurularak projenin mevcut durumuyla planlanan

durumu karşılaştırılmakta ve hedeflerden sapmalar sözkonusu ise gerekli düzeltme ve uyarlamalar işleme alınmaktadır.

Proje yönetim sisteminin temelini oluşturan planlama, programlama ve kontrol safhaları takip eden başlıklar altında daha detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

5.2 Proje Planlama

Proje planlama, bir projenin tamamlanabilmesi için yapılması gerekli bütün faaliyetlerin neler olduğunun belirlenmesi, bu faaliyetlerin birbirleriyle olan mantıksal ilişkilerinin ve yapılabilmeleri için ihtiyaç duyulan kaynakların göz önünde bulundurularak projenin gerçekleştirilmesi için gerekli düzenin kurulması olarak ifade edilebilir.

Planlama, projenin mümkün olduğunca detaylı bir şekilde çözümlendiği aşamadır. Bu aşamada şebeke analizi için gerekli tüm girdiler ve proje planlama yönetimine baz olan bilgiler geliştirilir. Bu nedenle planlama aşamasında gerekli çalışmaların, işin yapım yöntemi, gerekli insan gücü, malzeme, makine- ekipman ve taşeronların belirlenmesi işlemleri, bu konuda deneyimli proje yöneticisi ve planlama ekibi tarafından, var olan bilgilerden yararlanılarak yapılır.

Planlama aşamasının gerektirdiği işler tamamlandığında projeyle ilgili ayrıntılar ve olası sorunlar hakkında ön bilgi edinilmiş olur. Proje yöneticisi bu aşamada yapım yöntemine karar verir; matematik modeli geliştirir ve kâğıt üzerine çizerek anlatır. Verilerin bir kısmını oluşturan proje şebekesi ve eylem zaman tahminleri son derece önemlidir.

Planlama, proje süresi boyunca yalnızca birkere yapılan ve proje sonuna kadar hiç değişikliğe uğramadan uygulanan bir nitelikte değildir. Proje planı, proje süresince yapılan kontroller sonucunda elde edilen bilgiler ve değişen dış etkenler uyarınca, devamlı olarak değerlendirme, gözden geçirme ve yenilenme süreçleri içerisinde bulunur. Böylece plan, zamanla uygulanamaz bir nitelik kazanmak yerine, sürekli güncellenerek proje tamamlanana kadar uygulanabilirliğini korur.

Planlama sürecinde izlenmesi gereken aşamalar şöyle ifade edilebilir: (Waters ve Donald, 1994)

- Projenin tanımlanması: Öncelikle proje tanımlanarak, unsurlarına ayrılır. Görev ve sorumluluklar belirlenerek, faaliyetlerin birbirleriyle ve bütün projeye olan ilişkisi ortaya konur.
- Faaliyetler ile faaliyetlerin yürütülmesi için gerekli kaynakların karşılaştırılması: Burada faaliyetin yapılması için gereken maddi ve beşeri kaynaklar sağlanarak, proje ekibi oluşturulur.
- Şebeke diyagramının hazırlanması: Bu diyagram olaylar arasındaki mantıksal sıraya göre oluşturulur. Şebeke diyagramı sayesinde, projenin bitirilebileceği en erken süre ve kritik faaliyetler belirlenir.
- Kaynakların görevlere dağıtılması: Her bir görevin gereksinim duyduğu kaynaklar belirlenerek, mevcut kaynaklar bu belirlemeye göre dağıtılır. Ayrıca bu aşamada ana görev ve unsurlarının maliyet tahminleri yapılmalıdır.

5.3 Proje Programlama

Proje programlama; projenin şebeke biçiminde ortaya konulup her faaliyetin en erken ve en geç başlama ve tamamlanma zamanlarının bu şebeke üzerinde gösterilmesini içerir. Bu şekilde projenin zamanında bitirilebilmesi için dikkatle takibi gereken ve zaman açısından kritik olan faaliyetlerin tanımlamaları yapılır. Ayrıca kritik olmayan faaliyetlerin sahip oldukları boş zamanların tespiti , sınırlı kaynakların, mümkün olduğu kadar projenin daha kritik olan işlemlerine dağıtılabilmesi imkanı sağlar.

Proje programlama, kaynak gereksiniminin ve tahmin edilen süre içinde projenin gidişatının (ilerlemesinin) programlanmasıdır. Programlama aşamasında her faaliyetin başlama ve bitiş zamanını gösteren bir zaman diyagramı hazırlanır. Proje programı, proje açısından tamamlanması kritik faaliyetleri göstererek, faaliyetlerin gecikme miktarı veya serbestlik süresi hakkında bir fikir vermelidir. (Monks ve Schaum,1996)

Programlama aşamasında, projenin hedeflenen süre içerisinde bitirebilmenin mümkün olup olmadığı belirlenebilir ve proje programının ön gördüğü tamamlanma süresinin kısaltılması

ihtiyacı doğduğu zaman, hangi faaliyetlere hızlandırma işlemi uygulanması gerektiği ve bu işlemi gerçekleştirmenin maliyeti tesbit edilebilir.

Proje programının sağladığı avantajlar şöyle ifade edilebilir

- Tüm projeyi ve birbirleriyle ilişkili faaliyetleri koordine eder.
- Tüm faaliyetlerin mantıklı bir biçimde planlanmasını sağlayarak faaliyetlerin organize edilmesini kolaylaştırır.
- Öncelik ilişkilerini ve özellikle kritik olan faaliyetlerin sırasını tanımlar.
- Gerçek değerlerle karşılaştırma yapabilmek için projenin tamamlanma süresinin (veya maliyetinin) tahminiyle ve bu konudaki standartlarla ilgili bilgileri sağlar.
- İnsan gücü, malzeme ve mali alanda yer değiştirebilecek kaynakları tanımlayarak, kaynakların daha iyi kullanılmasını sağlar.

Programlama, mevcut kapasite ve olanakların göz önünde bulundurularak, faaliyetlerin tamamlanma sürelerini hesaplayabilecek bir işlemler kümesini gerektirir ve bu aşamada önceden tecrübe edilmiş benzer projelerin kayıtlarından yararlanılabilir. Proje yöneticisi her faaliyetin en kısa zamanda tamamlanabilmesi hedefi ile hareket eder. Projenin büyüklüğüne göre, bazen yüzlerce hedefin birleştirilerek, mevcut ve kısıtlı olanaklarla faaliyetlerin tamamlanma sürecinin programlanması bilgili ve titiz bir çalışmayı gerektirir.

Projenin programlama aşaması tamamlandıktan sonra, projenin kritik yolu üzerinde önemle durulması gereken bir nitelik kazanır. Proje yöneticisinin projeyi olası en kısa sürede ve en düşük maliyetle tamamlayabilmesi için kritik yolun üzerindeki faaliyetlere hızlandırma işlemi uygulanması ve projenin tamamlanma süresinin hedef süreye uygun şekilde ayarlanması gerekir.

Programlama, her faaliyetin yalnızca ne zaman tamamlanması gerektiğini göstermez, aynı zamanda 'bosluk zaman' ları da göz önüne alarak, bir faaliyetin 'en erken başlama', 'en geç

başlama", 'en erken bitirme', 'en geç bitirme' tarihlerini de belirtir. Böylece var olan insan gücü ve kaynaklardan birlikte yararlanacak faaliyetler arasında sıralamalar yapmak suretiyle, sınırlı insan gücü ve kaynaklardan en çok faydalanma gerçekleştirilmiş olur.

Bir proje programı şu unsurlar hakkında bilgi vermelidir.(Jensen ve Christian., 1994)

- Proje aşamalarının ayrıntıları
- Faaliyet sayısı
- Faaliyet süreleriyle ilgili minimum ve maksimum tahminler
- Hedef süreyle ilgili kısıtlamalar ve mantıksal ilişkiler
- Kaynak ve maliyet kısıtlamaları
- İyileştirme yöntemleri

Programlama aşamasının en son amacı, her bir faaliyet için başlama ve bitiş zamanını gösteren bir zaman diyagramı hazırlamaktır; bu diyagram belirlenen faaliyetin, projenin diğer faaliyetleriyle olan ilişkisini de gösterir. (Halaç, 1983)

5.4 Proje Kontrolü

Proje kontrol safhası, projenin uygulanması sürecinde proje planına uygun hareket edilmesine ve planda öngörülme durumlarına uyum sağlanmasına imkan tanıyan işlemleri içerir. Yapılan gözlemler sonucu gerçekleştirilmesi planlanan hedefler ile gerçekleşenler arasında bir fark tespit edilirse bunun sebepleri araştırılarak uygun bir tedbir ve düzeltici faaliyetler gündeme getirilir. Amaç planlanan ve gerçekleşen arasındaki farkı ortadan kaldırmaktır. Bunu gerçekleştirirken, eğer planlanmış olan hedef gerçekçiliğini kaybetmiş ise, yeni bir hedef belirlenir. Proje hedefi hala gerçekçi olarak kabul edilebiliyor ise bu hedef muhafaza edilir ve hedefe götüren işlemlerde uygun değişiklikler, düzenlemeler yapılır.

Bir projenin yönetiminde maliyet, çizelge ve teknik performans proje çevrimi süresince devamlı olarak kontrol edilmelidir. Proje kontrolü, yeterli planların geliştirilmesini, uygun

standartların oluşturulması ve planlanmış performansın gerçekleşenle karşılaştırılıp projenin devamlı olarak izlenmesini sağlayan bir bilişim sisteminin kurulmasını gerektirir. Bu sayede planlanmış performanstan sapmalar meydana geldiğinde düzeltici faaliyetlerin yapılması mümkün olur (Trevor, 1998).

Kendisinden sapmaların ortaya çıkacağı bir planın hazırlanması proje yönetimi felsefesinin ayrılmaz bir parçasıdır. En iyi plan yapılır ve her ayrıntısının gerçekleşeceği umut edilir ama sapmalar da olağan kabul edilir. Plandan sapmaların oluşmasının sebepleri faaliyet süreleri ve kaynak miktarlarındaki değişimler, iş gücü verim oranının düşüklüğü, beklenmeyen maliyetler ve maliyetlerin aşırı kabarması olabilir. Bundan başka ihtiyaçlar ve hedefler de dinamik değişkenlerdir, süreç içinde devamlı değişeceklerdir. Proje esnasında beklenmeyen durumlar, şirket hedeflerinin değişmesi, personel değişimi, yeni teknolojilerin ortaya çıkışı, pazara ve hukuksal statüye ait değişmelerin ortaya çıkışı orijinal planı kullanışsız hale sokacaktır. Projenin başarısı bu olağan fakat önceden kestirilemeyen olaylar meydana geldiğinde bunları hemen teşhis edilmesine ve bunları düzeltici faaliyetlerin gerçekleştirilmesiyle, planların yenilenmesine bağlıdır.

Etkin proje kontrolü pahalıdır, buna ait maliyetlerin haklı gösterilmesi için faydalarının bilinmesi gereklidir. Projenin ilk safhalarında yönetim projenin büyüklüğünün değişmesi ve yönelimi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Proje ilerledikçe bu etki azalır, değişiklikler daha maliyetli olmaya başlar. Projenin başlangıcında değişiklikler daha ucuz ve kolaydır, projenin durumu ile ilgili geri besleme zamanında ve doğru olmalıdır.

Bir proje kontrol sisteminin tasarlanıp kurulması bu sebepten dolayı proje yönetiminin en önemli parçalarındandır. Bir kontrol sisteminin temelini ulaşılmak istenen amaçlar ve bunların birbirlerine göre izafi önemleri oluşturur. Böyle her bir amaç için bir veya daha fazla performans ölçüsü geliştirilmelidir. Örneğin bir amaç da projeyi çizelge dâhilinde tutmak olabilir. Kritik faaliyetlerin başlama ve bitiş zamanlarına, kilometre taşlarına ulaşıp ulaşılmadığına ve kabul edilebilirlik testlerine dayalı olarak kurulabilir.

Bir defa performans ölçütleri seçildikten sonra, her bir faaliyetin gerçekleşme değerini gösterecek uygun bir işaret geliştirilmelidir. Uygun performans ölçütlerinin seçimi ve veri toplanması için mevcut sistemden yararlanılması yerinde olur, tam proje aşamasında yeni bir

bilgi akışı ihtiyaç kurmak hem sağlanan verilerin maliyetini yükseltir hem de birbirleriyle çelişecek verilerin ortaya çıkmasına sebep olur.

Geçmişte toplanmış veriler performansın durumunu değerlendirmede ve gelecekte ortaya çıkacak durumları tahmin etmede kullanılır. O anki verilere dayanılarak yapılan sapmalar “Eş Zamanlı Kontrol “ adını taşır. Bu çeşit kontrolde o anki performans planlanan ile karşılaştırılır. Sapmaların ciddiyetini belirtmek için kontrol limitleri belirlenir. Daha önceden belirlenmiş değerlerden daha büyük olan sapmalar düzeltici faaliyetleri tetikler. Bu çeşit kontrol İstisnalara Göre Yönetim (MBE) felsefesinden ilham alınarak geliştirilmiştir. İkinci bir kontrol çeşidi ise Eğilim Kontrolü’dür. Burada gelecek performans esas alınarak sapmalar daha oluşmadan tahmin edilip düzeltilmeye çalışılır, bunun için o zamana kadar ki performans değişimlerinin eğilimi (trendi) istatistiksel yöntemlerle hesaplanır, olası problemlerin çıkma ihtimalinin tespiti halinde düzeltici faaliyetlere girişilir (Albayrak, 2001).

Bir proje kontrol sisteminin tasarımcısı aşağıdaki sorulara cevap aramalıdır;

1. Hangi performans ölçüleri seçilecektir?
2. Performans ölçümünün o anki değerini belirlemek için hangi veriler kullanılacaktır?
3. Ham veriler nasıl toplanacaktır?
4. O andaki ve gelecekte ortaya çıkacak sapmaların belirlenmesi için veriler ne sıklıkla analiz edilecektir?
5. Bu analizin sonuçları nasıl, hangi formatta, kime ve ne sıklıkla raporlanacaktır?

Bu sorulara verilen cevaplar kontrol sisteminin veri toplama, veri işleme ve bilgi dağıtım sürecinin temelini oluşturacaktır.

6. PROJE YÖNETİMİNDE KULLANILAN TEKNİKLER

6.1 Gantt Şeması

Proje planlama ve programlama tekniklerine ilk sistematik yaklaşım I. Dünya savaşındaki askeri uygulamalardan kaynaklanan Gantt diyagramıdır. Henry L. Gantt tarafından geliştirilen ve onun adını taşıyan bu diyagram basitliğine rağmen modern üretim yönetiminin önemli öncü buluşlarından biri sayılmaktadır. Günümüzde mekanik ve elektronik gereçlerin yardımı ile çok daha verimli programlama araçları geliştirilmiştir. Fakat Gantt diyagramı, basit ve kullanışlı olması nedeni ile küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin programları için önemli bir araç olma niteliğini hala sürdürmektedir (Kobu, 1999).

Gantt Şeması, yatay ekseninde zamanın, dikey ekseninde ise faaliyetlerin gösterildiği iki boyutlu bir grafikdir. Bu bakımdan faaliyetlerin zaman içinde gelişimini izleme olanağı sağlar. Ancak Gantt şeması, faaliyetler arasındaki öncelik ilişkilerini ve projenin zamanında bitirilmesi için hangi faaliyetlerin çok önemli olduğunu göstermediğinden dolayı birtakım eksiklikleri olan bir yöntemdir.

Bir projenin alt faaliyetleri, belirli aralıklarda ve kapsayacağı süreye uygun uzunluklarda yatay çubuklar olarak çizilerek belirtilir. Bu faaliyetlerin yerine getirilen kısmı, başka bir renkte veya çizgi ile taranarak gösterilir. Böylece gerçekleşen iş ile planlanan iş kolaylıkla karşılaştırılabilir ve plandan sapmalar belirlenebilir. Ayrıca plandan sapmaların nedenleri ve diğer faaliyetlere ve projenin tümüne muhtemel etkileri de ortaya konulabilir.

Yatırım projelerinde de proje alt faaliyetleri belirlendikten ve bunların zaman içindeki başlangıç ve bitiş tarihleri planlandıktan sonra çizilerek bir Gantt Şeması, gelişmelerin izlenmesi ve her aşamada elde edilen sonuçların planlanan ile karşılaştırılması açısından yönetime önemli kolaylıklar sağlayacaktır.

Yatak olarak çizilen ve faaliyetleri gösteren çubukların gerektiğinde maliyetlerin de denetimine olanak sağlayacak biçimde orantılı kalınlıklarda çizilmesi de söz konusu olabilir. Ayrıca faaliyetleri oluşturan çeşitli temel işlerde belirli aşamalar biçiminde faaliyetler içinde gösterilebilir. Böylelikle elde edilen bir “Aşamalı Gantt Şeması” ile projenin daha etkin bir biçimde denetlenme olanağı sağlanmış olur.

