



T.C.
GAZI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK
LİSANS
TEZİ

**KIYI PROJELERİ İÇİN YAPIM PLANLAMA
STRATEJİLERİ GELİŞTİRİLMESİ**

NİDAL A. N. BARHOOM

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

EYLÜL 2018



**KIYI PROJELERİ İÇİN YAPIM PLANLAMA STRATEJİLERİ
GELİŞTİRİLMESİ**

Nidal A. N. BARHOOM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

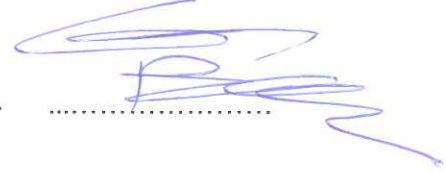
EYLÜL2018

Nidal A. N. BARHOOM tarafından hazırlanan “KIYI PROJELERİ İÇİN YAPIM PLANLAMA STRATEJİLERİ GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Can Elmar BALAS

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Başkan : Prof. Dr. Ahmet Cevdet YALÇINER

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

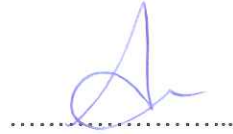
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Doç. Dr. Asu İNAN

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 04/09/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Nidal A.N. BARHOOM

04/09/2018

Nidal Barhoom

KIYI PROJELERİ İÇİN YAPIM PLANLAMA STRATEJİLERİ GELİŞTİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Nidal A.N. BARHOOM

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2018

ÖZET

Türkiye'de, liman projelerinin inşasında meydana gelen hasar ve belirsizlik riskinden dolayı proje hedeflerinde önemli hedef aşmaları gerçekleşmektedir. Bu nedenle, karadaki klasik inşaat projelerine kıyasla, planlanmış zaman ve bütçe dâhilinde tamamlanan bir kıyı inşaatı projesi bulmak çok zordur. Bu nedenle, bu tezin temel amacı, klasik inşaat ağında yapıldığı gibi, Monte Carlo simülasyon kavramını kritik yoldaki dalgakıran, rıhtım ve çekek yerlerinin maliyetine yönelik faaliyetlere uygulayarak, zaman ve bütçe noktasında proje hedeflerine ulaşmaya çalışmaktır. Monte Carlo simülasyon modelinde, faaliyetlerin tamamlanma süresi ve maliyeti, Türkiye'de gerçekleştirilmiş olan projelerden istatistiksel olarak elde edilen normal olasılık dağılımı kullanılarak, tasarım aşamasından ve limanların inşaat aşamasından kaynaklanan toplam belirsizliğin etkilerini temsil etmek amacıyla rassal değişkenler olarak modellenmiştir. Bu tezin, bir diğer önemli amacı da inşaat projelerinde doğabilecek risk ve belirsizlikleri ele alan pratik risk yönetimi tekniklerinin kullanılmasıyla, karar vericilerin kıyı inşaat projelerindeki riskleri yönetmesine yardımcı olmaktır. Önerilen yaklaşım olan Monte Carlo simülasyonu (MCS) ve risk yönetimi çerçevesi, Arsin balıkçı limanının inşaat operasyonuna uygulanmıştır. Son olarak, bu çalışmanın analizinin sonuçları, alternatif risk yönetimi stratejilerinden bir veya daha fazla uygun strateji seçmek suretiyle, risk yanıt stratejilerinin tartışması ile beraber sunulmuştur.

Bilim Kodu : 91112
Anahtar Kelimeler : Yapım stratejileri, kıyı projeleri, şebeke planlaması, maliyet benzetim, CPM, MCS, risk analizleri, dalgakıranlar
Sayfa Adedi : 203
Danışman : Prof.Dr. Can Elmar BALAS

DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION PLANNING STRATEGIES FOR COASTAL PROJECTS

(M. Sc. Thesis)

Nidal A.N. BARHOOM

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2018

ABSTRACT

In Turkey, due to the uncertainty risk and damages occur in the construction of harbor projects, significant deviations take place in project targets. So, it is very hard to find one of coastal construction projects which is completed within the determined time and budget as compared to classical construction projects on land. Therefore, the main purpose of this thesis is to try to achieve the project objectives on time and budget by applying the Monte Carlo simulation concept to the activities that found at the critical path that were introduced from classical construction network based on critical path method and to the costs of breakwater, quays, and boat yard. In the Monte Carlo simulation model, the completion time and cost of activities are modeled as random variables by using normal probability distribution which is fitted statistically from akin projects carried out in Turkey, to represent the effects of total uncertainty that resulted from the design stage and the construction stage of harbor structures. In this thesis also, another important objective is to help decision makers to manage risks in a coastal construction projects by using practical techniques of risk management that deals with risks and uncertainties which inherent in a costal construction project. The suggested approach Monte Carlo simulation (MCS) and the risk management framework are applied to the construction operation of Arsin fishery harbor. Finally, the results of the analysis of this study are presented with discussion of risk response strategies by selecting one or more appropriate strategies from alternative strategies of risk management.

Science Code : 91112
Key Words : Construction strategies, coastal projects, scheduling, network planning, cost simulation, CPM, MCS, risk analysis, breakwaters
Page Number : 203
Supervisor : Prof. Dr. Can Elmar BALAS

TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Prof. Dr. Can Elmar Balas'a bu tezin tüm hazırlık aşamalarında sergilediği profesyonel tavsiyeleri, yararlı rehberliği ve mükemmel desteği için minnettarım. Prof. Dr. Balas'ın dikkatli kontrolü ve faydalı düzeltmeleri tezin son halini almasına çok büyük katkılar sağlamıştır.

Arsin balıkçılık limanı inşaat müdürü Bilal Tamur'a ve çalışma süresince beni destekleyen meslektaşlarım Mahmoud Alrantisi, Sami Altas ve Olcay Eğriboyun'a minnettarım.

Sevgili anne ve babama, beni her zaman destekleyen ve sevgileri ve sürekli kararlılıklarıyla beni aydınlatan annem Zaineb Barhoom ve babam Atia Barhoom'a; tertemiz enerjileri hala benim için bir ilham kaynağı olan erkek kardeşlerim, kız kardeşlerim ve onların eşlerine; her zaman büyük bir destekle yanımda duran bütün arkadaşlarım ve meslektaşlarıma minnettarım; bu çalışmamı onları gururlandırmış olmayı umarak ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİMAN PROJELERİNDE, İNŞAAT PLANLAMASI VE YÖNETİM.	7
2.1. Kıyı İnşaat Projelerinde Proje Yönetimi.....	7
2.2. Proje Planlama, Zamanlama ve Kontrol.....	8
2.2.1. Proje planlama	8
2.2.2. Proje zamanlama	9
2.2.3. Proje kontrol	10
2.3. Şebeke Ağının Planlama.....	12
2.3.1. Şebeke ağının planlamasının geçmişi.....	12
2.4. Şebeke Ağını Planlamasının Geliştirilmesi	13
2.4.1. İş Ayrım yapısı	13
2.5. İnşaatın Organizasyonu	15
2.5.1. Yapım öncesi iş yönetimi	15
2.5.2. Yapım sırasında iş yönetimi	16
2.5.3. Yapım sonrası iş yönetimi	17
2.6. Kıyı Yapıları İnşaatı	17
2.6.1. Dalgakıranlar yapımı	17

	Sayfa
2.6.2. Rıhtımlar ve iskeleler yapımı	20
2.6.3. Çekek yerleri yapımı	23
2.7. Limandaki Hizmet Yapılarının ve Diğer Birimlerin Yapımı	24
2.8. Şebeke Ağını Şeması	24
2.9. Faaliyet Süresi ve Zaman Hesaplamaları	26
2.9.1. Faaliyet süreleri	26
2.9.2. Şebeke ağı zaman hesaplamaları	26
3. İNŞAAT PROJE YÖNETİMİNDE RİSK ANALİZLERİ	29
3.1. Risk ve İnşaat Projelerinde Risk	29
3.2. Risk Yönetimi Süreci	31
3.2.1. Risk belirleme süreci	32
3.2.2. Risk sınıflandırma süreci	34
3.2.3. Risk analizi ve değerlendirme süreci	34
3.2.4. Risk tepki süreci	37
3.3. Zaman ve Maliyet Risk Analizi	41
4. MONTE CARLO SİMÜLASYONU KULLANARAK NİCEL RİSK ANALİZİ	43
4.1. Simülasyon	43
4.1.1. Rassal değişkenler oluşturma	44
4.1.2. Simülasyon süreci	47
4.1.3. Monte Carlo ilkesi	48
4.2. Simülasyonda İstatistiksel Konular ve Olasılık Dağılımı	51
4.2.1. Rassal değişkenler	51
4.2.2. Dağıtım ayarlama	53
4.2.3. Veri korelasyonu	56
4.2.4. Deneme veya yanılma	57

Sayfa

5. KIYI İNŞAAT PROJELERİ İÇİN RİSK TANIMLAMA VE BELİRSİZLİKLER	59
5.1. Kıyı İnşaat Projeleri İçin Ağ Planlamasındaki Belirsizlikler	59
5.2. Kıyı İnşaat Projelerinde Risk Analizleri.....	60
5.3. Belirsiz Etkinlik Süresinde Ağ Planlaması.....	64
5.3.1. Ağırlıklı ortalama yöntemi	65
5.3.2. Basit ortalama yöntemleri.....	67
5.3.3. Beklenen proje tamamlama süresi.....	68
5.4. Belirsizlik ile Maliyet Tahmini.....	70
5.5. Türkiye'de Gerçekleştirilen Kıyı İnşaatı Projeleri için Risk Tanımlama.....	71
6. UYGULAMA.....	75
6.1. Projenin Tanımı ve Kapsamı	75
6.2. Arsin Balıkçı Barınağı'nın İş Ayrım Yapısı.....	76
6.2.1. Arsin balıkçı barınağı dalgakıran iş ayrım yapısı.....	76
6.2.2. Arsin balıkçı barınağı rıhtım iş ayrım yapısı	80
6.2.3. Arsin balıkçı barınağı çekek yerleri iş ayrım yapısı.....	80
6.3. İş Miktarlarının Bulunması.....	81
6.4. İş Verimlerinin Hesaplanması	81
6.5. İş Sürelerinin Bulunması	82
6.6. Şebeke Ağının Edilmesi	82
6.7. CPM Şebekesindeki Kritik Yolunun Belirlenmesi.....	88
6.8. Belirsizliklerin ve Hasar Risklerini İçeren Kritik Yörünge ve Üzerindeki Bulunan Kritik Faaliyetleri İçin Süre Hesaplanması	90
6.9. Arsin Balıkçı Barınağı Yapımına Ait Maliyet Analizleri.....	94
6.10. Simülasyon	100
6.10.1. Monte Carlo simülasyonu yardımı ile çizelge tahmini riskler değerlendirmesi .	101

	Sayfa
6.10.2. Monte Carlo simülasyonu yardımı ile maliyet riskler değerlendirmesi	105
6.10.3. Risk kategorileri tartışması.....	110
7. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	115
KAYNAKLAR.....	121
EKLER.....	125
EK-1. Vaziyet planı	126
EK-2. Kesitlere ait röleveler ve alanlar	140
EK-3. Ana dalgakıra kesitlerine ait kübaj cetvelleri yöntemiyle hacim hesapları	158
EK-4. Tali dalgakırana ait kübaj cetveli yöntemiyle hacim hesapları.....	161
EK-5. Çekek yerlerine ait kübaj cetveli yöntemiyle hacim hesapları	162
EK-6. İşe ait imalat miktarlarının toplamları	164
EK-7. Ana dalgakırana inşaatına ait metraj cetvelleri.....	168
EK-8. Tali dalgakırana inşaatına ait metraj cetvelleri.....	171
EK-9. -5 Metre rıhtım inşaatına ait metraj cetvelleri	172
EK-10. -3 Metre rıhtım inşaatına ait metraj cetvelleri	174
EK-11. Çekek yerleri inşaatına ait metraj cetvelleri	176
EK-12. Su tesisatı inşaatına ait metraj cetvelleri.....	178
EK-13. Elektrik tesisatı inşaatına ait metraj cetvelleri	180
EK-14. 1977-1988 yılları arasında Türkiye'de yürütülen 15 limana ait ilk maliyet değerleri ile ilk tahminler arasındaki fark oranını	183
EK-15. 1987-1995 yılları arasında Türkiye'de faaliyete geçen 11 liman inşaat ve onarım projesinin beklenen tamamlanma süresi tahminindeki sapmaları	184
EK-16. Taş yapı inşa faaliyetlerinin tamamlanma süresi tahminleri için sapma faktörleri.....	185
EK-17. Taş yapı inşa faaliyetlerinin tamamlanma süresi tahminleri için sapma faktörleri.....	186
EK-18. Şebeke ağı.....	187
EK-19. Zaman benzetim sırasında faaliyetlerin normal dağılımıyla modellenmesi	188

Sayfa

EK-20. Toplam maliyeti benzetim sırasında faaliyetlerin normal dağılımıyla modellenmesi....	193
ÖZGEÇMİŞ	203



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. PERT, CPM ve MCS tekniklerinin özellikleri	2
Çizelge 3.1. Risk sınıflandırması, olasılıklar ve inşaat projesindeki etkiler	36
Çizelge 3.2. Risk yönetimi stratejilerinin özetini ve risk kategorisi türü için olası karşı hareketleri	40
Çizelge 3.3. Bir süre ve maliyet risk analizi örneği	42
Çizelge 5.1. Türkiye’deki gerçekleştirilen kıyı yapılarının projelerinde risk kaynakları ve bunların problemlerinin yüzdeleriyle dağılımı	71
Çizelge 6.1. İnşaat bölümlerinin bilgileri	76
Çizelge 6.2. Her iş için ortalama olarak günlük iş miktarı	82
Çizelge 6.3. Arsin balıkçı barınağı yapımına ait kritik yörünge ve üzerindeki bulunan kritik faaliyetleri ve normal tahmin süreleri	89
Çizelge 6.4. Arsin balıkçı barınağı inşaatı işine ait taş taş imalatlarının modellenmesinde kullanılan birim yanlılık faktörlerinin istatistiksel parametreleri.....	91
Çizelge 6.5. Arsin balıkçı barınağı yapımına ait kritik yörünge veya üzerindeki bulunan kritik faaliyetleri için simülasyonu yapılacak ilgili parametrelerinin listesi....	92
Çizelge 6.6. 2014 yılı birim fiyatlarına göre keşif özeti	94
Çizelge 6.7. Ana dalgakıranı inşaatının işine ait fiyat tutanağı	96
Çizelge 6.8. Tali dalgakıranı inşaatının işine ait fiyat tutanağı.....	97
Çizelge 6.9. Rıhtım inşaatının işine ait fiyat tutanağı	97
Çizelge 6.10. Çekek yeri inşaatının işine ait fiyat tutanağı.....	98
Çizelge 6.11. Su tesisati inşaatının işine ait fiyat tutanağı.....	98
Çizelge 6.12. Elektrik tesisati inşaatının işine ait fiyat tutanağı	99
Çizelge 6.13. Arsin balıkçı barınağı inşaatının ana bölümlerine ait miktar teklifi özeti	100
Çizelge 6.14. Maliyet elemanlarının arasındaki korelasyon katsayıları	101
Çizelge 6.15. Çizelge tahmini için monte-carlo simülasyonundan çıkan istatistik değerler ...	102
Çizelge 6.16. Çizelge tahmini için monte-carlo simülasyonundan çıkan yüzdelik değerler..	103

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.17. Arsin balıkçı barınağı inşaatı işine ait hazırlanmış ihale aşamasındaki taş imalatlarının ilk fiyat tutanağı, Xi.....	105
Çizelge 6.18. Arsin balıkçı barınağı taş kategorisinin inşaatı işine ait maliyet tahmine göre simülasyonunda kullanılacak ilgili parametrelerinin listesi	106
Çizelge 6.19. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonundan çıkan istatistik değerler	107
Çizelge 6.20. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonundan çıkan yüzdelerik değerler	109
Çizelge 7.1. Tamamlanma süresinin için monte-carlo simülasyonu (MCS)'dan ve kritik yol metodu (CPM)'dan çıkan sonuçların karşılaştırma	117
Çizelge 7.2. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonu (MCS)'dan ve birim fiyatı (BM)'den çıkan sonuçların karşılaştırma	118

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Taş dolgu dalgakıran kesiti	18
Şekil 2.2. -4.00 m lik beton bloklı rıhtımlar kesiti	22
Şekil 2.3. -2,50 m lik su içinde beton bloklı rıhtımlar kesiti.....	23
Şekil 2.4. Bir çekek yerlerinin tipik kesiti	23
Şekil 2.5. Faaliyetler arasındaki ilişki türleri	25
Şekil 3.1. Risk kaynakları ve bunların Venezuela inşaat projelerine etkileri	31
Şekil 3.2. Risk yönetimi süreçleri.....	32
Şekil 4.1. Bir simülasyon çalışmasındaki adımlar	50
Şekil 4.2. Monte Carlo simülasyon süreci	50
Şekil 4.3. Çeşitli σ değeri ve tek bir μ değeri olan normal dağılımlara bazı örnekler	56
Şekil 5.1. Dalgakıran kısım kesitlerinin risk değerlendirmesi için ağ konfigürasyonları	61
Şekil 5.2. Çeşitli beta dağılımlarının illüstrasyonu	67
Şekil 6.1. İnşa edilmesi planlanan arsin balıkçı barınağı yeri.....	75
Şekil 6.2. Arsin balıkçı barınağı'nın vaziyet planı	78
Şekil 6.3. Arsin balıkçı barınağı'na ait iş ayırım yapısı.....	79
Şekil 6.4. Dalgakıran (kesit 6-6) kesimlerinin plan görüntüsü	85
Şekil 6.5. Dalgakıran (kesit 5-5) kesimlerinin plan görüntüsü	86
Şekil 6.6. Şebeke konfigürasyonu.....	87
Şekil 6.7. Çizelge tahmini için monte-carlo simülasyonundan çıkan olasılık ve sıklık dağılımları	102
Şekil 6.8. Çizelge tahmini için monte-carlo simülasyonundan çıkan kümüle olasılık ve kümüle sıklık dağılımları	103
Şekil 6.9. Çizelge tahmini için monte-carlo simülasyonundan çıkan duyarlılık grafikleri	103
Şekil 6.10. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonundan çıkan olasılık ve sıklık dağılımları.....	108

Şekil	Sayfa
Şekil 6.11. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonundan çıkan kümüle olasılık ve kümüle sıklık dağılımları.....	108
Şekil 6.12. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonundan çıkan duyarlılık grafikleri ...	109



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
ARM	Acceptance–Rejection Method
BB	Başlangıç-Başlangıç
BT	Başlangıç-Bitiş
CCO	Contract Change Order
cdf	cumulative density function
CPM	Critical Path Method
DL	Damage Level
EF	Early Finish
ES	Early Start
FF	Free Float
GERT	Graphical Evaluation and Review Technique
ITM	Inverse Transformation Method
LF	Late Finish
LS	Late Starta
MBD	Method of Bounding Distributions
MCS	Monte Carlo Simulation
MPERT	Modified Program Evaluation and Review Technique
NCT	Network Compression Technigue
NOPC	Notice of Potential Claim
NRM	Network Reduction Method
pdf	probability density function
PDM	Precedence Diagramming Method
PERT	Program Evaluation and Review Technique
pmf	Probability mass function
PRMT	Project Risk Management Team
RTL	Resource Leveling Technique
TB	Bitiş-Başlangıç
TF	Total Float

Kısaltmalar**Açıklamalar****TT**

Bitiş-Bitiş

VERT

Ventura Evaluation and Review Technique

WBS

Work Breakdown Structure

WSDOT

Washington State Department of Transportation



1. GİRİŞ

Genel açıklama

İnşaat sektörü, dünyanın herhangi bir gelişmiş veya gelişmekte olan ülkesindeki en büyük sektörlerden birisidir. Milli gelirin en önemli maddelerinden biri olarak düşünülen inşaat sektörü, milli gelirin büyümesinde etkili ve önemli bir rol oynamaktadır. İnşaat sektörü Türkiye'de milli gelirin ikinci en önemli maddesi olarak düşünülmektedir. Kamu (devlet) ve özel (bireyler ve şirketler) sektörlerden oluşan iki ana inşaat pazarı vardır. Bu tezde, liman projesi gibi bir kıyı projesi aracılığıyla kamu sektöründeki bir inşaat işini inceleyeceğiz.