Düşük maliyetli olan Gantt şemaları yöneticilere aşağıdakileri sağlamaktadır (Hiezer ve Render, 2001):

1. Bütün aktivitelerin planlanması
2. Bunların performans sıralarının dikkate alınması
3. Aktivite zamanlarının tahmin edilip kaydedilmesi
4. Bütün proje için gereken zamanın ortaya çıkarılması

6.2 Kritik Yol Methodu (CPM)

Kritik Yol Yöntemi çok aktiviteli, karmaşık yapıli projelerin planlama ve kontrolleri için geliştirilmiş ve uluslararası alanda kabul görmüş popüler bir yöntemdir. Bu yöntem ilk olarak 1950 yılında Du Pont ve Remington Rand Ortak Girişimi tarafından tesis bakım projelerinde kullanılmıştır. CPM, faaliyetler arasında tanımlanmış olan öncelik ilişkileri aracılığıyla, işlerin ne zaman yapılacağını belirleyen bir süreçtir. (Harvey 2002)

Kritik Yol methodu, şebeke kavramı üzerine kurulmuştur. CPM şebekeleri, projede yer alan faaliyetlerin ve bu faaliyetler arasındaki ilişkilerin grafiksel gösterimleridir. Bunlara ek olarak şebeke üzerinde, faaliyet ilişkilerinden yola çıkarak hesaplanan, her faaliyetin erken ve geç başlangıç ile erken ve geç bitiş tarihleri de bulunmaktadır. Dolayısıyla CPM şebekesine bir bakışta projenin tüm elemanlarını, ilişkileri ve zaman bilgileri ile birlikte aynı çerçevede bir bütün halinde görmek mümkündür.

6.3 Proje Değerlendirme Ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT)

Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği, Polaris füzelerinin geliştirilmesinde Amerikan donanmasının çalışmaları sonucu ortaya çıkmıştır. 1950'li yılların sonlarına doğru Polaris füze programının gerçekleştirilmesi amacıyla Booz, Allen ve Hamilton firmasının danışmanlığında Amerikan donanması ile birlikte bir ekip kurulmuş, bu ekip istatistiksel ve matematiksel teknikler kullanarak projenin planlama, değerlendirme ve kontrol safhaları üzerinde yaptıkları incelemeler neticesinde bu tekniği geliştirmişlerdir (Horasanlı, 2007).

PERT şebeke analizinde eyleme yönelik zaman tahmini yapan bir yöntemdir. Bu teknik, bir projenin gerçekleşmesi yönünde yapılan işlerin, ne zaman başlayacağını, biteceğini ve hangi

işlerin hangi sırada gerçekleştirileceğini görsel olarak kullanıcıya sunar. Proje eylemlerinde, iyimser, kötümser ve en olası sürelerle hareket edilerek proje performansına yansımaları gözden geçirilir. Bu nedenle PERT yöntemi olasılıksal üç zaman tahmini yaklaşımı olarak tanımlanabilir.

PERT; üretimdeki darboğazları en küçükleyen, projenin bileşenlerini eş zamanlı olarak yürütülmesini sağlayan ve projelerin tamamlanmasını hızlandıran bir yöntemdir (Demir ve Gümüšoğlu, 2007).

Projeleri zamanında bitirmek için önemli yöntemlerden biri olan PERT, işi zamanında başarmak için mevcut kaynakları planlamak ve bütçelemek için de kullanılır. Bunun yanı sıra yöntemin işletmeciye, yalnızca sorunun ne olduğunu değil bunların gerçekçi çözüm yollarını da önerebilmektedir. Ancak her zaman yöneticinin sorunlarına kesin bir cevap vermeyebilir. PERT yöneticilere belirli kurallar içerisinde ve akılcı yaklaşımlarla plan yapmaları gerektiğini öne sürmektedir. Değişen koşullar ve aşama aşama ilerleyen işlemler konusunda sürekli bilgi verebilme ve çeşitli sorunlar konusunda yardımcı bilgi verebilme özelliği taşıdığından, yapılması gereken değişiklikler ve alınması gereken önlemler için anahtar görevini yerine getirdiğinden, aynı zamanda iletişim aracı niteliği de bulunmaktadır.

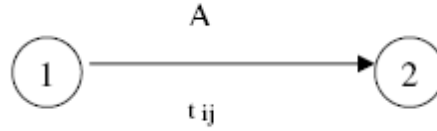
PERT bir karar verme süreci değildir, yalnızca planlama ve kontrol için gerekli ve yararlı bilgiyi sağlar. Bu nedenle yöntemin ana amacının, yönetim için gerekli bilgiyi sağlamak olduğu ileri sürülebilir. PERT, eylem sürelerinin kestiriminde güçlük çekilen projelerde kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

6.3.1 PERT' in Temel Kavramları

- Proje Ağı: Projedeki faaliyetlerin birbiri ile ilişkilerini gösteren grafik gösterimdir. Faaliyetlerin birbirinden önce ve sonra gelme sıraları göz önünde tutularak oluşturulur.
- Ağ Yolları: Projenin başlangıcından tamamlanmasına değin geçen, birbirini izleyen olay ve işlem zincirleridir.
- Olay: Zaman içerisinde meydana gelen, bir veya birden fazla paralel faaliyetin başladığı yada sonuçlandığı durumu gösterir ve gerçekleşmesi için hiçbir kaynak ve zaman

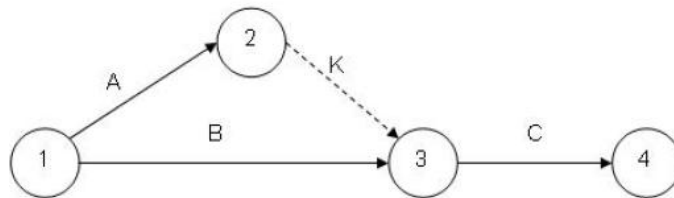
kullanımını gerektirmez.(Sezen, 1994) Olaylar, genellikle ağ üzerinde daire yada elips biçiminde gösterilir. Şebeke diyagramını teşkil eden olaylar birbirlerini mantıksal bir sıra içerisinde takip etmek zorundadırlar.

- Faaliyet: Bir projeyi teşkil eden, tamamlanması için zaman ve kaynak (iş gücü, hammadde, ekipman vb.) kullanımı gerektiren işler veya görevler bütünü olarak ifade edilir.(Gordon, 1978) Şebekeyi oluşturan faaliyetler bir birleriyle mantıksal bir sıra içerisinde bağlıdırlar. Faaliyetler, Şekil 6.1’de görüldüğü üzere iki olayı birleştiren okla gösterilir. Okların uzunluğu faaliyet süresinden bağımsızdır. Oklar genellikle i,j gibi iki düğüm noktası arasında bulunurlar ve okların yönü faaliyet akış sırasını gösterirler. Okların üstüne faaliyetin adı, altına ise süresi yazılır.



Şekil 6.1 Faaliyet tanım ve sürelerinin belirlenmesi

- Faaliyet süresi(D_{ij}): Bir eylemin tanımladığı işin, iş tipi ve yapımda kullanılacak kaynaklar da göz önüne alınarak kestirilen, en iyi yapım süresi tahminidir. $i-j$ eyleminin ortalama eylem süresi D_{ij} ile gösterilir.
- Kukla Faaliyet: Projede gerçekte var olmayan, gerçekleştirilme zamanı sıfır olan ve yalnızca proje ağını çizmede yararlı olan faaliyetlerdir. Herhangi bir maliyet oluşumuna neden olmaz ve kesikli çizgili ok ile Şekil 6.2’ deki gibi gösterilirler.



Şekil 6.2 Kukla faaliyet gösterimi

- Zaman Öngörüsü: PERT, eylemde geçen zamanın belirlenmesinde üç türlü zaman zaman öngörülemesine gereksinim duyar;

1. İyimser Zaman (Optimistic time-a): Her şeyin istenildiği biçimde gerçekleşebilmesi için gerekli süredir. Gerçekçi olmayan bir öngörülemidir.
2. Kötümser Zaman (Pesimistic time-b): Yangın, sel vb. gibi kontrol edilemeyecek durumların ortaya çıkması ile gerçekleşecek süredir. Gerçekçi olmayan bir öngörüdür.
3. Olası Zaman (Most likely time-m): Öngörülmenin geçmiş deneyimlere göre, beklendi durumlar altında işlemin gerçekleşebilme süresidir.
4. Beklenen Zaman (Expected time-D): İyimser, kötümser ve olası olmak üzere belirtilen üç öngörünün beta dağılımına göre alınan ortalaması eylemin beklenen zamanını verir (Yamak, 1998).

$$\underline{D} = \text{beklenen zaman} = \mu = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (6.1)$$

- En Erken Başlama Zamanı (ES_{ij}): Bir eylemin başlayabileceği en erken gün veya tarihtir.
- En Erken Bitirme Zamanı (EF_{ij}): En erken başlama tarihinde başladığı varsayılan bir eylemin veya eylemlerin bitmesini izleyen ilk gündür.
- En erken Olay Gerçekleşme Zamanı (E_i): Bir olayın zaman içinde gerçekleşebileceği en erken zamandır. Bir olayda sona eren tüm eylemlerin bittiği gün veya tarihtir. i olayının en-erken gerçekleşme zamanı E_i ile gösterilir.
- En Geç Başlama Zamanı (LS_{ij}): Birbirini izleyen eylemlerde bir gecikme olmaması için eylemin başlayacağı en geç gün veya tarihtir.
- En Geç Bitirme Zamanı (LF_{ij}): En geç başlama zamanında başladığı varsayılan bir eylemin bitişini izleyen ilk gün; geç başlayan tüm işlerin fiziksel olarak bittiği günün ertesi gündür.

- En geç Olay Gerçekleşme Zamanı (L_i): Bir projenin gecikmeden devam etmesi için söz konusu olayın gerçekleşebileceği en geç gün veya tarihtir. i olayının en geç gerçekleşme zamanı L_i ile gösterilir.
- Bolluk (TF_j): Bir faaliyetin en erken ve en geç başlama ya da en erken ve en geç bitiş zamanları arasındaki farktır. Bir faaliyetin proje süresini etkilemeden gecikebileceği maksimum süredir. Her eylemin bir tek serbest bolluğu vardır. Serbest bolluğu fazla olan eylemlerde kapasite fazlası var demektir.
- Kritik Yol: Ağ yolları arasında en uzun süreye sahip olan yola denir. Bu yoldaki en küçük bir gecikme projenin uzamasına neden olur. En uzun yol üzerindeki düğümlerin bollukları sıfırdır.
- Proje Süresi (T_s): Bir projenin kritik yörüngesi üzerindeki eylemlerin tümünün bitmesi için gerekli süredir. T_s ile gösterilir.
- Varyans (V_D)-Standart Sapma (σ_D): Standart sapma ve varyans projenin tamamlanma süresindeki belirsizliklerin ne derece olduğunu bulmaya yardım eder.

$$V_D = \sigma_D^2 = [(b - a) / 6]^2 \quad (6.2)$$

$$\sigma_D = (b - a) / 6 \quad (6.3)$$

6.3.2 PERT Tekniğinin Uygulanması

PERT tekniğinin uygulanmasında izlenecek altı aşamada aşağıdaki gibidir (Hiezer ve Render, 2001):

1. Proje tanımlanır, faaliyetlerin hiyerarşik yapısı ve sırası belirlenir.
2. Faaliyetler arasındaki ilişkiler oluşturulur. Hangi faaliyetlerin önce hangi faaliyetlerin sonra gerçekleştirileceği belirlenir.

3. Tüm faaliyetleri birbirine bağlayan proje ağı oluşturulur.
4. Her faaliyete zaman ve/veya maliyet tahminleri atanır.
5. Ağdaki en uzun yol belirlenir ve bu yol kritik yol olarak adlandırılır.
6. Proje ağı planlama, programlama, izleme ve kontrol faaliyetlerine yardımcı olarak kullanılır.

6.3.3 PERT Ağının Kurulması

Projeyi oluşturan işlem ve olaylar ile bunlar arasındaki ilişkiler belirlendikten sonra projeyi doğru biçimde yansıtacak bir PERT ağının kurulması sırasında göz önünde tutulması gereken bazı kurallar vardır. Bunlar (Demir ve Gümüšoğlu, 1998);

1. PERT ağlarında her işlem (faaliyet) belirli bir olayla tanımlanır. İki olay arasında tek bir işlem yer alır.
2. Her olay bir tek okla gösterilir. Oklar ve yönleri mantıksal ilişkiyi gösterir. Ok uzunluklarının hiçbir anlamı yoktur.
3. İki olay birbirine birden fazla eylemle direkt olarak bağlanamaz; yani iki eylem aynı başlangıç ve bitiş olayları ile belirlenemez.
4. Her bir faaliyet kendinden önce gelen olay tamamlanmadıkça başlayamaz.
5. PERT ağlarında, aralarında gerçek bir işlem bulunmadığı halde olaylardan birinin gerçekleşmesinin ancak diğerinin gerçekleşmesine bağlı olduğu gösterilmek istendiğinde kukla faaliyetlerden yararlanılır.
6. Aynı olay numarası aynı şebeke içinde yalnız bir kere kullanılabilir.
7. Şebekeye her eylem eklendiğinde şu sorular cevaplandırılmalıdır:

- 7.a) Bu eylemin başlamasından hemen önce hangi eylemler bitirilmelidir?
- 7.b) Bu eylemi hangi eylemler izlemelidir?
- 7.c) Hangi eylemler bu eylemle birlikte yapılabilir?

6.3.4 PERT Zaman Analizi Hesapları

PERT uygulamalarında her eylemin başlama ve bitiş zamanları/tarihleri belirlenir. Şebeke hazırlanması bu amaca ulaşmak için ilk adımdır. Değişik eylemler arasındaki ilişkilerden dolayı, eylemlerin başlama ve bitirme zamanlarının belirlenmesi özel hesaplamalar gerektirir. Bu hesaplamalar, basit aritmetik işlemler kullanarak doğrudan şebeke üzerinde yapılabilir. Son olarak proje eylemleri kritik ve kritik olmayan eylemler şeklinde sınıflandırılır. Kritik eylem, başlamasındaki bir gecikme proje bitiş tarihinde gecikme doğuran bir eylemdir. Kritik olmayan eylem, eylemin en erken başlama ve en geç bitirme zamanları arasındaki fark, bu eylemin gerçek süresinden fazla olan eylemdir. Kritik olmayan eylemde bir bolluk vardır. Kritik yol; şebekenin başlangıç ve bitiş olaylarını birleştiren, tamamlanma zamanı açısından en büyük değerlere sahip ve toplam bolluk değeri sıfır olan faaliyetlerin teşkil ettiği faaliyetler dizisi olarak ifade edilebilir. Kritik yol, projenin tamamlanma süresini belirler ve kritik yolu teşkil eden faaliyetlerden herhangi birinin, programlanan zamandan geç tamamlanması tüm projenin aksamasına, projenin programlanan tamamlanma süresinin uzamasına neden olur. (Winston, 2004)

Zaman analizi hesaplarının amacı, kritik yörüngenin ve bunun süresinin belirlenmesi ve diğer yörüngelerdeki bollukların bulunmasıdır. Zaman analizleri beş aşamada gerçekleştirilir. Birinci aşamada her bir faaliyet için tanımlanan iyimser(a), kötümser(b) ve olası(m) zaman tahminleri kullanılarak her bir faaliyete ilişkin beklenen faaliyet zamanı (\underline{D}) ve varyansı (V) hesaplanır. İkinci aşamada ileri gidiş işlemleri, üçüncü aşamada geri gidiş işlemleri yapılır; her eylemin en erken başlama/en erken bitirme ve en geç bitirme/en geç başlama zamanları bulunur. Dördüncü aşamada eylemlerin toplam ve serbest bollukları hesaplanır; bu bilgilerin ışığı altında, son aşamada kritik yörünge belirlenir.

6.3.4.1 Faaliyetlerin Beklenen Zaman ve Varyans Hesabı

Her bir faaliyet için iyimser (a), kötümser (b) ve olası (m) zaman tahminleri yapıldıktan sonra beta dağılımı esas alınarak aşağıdaki formüller yardımıyla her faaliyetin beklenen süresi (\underline{D}) ve varyansı (V_D) hesaplanır.

$$\underline{D} = \text{Beklenen Zaman} = \mu = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (6.4)$$

$$V_D = \sigma_D^2 = \left[\frac{b - a}{6} \right]^2 \quad (6.5)$$

6.3.4.2 İleri Gidiş İşlemleri

İleri gidiş işlemlerinin amacı şebekedeki her olayın en erken gerçekleşme zamanını ve her faaliyetin en erken başlama ve en erken bitirme zamanlarını hesaplamaktır. İleri gidiş işlemleri projenin başlangıç olayından başlar, son olaya doğru gider. Bu işleme başlamak için projenin başlangıç olayına bir zaman değeri atanır; bu değer genellikle sıfır olarak alınır. İleri gidiş işlemlerinde her eylemin mümkün olduğu kadar erken, yani bağımlı olduğu daha önceki eylemler biter bitmez başlayacağı varsayılır (Keskinel, 2000).

Bütün şebekenin basit bir algoritma ile başlangıç olayı 1, son olay "t" ve bütün diğer olaylar da $i < j$ olacak şekilde numaralandığı varsayılır ise şebekedeki her faaliyetin en erken başlama en erken bitirme sürelerinin hesabı aşağıdaki adımlar izlenerek bulunur.

Adım 1: Bir j olayının en-erken-gerçekleşme zamanı

$$E_j = \max_i \{E_i + \underline{D}_{ij}\} \quad (2 < j < t) \quad (6.6)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada E_i önceki olayın gerçekleşme zamanı, \underline{D}_{ij} ise i-j faaliyetinin beklenen süresidir. Genelde başlangıç olayının sıfır zamanda gerçekleşeceği varsayılır; buna göre $E_1 = 0$ olur.

Adım 2: Tüm faaliyetlerin mümkün olduğu kadar erken, yani bağımlı buldukları daha önceki eylemler biter bitmez, başladığı varsayılır. Bir i-faaliyeti için ES_{ij} en-erken-başlama zamanı

$$ES_{ij} = E_i \quad (6.7)$$

veya

$$ES_{ij} = \max_i \{EF_{ij}\} \quad (6.8)$$

şeklinde bulunur.