Kıyı projesi, denizin etkilerinden korunmak için, bir teknolojik yapı ve sıralama ile birbiriyle ilişkili çok sayıda iş görevinin eşsiz bir koleksiyonu olarak tanımlanabilmektedir [1]. Bir taraftan, kıyısız inşaat projeleri diğer inşaat projeleri gibi kabul edildiğinden, benzer faaliyetlerin ve yapıların başarılması için temel iş paketlerini içermektedir. Diğer taraftan, kıyı inşaat projesi, arazide yürütülen diğer inşaat projelerinden farklıdır. Bir kıyı inşaat projesinin doğasındaki belirsizlik ve riskler, diğer inşaat projelerinden çok daha fazladır.

Genellikle, inşaat projeleri yönetiminin başarısı, projenin süresi ve maliyetinin tahmin edilmesine bağlıdır. Dolayısıyla, inşaat projelerinde, proje yönetimi, proje zamanlamasına, maliyet ve performans hedeflerine ulaşma sürecinde somutlaştırılan bir dizi faaliyet olarak tanımlanmaktadır [1]. Ancak aslında, belirsizlikler ve yapısal projelere özgü riskler nedeniyle bir inşaat projesinin, özellikle de bir kıyı inşaatı projesinin, başta öngörülen zaman ve maliyetler dahilinde tamamlanması pek mümkün değildir. Bu, proje risk yönetimi konseptine yol açmaktadır. Risk yönetim süreci, inşaat proje yönetimi ekibinin projedeki risk ve belirsizlik kaynaklarını belirlemesine ve daha sonrasında müdahale edilmesine yardımcı olan teknikler ve araçlar olarak tanımlanmaktadır. Risk yönetimi süreci çerçevesi dört bölümden oluşmaktadır: riskin belirlenmesi, riskin sınıflandırılması, riskin analiz edilmesi ve riske müdahale edilmesi.

Karada veya denizde yürütülen herhangi bir inşaat projesi için, zamanı ve maliyeti belirlemeye veya optimize etmeye çalışırken, görevi oluşturan tüm faaliyetlerin zamanlanması, yani bir plan hazırlanması gerekmektedir. Resmi planlama sistemi girişimlerinden birisi ağ planlama sistemidir. Ağ planlaması, zaman ve maliyet gibi projenin

amaçlarını gerçekleştirmek için etkinlik gruplarının koordinasyonu ve organizasyonu için kullanılan bir proje yönetim aracı olarak tanımlanabilmektedir. Proje ihtiyaçlarına bağlı olarak, Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT), Değiştirilmiş Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (MPERT), Kritik Yol Metodu (CPM), Monte Carlo Simülasyon metodu (MCS) gibi çeşitli ağ planlama araçları kullanılabilir. Çizelge 1.1 gösterdiği gibi, bu teknikler farklı özelliklere sahiptir. Örneğin, CPM deterministik bir yöntemdir, faaliyet sürelerinin sabit olduğunu ve bir kritik yolu olduğunu varsayar. Bu nedenle CPM nispeten belirsizliği az ve tek bir baskın organizasyona sahip iyi tanımlanmış bir projede kullanılabilir. PERT ise olasılıklı bir yöntemdir, faaliyetin süresi olasılığa dayanılarak tahmin edilir ve birden fazla kritik yola sahip olabilmektedir. Bu nedenle, PERT, ilgili kuruluşların birden çok ve üst üste binen sorumlulukları ve büyük ölçüde zaman ve maliyet belirsizliği olan projelerde kullanılmaktadır. MCS Modeli, kantitatif risk analizi için önde gelen bir araçtır ve belirsizliği açıkça gideren bir araç olarak tanımlanabilmektedir. Bu, MCS'nun zaman ve maliyet gibi bir proje hedeflerini etkileyen proje yönetimindeki risk ve belirsizliğin etkisini anlamak için kullanılan olasılık simülasyonu anlamına gelmektedir. Yani, MCS'nu genellikle bilinmeyen bir geleceğin tahmininde değerli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 1.1. PERT, CPM ve MCS tekniklerinin özellikleri

Teknik>>	PERT	CPM	MCS
Özellikler	<ul style="list-style-type: none"> - Olasılıklı bir yöntemdir. - Faaliyetin süresi olasılığa dayanılarak tahmin edilir. - Birden fazla kritik yola sahip olabilmektedir. - Nispeten belirsizliği daha fazladır. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deterministik bir yöntemdir. - Faaliyet sürelerinin sabit olduğunu varsayar. - Bir kritik yolu olduğunu varsayar. - Nispeten belirsizliği azdır. 	<ul style="list-style-type: none"> - Olasılık simülasyonudur. - Bilgisayarda uygulanan bir matematik tekniğidir. - Girdilerinin ve çıktılarının tek bir değer yerine bir olasılık dağılımıyla temsil edilmektedir. - MCS'nu tek nokta veya statik modellere göre birçok avantaj içerir: <ol style="list-style-type: none"> 1. Olasılıksal sonuçlar (Risk analizi için bütün muhtemel sonuçların olasılıklarını gösterir). 2. Grafikselleştirilmiş Sonuçlar. 3. Duyarlılık (Sensitivity) Analizi: En kritik girdi değişkenlerinizi kolayca görebilmenizi sağlar. 4. Senaryo Analizi: MC ile iyi veya kötü senaryoları analiz etmek mümkündür.
Kullanım	<ul style="list-style-type: none"> - Birden çok organizasyona sahip. - Belli bir ölçüde zaman ve maliyet belirsizliği olan projelerde. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tek bir baskın organizasyona sahip. - İyi tanımlanmış bir projede. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bilinmeyen bir geleceğin tahmininde değerli bir araç olarak kullanılır. - Proje yönetimindeki risk belirsizliğin etkisini anlamak için kullanılmaktadır.

Problem ifadesi

Kıyı projelerinin en yaygın türü olarak kabul edilen liman projeleri gibi bir kıyı projesinin asıl problemi, tasarım ve yapım aşamasındaki riskler ve belirsizlikler nedeniyle, projelerin belirlenen zaman ve maliyetindeki belirgin aşımlardır. Örneğin, Türkiye'de liman projelerinin inşasına bakıldığında, önceden belirlenen zaman ve maliyet sınırları dahilinde tamamlanan bir kıyı projesini görmek neredeyse imkansızdır.

Yukarıdakilerden yola çıkarak, projenin beklenen zaman ve tahmini bütçeye yönelik hedeflerine ulaşmak için, risk faktörleri de dahil olmak üzere, inşaatın doğru şekilde planlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu, planlama aşamasında güvenilir risk değerlendirme çalışmalarının yapılması gerektiği anlamına gelmektedir.

Tezin kapsamı

Bu tezin temel amacı müteahhitlerin ve müşterilerin proje süresini ve bütçesini daha doğru tahmin etmelerine yardımcı olmak, inşaat aşamasında risk faktörleri göz önüne alınarak kıyı yapısının inşaat işlerini, hem proje yönetimine dayalı ağ planlaması hem de risk değerlendirmesine dayalı güvenilirlik için Monte Carlo ilkesinin uygulanması yoluyla optimize etmektir. Ve ayrıca, diğer bir önemli hedef ise, kıyı projelerindeki risk ve belirsizliklerle ilgili pratik risk yönetim teknikleri kullanarak, karar alıcıya kıyı inşaat projelerindeki risklerinin yönetiminde yardımcı olmaktır.

Çalışmanın materyali ve yöntemleri

Kıyı projeleri çok fonksiyonlu ve yapım maliyeti yüksek projelerdir. Bu projelerin zamanda ve bütçesinde tamamlanması mümkün olabilmektedir. Kıyı inşaat projelerinde, karmaşık doğal koşullarla ilk aşamadan itibaren etkileşim halinde bulunması sebebiyle, bu projelerin için şebeke ağının planlaması, zaman ve maliye tahminleri yapılmadan risk unsurlarının incelenmeli ve analiz edilmelidir. Bu bağlamda, yeni yapım stratejilerinin geliştirilmesi, Arsin Balıkçı Barınağı'na uygulanmaktadır.

Bu çalışmanın amacına ulaşılabilme amacıyla, ele alınan projeye ait vaziyet planı ve kesitler T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı DLHİ Genel Müdürlüğü'nün tarafından alınmıştır. Bu yapıya ait ta metraj bilgileri ilgili bir firmadan edinilmiştir. Seçilen

proje, Arsin Balıkçı Barınağı'nın, ana dalgakıran, tali dalgakıran, rıhtımlar, çekek yerleri, fener kuleleri, elektrik ve su tesisatı inşaat bölümlerinden oluşmaktadır. Şebeke ağını planlanması yapılabilmek için bir yazılım olan MS Project programı kullanılmıştır. Bütçe analizleri yapılabilmek için T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının 2014 yılı birim fiyat analizleri kullanılmıştır. Bu projenin zamanda ve bütçesinde tamamlanması engelli olan risk ve belirsizlik unsurlarının analiz edilebilmek için Monte Carlo metodu uygulanmıştır.

Bu çalışmanın yöntemleri ve temel aldığı genel aşamaları aşağıdaki gibi sunmaktadır:

1. Verilerin toplanması, tanımlanması ve işlenmesi.
2. Şebeke ağını planlanmasının geliştirilmesi.

Şebeke ağını planlanmasının aşağıdakileri içerir:

- Her iş bölümü için iş ayırım yapısının oluşturulması.
- İş miktarlarının bulunması.
- İş verimlerinin hesaplanması.
- İş sürelerinin Bulunması.
- Aktivite birbiriyle ilişkilerinin bulunması.
- MS Project programının uygulanması.
- Şebeke ağının edilmesi.
- CPM şebekesindeki kritik yolunun belirlenmesi ve normal şartlarda proje tamamlanma süresinin hesaplanması.

3. Kritik yörünge ve üzerindeki bulunan tüm faaliyetlerin iyimser ve kötümser süreleri hesaplanması.

İyimser ve karamsar etkinlik sürelerinin mutlak limitlerinin geçmiş verilerden tahmin edilmektedir. Geçmiş verilerden tahmin edilmesi son derece zorsa birkaç yöntemleriyle hesaplanabilmektedir.

4. Her faaliyetin süresi basit ortalama yöntemlerinin ifadesine uygulanmasıyla beklenen tamamlanma süresi (ortalama) " $\mu(t)$ " ve standart sapması " $\sigma(t)$ " hesaplanması.

Basit ortalama başka bir 3-noktalı tahmin tekniğinin başka bir şeklidir. Bu yöntem, üçgen dağılımına dayanmaktadır.

5. Bütçe analizlerinin edilmesi.

Bütçe analizleri ve ihale aşamasındaki toplam maliyeti hesaplamak için T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının 2014 yılı birim fiyat analizleri kullanılmıştır.

6. Türkiye'deki kıyı projeleri için riskler ve belirsizlikler tanımlanması ve Monte Carlo analizi için kullanılacağı parametreleri hesaplamaktadır.

Türkiye'deki benzer projelerden ve önceki deneyimlerinden elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi ve simülasyonda kullanmak için hazırlanması. Farklı değerlerden ve rassal değişkenlerden oluşan kitleyi temsil edilen en uygun değeri belirlenmektedir. Bu değerler, Kıyı faaliyetleri için değişim katsayıları "Şv'e" gibi bir değeridir ve değişim katsayıları; standart sapma ve ortalama değer oranıdır ve boyutsuz bir ölçüsüdür. Örneğin; maliyetin risk analizi yapılmak için 1977-1988 yılları arasında Türkiye'de yürütülen 15 limana ait ilk maliyet değerleri ile ilk tahminler arasındaki fark oranının kullanılmıştır. Aynı şekilde, 1987-1995 yılları arasında Türkiye'de faaliyete geçen 11 liman inşaat ve onarım projesinin beklenen tamamlanma süresi tahminindeki sapmaları, proje süresinin sapma faktörü, sapmanın tamamlanma süresi tahminine oranı ve gerçek tamamlanma süresi ile tahmin tamamlanma süresi arasındaki farkın kullanılmıştır.

7. Olasılık dağılımının ayarlanması.

Amaç, her maliyet ögesini veya zaman ögesini temsil eden bu Xi değerlerini, bir model oluşturmak amacıyla olasılık dağılımına uydurmaktır. Analizimiz için, bir olasılık dağılımı seçme sürecini ve sonuçları büyük ölçüde basitleştiren özellikleri olan Crystal Ball'u kullanacağız ve dağılım parametrelerini tahmin ederek daha doğru sonuçlara ulaşılmıştır.

8. Monte Carlo simülasyonunun uygulanması.

Bu araçta, tüm değişken faktörler, tek, bilinen değerler olarak değil, olasılık dağılımları olarak modellenmektedir. Monte Carlo simülasyonu, maliyet ve zaman gibi proje hedeflerini etkileyen risk ve belirsizliğin proje yönetimi üzerindeki etkilerini anlamak için kullanılan bir olasılık simülasyonudur.

9. Risk analizi ve değerlendirmesi.

Risk yönetimi sürecinin amacı, risk belirleme, risk sınıflandırması ve risk analizi sonrasında PRMT'nin riski uygun bir biçimde değerlendirmesini sağlayan stratejileri ve planları geliştirme yoluyla riske tepki vermektir. Riske tepki verebilecek birçok temel biçim önerir. Örneğin: Riskten kaçınma, zararı azaltma risk nleme, Risk tutma ve risk transferi.



2. LİMAN PROJELERİNDE, İNŞAAT PLANLAMASI VE YÖNETİM

Bu bölüm, şebeke ağının planlama teknikleri ilkelerinin ana hatları başta olmak üzere liman inşaatında uygulanan inşaat planlaması ve yönetim ilkelerini ve bunları liman projesinde nasıl uygulayacağımızı tanımlar.

2.1. Kıyı İnşaat Projelerinde Proje Yönetimi

İnşaat, sabit olmayan yapıların inşasıyla ilgili her türlü faaliyeti kapsar. Bu faaliyetlerin bazıları planlama, maliyet kontrolü, zamanlama ve kontrol etmedir. İnşaat projelerinde müteahhit, tamamlanmış tesisi belirli bir zaman ve maliyette teslim etme sorumluluğunu üstlenir. İnşaat projeleri, proje hedeflerini (maliyet, zaman, kalite ve güvenlik) etkileyen risklere ve belirsizliklere maruz kalabilmektedir [2].

İnşaat projelerini sınıflandırmanın birçok yolu vardır. Kullanılan en ünlü sınıflandırmalardan biri inşaat sektörünü dört ana kategoriye ayırır. Bunlar; inşaat projeleri, endüstriyel inşaat projeleri (fabrika ve atölyeler), kamu kuruluşları inşaat projeleri (kanalizasyon ve su temini) ve ağır mühendislik inşaat projeleri (tünel, köprü, baraj, liman ..). Bu araştırma, deniz yapı projeleri başta olmak üzere, yalnızca ağır mühendislik projeleri konu edinmiştir. Kıyı inşaatı olarak da bilinen deniz inşaatı, su üstü ve su altı projeleri içerir. Örneğin; iskele, rıhtım, dalgakıranlar, deniz platformları, denizaltı boru hatları ve denizcilik ve okyanus ticaretiyle ilgili yapılar. Ağır mühendislik inşaat kategorisi, genellikle profesyonel ve uzman mühendisler tarafından planlanan ve tasarlanan çok geniş bir inşaat alanını kapsamaktadır.

İnşaat projeleri yönetimindeki en önemli ve kritik alan proje yönetimidir. Proje yönetimi, planlama, tasarım, satın alma ve inşa etme gibi bir inşaat programının tüm yönlerinin koordinasyonundan sorumlu olan süreçtir. İnşaat projesi yönetiminin işlevlerinin en önemli ve kritik özellikleri şunlardır:

1. Tüm mühendislik, tasarım, tedarik, inşaat işlemleri ve program hizmetleri dahil olmak üzere Proje inşaat planlamasının tüm yönleri hakkında tavsiyelerde bulunmaktır.
2. İnşaat fizibilitesi ve teknikleri, olası ekonomi, malzeme ve emeğin bulunabilirliği, satın alma, inşaat ve proje maliyetleri için gereken zaman faktörlerinde danışmanlık amacı ile planların ve şartnamenin gözden geçirilmesi.

3. Maliyet bütçelerini ve planlanan programları izleme, kontrol etme, ölçme ve bunların asıl proje faaliyetleri ile karşılaştırılması.
4. Tüm Proje maliyetlerini, programlarını ve ilerleme raporlarını analiz etme ve değerlendirme.
5. Tüm projelerin maliyet ve zaman bakımından en iyi hale getirildiğinden emin olma.

2.2. Proje Planlama, Zamanlama ve Kontrol

Planlama, Zamanlama ve Kontrol birbirine bağlı işlevlerdir. Bu işlevler, Proje için arzulan hedefe ulaşma amacına hizmet ettiği sürece gerekli ve faydalıdır.

2.2.1. Proje planlama

Planlama, proje yönetiminin en önemli fonksiyonudur çünkü tüm tarafların çalışmalarını koordine eder ve ayrıca, projeyi başarıyla tamamlamak için gereken maliyet ve zamanlamayı elde etmek amacıyla kurulan kontrol sistemi kriterlerini belirler. Planlama aşaması, proje analizi ve faaliyetlerin belirlenmesini içerir. Planlama, bir projedeki tüm faaliyetleri, bunların mantıksal sırasını ve birbiriyle olan ilişkilerini tanımlar.

1982'deki yapılan " İşletme Yuvarlak Masası, Planlama ve Zamanlama-Rapor A-6.1" çalışması olağanüstü bir planlama çabasının makul bir planlamaya kıyasla yüzde 40'luk bir tasarruf sağlayabileceğini göstermiştir. Aynı çalışma, zayıf planlamanın %400'e kadar aşmalara sebep olabileceğini ve, ortalama olarak, zayıf planlamalı projelerin, makul planlamalı projelere kıyasla %50 daha fazla maliyetli olabileceğini gösterdi. Uygun maliyetli bir Proje için koordineli bir planlama zorunludur [3].

Planlama süreci Proje hedeflerini tanımlamakla başlar; bir başka deyişle, planlama sürecinin ilk adımı proje hedeflerini tanımlamaktır. İnşaat Projesinin amacı, her bir iş süreci için gereken ideal zamanı belirlemek ve mevcut kaynakları en ekonomik biçimde kullanmaktır. Proje hedefleri spesifik ve ölçülebilir olmalıdır. Bundan sonra ikinci adım, proje amaçlarını gerçekleştirecek tüm faaliyetlerin bir listesini yapmaktır. Bir İş Ayrım Yapısı'ndan (WBS) faydalanarak aktivitelerin listesini yapabiliriz. Bir sonraki adım bir ağ şeması geliştirmektir.

Proje planlaması, Proje zamanlaması için önkoşuldur çünkü işlerin sıralaması veya başlangıç ve bitiş tarihlerini, bunlar tanımlanana kadar belirlemek mümkün değildir [4]. Diğer bir

deyişle, proje planlama, paha biçme, Proje kontrolü ve zamanlama fonksiyonları gibi diğere ilgili fonksiyonların temelini oluşturur ve bu işlevler için ayrıntılı bilgi sağlamaktadır.

2.2.2. Proje zamanlama

Proje yönetiminde, zamanlama, her bir faaliyeti ve faaliyetlerin birbirleri ile olan ilişkilerini sistematik olarak analiz ederek projeyi planlamak için en sık kullanılan araçtır. Zamanlama, en basit anlamıyla, belirli bir zamana kadar yapılacak olan tüm faaliyetleri belirleyen zaman takvimleridir; daha karmaşık ifade etmek gerekirse, tüm faaliyetler arasında ilişki kurar ve projedeki bu faaliyetlerin zamanlamasını ve bunların montajını belirleyerek projenin tamamlanma süresini belirtir; her bir işi yerine getirmek için gerekli kaynakları tespit eder ve geç kalınan faaliyetleri vurgular.

Zamanlama, ilk başta, iş ağındaki her bir etkinliğin tamamlanma süresinin bir tahmininin yapılması ile başlar. Tüm faaliyetlerin tamamlanma süresini tahmin ederken saat, gün veya hafta gibi uygun zaman birimleri kullanılmalıdır. Bir sonraki adım, Projenin beklenen başlangıç zamanını ve Projenin istenilen tamamlanma zamanını seçmektir.

Zamanlama için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlar; çubuk grafik takvimleri (Bar Chart Schedules), matris takvimleri (matrix schedules) ve şebeke ağ takvimleridir (network schedules). Çubuk grafik takvimleri, grafik anlamında zamanlama yöntemlerinin en basit olanıdır. Diğere yöntemlerden daha hızlı üretilebilir. Çubuk grafik, projeye ilgili birkaç önemli gerçeği ortaya koyabilir: Projenin planlanan toplam uzunluğu, her bir Proje bileşeninin planlanan süresi, her bir Proje aşamasının takvim başlangıç ve bitiş tarihleri ve bir Proje hakkında rapor bilgileri; ancak, bu yöntem, günlük yönetimi içermiyor olabilir ve en büyük kısıtlaması, faaliyetler arasındaki karşılıklı bağımlılıkların gösterilememesidir. Matris Zamanlama, saha faaliyetlerini kontrol etmede genellikle tekrarlayan işler için kullanılan iyi bir araçtır. Matris Takvimi genellikle tüm Proje faaliyetlerini göz önünde bulundurmaz; ancak, bu takvimin en etkin kullanımı, sahadaki veya ofisteki personel ile iletişim kurmak için bir koordinasyon takvimi olarak kullanımınıdır. Şebeke Ağ Takvimleri, genellikle kritik yol yöntemi (CPM) Takvimi olarak adlandırılmaktadır. Şebeke Ağ Takvimleri, yol haritası olarak da görülebilir; eğer dikkatle takip edilirse, projeyi hedeflenen varış noktasına götürür. Şebeke Ağ takvimleri, yukarıda bahsedilen matris ve çubuk grafik takvimleri ile karşılaştırıldığında birçok farklılık ortaya çıkar. Bu farklılıklar şunlardır:

Şebeke Ağ planlama şüphesiz en büyük girişimdir: büyük bir ticari Proje için kapsamlı bir planlamanın hazırlanması birkaç hafta sürebilir ve çok büyük kaynak tüketebilir; zira oldukça detaylı Proje bilgileri mevcut olmalı ve güncelleme ve düzeltme fırsatı sunmalıdır. Bu tezin amacı, kıyı projelerinin inşaat işlerini bir şebeke ağı planlama tekniği kullanarak geliştirmektir; bu nedenle bu yöntemi bölüm 2.3'te ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

2.2.3. Proje kontrol

Proje kontrol, proje yöneticilerinin bir hedef belirlediği, sonuçları ölçtüğü, analiz ettiği, ayarlamalar yaptığı ve sonuçları rapor ettiği sürekli bir döngüdür. Projenin yapısına bağlı olarak, gerektiği kadar sıklıkla geribildirim döngüsü sağlayabilen eylem temelli bir süreçtir. Tahmin ve takvim maliyet ve zamanlama hedeflerini belirler [5]. Proje kontrol, gerçekte olanla olması planlanan arasında kıyaslama yapmak ve bunların arasında fark olması durumunda, gerçekte olanın planlara uygun olması için düzeltici faaliyet elde etmek için kullanılmaktadır.

Şebeke ağının teknikleri, bir kontrol tekniği olarak kullanılırken, kontrolün başlıca özellikleri olarak düşünülmelidir. Kontrolün başlıca unsurları şunlardır: bir plan yapılmalı, bu plan yayınlanmalı, uygulanmaya başladıktan sonra, denetlenen faaliyet ölçülmeli; ölçümler daha sonra planla kıyaslanmalı, herhangi bir sapma uygun kişiye bildirilmeli ve daha sonra herhangi bir sapmanın sonuçlarına yönelik tahmin yapılmalı ve ilk başta arzu edilen sonuca ulaşmak için faaliyetlerin devam etmesini sağlayacak düzeltme faaliyetleri uygulanmalı, ya da eğer bu mümkün değilse, yeni bir plan oluşturulmalı [6].

Etkili bir proje kontrol sistemi, inşaat projelerinin başarıyla teslim edilmesi için gereklidir. Etkili bir proje kontrol sistemi, çalışma sahasında maliyet kontrolü, zaman kontrolü, kalite kontrolü, güvenlik önlemleri ve kontrol için programlanmış prosedürlerden oluşmaktadır.

Zaman kontrolü

Proje kontrol sistemi için zaman önemli bir kriterdir; çünkü, herhangi bir yapı işinin zamanında tamamlanması, Projenin başarısı için gereklidir. Zaman aşımı, maliyetin artması, yani genel masraflar, malzeme ve işçilik maliyetlerinin artması anlamına gelir. Zaman kontrolü şunlardan oluşmaktadır: Projenin ilerlemesini belgelemek, gerçek ilerlemeyi

planlanan ilerleme ile karşılaştırmak, takvimdeki gecikmeleri telafi etmek için önlem almak ve takvimi güncel tutmaktır.

Etkin bir zaman kontrolü, ancak, yönetimin faaliyetleri, faaliyet sürelerini, bunlar için ayrılan kaynakları, başlangıç ve bitiş tarihlerini açıkça tanımlayan etkin bir takvimi kullandığı projelerde mümkündür. Projelerin zamanında tamamlanması için özellikle kritik faaliyetlerde hassas zaman kontrolü çok önemlidir.

Maliyet kontrolü

İş maliyetlerinin doğru ve zamanında raporlanması, proje yönetiminin en önemli görevlerinden biridir. Maliyet kontrolü, Projedeki tüm faaliyetlerin ilerlemesi sırasında bütçelenen maliyetlerle karşılaştırılacak maliyetler olarak tanımlanabilir. Masraf kontrolü aşağıdakilerden oluşturmaktadır: Önemli sapmalar araştırılacak, düzeltici tedbirler alınacak, gerekli görülürse bütçe ve nakit akış çizelgesi değiştirilecektir. Maliyet kontrolünün iki ana hedefi:

1. Uygun kararların alınması için maliyet bilgisinin zamanında yönetime sunulması.
2. Yönetimin gelecek tahminlerinde kullanabileceği güncel maliyet bilgilerini sunmaktır.

Masrafları kontrol etmenin en etkili yolu, maliyet merkezleri kurmak ve bu maliyet merkezlerine Projede kullanılan her bir kaynağın maliyetlerini tahsis etmektir. Bu şekilde toplanan maliyet bilgileri sürekli olarak değerlendirilmeli ve bütçeden sapmaların nedenleri bildirilmelidir.

Bu işlevler, projelerin zaman ve maliyet boyutlarının yönetimi, Proje aktivitelerinin sıralanması, başlangıç ve bitiş tarihlerinin belirlenmesi ve proje takvim ilerlemesinin izlenmesi anlamına gelir. Proje zamanı ve maliyet boyutları birbirine çok yakın olduğundan, projeyi hem takvim hem de bütçenin planlanması ve kontrolü için temel oluşturabilen alt öğelere ayırmak için basit ama güçlü bir yöntem başlatıyoruz. Proje yönetiminde en önemli araç planlama, takvim ve kontrol işlevlerini içeren bir şebeke ağının planlamasıdır.

2.3. Şebeke Ağının Planlama

Şebeke ağının planlaması, bir projenin daimî parçası olan kaynak ihtiyaçlarını ve maliyet faktörlerini planlamak ve kontrol etmek için uygun bir temel sağlar. Şebeke ağının planlaması, birbiriyle ilişkili birçok görev veya faaliyetten oluşan projelerin planlanması, zamanlaması ve kontrol edilmesi için kullanılan bir Proje yönetimi aracı olarak tanımlanabilir. Şebeke ağı programında, projedeki her öğeye faaliyet denmektedir. Bu faaliyetlerin her birine bir süre verilir ve bunlar şebeke ağının şemaları ile birbirine bağlanırlardır.

2.3.1. Şebeke ağının planlamasının geçmişi

1957 yılı, yönetim bilimi bakımından önemli olayların meydana geldiği yıldır. Şebeke ağının planlaması planlama, zamanlama ve kontrol etmek için bir araç olarak tanıtılmaktadır. 1958 yılında, Molcolm ve diğerleri, PERT tekniğini geliştirdiler. Bu teknik, birçok faaliyetin faaliyet süresi tahminlerinin önemli farklılık gösteren rasgele değişkenler olduğu büyük ve karmaşık bir evrim programı için geliştirilmiştir. Rastgele değişkenler, projenin tamamlanma ihtimalini belirlemek için ayırt edici bir beta olasılık dağılımı ile modellenmiştir. PERT tekniği, aynı zamanda, araştırmacı ve geliştirme görev sürelerinin hesaplanmasına ilişkin belirsizliği hesaba katmak zorundaydı [7].

Jams Kelley ve Morgan Walker, 1961'de Kritik Yol Metodunu (CPM) geliştirdiler. Bu teknik, genellikle, faaliyet parametreleriyle ilişkili olarak karşılaştırılabilir derecede küçük belirsizliklere sahip düzgün çizilmiş projelerde kullanıldı. PERT ve CPM geliştirildikten sonra, Grafik Değerlendirme ve İnceleme Tekniği (GERT), Öncelikli Diyagram Yöntemi (PDM) ve Monte Carlo Simülasyonu gibi diğer benzer teknikler de geliştirildi. GERT, bir testin veya değerlendirme faaliyetinin sonlandırılması gibi özel dönüm noktası olayların olduğu olasılıkçı kolları içeren projelere uygulanır. GERT inşaat projeleri için kullanışlı değildir.

Proje yönetiminde GERT ve Monte Carlo yöntemlerinin çeşitli türevleri geliştirilmiştir. Daha sonra, 1978 yılında, GERT'nin benzer bir varyantı olan Ventura Değerlendirme ve İnceleme Tekniği (VERT), Moellerr ve Lester tarafından tanıtılmıştır. Karşıtlı Değişken Yöntemi, Monte Carlo Simülasyonunun genel teorisinde geliştirilmiştir. Monta Carlo

Simülasyonunun Dağılımları Sınırlandırma Yöntemi (MBD), ve Ağ Azaltma Yöntemi (NRM), gibi diğer alternatifleri de geliştirilmiştir.

Son yıllarda, MacProject, Microsoft Project for windows, Primavera Project planner, Project workbench, Harvard Manager, Promis, Sure Trak, Line Time ve Texim Project gibi CPM ve PERT tabanlı öncül bilgisayar yazılımlarının gelişmiş versiyonu ortaya çıkmıştır.

2.4. Şebeke Ağını Planlamasının Geliştirilmesi

Bir şebeke ağını planlamasının geliştirilmesi, projenin amacının tam olarak anlaşılmasıyla başlar ve çizimlerde ve şartnamelerde belirtildiği şekliyle projenin oluşturulacağı çalışma ortamı, sözleşmenin amacı ve proje kapsamı hakkında kapsamlı bilgi gerektiren bir araştırma sürecine ihtiyaç duyulmaktadır. Zaman, maliyet ve iş gücü bilgilerini bir araya getirmek için bir temel oluşturan şebeke ağını planlamasının basamakları aşağıdaki gibidir:

2.4.1. İş Ayrım yapısı

İş ayrım yapısı İngilizce’de Work Breakdown Structure olarak bilinir. WBS, bir projenin amacına ulaşmak için gereken çabanın alt bölümünü gösteren bir ağaç yapısı olarak tanımlanır. WBS, bir projenin ayrıntı ya da görevlerini, projenin toplam çalışma kapsamını organize etmeye ve tanımlamaya yardımcı olacak bir şekilde (seviye olarak) tanımlamak ve gruplamak için kullanılan bir araçtır. Bir Projeyi verimli bir şekilde organize etmek için, bu Projeyi koordine edilebilen ve kontrol edilebilen belirli parçalara ayırmak gerekmektedir. Ağ oluşturma sürecindeki ilk adım, Proje için WBS tanımlamak ve bu şebeke ağının şemasını oluşturacak faaliyetleri tanımlamaktır. Bir faaliyet, genel projenin tanımlanabilir bir parçası olmalıdır. Proje faaliyetleri proje süresini ve kaynaklarını tüketmelidir. Şebeke ağını planlama faaliyetleri, proje ekibi tarafından WBS kullanılarak listelenir. İş kalemlerini tanımlayan bir WBS geliştirin; bu kalemleri tanımlarken, zaman gerektiren faaliyetleri düşünün, maliyet gerektiren faaliyetleri düşünün, planlamanız gereken faaliyetleri düşünün ve gözlemek istediğiniz faaliyetleri düşünün. WBS 3 adımlardan oluşmaktadır. Bunlar:

- Ana iş paketlerini belirlemek
- İş Paketlerinin alt aktivitelerini belirlemek
- Gerekli her bileşen için parçalamaya devam etmek [8].

Herhangi bir inşaat projesinde olduğu gibi kıyı inşaat Projeleri kaynak (zaman, maliyet, iş gücü ve ekipman) bakımından birbiriyle ilişkilidir. Bu nedenle, kıyı inşaat projesi WBS'de yer almaktadır. Bir kıyı inşaat projesinin WBS'si iki aşamalı olarak sınıflandırılabilir:

Liman planlanması iş grupları

Kıyı inşaat projelerinin planlanması ve tasarımı genel olarak resmî kurumlar tarafından yapılır ve teklif verildikten sonra müteahhit ile revize edilmektedir. Hedefe ulaşmak için müteahhitler işin planlanması, organize edilmesi ve yürütülmesi görevlerini üstlenir; resmî kurumlar ise tüm aşamalarda ve inşaat prosedürlerinde projeyi takip eder ve izler. Planlama faaliyetlerinin maliyeti, toplam inşaat maliyetine kıyasla azdır ve projenin bu aşamasında şebeke ağını planlama teknikleri kullanılarak azaltılabilmektedir. Bu nedenle, pratikte, WBS, Proje planlama aşamalarına dahil edilmeyebilmektedir. Liman planlanması iş grupları şu şekilde yapılmaktadır:

- Ekonomik analizleri
- Yer Seçimi
- Sedimentasyon Etütleri
- Jeolojik Çalışmaları, saha araştırmaları
- Akıntı Analizleri
- Rüzgâr ve Dalga iklimi Çalışmaları
- Hidrolik Model Çalışmaları
- Liman Yapıları Tasarımı [9].