Adım 3: Bir i-j faaliyetinin EF_{ij} en-erken-bitiş zamanı, bu faaliyetin ES_{ij} en-erken-başlama zamanı ile D_{ij} faaliyet süresinin toplamıdır. Buna göre, bütün faaliyetler için en-erken-bitiş zamanları

$$EF_{ij} = E_i + D_{ij} \quad (6.9)$$

veya

$$EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij} \quad (6.10)$$

olarak hesaplanır.

6.3.4.3 Geri Gidiş İşlemleri

Geri gidiş işlemlerinin amacı her olayın en-geç-gerçekleşme zamanını ve her faaliyetin en-geç-başlama/en-geç-bitirme zamanlarını hesaplamaktır. Bu işlemler son olaydan başlar, ilk olaya doğru ilerler. İleri gidiş işlemleri tamamlanmadan geri gidiş işlemlerine başlanamaz. Geri gidiş işlemleri aşağıdaki üç adım izlenerek uygulanır (Keskinel, 2000).

Adım 1: Bir i olayının L_i en geç gerçekleşme zamanı

$$L_i = \min_j \{L_j - D_{ij}\} \quad (1 \leq i < t-1) \quad (6.11)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Projenin t son olayının L_t en geç gerçekleşme zamanı, varsa projenin T_s bitiş zamanına/tarihine; T_s belirtilmemişse ileri gidiş işlemleri ile bulunan E_t en-erken-gerçekleşme zamanına eşitlenir; yani

$$L_t = T_s \quad \text{veya} \quad E_t \quad (6.12)$$

alınır. Buna sıfır bolluk gösterilimi denir.

Adım 2: Bir i-j faaliyetinin LF_{ij} en-geç-bitirme zamanı, kendini izleyen bağlı eylemlerin LS_{ij} en-geç-başlama zamanlarının en küçüğüne eşittir. Buna göre her eylemin LF_{ij} en-geç-bitirme zamanı

$$LF_{ij} = L_j \quad (6.13)$$

veya

$$LF_{ij} = \min_j \{LS_{ij}\} \quad (6.14)$$

bağıntıları ile hesaplanır.

Adım 3: Bir i-j faaliyetinin LS_{ij} en-geç-başlama zamanı, bu faaliyetin LF_{ij} en-geç-bitirme zamanı ile D_{ij} faaliyet süresinin farkıdır. Buna göre, her faaliyet için LS_{ij} en-geç-başlama zamanı

$$LS_{ij} = L_j - D_{ij} \quad (6.15)$$

veya

$$LS_{ij} = LF_{ij} - D_{ij} \quad (6.16)$$

olarak hesaplanır.

6.3.4.4 Bollukların Hesabı

Bir i-j faaliyetinin toplam bolluğu(TF_{ij}), projenin tamamlanma süresini değiştirmeden, faaliyetin geciktirilebileceği maksimum süre miktarını gösterir. Her bir faaliyet için toplam bolluk, şebekedeki bir faaliyetin erken ve geç başlama zamanları ya da erken ve geç tamamlanma zamanları arasındaki farka eşittir. Buna göre TF_{ij} ;

$$TF_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} = LS_{ij} - E_i \quad (6.17)$$

veya

$$TF_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij} = L_j - EF_{ij} \quad (6.18)$$

bağıntıları ile hesaplanır. Toplam bolluk, şebekenin bolluğu olan bir yörüngesinin kritik yörüngeden kaç zaman-birimi daha kısa olduğunu belirtir. Bir faaliyetin toplam bolluğu, aynı zamanda, bu faaliyetin tüm projenin saptanan bitiş tarihini etkilemeksizin, en-erken-başlama zamanından ne kadar geç başlayabileceğini de gösterir.

6.3.4.5 Kritik Yörüngenin Belirlenmesi

İleri gidiş, geri gidiş ve bollukların hesabı işlemleri sonuçlarını kullanarak şebekenin kritik faaliyetleri belirlenir. Bir i-j faaliyeti

$$E_i = L_i \quad (6.19)$$

$$E_j = L_j \quad (6.20)$$

$$E_j - E_i = L_j - L_i = \underline{D}_{ij} \quad (6.21)$$

şartlarını sağlıyorsa bu faaliyet kritik yörünge üzerindedir. Bu şartlar gerçekte bir i-j faaliyetinin en-geç-başlama/en-erken-başlama ve en-geç-bitirme/en-erken-bitirme zamanları arasındaki farkın yani TF_{ij} toplam bolluğunun

$$TF_i = 0 \quad (6.22)$$

olduğunu gösterir. Kritik faaliyetler şebekede bu oku tanımlayan okun başlangıç ve bitiş noktalarındaki olayların en-erken-gerçekleşme/en-geç-gerçekleşme zamanları farkının \underline{D}_{ij} faaliyet süresine eşit olması ile karakterize edilir. Kritik yörünge mümkün olan en kısa proje tamamlanma süresini de belirtir.

6.3.5 Projenin Belirli Bir Zamandan Önce Veya Sonra Bitirilme Olasılığı

PERT tekniğinde, faaliyet zamanları ile ilgili olarak tahmini zamanların kullanılması dolayısıyla hem faaliyet zamanlarında hem de hesaplanan proje zamanında sapmalar olması söz konusudur. Üç zaman öngörüsü üzerinde yapılan hesaplamalar ile faaliyetler için beklenen zamanın belirsizliği saptanabilir (Demir ve Gümüšoğlu, 1998). Her ne kadar tek bir olayın öngörülen zamanda bitirilme olasılığını bilmek önemli olmasına rağmen tüm projenin beklenen süre içinde bitirilme olasılığını bilmek daha önemlidir. Projenin tamamlanma zamanının normal dağılıma uyduğu kabul edilir ve bu dağılım içerisinde projenin hesaplanan beklenen zamanı (T_s) normal dağılımdaki ortalamaya (μ) karşılık gelmektedir. Standart dağılım tablosu kullanılarak projenin farklı tarihlerde (T) tamamlanma olasılıklarını hesaplamak mümkündür. Standart normal dağılıma ulaşabilmek için Z dağılımı kullanılır. $T_s = \mu$ değerine karşılık $z = 0$ 'dır ve herhangi bir T zamanına karşılık gelen "z" değerini bulmak için aşağıda verilen formül kullanılır.

$$Z = \frac{(T - T_s)}{\sqrt{\sum \sigma^2_{\text{Kritik Yol}}}} \quad (6.23)$$

6.3.6 PERT/ Maliyet

PERT/Zaman geciktirmeleri önleyebilmek için çeşitli durum ve koşulların nasıl uyumlu biçime getirilebileceği üzerine kurulan bir zaman en küçükleme yordamıdır. Ancak proje yöneticisi kaynakların en küçük maliyetle kullanımı üzerinde de durur. Projelerde işlemlerin daha kısa sürede tamamlanabilmesi için daha çok kaynak kullanımı yapıp, sonuçta işlem süresi maliyet yükseltilecek kısaltılabilir. PERT yönetiminin geliştirilmiş bir biçimi olan PERT/ Maliyet çok karışık araştırma ve geliştirme projelerinde kaynakların esnek kullanımı ve kontrolü için, teknik program amaçlarının gerçekleştirilmesine yardımcı olarak kullanılır.

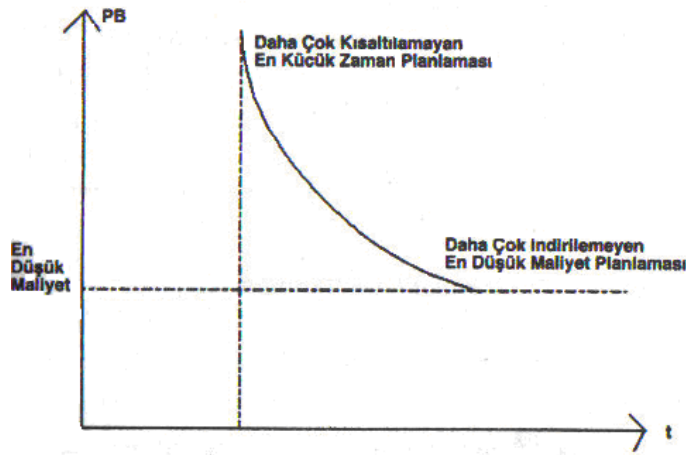
Maliyet ve program ortak bir çerçeve içerisinde planlanır ve denetlenir. PERT/Maliyet zaman ve maliyeti etkileyebilecek davranışlar hakkında bilgi verir ve böylece yönetici süre kısalması ve maliyet artışları arasında optimum seçim yapma olanağına kavuşur. Öngörülen maliyetler, işgücü maliyetini ve diğer kaynaklara ilişkin maliyetleri kapsar. Sonuç olarak projenin zaman-maliyet ilişkisini en iyileştirecek tasarımlar oluşturmaya çalışır. Bu açıdan incelendiğinde PERT/Maliyetin iki hedefi vardır (Demir ve Gümüšoğlu, 1998).

1. Özgün program için daha gerçekçi bir maliyet çıkarabilmek.
2. Projenin onaylanmasından ve faaliyete geçmesinden sonra zaman zaman çalışmaların süre ve maliyet öngörülerine uyup uymadığı konusunda kontrol yapabilmek.

6.3.6.1 Normal ve Hızlandırılmış Maliyetler

Bir işlem genellikle maliyetin yükseltilmesiyle kısaltılabilir, çünkü bir işlemin bitmesi için örneğin iki kişi çalışıyorsa üçüncünün eklenmesiyle süre açısından kısalacaktır.

Bu arada belirli bir noktadan sonra üç kişi çalıştırıldığında toplam çıktı maliyeti yükselirken ekstra her işçinin marjinal verimi düşecektir. Proje tamamlanma süresi ile maliyet ilişkisi Şekil 6.3'de gösterilmiştir. Zaman maliyet eğrisi üzerindeki her nokta proje planının farklı zaman maliyet olasılıklarını vermektedir. Proje yöneticisi proje süresinin azaltılmasıyla maliyetin yükseltilmesi yada proje süresinin uzaması ile maliyetin azalması durumları ile karşı karşıya kalmaktadır. Buda PERT/Maliyet kavramının, zaman ve maliyeti dengeli bir biçimde en küçükleme yöntemi olduğunu vurgulamaktadır.



Şekil 6.3 Projenin zaman- maliyet ilişkisi eğrisi (Demir ve Gümüšoğlu, 1998)

Ağ analizinde hızlandırılmış sürenin elde edilmesi fazla mesailer, arttırılan primler, ikramiyeler, kiralanan ya da satın alınan araç gereçler ile olanaklıdır. Çalışma düzeni çabuklaştırıldığında, sabit giderlerin değişir maliyetlere oranı düşer. Geleneksel olarak değişir diye tanımlanan değişken giderler gerçekte zaman olarak değişir olup bir iş birimi için sabittirler. Zaman önemli bir öge olarak ele alınıp, maliyet ne olursa olsun diye düşünüldüğünde her işlem için normal ve hızlı zaman belirlenir. Hızlı zaman projenin süresini

kısaltmak için hiçbir giderden kaçınılmadığı zaman ortaya çıkan süreyi göstermektedir. Bu durumda yönetici işi hızlandırmak için ne gerekliyse yapmaktadır. Hızlı maliyet, projenin bitiş süresini en aza indirebilmek için işlemin en kısa zamanda yapılmasıyla ortaya çıkacak maliyeti simgelemektedir. Herhangi bir işlemin tamamlanma süresinin azaltılması için fazla mesai yaptırılabilir. Sekiz saatlik bir iş gücü yaklaşık olarak on iki saate yükseltilebilir. İşçiler haftada 7 gün çalıştırılabilir ancak yapılan kısaltma yeterli değilse iki yada üç vardiya uygulamasına gidilebilir ki, bu zorlamalar verimi düşürdüğünden maliyeti daha çok arttıracaktır.

6.3.6.2 PERT/Maliyetin İşleyişi

Projede yer alan işlemlerin her birinin saptanmasından sonra hızlandırma işlemi aşağıdaki yöntemle etkin biçimde gerçekleştirilmektedir (Demir ve Gümüšoğlu, 1998).

1. Ağ yollarını ve tamamlanma sürelerini bulunur.
2. Kritik yolu/ yolları ve tamamlanma süresi / sürelerini bulunur.
3. Her bir ağ yolunun tamamlanma süresini kritik yolun tamamlanma süresinden çıkararak bolluk sürelerini bulunur.
4. Kritik yollar üzerindeki eğimi en küçük olan işlemi belirlenir.
5. Bu işlemin bulunmadığı en küçük toplam bolluğa sahip ağ yolunu belirlenir.
6. Aşama 4 de belirlenen işlemin hızlandırma limiti en fazla aşama 5 de belirlenen bolluk süresi kadar olacaktır. Gereken hızlandırmayı yapılır.
7. Aşama 6 da gerçekleştirilen hızlandırma süresini, bu işlemin bulunmadığı ağ yolların toplam bolluk süresinden çıkartılır.
8. Aşama 4 e dönülür.
9. Kritik yollardan birinde tüm işlemler hızlı limite ulaşana değin işlemler sürdürülür.

6.4 Bulanık Pert Yöntemi (FUZZY PERT)

Bulanık PERT yöntemi ilk olarak Chanas ve Kamburowski tarafından ortaya çıkarılmıştır. Faaliyet sürelerinin uzman tahminleri veya kişisel yargılarla belirlenmesi sağlıklı olmadığından her bir faaliyet bulanık sayılar ile ifade edilmektedir. Bütün bulanık faaliyet sürelerinde en düşük görünen, en sık görünen ve en yüksek görünen zaman değerleri esas alınır. Bulanık sayılar kullanılarak ifade edilen faaliyet işlem sürelerindeki belirsizlik en küçüklenmeye çalışılmıştır.

$\tilde{T} = (l, m, u)$ olarak tanımlanan üçgen bulanık sayıları, $l > 0$ olduğunda pozitif üçgen bulanık sayıları olarak belirtilir. Pozitif üçgen bulanık sayılarının üyelik fonksiyonu (Chen ve Fuang, 2007);

$$\mu_{\tilde{T}}(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (6.24)$$

$\tilde{T}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{T}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ olmak üzere verilen iki pozitif üçgen bulanık sayı arasındaki toplama ve çıkarma işlemleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Kaufmann ve Gupta, 1991);

$$\tilde{T}_1 \oplus \tilde{T}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (6.25)$$

$$\tilde{T}_1 \ominus \tilde{T}_2 = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2) \quad (6.26)$$

Bir işin başlayabilmesi için birden fazla işin bitmesi gerektiği durumlarda, yeni başlayacak bir işin en erken başlama zamanının bulunmasında kullanılan bulanık öncüllük faktörleri $G(\tilde{T})$ ve $S(\tilde{T})$; Lee ve Li'nin bulanık sayıların kıyaslanması ve sıralanması için ortaya koyduğu geliştirilmiş ortalama değer metodunu ile belirlenebilmektedir.

$\tilde{T} = (l, m, u)$ olarak tanımlanan üçgen bulanık sayıları için genelleştirilmiş ortalama değer $G(\tilde{T})$ ve sapma değeri $S(\tilde{T})$ aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Lee ve Li, 1988);

$$G(\tilde{T}) = (l + m + u) / 3 \quad (6.27)$$

$$S(\tilde{T}) = 1 / 18 [l^2 + m^2 + u^2 - lm - lu - mu] \quad (6.28)$$

$G(\tilde{T}_1) > G(\tilde{T}_2)$ veya $G(\tilde{T}_1) = G(\tilde{T}_2)$ ve $S(\tilde{T}_1) < S(\tilde{T}_2)$ koşulları sağlandığında $\tilde{T}_1 > \tilde{T}_2$ olduğu kabul edilmekte ve \tilde{T}_1 ' in değerleri en erken başlama zamanları olarak dikkate alınmaktadır.

Projede her bir faaliyetin işlem süresinin pozitif üçgen bulanık sayıları ile tanımlandığı varsayılmaktadır. Projenin tamamlanma zamanını bulmak için öncelikle ileriye doğru geçişte bulanık en erken başlama-bitiş zamanları hesaplanır (Chen ve Huang, 2007).

$$\tilde{E}S_i = \max_{j \in P(i)} \{ \tilde{E}S_j \oplus \tilde{d}_j \} \quad (6.29)$$

$$\tilde{E}F_i = \tilde{E}S_i \oplus \tilde{d}_i \quad (6.30)$$

6.29 ve 6.30 numaralı denklemlerde; $\tilde{E}S_i$ bulanık en erken başlama zamanını, $\tilde{E}F_i$ bulanık en erken bitirme zamanını, \tilde{d}_i de i. faaliyet için işlem süresini gösterir. Başlangıç düğümünde en erken başlama zamanı $\tilde{E}S_i = (0,0,0)$ olarak alınır. $\tilde{E}F_i$ ise bitiş düğümündeki projenin tamamlanma zamanı \tilde{T}_{end} değerine eşittir.

Daha sonra geriye doğru geçişte bulanık en geç başlama-bitiş zamanları hesaplanır. Burada projenin son düğümünün bulanık en erken bitiş zamanı, bulanık en geç bitiş zamanına eşit olduğu varsayılır (Chen ve Huang, 2007).

$$\tilde{L}F_i = \min_{j \in S(i)} \{ \tilde{E}F_j \ominus \tilde{d}_j \} \quad (6.31)$$

$$\tilde{L}S_i = \tilde{L}F_i \ominus \tilde{d}_i \quad (6.32)$$

6.31 ve 6.32 nolu formüllerdeki $\tilde{L}F_i$ en geç bitirme zamanını, $\tilde{L}S_i$ ise bulanık en geç başlama zamanını göstermektedir.

Son olarak her i faaliyetinin bulanık bollukları (\tilde{m}_i) hesaplanır ve her bir faaliyete ilişkin kritiklik dereceleri hesaplanarak proje tamamlanma zamanını veren kritik yol bulunur. Bulanık PERT' de bulanık bolluk zamanlarındaki azalma kritikliği artırır. Kritiklik dereceleri 1 olan faaliyetler projenin kritik yolunu oluşturur.

Bir faaliyete ilişkin bulanık faaliyet bolluğu $\tilde{m}_i = (a_i, b_i, c_i)$ olmak üzere, bu faaliyetin kritikliği (CD_i) denklem 6.34'deki gibi hesaplanır.

$$\tilde{m}_i = \tilde{L}F_i \ominus \tilde{E}S_i \ominus \tilde{d}_i \quad (6.33)$$

$$CD_i = \begin{cases} 1 & , \quad b_i \leq 0 \\ \frac{-a_i}{b_i - a_i} & , \quad a_i < 0 < b_i \\ 0 & , \quad a_i \geq 0 \end{cases} \quad (6.34)$$

7. UYGULAMA

7.1 Uygulamanın Amacı ve Kapsamı

İşletmelerin en önemli hedefi ellerindeki kaynakları en verimli şekilde kullanarak, en kısa zamanda ve en az maliyetle projelerini tamamlamaya çalışmalarıdır. Gelişen teknoloji, işletmeleri kendilerini yenileyerek rakiplerinden farklı olmaya itmektedir. Aynı zamanda işletmeler edindikleri yeni teknolojileri maliyetlerine, zaman unsuruna, malın kalitesine ve müşteriye ulaşan fiyata yansıtmakta başarıya ulaşmalıdır. Proje yönetiminde amaç, hedeflenen olguya sınırlı kaynaklarla belirli bir zaman içinde ve belirli bir bütçeyle optimum şekilde ulaşmaktır. Proje yönetiminin en temel unsuru zamandır. Zamanında teslimat, müşteri memnuniyetini sağlamada önemli faktörlerden biridir. Zamanında teslim edilemeyen işler, müşterinin güvenini kaybetmeye neden olmanın yanında işletmeye maddi kayıplar da getirir. İşletmeler hedefledikleri işin bitirilmesinde taahhüt ettikleri sürenin bozulma riskini azaltmak için PERT gibi proje planlama tekniklerinden faydalanabilirler.

PERT, projelerin planlanmasına, çizelgelenmesine ve kontrolüne yardımcı olmak üzere tasarlanmış şebeke esaslı bir modeldir. PERT, üretimdeki gecikmeleri, takılmaları ve türlü çatışmaları en düşük düzeye indiren, işin bütününün türlü parçalarını eşgüden ve eş zamanlayan, projelerin tamamlanmasını hızlandıran bir yöntemdir. PERT yöntemi faaliyet sürelerinin olasılıklı olduğunu kabul etmektedir. PERT yönteminden farklı olarak Bulanık PERT yönteminde faaliyet süreleri, kesin sayılar yerine bulanık sayılar ile ifade edilmektedir. Uygulamada faaliyet sürelerinin kesin olarak bilinmesi güçtür. Verilerin kesin olarak bilinmemesi durumunda bulanık küme teorisi, olasılıklı PERT yöntemine göre problemin yapısına daha uygundur. Bu nedenle son yıllarda PERT' e alternatif ve destek olarak bulanık küme teorisi ile PERT' i birleştiren Bulanık PERT tekniği bir araç olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Proje planlama tekniklerinin yaygın kullanım alanlarından biri gemi inşasıdır. Gemi inşa sanayi, değişik sanayi ürünlerinin birleşimini içeren bir imalat sanayisi olma özelliğini taşımaktadır. Birçok yan sanayi ile bağlantılı olmasından dolayı teknolojinin gelişimini destekleyen, istihdam sağlayan, demir çelik/elektrik-elektronik//boya/makine imalat sanayi başta olmak üzere birçok sanayi dalına ve ülkenin savunma ihtiyaçlarına katkıda bulunan

önemli bir sektördür. Gemi üretiminin zorluğu ve aşamalı olarak gerçekleşen karmaşık birçok faaliyeti bünyesinde barındırmasından dolayı proje yönetim tekniklerinin uygulanması bu alanda önem kazanmıştır. Bu nedenle çalışmada incelenen örnek, gemi inşa sektöründe faaliyet gösteren bir işletmeden alınmıştır. İşletmenin, kimyasal tanker gemisi üretimini minimum maliyetle en kısa zamanda bitirerek, gerçeğe en yakın proje tamamlanma süresini nasıl elde edeceklerini bulmada, hangi tekniklerden faydalanabilecekleri örnek bir kimyasal tanker gemisi güverte inşa projesi incelenerek gösterilmek istenmiştir.

Çalışmada kimyasal tanker gemisinin güverte inşa süreci ele alınarak, PERT ve Bulanık PERT teknikleri ile proje tamamlanma süreleri hesaplanmış ve işin teslimat süresinin gecikmesine sebep olabilecek kritik faaliyetler belirlenmiştir. Şirket yöneticilerine, proje yöneticilerine ve planlamacılara basit planlardan kapsamlı planlara kadar her türlü projeyi kolayca planlama, yürütme, kontrol ve analiz etme imkânı veren Microsoft Project 2003 programı ile proje planlaması yapılarak işletmenin katlanacağı maliyet çıkartılmıştır.

7.2 Uygulamanın Yapıldığı Şirket Profili

Uygulamanın yapıldığı Gemi İnşaat Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi, gemicilik tarihinde ilk olarak 1957-1958 yıllarında Haliçte ufak çaplı tamir işleriyle faaliyete başlamış, daha sonra Tuzla Tersaneler bölgesinde şirket olarak 1983 yılında faaliyet göstermeye başlamıştır.

Tersanede bulunan 2 kızakta yeni inşa, iskele ve 18000 ton kaldırma kapasiteli havuzda ise gemi onarım faaliyetleri yürütülmektedir. İşçilik kalitesinin yabancı armatörler tarafından takdir görmesi, şirketin uluslararası piyasada marka olma yolunda ilerlemesini sağlamaktadır. İşletmede yürütülen operasyonel faaliyetlerin tüm aşamalarında ISO 9001:2000 standartları yasal yükümlülüklerle uygun olarak etkili ve verimli şekilde uygulanmaktadır.

Gemi inşası, tamir ve bakımı konusunda tecrübeli ve profesyonel kişiler çalıştıran firmada, üst yönetimde 37 kişi görev almakta olup saha alanında 9 ustabaşı, 8 forklift ve vinç kullanıcısı çalışmaktadır.

7.3 Uygulamanın Anlatılması

Kimyasal tanker gemileri köprü üstü, yaşam mahali, makina dairesi, after peak(kic pik), pompa dairesi, ana güverte, kedi köprüsü, kargo tanklari, balans tanklari, fore peak(bas pik) olmak üzere 10 bölümden oluşmaktadır. Güverte, deniz araçlarında ambar ve kamaranın üstünü örten ağaç ya da sac döşemedir. Uygulamanın yapıldığı tersaneden kimyasal tanker gemisinin güverte kısmının yapım aşamaları öğrenilerek iş akışı çıkartılmış ve proje planı bu bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur.

Kimyasal tanker gemisinin güverte kısmının inşasında ilk olarak kullanılacak malzemeler ve miktarları proje mühendisleri tarafından tespit edilir. İhtiyaçlar doğrultusunda tedarik edilen malzemelerden sac ve Hollanda profilleri, kum raspasıyla temizlendikten sonra shopprimer boya ile boyanır. Proje çizimde belirtilen ölçülere göre sac ve Hollanda profilleri CNC'de kesilir. Kesilen malzemeler ön imalat sahasına alınır. Ön imalat sahasında kaynak olmayacak sacların keskin köşeleri taşlanır, sacların kaynak yapılacak kısımlarına kaynak ağzı açılır, derin elemanların lamaları sarılır ve Hollanda profillerine cugul açılır. Ön imalat sahasında işlem gören saclar jig üzerine alınır ve jig üzerinde sacların çapraz ölçüleri kontrol edilerek montajı yapılır. Montajı yapılan saclara ön cephe kaynağı yapılır. Ön cephe kaynağı yapılan saclar vinçle ters çevrilerek kaynak ağzları açılır. Sacın arka cephesine açılan kaynak ağzları temizlendikten sonra sacın arka cephesine kaynak yapılır. Ve imalatı bitmiş güverte bloğu markalanır. Ön imalat sahasında lamaları sarılan derin elemanlar markalanmış güverte bloğu üzerine yerleştirilir. Daha sonra cugul açılan Hollanda profilleri ön imalat sahasından alınarak markalanmış güverte bloğuna yerleştirilen derin elemanların içinden sürülür. Bu işlemlerin ardından güverte bloğu teraziye alınır. Teraziye alınan blokta herhangi bir problemle karşılaşılmaz ise derin elemanların ve Hollanda profillerinin kaynağı yapılır. Daha sonra foundation'ların blok üzerindeki markalanmış yerlere montajı ve kaynağı yapılır. Blok üzerindeki tüm kaynak alanlarının pürüzleri giderilerek blok raspanır. Yapılan kaynaklara kalite testi yapılır, eğer sorunlu bir bölge varsa onarılır yoksa güverte bloğu boyanır.

Güverte, bloklardan oluşmakta olup uygulamada örnek olarak kullanılan güverte planında 11 güverte bloğu vardır. Ve her bir güverte bloğu yukarıda anlatılan işlemler sonunda elde edilmektedir. 11 güverte bloğun yapımı tamamlandıktan sonra güverte blokları sırayla kızak üstüne alınmaktadır.

1'inci güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- Geminin 1'inci, 2'nci, 3'üncü double bottom'larının kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajının yapılması
- Geminin 1'inci ve 2'nci yan duvarların kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajlarının yapılması
- 1'inci güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması

2'inci güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- Geminin 4'üncü double bottom'ın kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajının yapılması
- Geminin 3'üncü yan duvarların kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajlarının yapılması
- 2'inci güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması

3'üncü güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- Geminin 5'inci double bottom'ın kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajının yapılması
- Geminin 4'üncü yan duvarların kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajlarının yapılması
- 3'üncü güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması

4'üncü güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- Geminin 6'ncı double bottom'ın kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajının yapılması

- Geminin 5'inci yan duvarların kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajlarının yapılması
- 4'üncü güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması

5'inci güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- Geminin 7'nci double bottom'ın kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajının yapılması
- Geminin 6'ncı yan duvarların kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajlarının yapılması
- 5'inci güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması

6'ncı güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- Geminin 8'inci double bottom'ın kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajının yapılması
- Geminin 7'nci yan duvarların kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajlarının yapılması
- 6'nci güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması

7'nci güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- Geminin 9'uncu double bottom'ın kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajının yapılması
- Geminin 8'inci yan duvarların kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajlarının yapılması
- 7'nci güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması

8'inci güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- Geminin 10'uncu double bottom'ın kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajının yapılması
- Geminin 9'uncu yan duvarların kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajlarının yapılması
- 8'inci güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması

9'uncu güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- Geminin 11'inci double bottom'ın kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajının yapılması
- Geminin 10'uncu yan duvarların kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajlarının yapılması
- 9'uncu güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması

10'uncu güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- Geminin 11'inci yan duvarların kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajlarının yapılması
- 10'uncu güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması

11'inci güverte bloğun kızağa getirilmesi, ölçü alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajının yapılabilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımların gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

- 11'inci güverte bloğun corregate perdelerinin yerine konması
- Başpik'in kızağa getirilmesi, ölçülerinin alınması ve montajının yapılması

4'üncü güverte bloğunun montajı tamamlandıktan sonra kaynak ekibi güvertenin kaynağını yapmaya başlamaktadır. Ve kimyasal tanker gemisi güvertesinin inşası bu aşamanın tamamlanmasıyla sona erer.

Tersanedeki ilgili proje sorumlusundan alınan bilgiler doğrultusunda, örnek kimyasal tanker gemisi güverte inşasında güvertenin yerde üretilmesinden kızak üstüne alınmasına kadar geçen zamanda gerçekleştirilen, 40'ı zaman ve kaynak tüketen faaliyet, 31'i kukla faaliyet olmak üzere toplam 71 faaliyet vardır. Proje sorumlusu, deneyimleri doğrultusunda her bir faaliyete ilişkin iyimser (a), kötümser (b) ve olası (m) olmak üzere üç zaman öngörüsünde bulunmuştur. 71 faaliyete ilişkin işlem açıklamaları ve zaman öngörülleri Çizelge 7.1'de yer almaktadır.

Çizelge 7.1 Faaliyetler ve faaliyetlere ilişkin zaman öngörülleri

Güverte		a-İyimser süre (saat)	m-Olasıl süre (saat)	b-Kötümser süre (saat)
1	Sac sarfiyat miktarı tespit ve temin edilir	0,25	0,3	0,42
2	H.P. sarfiyat miktarı tespit ve temin edilir	0,12	0,15	0,18
3	Malzemelerin kum raspasıyla temizlenmesi	2,75	3	3,25
4	Shopprimer boya ile boyanması	1,5	2	2,25
5	Malzemelerin CNC'de kesimi	3,75	4	4,5
6	Sacların ön imalat sahasına alınması	6,5	7	7,5
7	Kaynak olmayacak sacların keskin köşelerinin taşlanması	15,2	15,5	16,65
8	Sacların kaynak yapılacak kısımlarına kaynak ağızı açılması	15	16	16,5
9	Derin elemanların lamaları sarılır	11,6	12	13,2
10	H.P. ön imalat sahasına alınması	7,5	8	8,5
11	H.P. cugul açılması	2,75	3	3,7
12	Sacların ön imalat sahasında jig üzerine alınması	2	2,5	3
13	Jig üzerinde sacların çapraz ölçülerinin kontrol edilmesi ve montajı	7,5	8	8,5
14	Montajı yapılan saclara ön cephe kaynağı yapılması	4,4	5	5,75
15	Ön cephe kaynağı yapılan sacların vinçle ters çevrilmesi ve kaynak ağızlarının açılması	6	6,5	7
16	Sacın arka cephesine açılan kaynak ağızlarının temizlenmesi	0,85	1	1,4
17	Sacın arka cephesine kaynak yapılması	4,4	5	5,75
18	İmalatı bitmiş bloğun markalanması	2	2,5	2,7
19	Derin elemanların blok üzerine yerleştirilmesi	11	12	12,8
20	H.P.'lerin derin elemanların içinden sürülmesi	2,6	3	4
21	Bloğun teraziye alınması	2	2,5	3
22	Derin elemanların ve H.P lerin kaynağının yapılması	23	24	26

Çizelge 7.1'in devamı: Faaliyetler ve faaliyetlere ilişkin zaman öngörülürü

	Güverte	a-İyimser süre (saat)	m-Olasıl süre (saat)	b-Kötümser süre (saat)
23	Foundation'ların blok üzerine markalanmış yerlere montajı ve kaynağı	17	18	19
24	Blok üzerindeki tüm kaynak alanlarının pürüzleirnin giderilmesi ve raspalanması	22,5	24	25
25	Kaynak kalite testi yapılması	0,4	0,5	0,6
26	Sorunlu bölgelerin onarılması	1,5	3	4
27	Bloğun boyasının yapılması	1,3	1,5	1,7
28	1.,2.,3. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirnin alınması ve montajı	0	0	0
29	1.,2. yanduvvarların kızağa gelmesi, ölçüleirnin alınması ve montajı	0	0	0
30	1. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
31	1.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
32	4. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirnin alınması ve montajı	0	0	0
33	3. yanduvvarların kızağa gelmesi, ölçüleirnin alınması ve montajı	0	0	0
34	2. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
35	2.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
36	5. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirnin alınması ve montajı	0	0	0
37	4. yanduvvarların kızağa gelmesi, ölçüleirnin alınması ve montajı	0	0	0
38	3. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
39	3.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
40	6. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirnin alınması ve montajı	0	0	0
41	5. yanduvvarların kızağa gelmesi, ölçüleirnin alınması ve montajı	0	0	0
42	4. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
43	4.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
44	Güverte kaynak işlerinin başlaması	394	396	401
45	7. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirnin alınması ve montajı	0	0	0