Liman inşaatı iş grupları

Tasarım ve planlama aşaması hazır olduktan sonraki adım işin yapılmasıdır. Aslında, proje yöneticileri özellikle yapım aşamasında ilgileniyorlar. Bir limanın inşası, sınıflandırmasına bağlıdır. Genel olarak inşaat aşmaları şu şekilde sınıflandırılabilir:

- İnşaatın Organizasyonu
- ✓ Yapım Öncesi iş yönetimi
- ✓ Yapım Sırasında iş yönetimi
- ✓ Yapım sonrası iş yönetimi

- Kıyı Yapıları İnşaatı
- ✓ Dalgakıranlar Yapımı (Ana ve Tali Dalgakıranlar)
- ✓ Rıhtımlar ve İskeleler Yapımı
- ✓ Çekek Yerleri Yapımı
- Limandaki Hizmet Yapılarının ve diğer Birimlerin Yapımı

Limana inşaatı iş grupları aşağıdaki gibi analiz edilebilmektedir:

2.5. İnşaatın Organizasyonu

İnşaat aşamasının ilk ve en önemli bölümü inşaatın organizasyonudur, çünkü bu aşama olmadan inşaat başlanamaz. İnşaat işlerinin organize edilmesi, işler ve işçiler arasında iyi bir koordinasyon sağlanması ve servis güzergâhları ile çalışanların evlerinin oluşturulması demektir. Malzemelerin için geçici olarak depolanabileceği yerler, ulaşım yolları planlanması ve deniz araçlarının yanaşabileceği yerlerin tespit edilmesi. Elektrik enerjisi ve su hatlarının getirilmesi için planlanması. Taşocağı ekipmanları, çimento ve beton dahil olmak üzere her türlü malzeme, ekipman ve yedek parçaların yeterli miktarda sağlanması. Ana yüklenici işi başlamasından önce işlerin düzenli olarak yürütmesi için uygulanacak yöntemleri belirlenmeli ve planlamalıdır. İş yönetimi üç ana adım ayrılmaktadır. Bunlar Yapım Öncesi, Yapım Sırasında ve Yapım sonrasıdır.

2.5.1. Yapım öncesi iş yönetimi

Yapım öncesi çok önemli bir aşmadır. İnşaat aşamasına gelmeden bu aşama tamamlanması lazım. Yapım öncesi yapılacak adımlar şu şekilde takip etmektedir:

- Tasarım çizimleri; İşle ilgili bütün çizimlerin incelenmesi ve çalışma çizimleri ile sahadaki durumun karşılaştırılması.
- Şartnamesini anlamak; Kıyı yapıları ve limanlar inşaat sırasındaki şartnamenin okunması ve iyi bir şekilde anlamak.
- Yapım alanı etüdü yapılması, Yapıma başlamadan önce arazinin topoğrafik özelliklerini belirlemek için arazi etüdü yapılması.

- Hava durumu ve dalga iklimi ile ilgili araştırma yapılması, yapım aşamasında yapımı etkileyebilecek durumlar kaydedilmesi, örnek olarak yağmur, rüzgâr bilgileri, gel-git yükseklikleri.
- Yapım malzemesi miktarlarının hesaplanması, Yapıma başlamadan önce kullanılacak malzemenin miktarının hesaplanması ve tasarım miktarları ile kontrol edilmesi.
- Yapım için engel çıkartabilecek durumların belirlenmesi (Kablo hatları, su yada kanalizasyon hatları, yer üstü engeller vb.) [10].

2.5.2. Yapım sırasında iş yönetimi

Yapım sırasında yapılacak işlemler şu şekilde yapılmaktadır:

- Geçici yapılarının yapılması, Malzeme ve ekipman için yapılacak depolama alanlarının belirlenmesi ve hazırlanması, şantiye ulaşım yollarının yapılması, Beton blokların yapım alanının ve depolanacak alanların hazırlanması, denizden malzeme taşınması durumunda aktarma alanlarının belirlenmesi.
- Yapım sırasında kullanılacak olan bütün ekipmanların envanter olarak çıkarılması, her iş kalemi için gerekecek zaman ve iş gücünün hesaplanması, her iş için çalışacak olan ekiplerin çıkarılması.
- Çevre koruma önlemlerinin alınması, Gürültü, titreşim veya su kirlenmesine karşı önlemlerin alınması, yapım sırasında bölge çevresinde trafiğin akışını bozabilecek durumların gözden geçirilmesi, çevre kirletici malzemelerin kullanılmasında gerekli önlemlerin alınması.
- Muhasebe işlemleri; Malzeme, ekipman ve insan gücünün kullanılmasına yönelik planlama yapılması, malzeme taşıma planları, taşeron kullanma planı.
- Kalite Kontrol Planı; Tasarım ve yapım kalitesinin sağlanması için kalite kontrol planı hazırlanması ve gerekli önlemlerin alınması, sahaya getirilecek malzeme için kalite kontrol belgelerinin hazırlanması,
- İş güvenliği yönetim planı; İş güvenliği kontrol planı hazırlanması, saha iş güvenliği için gerekli önlemlerin alınması ve kontrolü, işin durdurulmasını gerektirecek koşulların belirlenmesi (yağmur, rüzgâr ve dalgalar vb.)
- Diğer yönetim planları; Saha yönetimi organizasyon şeması, acil durumlarda başvurulacak yöntemler (kazalarda, felaket durumlarında.) [10].

2.5.3. Yapım sonrası iş yönetimi

İnşaat aşması bitirdikten sonra şantiye temizlenmesi. Yapım sonrası elde kalacak olan yan ürünlerin kullanılabilmesi için planların yapılması. Yapım sonrası üretilmiş olan yan ürünlerin hesaplanması, yeniden kullanma, zararlı atık olması durumunda arıtma ya da işleme [10].

2.6. Kıyı Yapıları İnşaatı

Liman genel olarak ana dalgakıran, tali dalgakıran, rıhtımlar, iskeleler, çekek yerleri ve liman tipine göre elementlerden oluşmaktadır.

2.6.1. Dalgakıranlar yapımı

Kıyı projeleri arasında en önemli liman yapısı olan dalgakıranlarıdır. Dalgakıranlar; kıyıyı, limanı, demirleme bölgesini veya havzayı dalgalardan koruyan bir yapıdır [11]. Başka bir ifadeyle; Dalgakıranlar, tüm deniz araçlarının güvenilir olarak barınmaları ve liman işlevlerinin güvenilir bir şekilde yürütülmesine olanak sağlayan korunmuş su alanları yaratmak için tasarlanan yapılardır. Dalgakıranlar ana ve tali dalgakıranlardan oluşmaktadır.

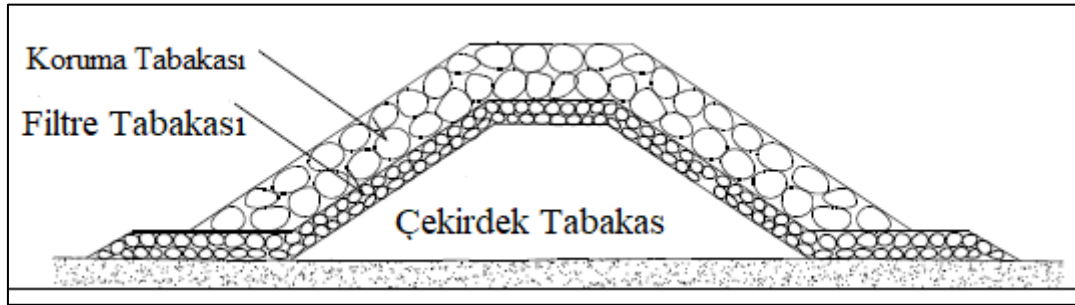
Dalgakıranlar yapı tiplerine göre üç ana sınıfa ayrılabilir; a) Taş Dolgu Dalgakıranlar (Rubble-Mound Breakwaters), b) Düşey Yüzlü Dalgakıranlar (Vertical Wall Breakwaters), c) Kompozit dalgakıranlar (Combination Breakwaters). Dalgakıranlar fonksiyonuna, malzeme yapısına ve inşaat şekillerine göre diğer dalgakıran tipleri de mevcuttur. Bu tiplerin seçimi; su derinliği, dalga iklimi, zemin gibi faktöre bağlıdır [12].

Düşey yüzlü dalgakıranlar; kesonlar ve büyük beton bloklardan meydana gelirler. Düşey yüzlü dalgakıranlar, literatürde monolitik dalgakıranlar olarak adlandırılmaktadır. Düşey yüzlü Dalgakıranlar kayma, devrilme, temeldeki kesme geçmesi ve depremler dahil şok yüklerine karşı sağlam olmalıdır. Bu tip dalgakıranların en önemli avantajı yapıdaki kolay malzeme temini ve inşaatını hızlı bir şekilde tamamlanmaktadır. Buna karşın düşey yüzlü dalgakıranlarda birtakım dezavantajları var, en mühim dezavantajı dizayn yükü aşıldığında, kolaylıkla yıkılmasıdır, Taşınması ve kurması zor olan daha pahalı ve daha ağır fabrika ekipmanı gerektirir. Düşey yüzlü dalgakıranlarda ise daha ciddi hasarlar meydana gelmekte

ve onarım maliyetleri oldukça yüksektir [13]. O yüzden Türkiye’de en çok kullanılan dalgakıran tipi olan taş dolgu dalgakıranlardır.

Taş dolgu dalgakıranların düşey yüzü dalgakıranlarına göre avantajları; dalgakıran inşası düşünülen uygunluğuna su derinliğinin fazla olmaması, istenilen büyüklük ve kalitede taş veren taş ocağının mevcudiyeti oldukça fazladır. Aynı zamanda taş dolgu dalgakıranlar, değişik dalga hareketleri karşısında daha dayanıklıdır ve seçilen dizayn dalgasından büyük dalgalar için hasara uğramazlar. Düşük fiyatlarla onarılabilmektedir.

Taş dolgu dalgakıranların temel kriterleri; çekirdek tabakası (core layer), filtre tabakası (filter layer) ve dış koruma tabakasından (armour layer) oluşmaktadır. Örnek olarak şekil 2.1’de gösterildiği gibi, çekirdek tabakasının yurt dışı projelerde (0,1-2000) kg taş malzeme kullanılırken, Türkiye’de DLH şartnamelerine göre (0-0,4) ton malzeme kullanılmaktadır. filtre tabakası; çekirdek tabakasından dışa doğru farklı kategoride taş anroşmanlardan oluşmaktadır. Dış koruma tabakası; dalgakıranların en dıştaki koruyucu tabakası 1. anroşman tabakası olarak adlandırılır. Bu tabakada fazla büyük taşlara ihtiyaç olması halinde, taş yerine beton bloklar kullanılabilir. Dalgakıranlarda en önemli tabaka dış koruma tabakasıdır, çünkü o tabaka dalgalara direkt olarak maruz kalan bir tabakadır. Taş ağırlıkları Hudson formülü ile hesaplanmaktadır.



Şekil 2.1. Taş dolgu dalgakıran kesiti [14]

Hudson formülü

1958 Yılında Hudson tarafından uzun model çalışmaları sonucunda elde edilmiştir. Taş dolgu dalgakıranların stabilizesinin hesabı için dünyada en çok kullanılan ifadelerden biridir. Taş dolgu dalgakıranlar için tasarım formülü dalgakıran gövde ve kafası için Hudson denklem ile dış koruma tabakasındaki her bir taşın ortalama ağırlığını (W), Taş dolgu

dalgakıranlarının koruma tabakasında kullanılacak taş ağırlığını belirlemek için aşağıdaki şekilde verilmektedir:

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d \left(\frac{W_r}{W_w} - 1 \right)^3 \cot \alpha} \quad (2.1)$$

Bağıntısı kullanılmıştır. Bağıntıda;

- W : Taş ortalama ağırlığı
 W_r : Taş özgül ağırlığı (2,65 ton/m³)
 H³ : Dalga yüksekliği
 K_d : Stabilitate katsayısı
 W_w : Suyun özgül ağırlığı (1,025 ton/m³)
 cot α : Yapının eğimi

Olarak tanımlanmaktadır.

Taş dolgu dalgakıranlar yapımı

Taş dolgu dalgakıranlar, genellikle taşocaklarından alınan değişik boyutlardaki kayalarla yapılır. Plan yapılırken ocaktan yapım alanına kadar olan yollarda, taşıma, seçim ve işlemenin yapılması ve depo alanları dikkate alınacaktır. Dalgakıran malzemesinin yerleştirilmesi kamyonlarla malzemenin dökülmesi veya vinçler yardımıyla yerleştirilmesiyle yapılmaktadır. Yapının yerine ve özelliğine göre dalgakıran inşaatı ya karadan ya da denizden inşa edebilir. Karadan yapılan yapım ekonomik olması nedeniyle tercih nedenidir.

Dolgu işleri, dalgakıranlarda dolgu işleri üç ana tabaka ayrılmaktadır. Bunlar, çekirdek tabakası, filtre tabakası ve koruma tabakası. Dalgakıran çekirdek ve alt katmanları, daha önce tamamlanmış çekirdek ve filtre güzergahlarının üstünde işleyen kamyonlardan gelen uç veya yan boşaltmalar tarafından inşa edilecektir. Aynı zamanda, koruma tabakası için kullanılacak taşlar, deniz tarafında üretilip depolanabilir ve daha sonra, kıyıya doğru ilerleyen bir vinç ile nihai konumlarına yerleştirilir. Dalgakıranlarda dolgu işleri aşağıdaki gibi inşa edilmektedir.

Çekirdek tabakasının yapılması, çekirdek doğrudan malzemenin kamyonlarla denize dökülmesi ile yapılır ve vinçlerle yerleştirilebilir. Genellikle malzemenin düzgün olarak yerleştirilmesi için buldozer kullanılır. Araçların hareket kabiliyetinin sağlanabilmesi ve dalgaların etkilerinden korunabilmeleri için dalgakıran genişliği ve yüksekliği için minimum limitler olmalıdır.

Filtre tabakasının dökümü yapılması, çekirdek tabakası gibi kamyonlarla getirilen malzemenin denize dökülmesi ile yapılabilir fakat malzeme dökülmesinden sonra vinçler yardımı ile kesitin gerektirdiği boyutlara uyum sağlaması için düzeltmeler yapılacaktır. İkincil filtrenin yapımı dalgakıran kesitinin boyutlarına uyulabilmesi için daha hassas yapım tekniklere uyulması gereklidir.

Koruma tabakasının yapılması, mendirek stabilitesi için en önemli tabaka koruma tabakasıdır, alt tabakaların yerleştirilmesinden sonra mümkün olan en kısa sürede yerleştirilir. Koruma tabakasındaki kullanılacak beton Blokların yerleştirilmesi denizden yapılır ve yerleştirme sırasında dalgıç ve yüzer vinçler kullanılacaktır. Beton blokların yerleştirilmesi sırasında da gelen dalgaların enerjisini alabilecek şekilde sıralanmasına özen gösterilmelidir. Koruma taşı yerleştirilirken taşın uzun eksenini dalgakıran eğimine dik olarak yerleştirilmektedir.

Dalgakıranlar, inşaat aşmaları benzer aktivitelerden oluşmakla beraber, her biri kendi karakteristik özellikleri olan projelerdir [15]. Dalgakıranlar yapılarının içeriği, kesiti şekil 2.1’de ve inşaat aşmaları şu şekilde sıralanmıştır:

- Dalgakıran temelinin taranması (isteğe bağlı)
- Çekirdek tabakasının yapılması
- Filtre tabakasının dökümü yapılması
- Dış koruma tabakasının yapılması
- Kronman Betonu dökümü.

2.6.2. Rıhtımlar ve iskeleler yapımı

Rıhtımlar deniz araçlarının yanaşıp bağlanmaları, yük alıp boşaltmaları ve yolcu indirip bindirmeleri için kullanılan liman yapılarıdır. İskelelerden farklı olarak genellikle kıyıya

veya dalgakırana paralel olarak inşa edilir. Rıhtım ve iskelelerin tasarımı, gerekli hidrolik performansa, zemin koşullarına, dayanıklılık ilkelerine ve yapı elemanlarına bağlıdır.

Sağlam zeminlerin bulunduğu bölgelerde dolu gövdeli olarak, taşıma gücü yüksek zemin tabakalarının derinlerde olduğu bölgelerde ise kazık temelli olarak inşa edilir. Temel malzeme zayıfça çıkarılır ve kaba çakıl veya kaya malzemesi bir şilte ile değiştirilmektedir. Dolu gövdeli rıhtımlar çelik ve betonarme palplanşlarla, kesonlarla, beton bloklarla ve su içinde beton dökülerek inşa edilmektedir. Derin dolu gövdeli rıhtımlar genellikle palplanş, keson, beton bloklarla yapılırken, sığ dolu gövdeli rıhtımlar yaygın olarak beton bloklarla ve su içinde beton dökülerek inşa edilmektedir. Açık iskeleler ve kapalı rıhtımlar genellikle Türkiye’de yapılmaktadır.