Çizelge 7.1'in devamı: Faaliyetler ve faaliyetlere ilişkin zaman öngörülere

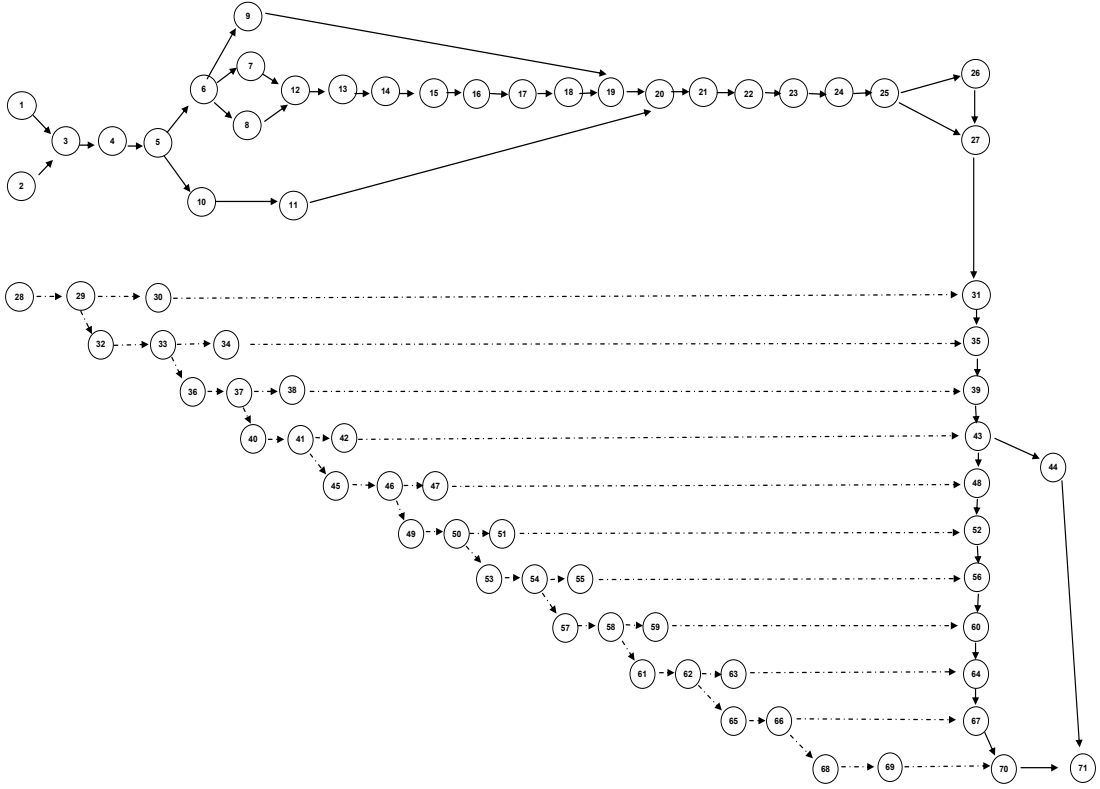
Güverte		a-İyimser süre (saat)	m-Olasıl süre (saat)	b-Kötümser süre (saat)
46	6. yanduvvarların kızağa gelmesi, ölçülerinin alınması ve montajı	0	0	0
47	5. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
48	5.güverte bloğunu kızağa gelmesi, ölçülerinin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
49	8. double bottom'ın kızağa gelmesi, ölçülerinin alınması ve montajı	0	0	0
50	7. yanduvvarların kızağa gelmesi, ölçülerinin alınması ve montajı	0	0	0
51	6. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
52	6.güverte bloğunu kızağa gelmesi, ölçülerinin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
53	9. double bottom'ın kızağa gelmesi, ölçülerinin alınması ve montajı	0	0	0
54	8. yanduvvarların kızağa gelmesi, ölçülerinin alınması ve montajı	0	0	0
55	7. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
56	7.güverte bloğunu kızağa gelmesi, ölçülerinin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
57	10. double bottom'ın kızağa gelmesi, ölçülerinin alınması ve montajı	0	0	0
58	9. yanduvvarların kızağa gelmesi, ölçülerinin alınması ve montajı	0	0	0
59	8. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
60	8.güverte bloğunu kızağa gelmesi, ölçülerinin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
61	11. double bottom'ın kızağa gelmesi, ölçülerinin alınması ve montajı	0	0	0
62	10. yanduvvarların kızağa gelmesi, ölçülerinin alınması ve montajı	0	0	0
63	9. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
64	9.güverte bloğunu kızağa gelmesi, ölçülerinin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
65	11. yanduvvarların kızağa gelmesi, ölçülerinin alınması ve montajı	0	0	0

Çizelge 7.1'in devamı: Faaliyetler ve faaliyetlere ilişkin zaman öngörülere

Güverte		a-İyimser süre (saat)	m-Olasıl süre (saat)	b-Kötümser süre (saat)
66	10. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
67	10.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
68	11. güverte bloğunun corregate perdelerinin yerine konması	0	0	0
69	Başpik'in kızağa getirilmesi ölçüleirnin alınması ve montajı	0	0	0
70	11.güverte bloğunu kızağa gelmesi, ölçülerinin alınıp kes paylarının kesilmesi ve montajı	15,5	16	17
71	Güvertenin bütün kaynak işlerinin bitimi	0	0	0

Çizelge 7.1'de yer alan 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 35, 39, 43, 44, 48, 52, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 67 ve 70 numaralı faaliyetler zaman ve kaynak tüketen faaliyetlerdir. 28, 29, 30, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42, , 45, 46, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 65, 66, 68, 69 ve 71 numaralı faaliyetler ise kukla faaliyetlerdir, zaman ve kaynak tüketimine sebep olmadıkları için işlem süreleri 0 olarak alınmıştır.

Proje sorumlusundan alınan bilgiler doğrultusunda faaliyetler arası ilişkiler çıkarılmış olup öncelik ilişkilerinden yola çıkılarak oluşturulan ağ şebekesi Şekil 7.1'de verilmiştir.



Şekil 7.1 Kimyasal tanker gemisi güverte ağ şebekesi

7.3.1 PERT ile Proje Tamamlanma Süresinin Hesaplanması

PERT ile proje tamamlanma süresi hesaplanırken öncelikle uzman kişi tarafından her faaliyet için iyimser (a) kötümser (b) ve olası (m) olmak üzere üç zaman tahmini yapılır. Yapılan üç zaman tahmini kullanılarak beklenen zaman değerleri her bir faaliyet için ayrı ayrı hesaplanır. Kimyasal tanker gemisi güverte inşa projesine ait PERT yöntemi ile hesaplanan her bir faaliyete ait beklenen zaman hesaplama sonuçları Çizelge 7.2' de yer almaktadır.

Çizelge 7.2 Faaliyetlere ait beklenen zaman hesapları

F. No	a-İyimser süre (saat)	m-Olasıl süre (saat)	b-Kötümser süre (saat)	Beklenen Zaman $\underline{D} = (a + 4m + b) / 6$
1	0,25	0,3	0,42	0,32
2	0,12	0,15	0,18	0,15
3	2,75	3	3,25	3
4	1,5	2	2,25	1,97
5	3,75	4	4,5	4,03
6	6,5	7	7,5	7

Çizelge 7.2'nin devamı: Faaliyetlere ait beklenen zaman hesapları

F. No	a-İyimser süre (saat)	m-Olasıl süre (saat)	b-Kötümser süre (saat)	Beklenen Zaman $D = (a + 4m + b) / 6$
7	15,2	15,5	16,65	15,63
8	15	16	16,5	15,92
9	11,6	12	13,2	12,13
10	7,5	8	8,5	8
11	2,75	3	3,7	3,07
12	2	2,5	3	2,5
13	7,5	8	8,5	8
14	4,4	5	5,75	5,03
15	6	6,5	7	6,5
16	0,85	1	1,4	1,03
17	4,4	5	5,75	5,03
18	2	2,5	2,7	2,45
19	11	12	12,8	11,97
20	2,6	3	4	3,1
21	2	2,5	3	2,5
22	23	24	26	24,17
23	17	18	19	18
24	22,5	24	25	23,92
25	0,4	0,5	0,6	0,5
26	1,5	3	4	2,92
27	1,3	1,5	1,7	1,5
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	15,5	16	17	16,08
32	0	0	0	0
33	0	0	0	0
34	0	0	0	0
35	15,5	16	17	16,08
36	0	0	0	0
37	0	0	0	0
38	0	0	0	0
39	15,5	16	17	16,08
40	0	0	0	0
41	0	0	0	0
42	0	0	0	0
43	15,5	16	17	16,08
44	394	396	401	396,5
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0

Çizelge 7.2'nin devamı: Faaliyetlere ait beklenen zaman hesapları

F. No	a-İyimser süre (saat)	m-Olasıl süre (saat)	b-Kötümser süre (saat)	Beklenen Zaman $\underline{D} = (a + 4m + b) / 6$
48	15,5	16	17	16,08
49	0	0	0	0
50	0	0	0	0
51	0	0	0	0
52	15,5	16	17	16,08
53	0	0	0	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	15,5	16	17	16,08
57	0	0	0	0
58	0	0	0	0
59	0	0	0	0
60	15,5	16	17	16,08
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	15,5	16	17	16,08
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
67	15,5	16	17	16,08
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	15,5	16	17	16,08
71	0	0	0	0

Faaliyetlerin beklenen zaman değerleri (\underline{D}) hesaplandıktan sonra ağ şebekesindeki faaliyet öncelik ilişkileri dikkate alınarak ileri gidiş ve geri gidiş işlemleri yapılmıştır.

İleri gidiş işlemleri ile şebekedeki her olayın en erken gerçekleşme zamanı, her faaliyetin en erken başlama ve en erken bitirme zamanları hesaplanmıştır. İleri gidiş işlemleri projenin başlangıç olayından başlamış ve son olaya doğru gitmiştir. Bu işleme başlamak için projenin başlangıç olayına sıfır zaman değeri atanmıştır.

$$(E_1 = 0)$$

İleri gidiş işlemleri tamamlandıktan sonra geri gidiş işlemleri yapılır. Geri gidiş işlemleri ile her olayın en-geç-gerçekleşme zamanını ve her faaliyetin en-geç-başlama/en-geç-bitirme

zamanları hesaplanmıştır. Geri gidiş işlemleri son olaydan başlar, ilk olaya doğru ilerler. Projenin bitiş zamanı belli olmadığı için projenin son olayının (71. olay) en geç gerçekleşme zamanı ileri gidiş işlemleri ile bulunan en erken gerçekleşme zamanına eşitlenmiştir. ($E_{71} = L_{71} = 612,18$ saat) Yapılan hesaplamalar Çizelge 7.3' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.3 Faaliyetlere ait en erken başlama-bitiş, en geç başlama-bitiş ve bolluk zamanları

F. No	Beklenen Zaman (saat)	ES _{ij} (saat)	EF _{ij} (saat)	LS _{ij} (saat)	LF _{ij} (saat)	TF _{ij} (saat)
1	0,32	0	0,32	0,00	0,32	0
2	0,15	0	0,15	0,17	0,32	0,17
3	3	0,32	3,32	0,32	3,32	0
4	1,97	3,32	5,29	3,32	5,29	0
5	4,03	5,29	9,32	5,29	9,32	0
6	7	9,32	16,32	9,32	16,32	0
7	15,63	16,32	31,95	16,61	32,24	0,29
8	15,92	16,32	32,24	16,32	32,24	0
9	12,13	16,32	28,45	50,65	62,78	34,33
10	8	9,32	17,32	63,68	71,68	54,36
11	3,07	17,32	20,39	71,68	74,75	54,36
12	2,5	32,24	34,74	32,24	34,74	0
13	8	34,74	42,74	34,74	42,74	0
14	5,03	42,74	47,77	42,74	47,77	0
15	6,5	47,77	54,27	47,77	54,27	0
16	1,03	54,27	55,30	54,27	55,30	0
17	5,03	55,30	60,33	55,30	60,33	0
18	2,45	60,33	62,78	60,33	62,78	0
19	11,97	62,78	74,75	62,78	74,75	0
20	3,1	74,75	77,85	74,75	77,85	0
21	2,5	77,85	80,35	77,85	80,35	0
22	24,17	80,35	104,52	80,35	104,52	0
23	18	104,52	122,52	104,52	122,52	0
24	23,92	122,52	146,44	122,52	146,44	0
25	0,5	146,44	146,94	146,44	146,94	0
26	2,92	146,94	149,86	146,94	149,86	0
27	1,5	149,86	151,36	149,86	151,36	0
28	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
31	16,08	151,36	167,44	151,36	167,44	0
32	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0
35	16,08	167,44	183,52	167,44	183,52	0
36	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0
39	16,08	183,52	199,60	183,52	199,60	0
40	0	0	0	0	0	0

Çizelge 7.3'ün devamı: Faaliyetlere ait en erken başlama-bitiş, en geç başlama-bitiş ve bolluk zamanları

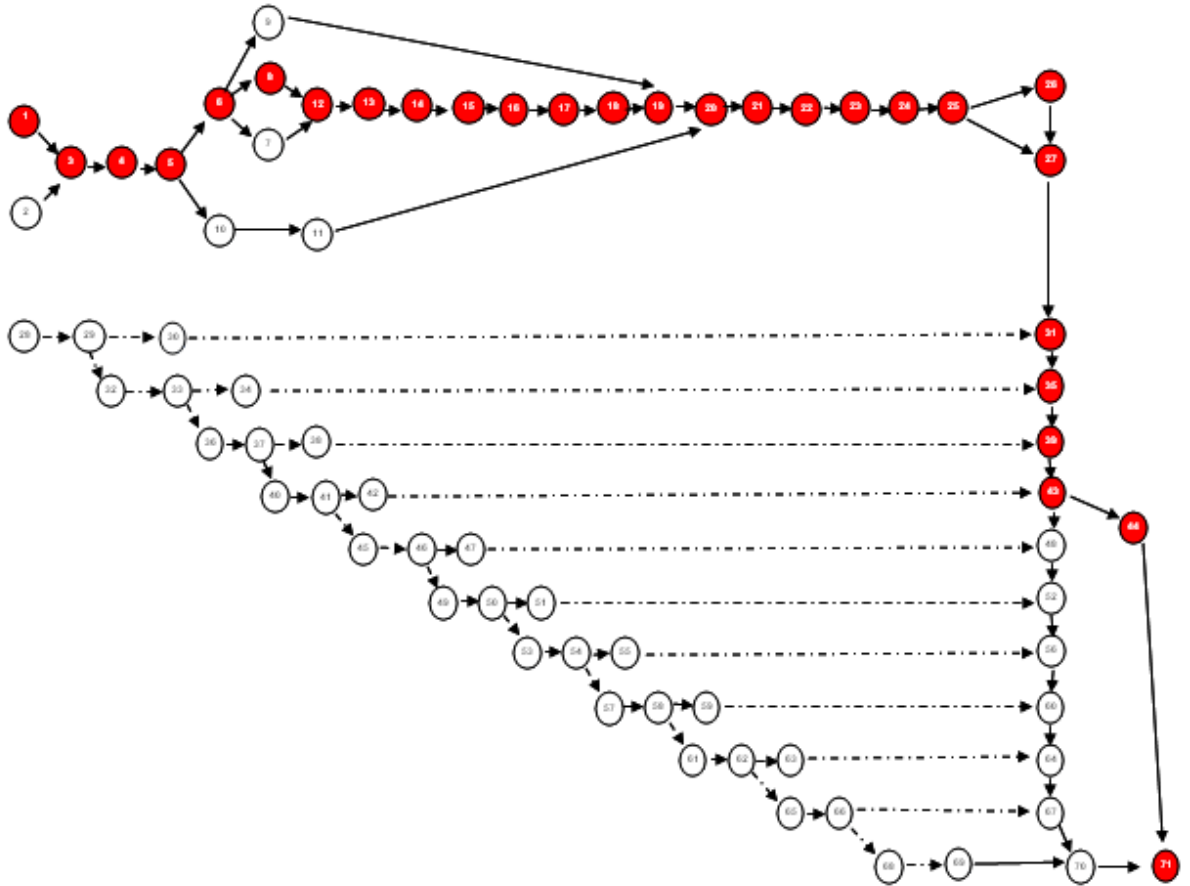
F. No	Beklenen Zaman (saat)	ES _{ij} (saat)	EF _{ij} (saat)	LS _{ij} (saat)	LF _{ij} (saat)	TF _{ij} (saat)
41	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0
43	16,08	199,60	215,68	199,60	215,68	0
44	396,5	215,68	612,18	215,68	612,18	0
45	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0
48	16,08	215,68	231,76	499,62	515,70	283,94
49	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0
52	16,08	231,76	247,84	515,70	531,78	283,94
53	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0
56	16,08	247,84	263,92	531,78	547,86	283,94
57	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0
60	16,08	263,92	280,00	547,86	563,94	283,94
61	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0
64	16,08	280,00	296,08	563,94	580,02	283,94
65	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0
67	16,08	296,08	312,16	580,02	596,10	283,94
68	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0
70	16,08	312,16	328,24	596,10	612,18	283,94
71	0	612,18	612,18	612,18	612,18	0

İleri gidiş, geri gidiş ve bolluk hesabı işlemlerinin sonuçları kullanılarak şebekenin kritik faaliyetleri belirlenir. Bolluk değeri sıfır (0) olan faaliyetler kritik faaliyet olarak adlandırılır ve kritik faaliyetlerin bir araya gelerek oluşturdukları yol kritik yoldur.

Şebeke üzerinde toplam bollukları sıfır olan 1, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 35, 39, 43, 44 ve 71 numaralı faaliyetler kritik yörüngeyi tanımlamaktadır. Kritik yörüngedeki faaliyetlerin tamamlanma süresinden yola çıkılarak bulunan proje bitiş süresi 612,18 saattir.

Bolluk değerleri sıfırdan farklı olan 2, 7, 9, 10, 11, 48, 52, 56, 60, 64, 67, 70 numaralı faaliyetler belirtilen en erken başlama ve en geç başlama tarihleri arasında kalmak şartıyla herhangi bir zamanda başlamalarının proje süresi ve proje maliyeti üzerinde hiçbir etkisi bulunmamaktadır.

Kritik yörünge üzerinde bulunan eylemlerin ise sınırlanan süreler dışına çıkması halinde proje süresi ve proje maliyeti üzerine etkisi olacaktır. Herhangi bir eylemdeki gecikme proje tamamlanma süresini uzatırken, herhangi bir eylemin gerçekleşme süresi üzerindeki bir kısaltma da proje tamamlanma süresini kısaltacaktır. Fakat eylemlerin gerçekleşme süreleri üzerindeki kısaltma uygulayıcı firmanın kaynakları ile sınırlıdır. Krtitik faaliyetler Şekil 7.2’ de gösterilmektedir.



Şekil 7.2 Kimyasal tanker gemisi güverte şebekesi üzerinde kritik faaliyetlerin gösterimi

MS Project paket programına girilen bilgiler üzerinde kritik faaliyet gruplandırması yapılarak kritik faaliyetler ve kritik olmayan faaliyetler bulunmuştur. MS Project paket programında kritik ve kritik olmayan faaliyet gösterimi Şekil 7.3' teki gibidir.