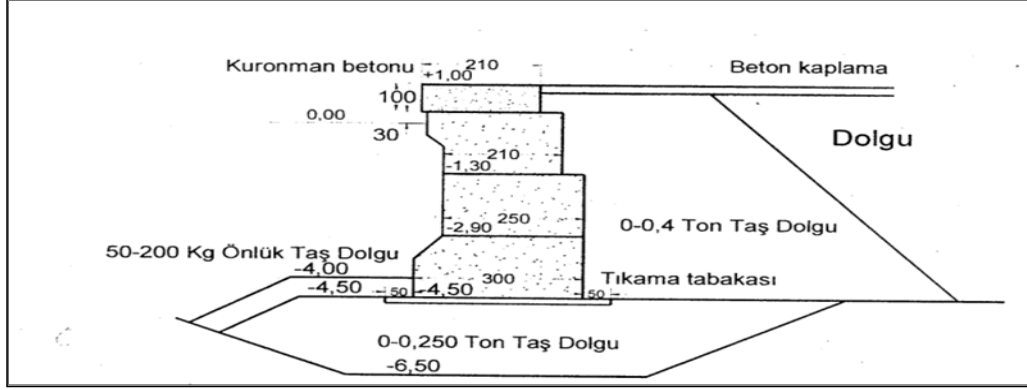
Rıhtımlar yapımının yöntemi

Rıhtımlar yapımı iki yapım yöntemine sınıflandırılabilir:

1. Beton Bloklü Rıhtımlar

Beton bloklü rıhtımlar yapılarının içeriği, kesiti Şekil 2.2’de ve inşaat aşmaları şu şekilde sıralanmıştır:

- Rıhtım temelinin taranması
- Açılan rıhtım temelinin taşla doldurulması
- Rıhtım temeli üstünün düzeltilmesi
- Tıkama tabakası yapılması
- Beton blokların yerleştirilmesi
- Rıhtım kuronmanının, baba halka, ankraj tertibatının yapımı
- Rıhtım arkasındaki saha dolgularının ve saha betonlarının yapımı

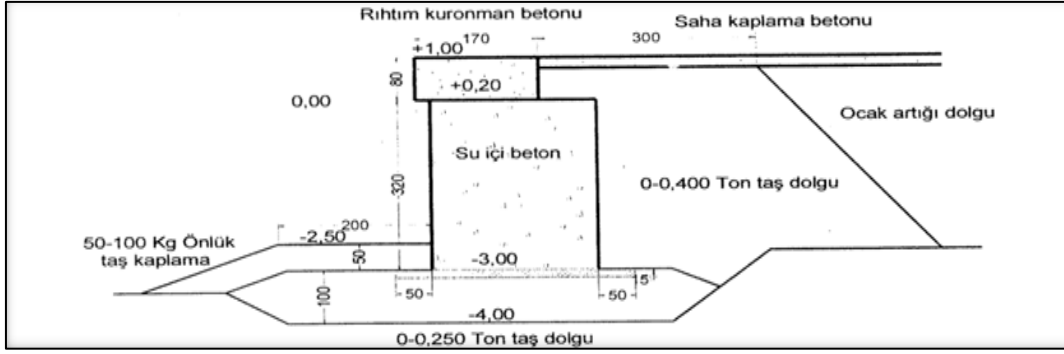


Şekil 2.2. -4.00 m lik beton bloklı rıhtımlar kesiti [16]

2. Su İçinde Beton Dökülerek Yapılan Rıhtımlar

Bu yöntem, beton bloklı yöntemden farklı olarak, beton blok kalıplarının kurulması, imal edilen blokların istife konması, nakledilmesi ve yerlerine yerleştirilmesi için ağır kaldırma makinelerini gereksinim göstermez. Su içinde beton bloklı rıhtımlar yapılarının içeriği, Şekil 2.3'te görülmektedir, ve inşaat aşmaları şu şekilde sıralanmıştır:

- Rıhtım temelini taranması
- Açılan rıhtım temelini taşla doldurulması
- Rıhtım temeli üstünün düzeltilmesi
- Tıkama tabakası yapılması (isteğe bağlı)
- Kalıplarının yerleştirilmesi, su içinde beton dökülmesi
- Beton blokların yerleştirilmesi
- Rıhtım kuronmanının, baba halka, ankraj tertibatının yapımı
- Stabilize kaplama yapılması (isteğe bağlı)
- Rıhtım arkasındaki saha dolgularının ve saha betonlarının yapımı

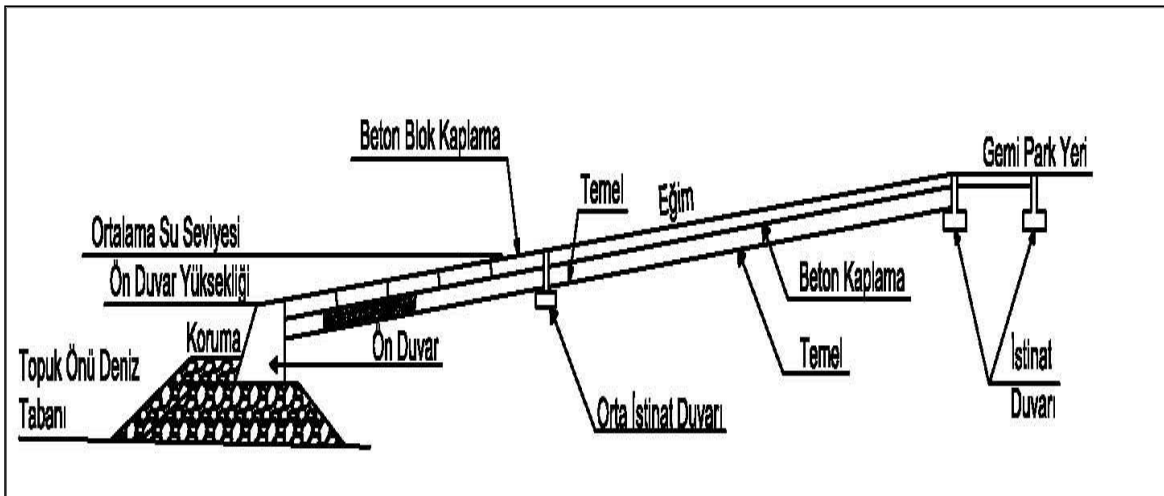


Şekil 2.3. -2,50 m lik su içinde beton bloklı rıhtımlar kesiti [16]

2.6.3. Çekek yerleri yapımı

Çekek Yerleri; yatlarla, küçük tonajlı teknelere ve Balıkçı teknelerine; kışlama, güvenli bir şekilde karaya çekme, denize indirme, karada muhafaza, konaklama, bakım-onarım teknik altyapı ve yönetim hizmetleri sunan bir kıyı yapılarıdır. Bir çekek yerlerinin tipik kesiti Şekil 2.4'de verilmiştir. Çekek yerlerinin inşa etmesi için aşağıda sıralanan minimum şartlar sağlanmalıdır:

- Yapı ön su alanı sakın olmalıdır.
- Yapı ön su alanında deniz tabanında oyulma veya yığılma olmamalıdır
- Diğer teknelerin seyirlerine ve demirlemesine mâni olunmamalıdır.
- Tekne kaldırma ve indirme ile tekne barındırma işleri için uygun alanlar olmalıdır.



Şekil 2.4. Bir çekek yerlerinin tipik kesiti [17]

Çekek yerleri yapılarının içeriği, inşaat aşmaları şu şekilde sıralanmıştır:

- Çekek yerleri temelinin taranması
- Çekek yerleri temelinin taşla doldurulması
- Çekek yerleri temeli üstünün düzeltilmesi
- Tıkama tabakası yapılması
- Beton blokların yerleştirilmesi
- Su içinde kum çakıl serilmesi (isteğe bağlı)
- Stabilize kaplama yapılması (isteğe bağlı)
- Kronman betonu dökümü
- Çekek yerleri arkasındaki saha dolgularının ve saha betonlarının yapımı

2.7. Limandaki Hizmet Yapılarının ve Diğer Birimlerin Yapımı

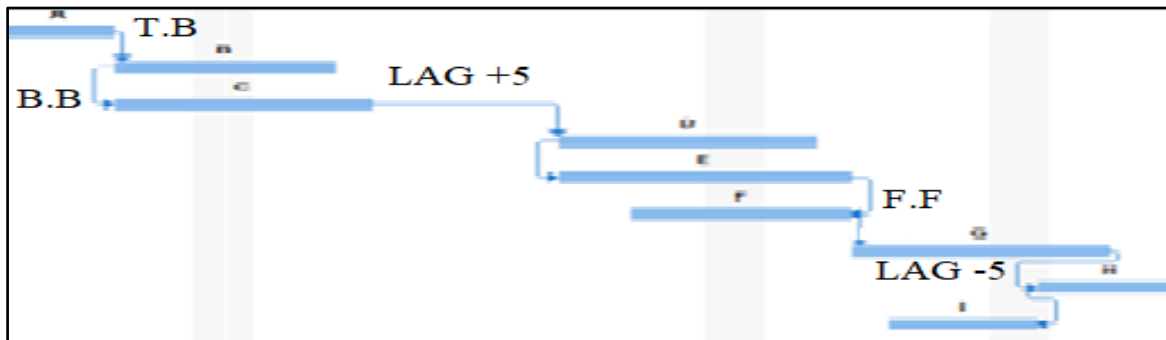
Bir limandaki binalar limanın türüne bağlı olmakla beraber şu binaların bir veya daha fazlasından oluşmaktadır: transit ambarları, depolar, idari bina, gümrük binası, polis karakolu, bekçi kulübeleri, rıhtım işçilerinin teçhizat ve kıyafet odaları, tamir atölyesi, itfaiye, elektrik santrali, dökme yük nakliye terminalleri.

2.8. Şebeke Ağını Şeması

Projenin dökümü yapıldıktan ve faaliyet listesi tamamlandıktan sonra, şebeke ağının oluşturma sürecindeki ikinci adım ağ diyagramı çizmektir. Şebeke ağının şeması, işlerin mantıksal akışını ve belirlenen faaliyetler arasındaki sırayı ve ilişkiyi gösteren Proje planının grafiksel bir sunumudur. Şebeke ağının şeması aynı zamanda sistematik ve mantıksal bir temel plan olarak da tanımlanabilmektedir. Tek tek faaliyetlerin ve toplam Projenin süresi ve maliyetinin tahmininin temelini oluşturur. Ağ şeması, faaliyetler arasındaki öncelikler belirlenerek ve zaman, maliyet ve iş gücü bilgileri bir araya getirilerek geliştirilmiştir. Şebeke ağının şemaları süreklidir. Öncülü olmayan faaliyetlerin, Projenin başlangıcı ile başlayacağı ve aynı şekilde ardılı olmayan faaliyetlerin Projenin bitişi ile birlikte biteceği farz edilmektedir.

Şebeke ağının çizimi yapılırken, Proje mantığı birer birer geliştirilmelidir ve her bir adımda aşağıdaki sorular cevaplandırılmalıdır: Bu faaliyet başlamadan önce hangi faaliyetlerin

tamamen tamamlanması gerekmektedir ?, Bu faaliyet başlamadan önce hangi faaliyetler başlamalı ve kısmen tamamlanmalı? , Bu faaliyet devam ediyorken, hangi faaliyetler devam edebilir?, Bu faaliyet tamamlanmadan hangi faaliyetler başlayamaz?. Projenin her bir adımında bu soruların sorulması çok önemlidir; çünkü bu sorular ağdaki faaliyetlerin öncüllerini ve haleflerini, aralarındaki ilişki türlerini ve bunların gecikme sürelerini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Faaliyetler arasındaki ilişki türleri şunlardır: Bitiş-Başlangıç (TB), ardıl faaliyet başlatılmadan öncül faaliyet bitmiş olmalıdır. Yani, Öncül görev bitirilmeden Ardıl görev başlatılamaz. Bu ilişki projedeki görevler arasındaki en yaygın olan ilişki türüdür. Örneğin liman Projesinde, (0-0.4) tonluk taş ocağı taş işçiliğinden önce (0.4-2) tonluk taş ocağı taş işçiliği başlatılamaz. Bu ilişki, aynı iş gücünü ve ekipmanı kullanan, birbirine bağımlı ve bir sonraki faaliyet başlamadan bir faaliyetin tamamlanmasının zorunlu olduğu işlerde açıkça görülür. Örneğin, sadece bir tane çift çeneli kepçe ve operatör varsa, -2 metre su derinliğindeki bir iskelenin zayıf temel malzemesinin taranması ve -4 metre su derinliğindeki bir iskelenin temel malzemesinin taranması aynı anda yapılamaz [9]. Başlangıç-Başlangıç (BB), ardıl faaliyetin başlayabilmesi için öncül faaliyetin başlatılması gereklidir. Yani, Öncül faaliyet başlatılmadan, ardıl faaliyet başlatılamaz. Bu ilişki, yapay faaliyetler kullanarak ve faaliyetlerin bölünmesi ile kurulabilmektedir. Örneğin; deniz tarafındaki koruma tabakası katmanı işleri, liman tarafındaki aynı koruma tabakası katmanı ile başlar. Bitiş-Bitiş (TT), ardıl faaliyetin bitirilebilmesi için öncül faaliyetin bitirilmesi gerekir. Yani, Öncül görev bitmeden, ardıl görev bitirilemez. Örneğin, rıhtım yapımında, sudaki C tipi beton atma işi bitmeden, kazma işleri bitirilemez. Başlangıç-Bitiş (BT), Ardıl faaliyet bitirilmeden önce, öncül faaliyetin başlatılması gereklidir. Yani, Öncül faaliyet başlayana kadar, ardıl faaliyet bitirilemez. Bu ilişki inşaatta mantıklı değildir. Örnek olarak Şekil 2.5’de gösterildiği gibi faaliyetler arasındaki ilişki türleri.



Şekil 2.5. Faaliyetler arasındaki ilişki türleri

Şebeke ağı, inşaat aşamasında, müteahhit tarafından sağlanabilecek ekipman ve malzemenin hazır bulunma durumu, işgücü verimliliği ve işgücü planlarına dayalı olarak alt ağlara ayrılabilir. Örneğin, aynı kaynakları tüketen bazı görevler, öncelik ilkesine dayalı olarak farklı zaman aralıklarında seri halinde planlanır; yani, Projedeki en önemli ve projenin ilerlemesini etkileyecek görev ilk başta uygulanır. Dolayısıyla, Proje şebeke ağı, detaylı inşaat iş planı olarak geliştirilmiştir [18].

2.9. Faaliyet Süresi ve Zaman Hesaplamaları

Planlama ve Zamanlama birbirine bağlı işlevlerdir; ancak şebeke ağı teknikleri kullanılırken bu işlevler ayrılabilir. Şebeke ağı şeması (Proje planlaması) geliştirildikten sonra, bir sonraki adım, her etkinliğin süresini tahmin etmek ve şebeke ağı zaman (proje zamanlaması) hesaplamalarını gerçekleştirmektir

2.9.1. Faaliyet süreleri

Şebeke ağındaki her bir faaliyetin süresi için özellikleri, çalışma saat veya mesai saat sayısı ve projenin inşaat süreçlerinde yeterli malzeme, ekipman ve işgücü tedariki olarak yapılan kaynak değerlendirmeleri temel alınarak hesaplanmaktadır. Süre birimi genellikle bir iş günüdür; ki bu da durumdan duruma göre değişiklik gösterebilir; 8, 10 saatlik bir iş günü, 8'er saatlik vardiyalı bir iş günü, bir takvim günü veya 5 iş günü şeklinde olabilmektedir.

İdeal faaliyet sürelerinin tahmin edilebilmesi için, planlama mühendisinin saha deneyiminin olması çok önemlidir. Faaliyet süresi belirleme sürecinde, ilk adım, o faaliyette yer alan ve kaynakların sayısına ve üretkenliğine bağlı olan üretim miktarını hesaplamaktır. İdeal faaliyet süresini elde etmek için, üretim miktarı ideal üretim hızına bölünmelidir. Daha sonra, ikinci adım, günlük ideal üretim oranı seçilmelidir.

2.9.2. Şebeke ağı zaman hesaplamaları

Proje mantığı ağ şeması vasıtasıyla ayrıntılı bir şekilde ortaya konduktan ve her bir faaliyetin süreleri belirlendikten sonra, bir sonraki adım ağ zaman hesaplamalarıdır. Bunun anlamı, Proje süresi, faaliyet saatleri, faaliyetlerin olası gecikme süreleri gibi bilgileri yönetime vermek ve kritik yolda olan faaliyetleri görmek demektir. Ağ zamanı analizinde önemli terimler ve tanımlar şu şekilde verilir: Erken Başlama (ES), önce gelen faaliyetler tarafından

izin verilen en erken faaliyet başlangıç zamanını tanımlar. Erken Bitirme (EF), ES 'ye faaliyet süresi eklenerek bulunan olası en erken faaliyet bitiş süresini tanımlar. Geç Bitirme (LF), Proje bitiş tarihini etkilemeden en son faaliyet bitiş süresini tanımlar. Geç Başlangıç (LS): Faaliyet süresinin EF'den çıkarılmasıyla bulunan olası en son faaliyet başlangıç saatini tanımlar. Toplam Olası Gecikme (TF), proje bitiş tarihi ertelenmeden, Proje faaliyetlerinin başlangıç tarihlerinden ertelenebileceği veya uzatılabileceği süre miktarı olarak tanımlanır. Serbest Olası Gecikme (FF), Sonradan yapılacak herhangi bir faaliyetin erken başlangıç tarihini geciktirmeden bir zamanlama aktivitesinin ertelenebileceği süre. Şebeke ağı planlamasında en önemli öğelerden biri kritik yol maddesidir.

Kritik yol, projenin başlangıcından bitişine kadar hiçbir olası gecikmesi olamayacak faaliyetler zinciri olarak tanımlanır. Kritik yoldaki faaliyetlerde herhangi bir gecikme, doğrudan proje süresi ve bitiş tarihine yansıtacaktır. Kritik yol, şebeke ağıdaki en uzun yoldur ve proje yaşamında daha gerçekçi tahmin ve en yüksek belirsizliğe sahip olan aktiviteleri içermektedir; bu nedenle, daha doğru tahminler elde edebilmek için büyük öğelerin daha küçük faaliyetlere bölünmesi gerekmektedir.

Hava şartları ve olumsuz deniz durumundan dolayı, bir kıyı inşaat projesinde zaman tahminlerinde gerçekler ve belirsizlikler diğer projelere kıyasla inşaat faaliyetlerini daha fazla etkiler ve hasar riskini artırmaktadır. Bu nedenle, bir sonraki bölümde bu kavramlar daha ayrıntılı olarak tartışılacaktır.



3. İNŞAAT PROJE YÖNETİMİNDE RİSK ANALİZLERİ

Bu bölümde, dikkatimizi risk ve bunun İnşaat Projeleri Yönetimine topluyoruz. İnşaat projelerinde çeşitli risk kaynaklarını ve bunun projenin amaçları üzerindeki etkilerini ortaya koymakla birlikte, risk belirleme süreci, risk sınıflandırması süreci, risk analizi ve değerlendirmesi süreci ve riske tepki sürecini içeren risk yönetimi sürecini ve risk analizinde zaman ve maliyet konularını araştırmaktadır.

3.1. Risk ve İnşaat Projelerinde Risk

Michael Latham'e göre (1994), hiçbir inşaat projesi risksiz değildir. Risk yönetilebilir, minimize edilebilir, paylaşılabilir, transfer edilebilir veya kabul edilebilmektedir. Göz ardı edilemez. Çoğu inşaat projesi zaman ve maliyet hedeflerini gerçekleştirme açısından yetersiz performansa işaret etmektedir. Birçok maliyet ve zaman aşımı gerek öngörülemeyen olaylara (deneyimli bir proje müdürü tarafından tahmin edilmiş veya edilmemiş olabilen) gerekse belirsizliğin uygun bir şekilde benimsenmediği öngörülen olaylara bağlanabilmektedir [19].