Microsoft Project - emretez_pert.mpp							
File Edit View Insert Format Tools Project Collaborate Window Help							
New Resource From							
	WBS	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	
		Critical: No	41,03 days	Mon 02.03.09	Sat 18.04.09		
3	1.2	H.P. sarfiyat miktarı tespit ve temin edilir	0,15 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09		
8	1.7	Kaynak olmayacak sacların keskin köşelerini	15,63 hrs	Wed 04.03.09	Thu 05.03.09	7	
10	1.9	Derin elemanların lamaları sarılır	12,13 hrs	Wed 04.03.09	Thu 05.03.09	7	
11	1.10	H.P. ön imalat sahasına alınması	8 hrs	Tue 03.03.09	Wed 04.03.09	6	
12	1.11	H.P. cugul açılması	3,07 hrs	Wed 04.03.09	Wed 04.03.09	11	
29	1.28	1.,2.,3. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçül	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09		
30	1.29	1.,2. yanduvuların kızağa gelmesi, ölçüleirni	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	29	
31	1.30	1. güverte bloğunun corregate perdelerinin y	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	30	
33	1.32	4. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirni	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	30	
34	1.33	3. yanduvuların kızağa gelmesi, ölçüleirnin e	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	33	
35	1.34	2. güverte bloğunun corregate perdelerinin y	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	34	
37	1.36	5. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirni	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	34	
38	1.37	4. yanduvuların kızağa gelmesi, ölçüleirnin e	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	37	
39	1.38	3. güverte bloğunun corregate perdelerinin y	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	38	
41	1.40	6. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirni	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	38	
42	1.41	5. yanduvuların kızağa gelmesi, ölçüleirnin e	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	41	
43	1.42	4. güverte bloğunun corregate perdelerinin y	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	42	
46	1.45	7. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirni	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	42	
47	1.46	6. yanduvuların kızağa gelmesi, ölçüleirnin e	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	46	
48	1.47	5. güverte bloğunun corregate perdelerinin y	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	47	
49	1.48	5.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirni	16,08 hrs	Wed 01.04.09	Fri 03.04.09	44,48	
50	1.49	8. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirni	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	47	
51	1.50	7. yanduvuların kızağa gelmesi, ölçüleirnin e	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	50	
52	1.51	6. güverte bloğunun corregate perdelerinin y	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	51	
53	1.52	6.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin	16,08 hrs	Fri 03.04.09	Mon 06.04.09	49,52	
54	1.53	9. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirni	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	51	
55	1.54	8. yanduvuların kızağa gelmesi, ölçüleirnin e	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	54	
56	1.55	7. güverte bloğunun corregate perdelerinin y	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	55	
57	1.56	7.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin	16,08 hrs	Mon 06.04.09	Wed 08.04.09	53,56	
58	1.57	10. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirni	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	55	
59	1.58	9. yanduvuların kızağa gelmesi, ölçüleirnin e	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	58	
60	1.59	8. güverte bloğunun corregate perdelerinin y	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	59	
61	1.60	8.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin	16,08 hrs	Wed 08.04.09	Sat 11.04.09	57,60	
62	1.61	11. double bottom'ın kızağa gelmesi,ölçüleirni	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	59	
63	1.62	10. yanduvuların kızağa gelmesi, ölçüleirnin	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	62	
64	1.63	9. güverte bloğunun corregate perdelerinin y	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	63	
65	1.64	9.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin	16,08 hrs	Sat 11.04.09	Tue 14.04.09	61,64	
66	1.65	11. yanduvuların kızağa gelmesi, ölçüleirnin	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	63	
67	1.66	10. güverte bloğunun corregate perdelerinin	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	66	
68	1.67	10.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirni	16,08 hrs	Tue 14.04.09	Thu 16.04.09	65,67	
69	1.68	11. güverte bloğunun corregate perdelerinin	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	67	
70	1.69	Başpik'in kızağa getirilmesi ölçüleirnin alınma	0 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	69	
71	1.70	11.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirni	16,08 hrs	Thu 16.04.09	Sat 18.04.09	68,70	
		Critical: Yes	76,52 days	Mon 02.03.09	Fri 29.05.09		
2	1.1	Sac sarfiyat miktarı tespit ve temin edilir	0,32 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09		
4	1.3	Malzemelerin kum raspiyla temizlenmesi	3 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	2;3	
5	1.4	Shopper primer boya ile boyanması	1,97 hrs	Mon 02.03.09	Mon 02.03.09	4	
6	1.5	Malzemelerin CNC'de kesimi	4,03 hrs	Mon 02.03.09	Tue 03.03.09	5	
7	1.6	Sacların ön imalat sahasına alınması	7 hrs	Tue 03.03.09	Wed 04.03.09	6	
9	1.8	Sacların kaynak yapılacak kısımlarına kaynak	15,92 hrs	Wed 04.03.09	Fri 06.03.09	7	
13	1.12	Sacların ön imalat sahasında jig üzerine alınr	2,5 hrs	Fri 06.03.09	Fri 06.03.09	8;9	
14	1.13	Jig üzerinde sacların çapraz ölçülerinin konti	8 hrs	Fri 06.03.09	Sat 07.03.09	13	
15	1.14	Montajı yapılan saclarla ön cephe kaynağı ya	5,03 hrs	Sat 07.03.09	Sat 07.03.09	14	
16	1.15	Ön cephe kaynağı yapılan sacların vinçle ter	6,5 hrs	Sat 07.03.09	Mon 09.03.09	15	
17	1.16	Sacın arka cephesine açılan kaynak ağızları	1,03 hrs	Mon 09.03.09	Mon 09.03.09	16	
18	1.17	Sacın arka cephesine kaynak yapılması	5,03 hrs	Mon 09.03.09	Tue 10.03.09	17	

Şekil 7.3 MS Project paket programında kritik ve kritik olmayan faaliyet gösterimi

Activity ID	Activity Name	Duration (hrs)	Start Date	End Date	Finish
19	İmalatı bitmiş bloğun markalanması	2,45 hrs	Tue 10.03.09	Tue 10.03.09	18
20	Derin elemanların blok üzerine yerleştirilmesi	11,97 hrs	Tue 10.03.09	Thu 12.03.09	19;10
21	H.P.'lerin derin elemanların içinden sürülmesi	3,1 hrs	Thu 12.03.09	Thu 12.03.09	20;12
22	Bloğun teraziye alınması	2,5 hrs	Thu 12.03.09	Fri 13.03.09	21
23	Derin elemanların ve H.P lerin kaynağının yak	24,17 hrs	Fri 13.03.09	Tue 17.03.09	22
24	Foundation'ların blok üzerine markalanmış ye	18 hrs	Tue 17.03.09	Thu 19.03.09	23
25	Blok üzerindeki tüm kaynak alanlarının pürüz	23,92 hrs	Thu 19.03.09	Mon 23.03.09	24
26	Kaynak kalite testi yapılması	0,5 hrs	Mon 23.03.09	Mon 23.03.09	25
27	Sorunlu bölgelerin onarılması	2,92 hrs	Mon 23.03.09	Mon 23.03.09	26
28	Bloğun boyasının yapılması	1,5 hrs	Mon 23.03.09	Mon 23.03.09	26;27
32	1.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin	16,08 hrs	Mon 23.03.09	Wed 25.03.09	31;28
36	2.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin	16,08 hrs	Wed 25.03.09	Fri 27.03.09	35;32
40	3.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin	16,08 hrs	Fri 27.03.09	Mon 30.03.09	36;39
44	4.güverte bloğunu kızağa gelmesi,ölçüleirnin	16,08 hrs	Mon 30.03.09	Wed 01.04.09	40;43
45	Güverte kaynak işlerinin başlaması	396,5 hrs	Wed 01.04.09	Fri 29.05.09	44
72	Güvertenin bütün kaynak işlerinin bitimi	0 hrs	Fri 29.05.09	Fri 29.05.09	45;71

Şekil 7.3'ün devamı: MS Project paket programında kritik ve kritik olmayan faaliyet gösterimi

7.3.2 PERT ile Proje Tamamlanma Maliyetinin Hesaplanması

Uygulamada incelenen kimyasal tanker gemisi güvertesinin maliyet hesabında 53 maliyet kalemi yer almaktadır. Bu maliyet kalemleri, Ms Project 2003 Programına hammadde kaynağı ve işgücü kaynağı olmak üzere 2 ana maliyet grubu altında tanımlanmıştır. Hammadde kaynağı grubu altında programa tanımlanan maliyet kalemleri; elektrik, raspa kumu (grit), toz maskesi, tam yüz koruma maskesi, CNC gazı, flex taşlama taşı, parmak freze taşı, flap zımpara taşı, kaynak ağzı açma dişlisinin amortisman payı, bazik elektrot, gaz (oksijen), tozaltı kaynak teli, tozaltı tozu, karbon elektrot, taşlama taşı, tebeşir, çırpı ipi ve gazaltı kaynak teli'dir. Proje sorumlusundan alınan bilgiler doğrultusunda malzeme kullanım miktarları tespit edilmiş ve birim malzeme fiyatları ile çarpılarak tüketilen malzeme maliyeti hesabı Çizelge 7.4' te verilmiştir.

Uygulamanın yapıldığı tersanede günde 8 saat ve haftada 6 gün çalışılmaktadır. Tersanede geminin birçok bölümü birbirine paralel şekilde üretildiğinden güverte bölümünün üretiminde 35 kişi çalışmaktadır. Çalışanların yaptıkları işlere göre dağılımına bakıldığında 3 mühendis, 5 raspacı, 5 boyacı, 7 montajcı, 6 taşcı, 2 vinç operatörü, 2 CNC operatörü ve 5 kaynakçı vardır. İşgücü kaynağı grubu altında tanımlanan 35 çalışanın niteliği, çalıştıkları bölüm, birim saat ücretleri, birim mesai ücretleri ve çalışma süreleri Çizelge 7.5' te verilmiştir.

Çizelge 7.4 Projede kullanılan malzemeler, malzemelerin birim fiyatı ve tüketim miktarı

HAMMADDE KAYNAĞI	BİRİM	BİRİM MALİYET (TL)	TÜKETİM MİKTARI	MALİYET (TL)
Elektrik	kw	0,20	240.595	48.119,00
Raspa Kumu(grit)	ton	50,00	743	37.150,00
Toz Maskesi	adet	0,25	55	13,75
Tam yüz koruma maskesi	adet	1,00	22	22,00
CNC gazı	kg	8,00	132	1.056,00
Flex taşlama taşı	adet	1,85	440	814,00
Parmak freze taşı	adet	0,56	440	246,40
Flap zımpara taşı	adet	1,50	440	660,00
Kaynak ağzı açma dişlisinin amort. payı	adet	50,00	11	550,00
Bazik elektrod	adet	0,11	37.510	4.126,10
Gaz(oksijen)	kg	0,50	8.250	4.125,00
Tozaltı kaynak teli	kg	2,00	1.650	3.300,00
Tozaltı tozu	kg	2,20	550	1.210,00
Karbon elektrod	adet	0,33	1.870	617,10
Taşlama taşı	adet	2,20	231	508,20
Tebeşir	paket	3,00	22	66,00
Çırpı ipi	adet	0,75	11	8,25
Gazaltı kaynak teli	kg	3,20	3.630	11.616,00
TOPLAM				114.207,80

Çizelge 7.5 Projede kullanılan işgücü, işgücünün birim saat ve mesai ücreti

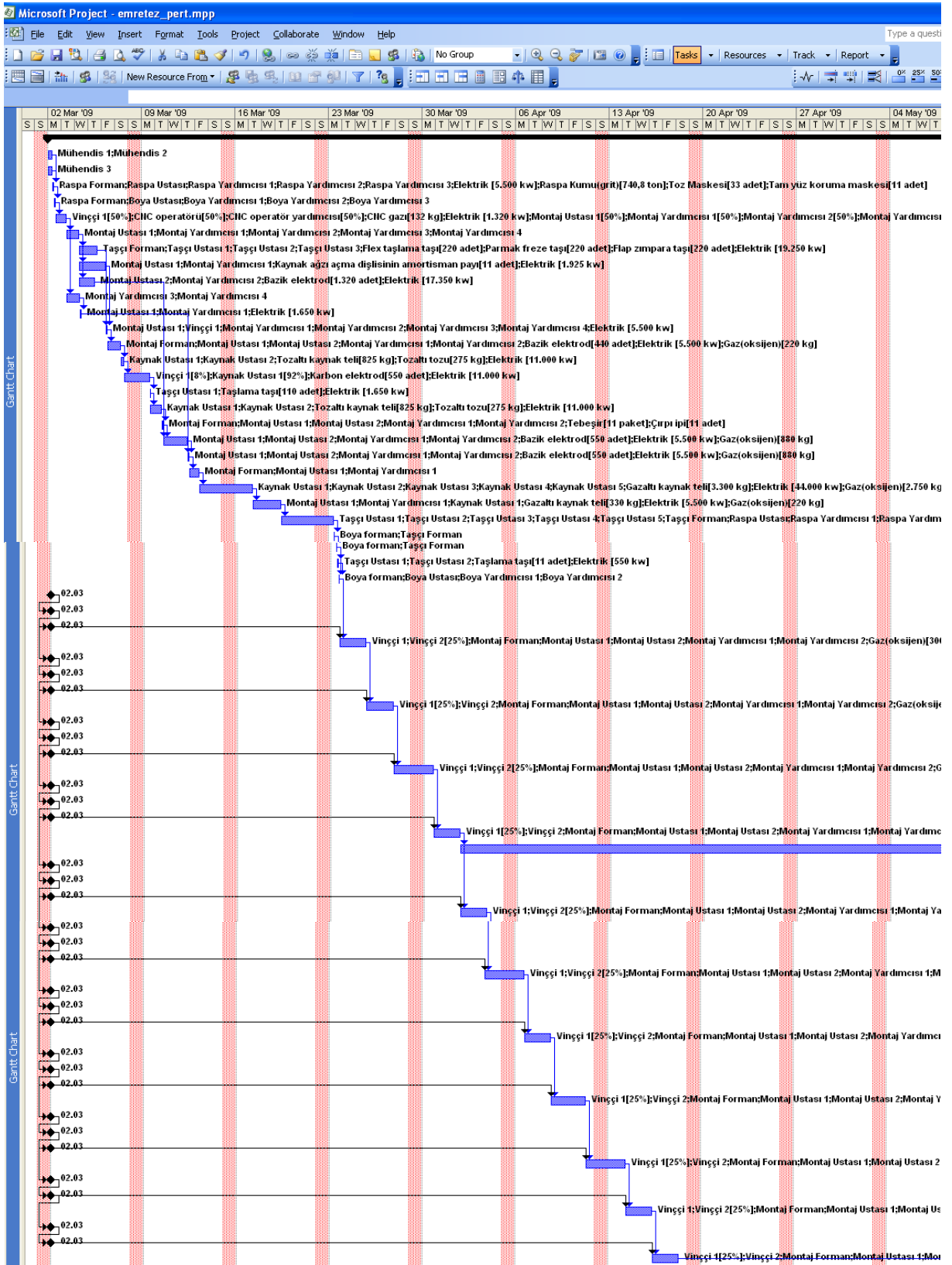
İŞGÜCÜ	ÇALIŞILAN BÖLÜM	BİRİM SAAT ÜCRETİ (TL/S)	BİRİM MESAI ÜCRETİ (TL/S)	ÇALIŞMA SÜRESİ (S)	MALİYET (TL)
Mühendis 1	tasarım	13,2	19,8	0,32	4,22
Mühendis 2	tasarım	13,2	19,8	0,32	4,22
Mühendis 3	tasarım	13,2	19,8	0,15	1,98
Raspa Forman	raspa	9,9	14,85	4,96	49,10
Raspa Ustası	raspa	6	9	26,90	161,40
Raspa Yardımcısı 1	raspa	4,3	6,45	26,92	115,76
Raspa Yardımcısı 2	raspa	4,3	6,45	26,92	115,76
Raspa Yardımcısı 3	raspa	4,3	6,45	3,00	12,90
Boya forman	boya	9,9	14,85	2,00	19,80
Boya Ustası	boya	6	9	3,47	20,82
Boya Yardımcısı 1	boya	4,3	6,45	3,47	14,92
Boya Yardımcısı 2	boya	4,3	6,45	3,47	14,92
Boya Yardımcısı 3	boya	4,3	6,45	1,96	8,44
Vinççi 1	vinç	7,9	11,85	110,03	869,21
Vinççi 2	vinç	7,9	11,85	117,10	925,11
Montaj Forman	montaj	16,5	24,75	190,18	3138,02
Montaj Ustası 1	montaj	9,9	14,85	254,14	2515,96
Montaj Ustası 2	montaj	9,9	14,85	215,16	2130,11
Montaj Yardımcısı 1	montaj	4,6	6,9	255,29	1174,35
Montaj Yardımcısı 2	montaj	4,6	6,9	227,74	1047,61
Montaj Yardımcısı 3	montaj	4,6	6,9	19,66	90,44

Çizelge 7.5'in devamı: Projede kullanılan işgücü, işgücünün birim saat ve mesai ücreti

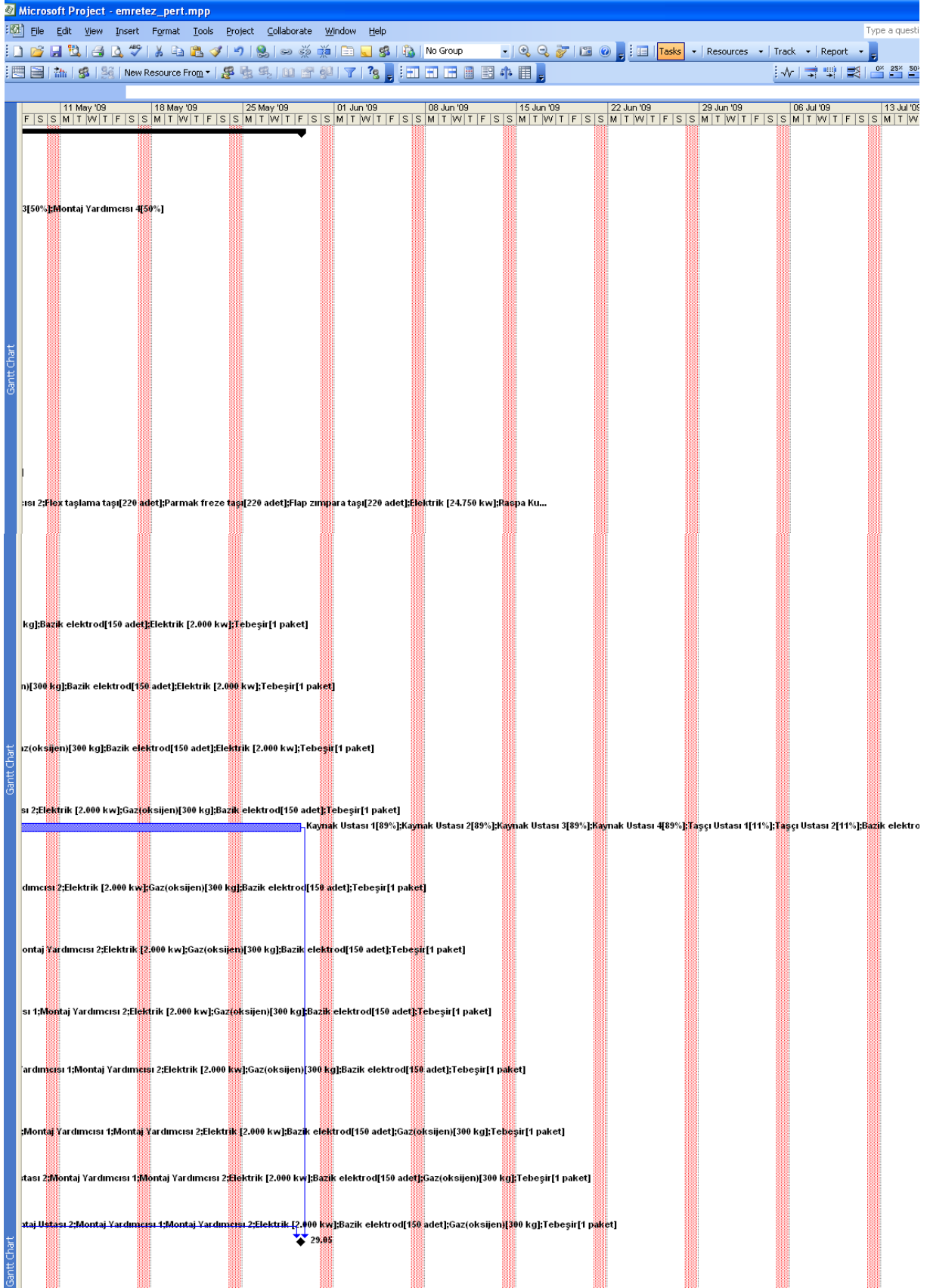
İŞGÜCÜ	ÇALIŞILAN BÖLÜM	BİRİM SAAT ÜCRETİ (TL/S)	BİRİM MESAI ÜCRETİ (TL/S)	ÇALIŞMA SÜRESİ (S)	MALİYET (TL)
Montaj Yardımcısı 4	montaj	4,6	6,9	19,66	90,44
CNC operatörü	cnc	11,9	17,85	2,01	23,98
CNC operatör yardımcısı	cnc	4,6	6,9	2,03	9,35
Taşçı Forman	taşçı	6	9	39,74	238,45
Taşçı Ustası 1	taşçı	4,3	6,45	87,35	375,61
Taşçı Ustası 2	taşçı	4,3	6,45	86,32	371,18
Taşçı Ustası 3	taşçı	4,3	6,45	39,46	169,67
Taşçı Ustası 4	taşçı	4,3	6,45	23,86	102,60
Taşçı Ustası 5	taşçı	4,3	6,45	23,86	102,60
Kaynak Ustası 1	kaynak	9,9	14,85	411,82	4077,00
Kaynak Ustası 2	kaynak	9,9	14,85	387,75	3838,74
Kaynak Ustası 3	kaynak	9,9	14,85	377,66	3738,81
Kaynak Ustası 4	kaynak	9,9	14,85	377,66	3738,81
Kaynak Ustası 5	kaynak	9,9	14,85	24,23	239,92
TOPLAM					29552,05

Uygulamada örnek olarak ele alınan kimyasal tanker gemisi güverte projesi, 11 güverte bloğundan oluşmaktadır. Çizelge 7.5'te hesaplanan işgücü maliyet tablosu sadece bir güverte bloğunun inşasında kullanılan işgücü maliyetini göstermektedir. PERT tekniği ile hesaplanan proje tamamlanma süresi esas alındığında, projenin toplam maliyeti 439 280,35 TL bulunmuştur.

Beklenen Proje Maliyeti = 114 207,80 + (29 552,05 * 11) = 439 280,35 TL



Şekil 7.4 MS Project gantt şeması



Şekil 7.4'ün devamı: MS Project gantt şeması

Çizelge 7.6'nın devamı: Bulanık faaliyet süreleri, bulanık en erken başlama-bitiş ve bulanık en geç başlama-bitiş zamanları

F. No	İşlem Süreleri (saat)			ESij (saat)			EFij (saat)			LSij (saat)			LFij (saat)		
	a	m	b	a	m	b	a	m	b	a	m	b	a	m	b
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	15,5	16	17	138,2	151,3	164,6	153,7	167,3	181,6	125,2	151,3	177,6	142,2	167,3	193,1
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	15,5	16	17	153,7	167,3	181,6	169,2	183,3	198,6	142,2	167,3	193,1	159,2	183,3	208,6
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	15,5	16	17	169,2	183,3	198,6	184,7	199,3	215,6	159,2	183,3	208,6	176,2	199,3	224,1
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	15,5	16	17	184,7	199,3	215,6	200,2	215,3	232,6	176,2	199,3	224,1	193,2	215,3	239,6
44	394	396	401	200,2	215,3	232,6	594,2	611,3	633,6	193,2	215,3	239,6	594,2	611,3	633,6
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	15,5	16	17	200,2	215,3	232,6	215,7	231,3	249,6	475,2	499,3	525,1	492,2	515,3	540,6
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	15,5	16	17	215,7	231,3	249,6	231,2	247,3	266,6	492,2	515,3	540,6	509,2	531,3	556,1
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	15,5	16	17	231,2	247,3	266,6	246,7	263,3	283,6	509,2	531,3	556,1	526,2	547,3	571,6
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	15,5	16	17	246,7	263,3	283,6	262,2	279,3	300,6	526,2	547,3	571,6	543,2	563,3	587,1
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	15,5	16	17	262,2	279,3	300,6	277,7	295,3	317,6	543,2	563,3	587,1	560,2	579,3	602,6
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	15,5	16	17	277,7	295,3	317,6	293,2	311,3	334,6	560,2	579,3	602,6	577,2	595,3	618,1

Çizelge 7.6'nın devamı: Bulanık faaliyet süreleri, bulanık en erken başlama-bitiş ve bulanık en geç başlama-bitiş zamanları

F. No	İşlem Süreleri (saat)			ESij (saat)			EFij (saat)			LSij (saat)			LFij (saat)		
	a	m	b	a	m	b	a	m	b	a	m	b	a	m	b
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	15,5	16	17	293,2	311,3	334,6	308,7	327,3	351,6	577,2	595,3	618,1	594,2	611,3	633,6
71	0	0	0	594,2	611,3	633,6	594,2	611,3	633,6	594,2	611,3	633,6	594,2	611,3	633,6

Bulanık en erken başlama-bitiş ve bulanık en geç başlama-bitiş zamanları hesaplandıktan sonra her i faaliyetinin bulanık bollukları (\tilde{m}_i) hesaplanmıştır. Bulanık PERT yönteminde bollukları hesaplanan her faaliyetin kritiklik derecesinin bulunması gerekir. Kritiklik derecesi 1 olan faaliyetler projenin kritik yolunu oluşturur ve bu yol üzerindeki faaliyetlerin, bulanık işlem süreleri toplamı projenin bulanık tamamlanma zamanını verir. Her faaliyet için hesaplanan bulanık bolluk değeri ve kritiklik derecesi Çizelge 7.7' de verilmiştir.

Çizelge 7.7 Faaliyet bollukları ve kritiklik dereceleri

F. No	Bolluk			Kritiklik Derecesi
	a	m	b	
1	-39,42	0	39,42	1
2	-39,18	0,15	39,55	0,996
3	-39,42	0	39,42	1
4	-39,42	0	39,42	1
5	-39,42	0	39,42	1
6	-39,42	0	39,42	1
7	-39,57	0,5	39,22	0,988
8	-39,42	0	39,42	1
9	-2,02	34,5	69,97	0,055
10	19,28	54,5	88,82	0
11	19,28	54,5	88,82	0
12	-39,42	0	39,42	1
13	-39,42	0	39,42	1
14	-39,42	0	39,42	1
15	-39,42	0	39,42	1
16	-39,42	0	39,42	1
17	-39,42	0	39,42	1
18	-39,42	0	39,42	1
19	-39,42	0	39,42	1
20	-39,42	0	39,42	1
21	-39,42	0	39,42	1
22	-39,42	0	39,42	1
23	-39,42	0	39,42	1
24	-39,42	0	39,42	1

Çizelge 7.7'nin devamı: Faaliyet bollukları ve kritiklik dereceleri

F. No	Bolluk			Kritiklik Derecesi
	a	m	b	
25	-39,42	0	39,42	1
26	-39,42	0	39,42	1
27	-39,42	0	39,42	1
31	-39,42	0	39,42	1
35	-39,42	0	39,42	1
39	-39,42	0	39,42	1
43	-39,42	0	39,42	1
44	-39,42	0	39,42	1
48	242,58	284	324,9	0
52	242,58	284	324,9	0
56	242,58	284	324,9	0
60	242,58	284	324,9	0
64	242,58	284	324,9	0
67	242,58	284	324,9	0
70	242,58	284	324,9	0
71	-39,42	0	39,42	1

Kritiklik derecesi 1 olan 1–3–4–5–6–8–12–13–14–15–16–17–18–19–20–21–22–23–24–25–26–27–31–35–39–43–44–71 numaralı faaliyetlerin oluşturduğu yol kritik yoldur. Kritik yol üzerindeki faaliyetlerin bulanık sürelerinin toplamı bulanık proje tamamlanma süresini verir. Projenin en erken tamamlanma zamanı 594.2 saat(74,3 gün), en sık görünen tamamlanma zamanı 611.3 saat(76,4 gün), en geç tamamlanma zamanı 633.6 saat(79,2 gün) olarak hesaplanmıştır.

7.3.4 Bulanık Pert Maliyetinin Hesaplanması

$\tilde{T} = (594.2, 611.3, 633.6)$ ile ifade edilen bulanık proje tamamlanma zamanından yola çıkılarak hesaplanan bulanık proje tamamlanma maliyetlerini sırasıyla; 430 026,6 TL – 438 436,76 TL – 451 990,17 TL olarak hesaplanmıştır.

Kimyasal tanker gemisi güvertesinin inşasında kullanılan malzeme maliyeti proje tamamlanma süresine göre farklılık göstermemekte olup projede kullanılan malzeme maliyetine ilişkin hesaplama Çizelge 7.4 yer almaktadır. Uygulamada ele alınan kimyasal tanker gemisi güverte projesinde kullanılan malzeme maliyeti 114.207,80 TL'dir.

Bulanık PERT tekniği ile hesaplanan en küçük bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık işletmenin katlanacağı iş gücü maliyeti Çizelge 7.8'de hesaplanmıştır.

Çizelge 7.8 En küçük bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık projede kullanılan işgücü maliyeti

İŞGÜCÜ	ÇALIŞILAN BÖLÜM	BİRİM SAAT ÜCRETİ (TL/S)	BİRİM MESAI ÜCRETİ (TL/S)	ÇALIŞMA SÜRESİ (S)	MALİYET (TL)
Mühendis 1	tasarım	13,2	19,8	0,25	3,31
Mühendis 2	tasarım	13,2	19,8	0,25	3,31
Mühendis 3	tasarım	13,2	19,8	0,12	1,59
Raspa Forman	raspa	9,9	14,85	4,25	42,16
Raspa Ustası	raspa	6	9	25,25	150,24
Raspa Yardımcısı 1	raspa	4,3	6,45	25,25	108,32
Raspa Yardımcısı 2	raspa	4,3	6,45	25,25	108,32
Raspa Yardımcısı 3	raspa	4,3	6,45	2,75	11,80
Boya forman	boya	9,9	14,85	1,7	16,88
Boya Ustası	boya	6	9	2,8	16,66
Boya Yardımcısı 1	boya	4,3	6,45	2,8	12,01
Boya Yardımcısı 2	boya	4,3	6,45	2,8	12,01
Boya Yardımcısı 3	boya	4,3	6,45	1,5	6,44
Vinççi 1	vinç	7,9	11,85	105,08	834,39
Vinççi 2	vinç	7,9	11,85	112,38	892,26
Montaj Forman	montaj	16,5	24,75	182	3.003,00
Montaj Ustası 1	montaj	9,9	14,85	240,73	2.390,40
Montaj Ustası 2	montaj	9,9	14,85	205,2	2.037,64
Montaj Yardımcısı 1	montaj	4,6	6,9	240,73	1.114,56
Montaj Yardımcısı 2	montaj	4,6	6,9	215,58	998,11
Montaj Yardımcısı 3	montaj	4,6	6,9	17,88	82,76
Montaj Yardımcısı 4	montaj	4,6	6,9	17,88	82,76
CNC operatörü	cnc	11,9	17,85	1,88	22,28
CNC operatör yardımcısı	cnc	4,6	6,9	1,88	8,70
Taşçı Forman	taşçı	6	9	38,1	226,70
Taşçı Ustası 1	taşçı	4,3	6,45	83,83	360,46
Taşçı Ustası 2	taşçı	4,3	6,45	82,98	356,80
Taşçı Ustası 3	taşçı	4,3	6,45	37,7	162,11
Taşçı Ustası 4	taşçı	4,3	6,45	22,5	96,75
Taşçı Ustası 5	taşçı	4,3	6,45	22,5	96,75
Kaynak Ustası 1	kaynak	9,9	14,85	404,57	4.017,29
Kaynak Ustası 2	kaynak	9,9	14,85	382,02	3.793,48
Kaynak Ustası 3	kaynak	9,9	14,85	373,22	3.706,10
Kaynak Ustası 4	kaynak	9,9	14,85	373,22	3.706,10
Kaynak Ustası 5	kaynak	9,9	14,85	23	228,39
TOPLAM					28.710,80

Çizelge 7.4 ve Çizelge 7.8’de hesaplanan en küçük bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık işletmenin katlanacağı maliyet 430 026,6 TL’dir.

$$\text{Beklenen Proje Maliyeti} = 114 207,80 + (28.710,80 * 11) = 430 026,6 \text{ TL}$$

En sık görünen bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık işletmenin katlanacağı iş gücü ve malzeme maliyeti Çizelge 7.9'da hesaplanmıştır.

Çizelge 7.9 En sık görünen bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık projede kullanılan işgücü maliyeti

İŞGÜCÜ	ÇALIŞILAN BÖLÜM	BİRİM SAAT ÜCRETİ (TL/S)	BİRİM MESAI ÜCRETİ (TL/S)	ÇALIŞMA SÜRESİ (S)	MALİYET (TL)
Mühendis 1	tasarım	13,2	19,8	0,3	3,97
Mühendis 2	tasarım	13,2	19,8	0,3	3,97
Mühendis 3	tasarım	13,2	19,8	0,15	1,98
Raspa Forman	raspa	9,9	14,85	5	49,60
Raspa Ustası	raspa	6	9	27	160,65
Raspa Yardımcısı 1	raspa	4,3	6,45	27	115,83
Raspa Yardımcısı 2	raspa	4,3	6,45	27	115,83
Raspa Yardımcısı 3	raspa	4,3	6,45	3	12,87
Boya forman	boya	9,9	14,85	2	19,86
Boya Ustası	boya	6	9	3,5	20,83
Boya Yardımcısı 1	boya	4,3	6,45	3,5	15,02
Boya Yardımcısı 2	boya	4,3	6,45	3,5	15,02
Boya Yardımcısı 3	boya	4,3	6,45	2	8,58
Vinççi 1	vinç	7,9	11,85	109	865,46
Vinççi 2	vinç	7,9	11,85	116	921,04
Montaj Forman	montaj	16,5	24,75	189	3.118,50
Montaj Ustası 1	montaj	9,9	14,85	252	2.502,36
Montaj Ustası 2	montaj	9,9	14,85	213,5	2.120,06
Montaj Yardımcısı 1	montaj	4,6	6,9	252	1.166,76
Montaj Yardımcısı 2	montaj	4,6	6,9	225	1.041,75
Montaj Yardımcısı 3	montaj	4,6	6,9	19,5	90,29
Montaj Yardımcısı 4	montaj	4,6	6,9	19,5	90,29
CNC operatörü	cnc	11,9	17,85	2	23,76
CNC operatör yardımcısı	cnc	4,6	6,9	2	9,28
Taşçı Forman	taşçı	6	9	40,5	240,98
Taşçı Ustası 1	taşçı	4,3	6,45	88	378,40
Taşçı Ustası 2	taşçı	4,3	6,45	87	374,10
Taşçı Ustası 3	taşçı	4,3	6,45	40	172,00
Taşçı Ustası 4	taşçı	4,3	6,45	24	103,20
Taşçı Ustası 5	taşçı	4,3	6,45	24	103,20
Kaynak Ustası 1	kaynak	9,9	14,85	410	4.071,30
Kaynak Ustası 2	kaynak	9,9	14,85	386	3.832,98
Kaynak Ustası 3	kaynak	9,9	14,85	376	3.733,68
Kaynak Ustası 4	kaynak	9,9	14,85	376	3.733,68
Kaynak Ustası 5	kaynak	9,9	14,85	24	238,32
TOPLAM					29.475,36

Çizelge 7.4 ve Çizelge 7.9'da hesaplanan en sık görünen bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık işletmenin katlanacağı maliyet 438 436,76 TL'dir.

$$\text{Beklenen Proje Maliyeti} = 114 207,80 + (29.475,36 * 11) = 438 436,76 \text{ TL}$$

En büyük bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık işletmenin katlanacağı iş gücü ve malzeme maliyeti Çizelge 7.10'da hesaplanmıştır.