İnşaat projelerinin yönetimi çerçevesinde Karar alma işleminin üç bölüme ayrılabilir; kesinlik, belirsizlik ve risk. Kesinlik durumu, yalnızca karar tarafından kapsanan süre zarfı içinde ne olacağı kesin olarak söylenebiliyorsa mevcuttur. Bu durumla, doğal olarak, inşaat alanında pek sık karşılaşılmaz. Belirsizlik, bunun tersine, hiçbir tarihsel verinin veya geçmişte karar alıcı üzerinde düşünmekte olduğu, yaşanmış durum ile bağlantı taşıyan bir olayın bulunmadığı bir durum olarak tanımlanabilir. Belirsizlik birçok alanda kurnazca farklı şekillerde kullanılan bir terimdir; gelecekteki olaylara yönelik tahminlere, zaten yapılmış olan fiziksel ölçümlere veya bilinmeyene hitap etmektedir. Belirsizlik kısmen gözlemlenebilir ve/veya stokastik (olasılıksal) ortamlarda, hem de cehalet ve/veya tembellik nedeniyle ortaya çıkar. Ancak, proje sonucunu tanımlamada ve gerçekleştirmede tahminler ve beklentileri değerlendirmemize rağmen belirsizlik proje amaçlarının doğasında vardır. Bir projenin belirsizliği belirleme ve buna tepki verme yeteneği, projenin sonucunu etkileyecektir [20].

Risk, tehditleri ve fırsatları içerir. Risk, bununla bağlantılı bir olasılığa sahip belirsiz bir olaydır. Risk, Proje amaçlarında olumsuz etkiye sahip olabilecek bir belirsizliktir.

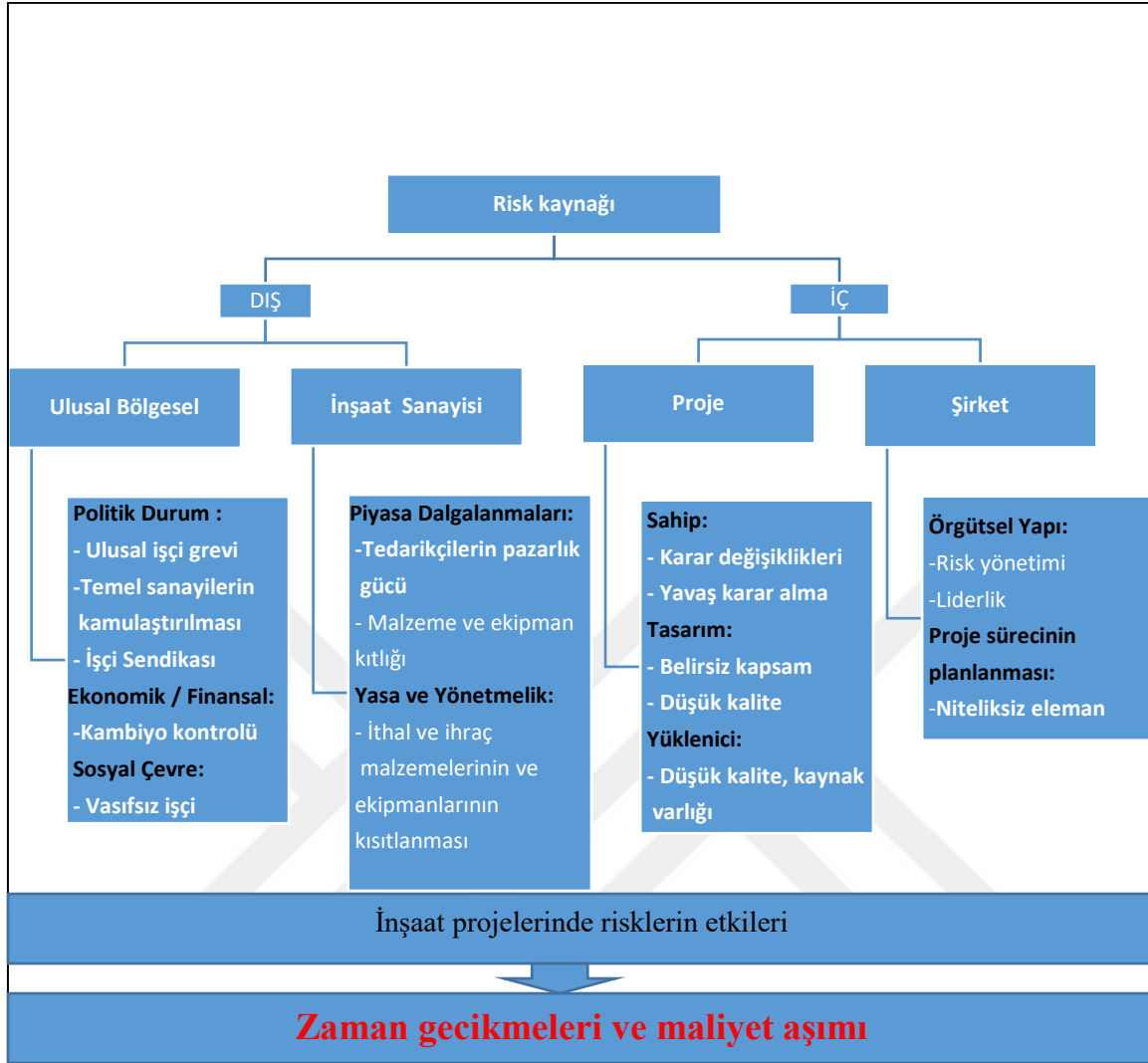
Belirsizlik, gerçekleşecek veya gerçekleşmeyecek gelecekteki bir olayla ve Proje amaçları üzerindeki bilinmeyen boyuttaki etkiyle ilgili olabilmektedir. Bu nedenle, bir risk oluşma olasılığı ve zaman, maliyet, performans, kalite, kapsam ve müşteri memnuniyeti gibi Proje amaçları üzerindeki belirsizlik etkisiyle karakterize edilmektedir.

Herhangi bir inşaat projesi için, projenin sürecinde her an ortaya çıkabilecek gelecekteki bir olay olarak görünen bazı riskler vardır. Örneğin: (1) planlama ve tasarım aşamalarında, belirsiz miktarlar ve birim fiyatlardan dolayı, toplam maliyet tahmininde belirsizlik meydana gelir; bu tür risklerde olasılık %100'dür ve tahminlerdeki belirsizlikler toplam proje maliyetini etkileyecektir. (2) inşaat aşamasında, bir Sözleşme Değişikliği Talimatı (CCO) olma ihtimali olan bir potansiyel hasar ihbarı (NOPC) meydana gelirse, faaliyetler için maliyet / zaman belirsizliği oluşur, bu tür risklerde olasılık %100'dür ve maliyet ve zaman içindeki belirsizlikler toplam proje maliyeti ve süresi üzerinde etkili olacaktır.

Proje için risk yönetimi, projenin tüm aşamalarında başlangıçtan teslimata kadar (tüm Proje ekibi üyeleri için) herkesin sorumluluğundadır. Al-Bahar and Crandall'e göre (1990), "Proje yönetimi bağlamında, risk yönetimi, ideal veya kabul edilebilir derecede risk eleme veya kontrolünü elde etmek için Proje süresi boyunca risk olaylarını sistematik olarak belirlemek, analiz etmek ve bunlara yanıt vermek için resmi olarak düzenli bir süreçtir. İdeal veya kabul edilebilir derecede risk eleme veya kontrolünü elde etmek, yani başarılı bir risk yönetimi elde etmek için maliyet, zamanlama ve kalite gibi proje değerlerini dengelemeye dayalı risk tabanlı karar almalı ve riskleri ve sorumlulukları ortak sahiplenmelidir.

Proje risk yönetimi, proje yöneticisinin ve diğer Proje üyelerinin, kritik risklerin erken belirlenmesini kolaylaştıran işlevsel birimlerle geliştirilmiş koordinasyon ve şeffaflığı, Projenin her aşamasında yaşam üzerindeki Proje risklerini yönetmesine yardımcı olur ve risk yönetimi hem negatif hem de pozitif riskler ve bu riskleri ele almak veya önlemek için uygun tekniklerin seçimi ile ilgilenmektedir.

Risk sınıflaması ve risk belirlemedeki yardımı nedeniyle risklerin kaynağı, Risk yönetimi sürecinde önemli bir husustur. Projenin amaçları üzerinde zaman ve maliyet olarak etkiye sahip olan bir inşaat projesindeki risk kaynakları, Şekil 3.1'deki gibi iki kaynaktan ele alınabilir. İlkine, çevresel etkilerden oluşan dış risk kaynakları denir; ikincisine, projenin kendisinde mevcut belirsizliklerden oluşan iç risk kaynakları denmektedir.



Şekil 3.1. Risk kaynakları ve bunların Venezuela inşaat projelerine etkileri [21]

3.2. Risk Yönetimi Süreci

Esas itibarıyla, risk yönetimi süreci dört bölüm ile ilgilidir: riskin belirlenmesi, riskin sınıflandırılması, riskin analizi ve riske tepki verilmesi. Risk yönetimi sürecinin planlanması için nihai hedef, alınan herhangi bir proje için verimliliği ve etkililiği en üst düzeye çıkarmaya çalışmaktır. İnşaat proje yönetimi kapsamında risk yönetimi süreci, finansal kaynaklar, tasarım kaynakları, politik kaynaklar, çevresel kaynaklar, inşaat ile ilgili kaynaklar, fiziksel kaynaklar ve olağanüstü olay kaynakları gibi inşaat projelerindeki risk kaynaklarını belirlemesi için inşaat proje ekibine yardım eden ve sonrasında olumsuz olayların olasılığını ve sonuçlarını en aza indirmeyi ve olumlu olayların olasılığını ve sonuçlarını en yükseğe çıkarmayı sağlayan risklere önceden önlemler alarak nasıl tepki

vereceğine ilişkin proje ekibinin analiz ve kılavuzluk etmesini sağlayan teknikler veya araçlar olarak tanımlanmaktadır.

Projenin türüne bağlı olarak risk yönetimi süreci örneğin, sahil inşaat projeleri, denizden doğan risk arz eden dalgakıranlar, inşaat riskleri sırasında hasar, taşocağı verimlilik riskleri gibi karada yürütülen inşaat projeleri ve herhangi bir inşaat projesinde var olan başka risk kaynakları haricinde ek risklerden dolayı büyük bir belirsizliğe sahiptir.

İnşaat projelerinde risk yönetimi süreci için farklı çerçeveler, Şekil 3.2'de verildiği gibi yazarlar ve araştırmacılar tarafından önerilir. Birçok yazar ve araştırmacıya göre herhangi bir şekilde esas itibarıyla risk yönetimi süreci temel olarak dört önemli bölümle ilgilidir: risk belirleme, risk sınıflandırması, risk analizi ve değerlendirmesi ve riske tepki (eylemde bulunma) ve bazı araştırmalara göre, bazı bölümler aşağıdaki alt bölümlerde verilen alt bölümlerden oluşmaktadır.



Şekil 3.2. Risk yönetimi süreçleri

3.2.1. Risk belirleme süreci

Risk belirleme projenin her bir aşamasında planlama, kapsam belirleme, tasarım, tahmin ve inşaat olarak gerçekleşir. Risk belirleme, proje amaçlarını etkileyebilecek olası risk ve belirsizlikleri ve risk kaynakları ve türlerini belirlemeye çalışırken bunların nasıl olabileceğini belirlemek için kullanılan teknikler ve araçlardır. Risk belirleme için "beyin fırtınası", kontrol listeleri, anketler, geçmiş tecrübeler gibi çok çeşitli teknikler ve araçlar kullanılabilir. Benzer projeler için geçmişe ait verilerin analizi ve geçmiş benzer projelerin incelenmesi [22]. Belirleme ilk sırada olup, örneğin "beyin fırtınası" yoluyla ve kontrol listeleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu, daha sonra, ana risklerin kaynak, olay ve söz konusu risklerin etkileri ile birlikte sıralanmasına olanak verebilir. Risk belirleme, risk yönetimi sürecinde ilk ve en önemli adımdır, çünkü bu aşamadaki başarı diğer aşamalarda, risk analizi ve riske tepkide, elde edilecek başarıya işaret eder ve risk belirleme olmadan risk analizi ve riske tepki süreçlerini gerçekleştirmek mümkün değildir. Risk

belirleme, risk analizi ve tepki yönetimi ancak belirlenen potansiyel riskler üzerinde gerçekleştirileceği için oldukça önemlidir [23].

Risk belirleme aşamasına başlamadan önce, Bölüm 2'de de bahsedildiği gibi projeyi tanımlamalı ve özellikle zaman, maliyet ve kalite gibi proje amaçları hakkında her şeyi tam olarak anlamalıyız. Bu, projenin uygulanmasına başlarken karşı karşıya kalacağımız risk ve belirsizliklere odaklanmak anlamına gelir; öncelikle projeyi bağlam, kapsam, zamanlama ve maliyet açısından tanımlamalıyız. Bu aşamadaki geçmiş deneyimler ve anketler kullanılarak, verimlilik, performans, kalite ve maliyete etki edebilecek tüm risk türleri dahil edilmelidir. Bu adım risk yönetimi sürecinde ilk adım olarak görülmektedir. Diğer adım öncelikli risk kaynağının anlaşılmasıyla ilişkilendirilen tüm sorumlu olasılıkları tanımlamaktır. Sonuç, ekonomik kazanç/kayıp, kişisel yaralanma, fiziksel hasar, zaman ve maliyet tasarrufları/aşımalarını içerebilir. İnşaat projelerinde ortaya çıkan çoğu risk finans ile ilgili olduğu için, vurgu tek tip vergi matrahı olarak finansal sonuç kriteri üzerindedir. Herhangi bir diğer kriter finansal kazanç veya kayıp açısından değerli olabilmektedir [24].

İnşaat projeleri düşünüldüğünde, risk belirleme proje sürecinde doğabilecek yeni risklerden dolayı tekrarlama süreci olarak düşünülmektedir, dolayısıyla risk yönetimi ölçeklenebilir ve değiştirilebilir, bu yüzden özellikle ilk bölümdeki (risk belirleme) projeler için risk yönetimi süreci uygulanmaya başlandığında, risk müdürü inşaat projelerinde geçmiş deneyimi olan proje risk yönetimi ekibi (PRMT, Project Risk Management Team) seçmelidir. Bu ekip aşağıdaki işleri yapabilmelidir:

1. Riskleri belirleme ve değerlendirme.
2. Doğabilecek herhangi bir yeni risk ile ilgili karar alabilme.
3. Çıkarılabilecek riskleri belirleyebilme.
4. proje ve olasılık ve etki karakteristiklerini etkileyebilecek risk belirleme kontrol listeleri hazırlama.
5. PRMT risklerin temelinde yatan nedenlerini tanımlayıp belirleyebilmeli ve bu nedenleri proje boyunca sonuçlarına dek takip edebilmelidir.
6. Risk belirlemedeki temel zorluk risk nedenleri ve etkileri arasındaki karışıklığı önlemek olduğu için risk nedenleri, asıl riskler ve risk etkileri arasında karışıklığı önleyebilmelidir.

7. PRMT belirlenmiş riskleri sınıflandırabilmeli çünkü bu kontrol listesinde bulunan risk hakkında yüklenicinin farkındalığını arttıracaktır.

3.2.2. Risk sınıflandırma süreci

Risk sınıflandırması, riskleri belirlenmesi tamamlandıktan sonra önemli bir adımdır. Bir risk taksonomisinin veya sınıflandırmasının oluşturulması iki türdür: Birincisi, ilgili risk hakkında yüklenicinin farkındalığını arttırmak. İkinci olarak, bir yüklenicinin riskleri azaltma adına benimsediği stratejiler yapılarına göre farklılık gösterdiği için riskleri sınıflandırmamız gerekmektedir [20]. Belirlenen riskleri farklı amaçlar için sınıflandırmanın da pek çok yolu vardır. Bazı araştırmacılar riski dış riskler ve iç riskler olarak sınıflandırıp, bu sınıflandırma genel olarak inşaat projelerinde yapılırken diğer bazı yazarlar riski daha detaylı öğeler altında sınıflandırmaktadır: politik risk, finansal risk, pazar riski, fikri haklar riski, sosyal risk, güvenlik riski, çevresel riskleri tasarım riskleri, kurumsal riskler, inşaat riskleri. Örneğin 2012 yılında Banaitiene, N. ve Banaitis, A., tarafından yürütülen bir çalışmada, çalışmada belirlendiği gibi kontrol edilebilir risk kaynakları çizelge 3.1'de verildiği üzere yedi alt kategoriye de ayrılabilir. Önerilen sınıflandırma, potansiyel riskleri sıralanan inşaat projesi amaçları üzerindeki potansiyel etkilerine göre sınıflandırmaktadır. Bu çalışmaya göre en önemli üç iç risk kategorisi şunlardır: İnşaat riskleri, tasarım riskleri, proje yönetimi riskleri. Ayrıca, örneğin, mantıksal bir risk sınıflandırması çizelgesi Albahar ve Cradall (1990) tarafından sağlanmakta olup, söz konusu çizelge yapılarına ve potansiyel sonuçlarına göre inşaat projelerindeki potansiyel riskleri sınıflandırılır ve bu sınıflandırma çizelgesi çizelge 3.2'de verildiği gibi altı alt kategoriye ayrılmaktadır.

3.2.3. Risk analizi ve değerlendirme süreci

Riskler belirlendikten ve sıralandıktan sonra, Bölüm 3.1'de bahsedildiği gibi, şimdi risk analizi olan ve bir risk yönetimi sisteminin ana amacı olarak görülen ikinci aşamaya başlamaya hazırlanıyoruz. Risk analizi, proje risk yönetimi sürecinin en önemli aşamasıdır. Risk analiz süreci, PRMT'nin belirlenen risklerle ilgili farklı risk yönetimi stratejileri arasında karar alabilmesi için belirlenen risklerin karar alma bilgilendirmesine aktarıldığı aşamadır. Risk analiz ve değerlendirme süreci, risk belirleme ve buna tepki verme arasındaki hayati bağıdır. Risk analizi ile, risk ölçeğini, projenin hangi alanlarının etkileneceğini,

muhtemel tepkilerin neler olabileceğini ve risklere karşı koymak için gereken kaynakları belirlemek mümkündür [25]. Risk analizi genellikle iki geniş kategoriye ayrılmıştır, yani: nitel risk analizi ve nicel risk analizi.