Çizelge 7.10 En büyük bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık projede kullanılan işgücü maliyeti

İŞGÜCÜ	ÇALIŞILAN BÖLÜM	BİRİM SAAT ÜCRETİ (TL/S)	BİRİM MESAI ÜCRETİ (TL/S)	ÇALIŞMA SÜRESİ (S)	MALİYET (TL)
Mühendis 1	tasarım	13,2	19,8	0,42	5,55
Mühendis 2	tasarım	13,2	19,8	0,42	5,55
Mühendis 3	tasarım	13,2	19,8	0,18	2,38
Raspa Forman	raspa	9,9	14,85	5,5	54,56
Raspa Ustası	raspa	6	9	28,25	168,09
Raspa Yardımcısı 1	raspa	4,3	6,45	28,25	121,19
Raspa Yardımcısı 2	raspa	4,3	6,45	28,25	121,19
Raspa Yardımcısı 3	raspa	4,3	6,45	3,25	13,94
Boya forman	boya	9,9	14,85	2,3	22,84
Boya Ustası	boya	6	9	3,95	23,50
Boya Yardımcısı 1	boya	4,3	6,45	3,95	16,95
Boya Yardımcısı 2	boya	4,3	6,45	3,95	16,95
Boya Yardımcısı 3	boya	4,3	6,45	2,25	9,65
Vinççi 1	vinç	7,9	11,85	116,28	923,33
Vinççi 2	vinç	7,9	11,85	123,25	978,61
Montaj Forman	montaj	16,5	24,75	201,2	3.319,80
Montaj Ustası 1	montaj	9,9	14,85	269,95	2.680,60
Montaj Ustası 2	montaj	9,9	14,85	228,2	2.266,03
Montaj Yardımcısı 1	montaj	4,6	6,9	269,95	1.249,87
Montaj Yardımcısı 2	montaj	4,6	6,9	240,95	1.115,60
Montaj Yardımcısı 3	montaj	4,6	6,9	21,25	98,39
Montaj Yardımcısı 4	montaj	4,6	6,9	21,25	98,39
CNC operatörü	cnc	11,9	17,85	2,25	26,73
CNC operatör yardımcısı	cnc	4,6	6,9	2,25	10,44
Taşçı Forman	taşçı	6	9	42,25	251,39
Taşçı Ustası 1	taşçı	4,3	6,45	91,6	393,90
Taşçı Ustası 2	taşçı	4,3	6,45	90,2	387,88
Taşçı Ustası 3	taşçı	4,3	6,45	41,65	179,10
Taşçı Ustası 4	taşçı	4,3	6,45	25	107,50
Taşçı Ustası 5	taşçı	4,3	6,45	25	107,50
Kaynak Ustası 1	kaynak	9,9	14,85	419,4	4.164,70
Kaynak Ustası 2	kaynak	9,9	14,85	393,95	3.911,87
Kaynak Ustası 3	kaynak	9,9	14,85	382,45	3.797,67
Kaynak Ustası 4	kaynak	9,9	14,85	382,45	3.797,67
Kaynak Ustası 5	kaynak	9,9	14,85	26	258,18
TOPLAM					30.707,49

Çizelge 7.4 ve Çizelge 7.10'da hesaplanan en sık görünen bulanık proje tamamlanma zamanına karşılık işletmenin katlanacağı maliyet 438 436,76 TL'dir.

Beklenen Proje Maliyeti = 114 207,80 + (30.707,49 * 11) = 451 990,17 TL

7.4 Uygulamannın Değerlendirilmesi

Yirmi tonluk bir kimyasal tanker gemisi güverte projesi, işin başlama aşamasından bitimine kadar 40' ı zaman ve kaynak tüketen faaliyet, 31'i zaman ve kaynak tüketmeyen (kukla) faaliyet olmak üzere toplam 71 faaliyete parçalanmıştır. PERT olasılık dağılımları içeren bir teknik olduğundan üç zaman tahmini kullanılarak proje tamamlanma süresi hesaplanmaktadır. PERT tekniğinde üç zaman tahmini kullanılması proje süresini tahmin eden mühendisin tarafllılığını yok etmektedir. İyimser-kötümser zaman tahminleri arasındaki farkın genişliği faaliyetin beklenen zamanda tamamlanıp tamamlanamayacağına dair riski işaret etmektedir. Her bir faaliyetin iyimser(a), kötümser(b) ve olası(m) süre tahminleri ile kendinden önce/sonra gelen faaliyetlerle olan ilişkisi Ms Project 2003 programında PERT tablosuna girilerek projenin beklenen tamamlanma süresi 612,18 saat (76,52 gün) olarak bulunmuştur. Projede 1, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 35, 39, 43, 44 ve 71 numaralı faaliyetlerin oluşturduğu yol, kritik yol yani proje tamamlanana kadar olan süre bazında en uzun zamana sahip yol olarak bulunmuştur. 2, 7, 9, 10, 11, 48, 52, 56, 60, 64, 67, 70 numaralı faaliyetler kritik yol üzerinde olmayan faaliyetler olup bu faaliyetlerin en geç başlama ve en erken başlama süreleri arasındaki fark sıfır değildir. Bolluğa sahip bu faaliyetler gereksiz yere daha çabuk tamamlanan işleri ifade eder. Serbest bolluğu olan faaliyetler bolluk miktarı kadar geç başlatılabilir veya kaynakların bir kısmı başka işlere aktararak faaliyet süresi uzatılabilir.

Bulanık PERT tekniğinde faaliyet işlem süreleri  köşeli bulanık sayılar ile ifade edilmiştir. Bulanık en erken başlama-bitiş, bulanık en geç başlama-bitiş zamanları, bolluk ve kritiklik dereceleri her bir faaliyet için hesaplanmış ve kritiklik derecesi 1 olan faaliyetlerin oluşturduğu yol bulanık proje tamamlanma süresini vermiştir. Bulanık PERT ve PERT tekniği ile yapılan hesaplamalarda kritik yol aynı faaliyetlerden oluşmaktadır, fakat bulanık proje tamamlanma zamanı PERT tekniği ile hesaplanan beklenen proje tamamlanma zamanından farklı olarak $\tilde{T} = (594.2, 611.3, 633.6)$ saat bulunmuştur. Buna göre en küçük bulanık proje tamamlanma zamanı 594,2 saat (74,3 gün), en sık (mod) görünen bulanık proje tamamlanma zamanı 611,3 saat (76,4 gün) ve en büyük bulanık proje tamamlanma zamanı 633,6 saat (79,2 gün) tir.

PERT tekniğinde faaliyet sürelerinin beta dağılımına uyduğu varsayılarak beklenen proje tamamlanma zamanı hesaplanmıştır, yani olasılık işin içine girmiştir. Bulanık PERT

tekniginde ise faaliyet sürelerinde kesin ifadeler yerine belirsizlik söz konusudur ve olasılıktan bahsetmek söz konusu değildir.

İki farklı metotla hesaplanan proje tamamlanma sürelerindeki değişiklik maliyete de yansımıştır. PERT metodunda 76,52 güne karşılık gelen proje maliyeti 439 280,35 TL iken Bulanık PERT metodunda 74,3 gün ile 79,2 gün arasında değişen proje tamamlanma süresine karşılık gelen proje maliyeti 430 026,6 TL – 451 990,17 TL arasındadır.

Her iki yöntemle hesaplanan proje tamamlanma süreleri ve maliyetleri arasında çok büyük farklar olmamasına rağmen Bulanık PERT metodu “en sık görünen” proje tamamlanma süresinin yanı sıra karar vericiye en küçük ve en büyük proje tamamlanma sürelerini verdiği için süre tahmini/ bütçe planlaması yaparken esneklik kazandırmaktadır.

Yöntemlerin işlem zorlukları göz önünde bulundurulursa, Bulanık PERT metodunda, her iş üç köşeli bulanık sayılarla ifade edildiğinden, örnek problemdeki çözümden de görüldüğü gibi işlem kargaşası yaratmaktadır. Özellikle büyük boyutlu ve fazla öncül işli şebekelerde işlem fazlalığı kargaşasının boyutlarını arttıracaktır. PERT metodunda ise, faaliyetlerin iyimser, kötümser ve olası süreleri belirlenip beklenen değere indirildiğinden işlemler akıcı ve basittir. Ancak, yapılan çalışmanın sonuçlarına bakıldığında Bulanık PERT ve PERT arasında karar vericiye tercih sebebi oluşturacak kadar farklılık yoktur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde giderek karmaşık hale gelen ürünlerin hedeflenen özelliklerde, maliyette ve zamanda gerçekleştirilmesinde proje yönetimi teknikleri kullanmak zorunlu hale gelmiştir.

Proje yönetimi üretim sektöründe çok geniş uygulama alanları bulmaktadır. Üretim sektöründe, proje yönetiminin en yaygın olarak kullanıldığı sektörlerin başında gemi üretimi gelmektedir. Gemi üretiminin zorluğu ve aşamalı olarak gerçekleşen karmaşık birçok faaliyeti bünyesinde barındırmasından dolayı proje yönetim tekniklerinin uygulanması bu alanda önem kazanmıştır.

Kimyasal tanker gemisi güverte projesinin ele alındığı uygulamada PERT yöntemi ile PERT yöntemine destek ve alternatif olarak geliştirilen Bulanık PERT yöntemi kullanılarak zaman analizi ve maliyet hesabı yapılmıştır.

Hesaplamalar sonucunda ulaşılan sonuçlar kıyaslandığında, her iki yöntemle de aynı kritik yol bulunmuştur. Pert yönteminde beklenen proje tamamlanma zamanı bulanık Pert yöntemiyle bulunan sonuca çok yakın bir değer olmakla beraber daha büyüktür. Dolayısıyla iki yöntem arasında proje tamamlanma süresi açısından büyük farklılıklar olmadığı görülmüştür. Proje tamamlanma sürelerinden yola çıkılarak hesaplanan proje maliyetlerinde de benzer şekilde birbirine yakın değerler bulunmuştur. Proje tamamlanma sürelerindeki farklılığın sebebi; Pert yönteminde faaliyetlere ait yapılan zaman tahminlerinin bir olasılık dağılımına uyduğu varsayılırken, Bulanık Pert yönteminde olasılık söz konusu olmayıp faaliyet süreleri bulanık yani kesin sınırları olmayan sayılarla ifade edilerek proje tamamlanma zamanı hesaplanmaktadır. Bu da hesaplamalarda Pert yönteminden farklı olarak belirsizliğin hakim olması anlamına gelmektedir. Belirsizlik ise kullanıcıya proje tamamlanma süresinde oluşabilecek sapmalar hakkında fikir vermektedir. Yani, karar vericiye süre tahmini/ bütçe planlaması yaparken esneklik kazandırmaktadır.

Uygulamanın yapıldığı tersanede proje yönetimi çalışması yapılmaktadır. İşletmede, proje tamamlanma süresi hesaplanırken proje yönetim tekniklerinden CPM, Ms Project Programı destekli olarak kullanılmaktadır. Ancak gerek kalifiye personel yetersizliği, gerekse belirli maliyetlere katlanmamak için proje tamamlanma süresi geminin tümü için yüzeysel olarak yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmada proje tamamlanma süresi ve maliyetini daha doğru şekilde tahmin edebilmek ve karar vericiye farklı görüş açısı kazandırmak amacı ile kimyasal

tanker gemisinin bir bölümü detaylı olarak PERT ve Bulanık PERT yöntemleriyle incelenmiştir. Bu çalışmanın kimyasal tanker gemisinin her bir bölümüne uygulanması işletme açısından süre tahmini ve bütçe planlaması yaparken daha isabetli karar vermesine yardımcı olacaktır. Ancak işletme, yapılacak detaylı proje planlamanın getiri ve götürülerini önceden net bir şekilde ortaya koymalı ve bu faktörleri katlanılan maliyetlerle kıyaslayarak çalışmalarına yön vermelidir.

KAYNAKÇA

- Albayrak, B., (2001), Proje Yönetimi ve Proje Danışmanlığı, Alfa Yayınevi, İstanbul.
- Atilla, F., (2003), Maliyet Analizleri ve Ucuzlatma Yöntemleri Seminer Notları, Kayseri Sanayi Odası.
- Baktır, E., (2007), Proje Yönetimi, http://www.tyd.org.tr/elif_ProjectManagement.pdf.
- Balaban, E., (2007), Temel Kavramlar, <http://www.isletme.istanbul.edu.tr/ogrelem/balaban/>.
- Barutçugil, I. S., (1984) Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri; Uludag Üniversitesi Yayınları, Bursa
- Chen, C.T. ve Huang, S.F., (2007), “Applying Fuzzy Method for Measuring Criticality in Project Network”, Science Direct, 10: 2448-2458.
- Cleland, D.I. ve King. W.R., (1983), Systems Analysis and Project Manegement, McGraw-Hill, Columbus.
- Çetmeli, E., (1973), Yatırımların Planlanmasında Kritik Yörünge ve Pert Metodları, Çağlayan Kitapevi, İstanbul.
- Demir, M. H. ve Gümüşoğlu, Ş., (1998), Üretim Yönetimi, Beta Yayınevi, İstanbul.
- Efil, İ., (2006), Yönetim ve Organizasyon, Alfa Aktüel Yayınevi, İstanbul.
- Gordon,G., (1978), Pressman, I. ,”Quantitive Decision Making for Business”, Prentice Hall Inc., New Jersey
- Halaç, O., (1983), Kantitatif Karar Verme Teknikleri, İ.Ü.Yayın, İstanbul
- Harvey A. L., (2002), Practical Project Management: Tips,Tactics and Tools, John Wiley&Sons,Inc., New York
- Heizer J. ve Render B., (2001), Operations Management, Prentice-Hall, New Jersey.
- Horasanlı, M., (2007), Proje Yönetimi, <http://www.isletme.istanbul.edu.tr/ogrelem/balaban/ProjeY%F6netimi-horosanli.htm> .
- İleri, A., (2007), Proje Yönetimi Temel Kavramları, <http://www.biymed.com/trdownload/aspkat.asp?kid=28&git=2> .
- Jensen, C.A., (1994), Effective Project Planing Techniques.
- Kandiller, L., (2005), Proje Yönetimi, Data Expert O.D.T.Ü., Ankara.

Kaufmann , A. ve Gupta, M.M., (1991), Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications, International Thomson Computer Pres, Washington.

Keskinel, F., (2000), Şebeke Bazlı Bilgisayar Destekli Proje Yönetimi, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Kobu, B., (1999), Üretim Yönetimi, İstanbul Üniversitesi: İşletme Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Lee, E.S. ve Li,R.J., (1998), “Comparison of fuzzy numbers based on the probability measure of fuzzy events”, Computers and Mathematics with Applications, 15: 887–896.

Monks J. G., Schaum A., (1996),Outline of Theory and Problems of Operation Management; McGraw – Hill Inc..

Project 2003 Kullanıcı Dökümanı, (2007), <http://office.microsoft.com/tr-tr/project/FX100487771055.aspx> .

Sakar, S., (2007), Proje Yönetimi Metodolojisi 1, <http://www.projeci.com> .

Sezen, K., (1994), Tel Sepet Üretim Sürecinde PERT Uygulaması; Uludag Univ. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Bursa

Schroeder, R.G., (2004), Operations management: Contemporary Concepts and Cases, McGraw-Hill Irwin, USA.

Steinford, P., (2007), Project Management, <http://www.psaproject.com.au/home/default.asp?/pm/whatisaproject.shtm~Main> .

TechAcademy Bilgisayar Eğitim Merkezi, (2006), Ms Project 2003 Eğitim Notları

Trevor, L. Y., (1998), Proje Yönetimi, Timaş Yayınları, İstanbul.

Yamak, O., (1998), Proje Yönetim Teknikleri, Gençlik Kitapevi, İstanbul.

Waters, D., (1994), Quantitative Methods For Business, Addison-Wesley Publishing

Wermter, M., (1996), Stratejik Proje Yönetimi Başarıya Giden Yol, Evrim Yayınevi, İstanbul.

Winston W. L., (2004), “Operation Research –Applications and Algorithms”, Brooks /Cole – Thomson Learning Inc.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	10.01.1985	
Doğum Yeri	Balıkesir	
Lise	1998-2002	Haydarpaşa Anadolu Lisesi
Lisans	2003-2007	Kocaeli Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi		Endüstri Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurumlar

2006-2007	Türk Pirelli Lastikleri A.Ş.
2007- Devam ediyor	Bizcon Bilişim Hizmetleri A.Ş.