Nitel risk analizi, Çizelge 3.1'de verildiği üzere hem risk etkisi hem de olma olasılığı açısından belirlenen riskler için risklerin öznel etiketlemesi (yüksek/orta/düşük) veya sayısal etiketlemesi (1(çok düşük) ila 5 (çok yüksek)) verildikten sonra örneğin belirlenen olasılıklar ve tüm belirleme ve sınıflandırma risklerine yönelik etkiler gibi risk faktörlerini belirlemek için kullanılan bir değerlendirme süreci olarak görülür yani, nitel analiz süreci basit tanımlayıcı süreç ve sayısal olmayan terim süreci olarak görülmektedir. Nitel risk analizi, belirlenen risklerin etki ve olasılığının değerlendirilmesine olanak sağlayan ve daha ileri bir analiz veya doğrudan azaltma için bu risklerin öncelik verilmiş listelerini geliştiren süreç olarak tanımlanmaktadır [26]. Nitel teknikler, risk tanımı, risk detaylarının ve ilişkilerinin kaydedilmesi, birbiriyle alakalı risklerin kategorizasyonu ve önceliklendirilmesini içermektedir [25]. Nitel risk analizi, zaman ve maliyet gibi ana proje amaçlarını etkileyebilecek yüksek öncelikli risklere odaklanarak belirlenen risklere öncelik vermeye yönelik yöntemleri içeren süreç olup bu, PRMT'nin proje süresince nitel risk analizini yeniden değerlendirmesini ve tekrarlamasını daha sonra da PRMT'nin proje performansını etkili bir şekilde geliştirmesini sağlar. Nitel risk analizinde kullanılan pek çok araç ve teknik vardır: dorudan karar, sıralama seçenekleri, karşılaştırma seçenekleri ve betimsel analiz gibidir.

Nicel risk analizi, ayrıntılı risk ve risk faktörlerinin açıklamasını içeren risk belirleme süreci bittikten ve nitel analiz yoluyla incelendikten sonra gerçekleştirilebilmektedir. Nicel risk analizinde, riskin potansiyel etkisini değerlendirmek için olasılık teorisi kullanılarak belirsizliği nicel olarak kapsayan bir süreç, Albahar ve Crandall, (1990) tarafından tanımlandığı üzere, tepki yönetimi sürecinden önceki bir süreç için gerekli olasılık analizi ile aşama risklerinin önemi nicel olarak belirlenmektedir. Nicel Risk Analizi bir projenin maliyet ve zaman hedeflerini gerçekleştirme olasılığını sayısal olarak tahmin etmektedir. Nicel analiz tüm belirlenen ve nicel risklerin etkilerinin eş zamanlı bir değerlendirmesine dayanmaktadır [27].

İnşaat projesinde risklerin sıklığını ve sonuçlarının boyutunu ve potansiyel etkisini incelemek ve analiz etmek için, nicel risk analizi kullanılır çünkü nicel risk analizi, karar

ağacı analizi ve özellikle bu tezin konusu olan maliyet ve zaman ile ilgili inşaat proje risklerini tahmin etmek için inşaat projesi riskinin modellenmesine olanak sağlayan Monte Carlo simülasyonu gibi daha komplike teknik ve yöntemleri kullanmaktadır. Aslında, nicel risk analizinde kullanılan pek çok araç ve teknik vardır: duyarlılık analizi, senaryo analizi, korelasyon analizi, olasılık analizi ve simülasyon analizi gibi, ancak nicel risk analizi için verilen analiz teknikleri arasında, Monte Carlo tekniklerini kullanan simülasyon analizi daha komplikedir, belirsizliği açık bir şekilde ele alır ve tüm değişkenlik faktörleri olasılık dağılımları olarak modellenmektedir. Bu araç hakkında daha ayrıntılı bir inceleme Bölüm 4'te verilecektir.

Çizelge 3.1. Risk sınıflandırması, olasılıklar ve inşaat projesindeki etkiler [28]

	Kategoriler	Olasılık 1 (nadir) - 5 (çok sık)	Etki 1 (çok düşük) - 5 (çok yüksek)
Tasarım riskleri			
D1	Tasarım hataları ve ihmalleri	4	5
D2	Tasarım süreci tahmin edilenden uzun sürer	3	4
D3	Pay sahipleri son değişiklikleri talep eder	3	3
D4	İşleri sözleşmeye göre yürütememe	3	3
Dış riskler			
Ex1	Yeni pay sahipleri çıkar ve değişiklikleri talep eder	2	4
Ex2	Kamu itirazları	1	3
Ex3	Kanun ve Yerel standartlar değişir	1	3
Ex4	Vergi değişikliği	1	4
Çevresel riskler			
En1	Tamamlanmamış çevresel analiz	2	4
En 2	Çevresel etkiyi önlemek, hafifletmek veya minimize etmek için gereken yeni alternatifler	2	4
Kurumsal riskler			
01	Deneyimsiz işgücü ve personel cirosu	3	3
02	Gecikmiş teslimatlar	3	3
03	Bir inşaat sahası üzerinde koruma eksikliği	2	4
Proje yönetimi riskleri			
PM1	Sözleşmeye yönelik kalite gerekliliklerine uyum sağlayamama	3	4
PM2	Zamanlama hataları, yüklenici gecikmeleri	4	4
PM3	Proje ekibi anlaşmazlıkları	3	3
Geçiş riskleri			
R1	Sona ermiş geçici inşaat izinleri	1	4
R2	İnşaat dokümanındaki çelişkiler	2	3
İnşaat riskleri			
C1	İnşaat Maliyet aşırımları	4	4
C2	Teknoloji değişiklikleri	2	4

3.2.4. Risk tepki süreci

Risk yönetimi sürecinin amacı, risk belirleme, risk sınıflandırması ve risk analizi sonrasında PRMT'nin riski uygun bir biçimde değerlendirmesini sağlayan stratejileri ve planları geliştirme yoluyla riske tepki vermektir. Diğer bir deyişle, riske tepki aşamasının proje parametreleri üzerindeki potansiyel etkilerinin olasılıksal değerlendirmesi sonrasında gerçekleştiği söylenebilir. Bu stratejiler genellikle riskin doğası ve potansiyel sonuçlarına dayanmaktadır. Bu stratejilerin amacı iki türdür:

1. Potansiyel etkileri mümkün olduğunca ortadan kaldırmak.
2. Risk kontrolünü arttırmak [24].

Risk yönetimi stratejilerinin temel amacı, riski ve bu riski taşımak için sunulan teşvikleri kavrayabilme kabiliyetini göz önünde bulundurmadır. Dolayısıyla, proje riskleri ve belirsizlikleri için tepki stratejileri, projeyi çevreleyen çevre üzerinde bir projeden diğerine farklılık göstermelidir. Örneğin, proje karada gerçekleştirildiğinde olduğu gibi, proje denizde gerçekleştirildiğinde, liman farklılık gösterir. Dolayısıyla, araştırmacılara daha iyi kontrol sağlayan ve risklerin etkisini azaltacak alternatif risk yönetimi stratejileri önerilmektedir. Riskle ilgili neredeyse tüm yazarlar ve danışmanlar, riske tepki verebilecek birçok temel biçim önerir. 1990'da Albahar ve Crandall, Riskten kaçınma, zararı azaltma ve risk önleme, Risk tutma, risk transferi (sigorta dışı veya sözleşmeli) ve Sigorta dahil riske tepki için alternatif stratejiler geliştirmiştir. Riske tepki için bu beş alternatif strateji, Albahar ve Crandall tarafından aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır:

Riskten kaçınma

Kaçınma, riskleri yönetmek için kullanışlı, oldukça yaygın bir stratejidir. Yüklenici, riske maruziyetten kaçınarak, riske maruziyetin doğurabileceği potansiyel kayıpları yaşamayacağını bilmektedir. Bununla birlikte, diğer taraftan, yüklenici maruziyetin varsayımından kaynaklanabilecek potansiyel kazançları (fırsat) kaybetmektedir.

Örnek vermek gerekirse, bir yüklenici, asbest malzemesi veya tehlikeli atık ile ilgili olası sorumluluk zararlarından endişe duyarsa, bu tür malzemelerle yapılan işlemleri içeren herhangi bir projeyi asla almayarak riski önleyebilmektedir. Benzer şekilde, bir yüklenici,

belirli bir kararsız ülkedeki bir projeye ilgili politik ve finansal riskleri, bu ülkedeki projelere teklif vermemek yoluyla önleyebilmektedir.

Zararı azaltma ve risk önleme

Zararı azaltma ve risk önleme, ikinci risk yönetimi stratejisi, zararı azaltma ve risk önleme programlarıdır. Bu programlar yüklenicinin potansiyel riske maruziyetini iki şekilde azaltmaya yöneliktir: (1) Bir risk olasılığını azaltmak ve (2) ortaya çıkarsa finansal risk ağırlığını azaltılmaktadır. Örneğin, inşaat ekipmanlarına hırsız önleme tertibatının monte edilmesi hırsızlık riskini azaltabilmektedir. Öte yandan, bir bina sprinkler sistemi, yangının neden olduğu finansal ağırlığını azaltabilmektedir.

Hasarın önlenmesi programları iki nedenden dolayı önemlidir. Birincisi, sigorta primleri üzerinde bir etkisi vardır. Bir hasarın önlenmesi programı benimseyerek, sigorta primlerinin önemli ölçüde azaltıldığı tespit edilmiştir. İkincisi, bir risk tutma programının başarısı yüklenicinin potansiyel riskleri önleme ve ağırlıklarını azaltma becerisinin doğrudan bir fonksiyonudur.

Risk tutma ve varsayım

Risk tutma, proje riskleriyle ilgilenirken risk yönetiminin gittikçe daha önemli bir parçası haline gelmektedir. Risk tutma, firma tarafından riskin mali etkisinin kısmen veya tamamen iç varsayımdır. Ancak, risk tutma stratejisini benimserken iki farklı tutma türü arasında ayırım yapmak önemlidir. Risk tutma planlı veya plansız olabilmektedir.

Planlanan bir risk tutma, yüklenici tarafından tespit edilmiş veya tanımlanmış risklerin bilinçli ve planlanmış bir varsayımdır. Böyle bir planda, riskler, felsefeye, özel ihtiyaçlara ve yüklenicinin mali yeteneklerine bağlı olarak çeşitli şekillerde tutulabilmektedir. Öte yandan, bir yüklenici bir riskin varlığını tanımadığında veya tespit etmediğinde ve bilinçsizce veya farkında olmadan ortaya çıkabilecek zararları üstlendiğinde, plansız risk tutma ortaya çıkarmaktadır. Bazı firmalar için, risk belirleme görevi o kadar düşük oranda gerçekleştirildi ki çok fazla risk pasif olarak tutuluyor. Yüklenici, riske maruziyeti uygun bir şekilde tanıdığı ancak potansiyel kayıpların büyüklüğünü hafife aldığına, ilgili bir plansız tutma şekli meydana gelmektedir.

Risk transferi (sigorta dışı veya sözleşmeli transfer)

Genel olarak, yüklenici, sahip, taşeronlar veya malzeme ve ekipman tedarikçileri gibi çeşitli taraflarla sözleşmeye dayalı bir anlaşmaya girdiği zaman görüşmeler yoluyla risk transferleri mümkündür. Bu sigortasız transferler, devralanların (1) sigortacılar olmadığı ve (2) yetersiz geçmiş verilerden veya riske maruziyeti yeterince değerlendirmediklerinden dolayı, devralanların genellikle zararları için yeterince risk birimi kabul etmediği için sigortadan farklıdır.

Birçok sigortasız risk transferleri, tazmin etme anlaşmaları ve tazminat şartları veya sözleşmeye bağlı düzeltmelerdeki hükümler vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Örneğin, farklı yüzey altı koşullarına rastlanırsa yükleniciye fazladan bir tazminatın verileceği fiyat ayarlaması söz konusudur. Sözleşmeli transferin temel özelliği, risk oluşması halinde riskin potansiyel sonuçlarının yükleniciden başka bir tarafla paylaşılması veya söz konusu tarafça tamamen üstlenilmesidir.

Sigorta

Ticari sigorta yükleniciler tarafından kullanılan riskin üstlenilmesi için muhtemelen en önemli ve sık kullanılan yöntemdir. Aslında, daha önce de belirtildiği gibi, pek çok yüklenici, risk yönetimini sigorta yönetimi olarak düşünmektedir. Yüklenicilerin çoğunluğu, belirli tenzilatlı bir sigorta poliçesinin satın alınması yoluyla daha ciddi zararlar için sigortaya güvenmektedir.

Tenzilat şekline bakmaksızın, belirgin etki verilen sigorta koruma miktarı için primlerdeki azalmadır. Hasar tespiti masrafları da sigortacı için azaltılmaktadır. Bu iki neden, özellikle küçük zararların sıklığı oldukça yüksek olduğunda tenzilatların genellikle neden kullanıldığını açıklar. Transfer ve sigorta tepki seçeneği arasındaki fark sigortanın, sadece riskin mali potansiyel sonuçlarını değiştirmesiyle transferin ayrıca risk sorumluluğunu da değiştirmesidir. Örneğin, Çizelge 3.2 risk yönetimi stratejilerinin özetini ve risk kategorisi türü için olası karşı hareketleri göstermektedir.

Çizelge 3.2. Risk yönetimi stratejilerinin özetini ve risk kategorisi türü için olası karşı hareketleri [24]

Risk Türü Kategorisi	Risk Kategorisi	Risk Yönetimi Stratejileri	Olası Karşı Koymalar
Esas & Spekülatif - Kişisel olmayan - Zarar/Kazanç	Finansal & Ekonomik - Enflasyon - Döviz Dalgalanması - Kambiyo Değişiklikleri - Taşeronlar ve Tedarikçiler tarafından gecikme	Risk Tutma Risk Transferi/Paylaşımı Kaçınma	- Artış hükmü - İhalede koşullu ücret - Sahip olarak düşünülen kimse tarafından proje finansmanı - Sahip tarafından ekipman malzemesi satın alma - Performans teminatı ve Tedarikçilerin Prekalifikasyonunu sağlama - Kambiyo Değişikliklerinden Korunmaya yönelik Vadeli Sözleşmeler
Belirli & Spekülatif - Kişisel - Zarar/Kazanç	Tasarım - Yetersiz Tasarım - Hatalar ve İhmaller - Yetersiz Detaylandırma - Farklı Alt yüzey Koşulları	Risk Transferi Kaçınma	- Değişen Koşul Hükmü (Gecikme) - Yüklenicinin Tasarıma Katılımı - Benimsenebilen Tasarım/İnşaat Yöntemleri - Özgün Tasarım Değişikliği
Esas & Saf - Kişisel olmayan - Zarar/Zararsız	Politik & Çevresel - Yasa ve yönetmelikteki değişiklikler - Savaş ve Toplumsal Kargaşa - Kamulaştırma - Ambargolar - Kirlilik & Güvenlik Kuralları	Sigorta Risk Transferi Zararı Önleme ve Azaltma	- O.P.E.C. ve A.I.D Sigortası - Acil Durum Planlaması - Zamanlama Gecikmeleri ve Ek Ödemelere yönelik Sözleşme Maddeleri. - Açık Sözleşme Maddeleri - Koruma ve Güvenlik Programları
Belirli & Spekülatif - Kişisel - Zarar/Kazanç	İnşaat ile ilgili - Hava Gecikmeleri - İş Uyuşmazlıkları ve Grevler - Farklı Saha Koşulları - Kusurlu İş - Ekipman Arızası & Hırsızlık - İş yaralanmaları & Kazalar	Risk Tutma Zararı Azaltma ve Önleme Sigorta	- İhaledeki fiziksel koşul - Kazalardan doğan Yükümlülükler için Sigorta - Gecikmelerden Dolayı Süre Uzatımı için Sözleşme Maddesi - Çalışanlar için Güvenlik ve Eğitim Programları - Önceden Tedarik Planlama Faaliyetleri - Kalite Kontrolü/Kalite Güvencesi Programları
Belirli & Saf - Kişisel - Zarar/Zararsız	Fiziksel - Kalıcı Yapıya Zarar - Transit olarak Malzeme ve Ekipmana Zarar - Fiziksel Yaralanmalar - Yangın Zararı	Risk Transferi Zararı Azaltma ve Önleme Sigorta	- İnşaat müteahhidinin Risk Sigortası - Yeterli Saha Denetimi - Gecikmeler için Sözleşme Maddesi - Güvenlik ve Kaza Önleme Programı - Acil Durum Planı
Esas & Saf - Kişisel olmayan - Zarar/Zararsız	Doğal Afetler - Sel - Deprem - Yangın - Çökme ve Toprak Kayması	Sigorta Risk transferi	- Sahip Tarafından Üstlenilen Sigorta - Gecikme için Sözleşme Maddeleri ve oluşan Zararlara yönelik Ödemeler - Acil Durum Planı

3.3. Zaman ve Maliyet Risk Analizi

Herhangi bir proje için maliyetlendirme ve zamanlama süreci, risk ve belirsizlik için ana öğeler olarak düşünülür; bu nedenle risk analizi süreci maliyet ve zamanlama analizine dahil edilmelidir. Özellikle inşaat proje yönetiminde, risk ve belirsizlik süreç maliyetlendirme ve zamanlamasına özgüdür, dolayısıyla bir inşaat için maliyet ve zamanlama tahmini, etkili bir risk yönetimi sisteminin süreç maliyet analizi ve zamanlama analizinin ayrılmaz bir parçası olmasını gerektirmektedir.

Tahminlerde belirsizlik; herhangi bir projedeki bariz belirsizlik yönü, maliyet, süre gibi performans ölçüleri veya planlanan belirli faaliyetler ile ilgili potansiyel değişkenlik tahminleri ile ilgilidir. Tahminler hakkında belirsizlik nedenleri aşağıdakilerden birini veya daha fazlasını içermektedir:

1. Gerekli olan şeyin açık bir tanımlamasının olmaması;
2. Yenilik veya bu belirli faaliyete yönelik deneyim eksikliği;
3. Etkileyen faktörler ve ilgili karşılıklı dayanışmaların sayısı açısından karmaşıklık;
4. Faaliyette yer alan süreçlerin sınırlı analizi;
5. Faaliyeti etkileyebilecek belirli olayların veya durumların ortaya çıkma olasılığı;
6. Projenin başında bilinmeyen faktörlerin ortaya çıkması;
7. Estimatörler tarafından sergilenen eğilim, genellikle iyimserlik eğilimi

Kullanılan ağ modeli ve gerekli sonuçlara bağlı olarak, analiz aşağıdaki şekilde de olabilmektedir:

1. Sadece zaman; faaliyet sürelerine değer aralıkları ayırma, böylelikle belli tarihleri gerçekleştirme olasılıkları ve kritik olan bir faaliyet olasılığı verme.
2. Sadece maliyet; her bir faaliyet veya kaynak için maliyetlere değer aralıkları ayırma, böylelikle önceden belirlenmiş finansal kriterleri gerçekleştirme olasılıkları verme.
3. Entegre; aralıkları zaman, maliyet ve hatta kaynak kullanımına ayırma [18].

Bu yaklaşımın bir örneği risk yönetimi çizelge 3.3'ün altında verilmiştir. Bir risk analizi örneği değişen hava koşullarının, kil içindeki yalıtılmış kolon tabanlarının kazılması

üzerindeki etkisini irdeleyelim; Çizelge 3.3 görüldüğü gibi çok nemli ve çok kuru birim fiyatları ve zaman arasındaki farkı oldukça yüksektir.

Çizelge 3.3. Bir süre ve maliyet risk analizi örneği [29]

Hava Koşulları	Olasılık	Birim Fiyet (TL)	Olası Maliyet	Dakika olarak zaman	Olası zaman (dk)
Çok kuru	0.100	2.600	0.260	12.000	1.200
Yeterli derecede kuru	0.200	3.000	0.600	15.000	3.000
Nemli	0.500	6.000	3.000	25.000	12.500
Çok nemli	0.200	5.000	1.600	35.000	7.000
		Olası Maliyet	5.460	Olası zaman	23.700

İnşaat proje planlamasında ağ modülü ile optimum zaman ve maliyet elde etmek için, optimum zaman-maliyet ödünleşimi (trade-off) konsepti ortaya çıkar, bu terim zaman, maliyet ve işgücünün kaynak seviyelendirme tekniği (RTL), ve ağ sıkıştırma tekniği (NCT), ile birleştirilmesi bakımından önemlidir. RTL tekniği kaynakların mevcut zaman-maliyet kısıtlamaları içerisinde ağ faaliyetleri arasında en iyi kaynak dağılımını elde etme aracı olup, bir şekilde proje tamamlanma tarihinde herhangi bir gecikmeye sebebiyet vermez. NCT teknikleri önerilen zaman çizelgesine uymak için projeyi hızlandırmaya yöneliktir. Ağ faaliyetleri için maliyet ve beklenen tamamlama zamanı arasında entegre olan bu teknikler hızlandırılacak kritik yolda en ekonomik faaliyetin seçilmesine olanak tanımaktadır. Ağ sıkıştırma, kritik yola sahip tüm faaliyetleri çarpıştırarak minimum projeksi süresi elde edilinceye kadar uygulanabilmektedir.

4. MONTE CARLO SİMÜLASYONU KULLANARAK NİCEL RİSK ANALİZİ

Bu bölümde simülasyon modelleri ve simülasyon tekniğine odaklanıyoruz. Simülasyon modellerinin rassal değişkenlerini üreterek simülasyon sürecini sunuyoruz ve rassal sayılar, Monte Carlo Prensipleri, Simülasyon içinde İstatistiksel Konular ve olasılık dağılımı, dağılım uydurma, normal dağılım, simülasyon içinde veri korelasyonu ve deneme veya yanılma gibi kavramları araştırmaktadır.

4.1. Simülasyon

Simülasyon, Monte Carlo ilkesini kullanarak nicel risk analizi için önde gelen bir araçtır. Bir simülasyon, sistemin çalışmasıyla ilgili bir dizi varsayım biçimini alan bir model olarak tanımlanabilir ve sistemdeki ilgi konusu nesnel arasındaki matematiksel veya mantıksal ilişkiler olarak ifade edilir. Simülasyon, karmaşık sistemlerin analizi ve incelenmesi için çok güçlü ve yaygın olarak kullanılan bir yönetim bilimi tekniğidir. Karmaşık bir sistem olan simülasyonla yapılan niceliksel risk analizinin kuruluşu ve çalıştırılması pahalı olmasına rağmen, sonuçlar kesin olmayabilir ve çoğu zaman geçerliliği doğrulanmaz, fakat, bir çok avantajı da vardır; örneğin, bize analitik yöntemler için aşırı karmaşık olan sistemleri inceleme esnekliği sağlar, yani, simülasyon yöntemleri analitik yöntemlerden daha kolaydır; analitik modeller birçok basitleştirici varsayımlar yapmamızı gerektirebilir, simülasyon modelleri pek az kısıtlamaya sahiptir, farklı politikaları, parametreleri veya tasarımları analiz etmek için art arda kullanılabilir, Simülasyon modelleri zaman alıcıdır ve Simülasyon, bir gerçek dünya sisteminin işleyişini, sistem zamanla geliştikçe taklit edebilmektedir. Flanagan ve Norman (1993)'ye göre Simülasyon, gerçek bir sistemle aynı şekilde davranan bir model tasarlama sanatı ve bilimidir. Model, sistemin farklı girdilere nasıl tepki vereceğini belirlemek için kullanılmaktadır. Simülasyon teknikleri endüstride, örneğin yapı sektöründe, yaygın olarak kullanılır; yapı programındaki etkisini belirlemek için farklı hava durumları simüle edilebilir. Benzer şekilde, simülasyon teknikleri yapı projeleri için maliyetin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Simülasyon, riski analiz etmenin ileri bir yöntemidir; temel olarak bir istatistiksel deney aracıdır. Monte Carlo analizi, stokastik simülasyonun bir biçimidir. Bu analize Monte Carlo denir çünkü sonuçları seçmek için rassal sayılar kullanılır; aynı bir rulet üzerindeki topun, kazanan numarayı belirlemek için teorik olarak rassal durması gibidir.

Simülasyon modellemesinin ayrıntılarına geçmeden önce, çoğu simülasyon çalışmalarında kullanılan bir sistem, durum, ayrık sistem, sürekli bir sistem, statik bir simülasyon modeli, dinamik bir simülasyon modülü ve deterministik bir simülasyon modeli gibi bazı terimlerin tanımlanması yararlı olacaktır. Bir sistemi tanımlamanın birçok farklı yolu arasında, simülasyon için en uygun tanım, Winston'ın (2015) belirttiği şekliyle Schmidt ve Taylor (1970) tarafından önerilen tanımdır: Bir sistem, bazı mantıksal sonucun gerçekleşmesi yönünde hareket eden ve etkileşime giren varlıkların bir toplamıdır. Bir sistemin durumu, herhangi bir zamanda sistemin durumunu tanımlamak için gerekli değişkenlerin toplanmasıdır. Sistemler ayrık veya sürekli olarak sınıflandırılabilir. Ayrık bir sistem, durum değişkenlerinin zaman içinde sadece ayrık veya sayılabilir noktalarda değiştiği sistemdir ve Sürekli bir sistem, durum değişkenlerinin zamanla sürekli değiştiği sistemdir. İki tür simülasyon modeli vardır: statik ve dinamik. Statik bir simülasyon modeli, zamanın belirli bir noktasında bir sistemin Monte Carlo simülasyonu olarak temsilidir ve dinamik bir simülasyon, bir sistemin, sistem zamanla geliştiği sürece, bir temsilidir. Bir simülasyon deterministik veya stokastik olabilmektedir. Deterministik bir simülasyon modeli rassal değişken içermeyen modeldir; Stokastik simülasyon modeli bir veya daha fazla rassal değişken içermektedir.

4.1.1. Rassal değişkenler oluşturma

Rassal Sayı Üreteçleri, simülasyonların içinde bir bilgisayar üzerinde rassal Sayı oluşturabilmemiz gereklidir. Bu, rassal sayı üreteçleri denilen matematiksel fonksiyonlar kullanılarak yapılmaktadır. Rassal sayı üreteçleri bilgisayar simülasyonları içerisinde verimli bir şekilde kullanılacak olursa, dört önemli özelliği ortaya koydu. (1) rutin hızlı olmalıdır; (2) rutinin çok fazla çekirdek depolama gerektirmemesi gerekir; (3) rassal sayılar tekrarlanabilir olmalıdır; ve (4) rutinin yeterince uzun bir döngüye sahip olması gerekir, yani rassal sayıları tekrar etmeden uzun bir sekans oluşturabilmemiz gerekmektedir [30]. Ayrık rasgele değişken için rasgele değişkenler üretmek için iki adım ortaya koydu: (1) verilen rasgele değişken için kümülatif olasılık dağılımını (cdf) geliştiririz ve (2) rasgele tamsayıları rasgele değişkenin çeşitli değerlerine doğrudan paylaşmak için cdf kullanmaktadır [30]. Bir şapkadan bir sayı alma veya zar atma ve bir bilgisayar programı gibi tek bir rasgele sayı üretebilen birçok farklı yol vardır. Aslında, rasgele sayı setleri üretmenin en etkili yöntemi bir bilgisayar programı kullanmaktır. Bir bilgisayar programında kullanılan bu üreteçlerden biri eşleşik ilişkilerdir. Eşleşik bir ilişki doğrusal eşleşik üreteç, çarpımsal üreteç ve karışık

üreteç olabilir. Doğrusal eşleşik üreteç, çoğu zaman rasgele sayı üretmek için kullanılır. Örnekleme ilkesi (rasgele değişken üretimi) olasılığın frekans yorumuna dayanır ve rasgele sayıların devamlı bir akışını gerektirmektedir. Aslında, bilgisayar sistemlerindeki yerleşik çoğu rasgele sayı işlevleri bu üretici kullanmaktadır. Bu yöntem kullanılarak üretilen her rasgele sayı, 0 ile 1 arasında bir ondalık sayı olacaktır. Bu yöntemle aşağıdaki tekrarlamalı ilişkiye göre 0 ile (m-1) arasında bir tamsayı x_1, x_2, x_3, \dots dizisi üretiyoruz.

$$x_{i+1} = (ax_i + c) \text{ mod } m \quad (i = 0, 1, 2, \dots) \quad (4.1)$$

x_0 başlangıç değerine tohum denir, a sabit çarpan, c artış değeri ve m modülüdür. $x_0, a, c,$ and m Bu dört değişkene üreticinin parametreleri denir. Bu ilişkiyi kullanarak, (x_{i+1}) değeri $ax_i + c$ by m kalanıyla eşittir. 0 ile 1 arasındaki rasgele sayı daha sonra 4.2 denklemi kullanılarak üretilmektedir.

$$R_i = \frac{x_i}{m} \quad (i = 1, 2, 3, \dots) \quad (4.2)$$

Bu yöntemi kullanarak üretilen her rasgele sayı, 0 ile 1 arasında bir ondalık sayı olacaktır; yani, rasgele bir sayı 1'e eşit olamaz ve eşleşik yöntemlerle üretilen rasgele sayılara yalnızca rasgele sayı denmektedir; bu, bu sayıların teknik açıdan gerçek rasgele sayılar olmadığı anlamına gelmektedir; çünkü bu sayılar yinelenme ilişkisi tanımlandıktan ve üreteç parametreleri belirtildikten sonra tamamen belirlenmektedir. a, c, m ve x_0 , değerleri dikkatlice seçilerek, yalnızca rasgele sayılara gerçek rasgele sayıların tüm istatistiksel özellikleri karşılatılabilmektedir. Örneğin, şimdi 00 ile 99 arasında 100 rasgele sayı üretmek için bir prosedürümüz olsaydı, üretilen bir rasgele sayı kullanabilirdik. Teknik olarak bir rasgele sayı, (R_i) olasılık yoğunluk işlevi (pdf) verilen sürekli bir tekdüze dağılımdan alınan bağımsız bir rasgele numune olarak tanımlanmaktadır.

$$f(x) = 0 \leq x \leq 1 \quad (4.3)$$

= Değeri

Böylece, her rasgele sayı, 0 ile 1 arasındaki aralıkta eşit olarak dağıtılacaktır. Bu nedenle, bu rasgele sayılara genellikle U (0, 1) rasgele sayı veya basitçe tekdüze rasgele sayılar denmektedir.

Monte Carlo simülasyonu içerisinde bir bilgisayarda rasgele sayılar üretmemiz gerektiğinde, bir aşamayı örnekleyerek, $U(0,1)$ rasgele sayılarını 00 ile 99 arasında rasgele tamsayılar haline dönüştürerek ve daha sonra bu rasgele tamsayılar göre bölünmeyi elde etmek amacıyla kullanmak üzere bir prosedür geliştirmeliyiz. Daha sonra, $(0, 1)$ rasgele sayıları 100 ile çarpılırsa, bunlar 0 ile 100 aralığında eşit olarak dağıtılacaktır. Bundan sonra, sayının kesirli kısmı düşülürse, sonuç, hepsi eşit derecede olası olan 00 ile 99 arasında bir tamsayı olmaktadır.

Daha önce belirtildiği gibi, şimdiye kadar ileri sürülen simülasyona ilişkin bilgiler, sadece ayrık rassal değişkenli simülasyonları, yani dağılımdaki olasılıklara göre rasgele sayı aralıkları bölüştürülerek elde edilen rasgele değişkenler için ayrık olasılık dağılımlarını kullanmıştır. Ancak, birçok simülasyonda, sürekli rasgele değişkenlerin kullanılması daha gerçekçi ve pratiktir. Temel ilke ayrık duruma çok benzerdir. Ayrık yöntemde olduğu gibi, öncelikle bir $U(0,1)$ rasgele sayı üretir ve daha sonra bunu belirtilen dağılımdan rasgele bir değişkene dönüştürülmektedir. Ancak, dönüşüm gerçekleştirme süreci, ayrık durumdan tamamen farklıdır. Sürekli dağılımlar için ters dönüşüm yöntemi ve kabul-ret yöntemi de dahil olmak üzere çeşitli algoritmalarından birini kullanarak rasgele değişkenler üretilmektedir. Ters dönüşüm yöntemi (ITM), kapalı formda bir cdf gerektirir ve aşağıdaki adımlardan oluşturmaktadır [30]:

Adım 1: Bir olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(x)$ verildiğinde, kümülatif dağılım fonksiyonunu aşağıdaki gibi geliştirin:

$$F(X) = \int_{-\infty}^x f(t) dt \quad (4.4)$$

Adım 2: Rassal bir sayı üretin r .

Adım 3: $F(x) = r$ olarak ayarlayın ve x 'i bulun. X değişkeni pdf'si $f(x)$ ile verilen dağılımdan rasgele bir değişkendir.

Kabul-ret yöntemi (ARM), pdf'nin sınırlı aralıklarla tanımlanmasını gerektirmektedir.

Böylece, $a \leq x \leq b$ aralığı üzerinden bir olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(x)$ göz önüne alındığında, Winston (2004) 'te ortaya koyulan kabul-ret algoritmasını, aşağıdaki gibi uygulanmaktadır.

Adım 1: $[a, b]$ aralığı üzerinde M 'nin $f(x)$ 'in en büyük değeri olduğu sabit bir M seçin.

Adım 2: İki rasgele sayı üretin: r_1 ve r_2

Adım 3: $x^* = a + (b - a)r_1$ 'i hesaplayın.

Adım 4: x^* noktasındaki $f(x)$ fonksiyonunu değerlendirin. Bu, $f(x^*)$ olsun.

Adım 5: Eğer $r_2 < f(x^*)/M$ ise, x^* 'i bir rasgele değişken olarak dağıtın. Aksi takdirde x^* 'i reddedin ve 2. adıma geri dönün.

Bu iki yöntem arasında, yaygın olarak kullanılan dağılımların neredeyse tamamından rasgele değişkenler üretmek mümkündür. Tek istisna normal dağılımdır. Normal dağılım için, r_1 ve r_2 rasgele sayılarını bağıntıları kullanarak standartlaştırılmış normal değişkenlere (Z_1 ve Z_2) dönüştürerek rasgele değişkenler üretilmektedir.

$$Z_1 = (-2\ln r_1)^{\frac{1}{2}} \sin 2\pi r_2 \quad (4.5)$$

$$Z_2 = (-2\ln r_1)^{\frac{1}{2}} \cos 2\pi r_2 \quad (4.6)$$

4.1.2. Simülasyon süreci

Winston (2004)'un da belirttiği gibi, genellikle simülasyon süreci birkaç farklı aşamadan oluşmaktadır. Her çalışma bir şekilde farklı olabilir, ancak genel olarak şekil 4.1'de gösterildiği gibi aşağıdaki adımları ve çerçeveyi kullanılmaktadır:

1. Problemi formüle etmesi.
2. Verileri toplayın ve bir model geliştirilmesi.
3. Modeli bilgisayar ortamına aktarılması.
4. Bilgisayar modelini doğrulanması.
5. Simülasyon modelini onaylanması.
6. Deneyi tasarlanması.
7. Simülasyonu çalıştırılması.
8. Belgelendirmesi ve uygulanması.

Tüm simülasyon çalışmaları bu aşamalardan oluşmasa veya burada belirtilen sıraya uymasa da olur ve hatta bu aşamalardan bazıları arasında önemli atlamalar bile olabilmektedir. Herhangi bir simülasyon projesinin başlangıç aşaması çalışmanın amaçlarını açıkça ifade etmektedir. Proje yapım sürecinde maliyet ve zamana bağlı riskin analizini yapılmaktadır. Bu aşamada, cevaplanacak sorular, test edilecek hipotez, dikkate alınması gereken alternatifler ve soruya dair net bir tanım belirtilmelidir. Bir sonraki aşama modelin geliştirilmesi ve verilerin toplanmasıdır. Modelin geliştirilmesi muhtemelen bir simülasyon çalışmasının en zor ve kritik kısmıdır; çünkü bu aşamada incelenen sistemlerin temel özelliklerini matematiksel veya mantıksal ilişkilerle göstermeye çalışılmaktadır. Model geliştirildikten sonra, bunu bilgisayarda analiz edilebilecek bir biçime dönüştürmektedir. Bu süreç, genellikle model için bir bilgisayar programı geliştirmeyi dahil etmektedir. Program geliştirildikten ve hataları ayıklandıktan sonra, programın düzgün çalışıp çalışmadığını tespit etmektedir. Başka bir deyişle, program yapılması gerekeni yapıyor mu? Bu işleme doğrulama adımı denir ve çoğu simülasyon için bilgisayar çıktısını karşılaştıracak hiçbir sonuca sahip olmadığımız için bu işlem genellikle zordur. Eğer programdan memnunsak, daha sonra doğrulama aşamasına geçeriz. Bu, simülasyon çalışmasının kritik bir bölümüdür. Bu adımda, analiz edilen sistemi gerçekçi olarak gösterip göstermediğini ve modelin sonuçlarının güvenilir olup olmadığını belirlemek için modelin geçerliliğini doğrulamaktadır.

4.1.3. Monte Carlo ilkesi

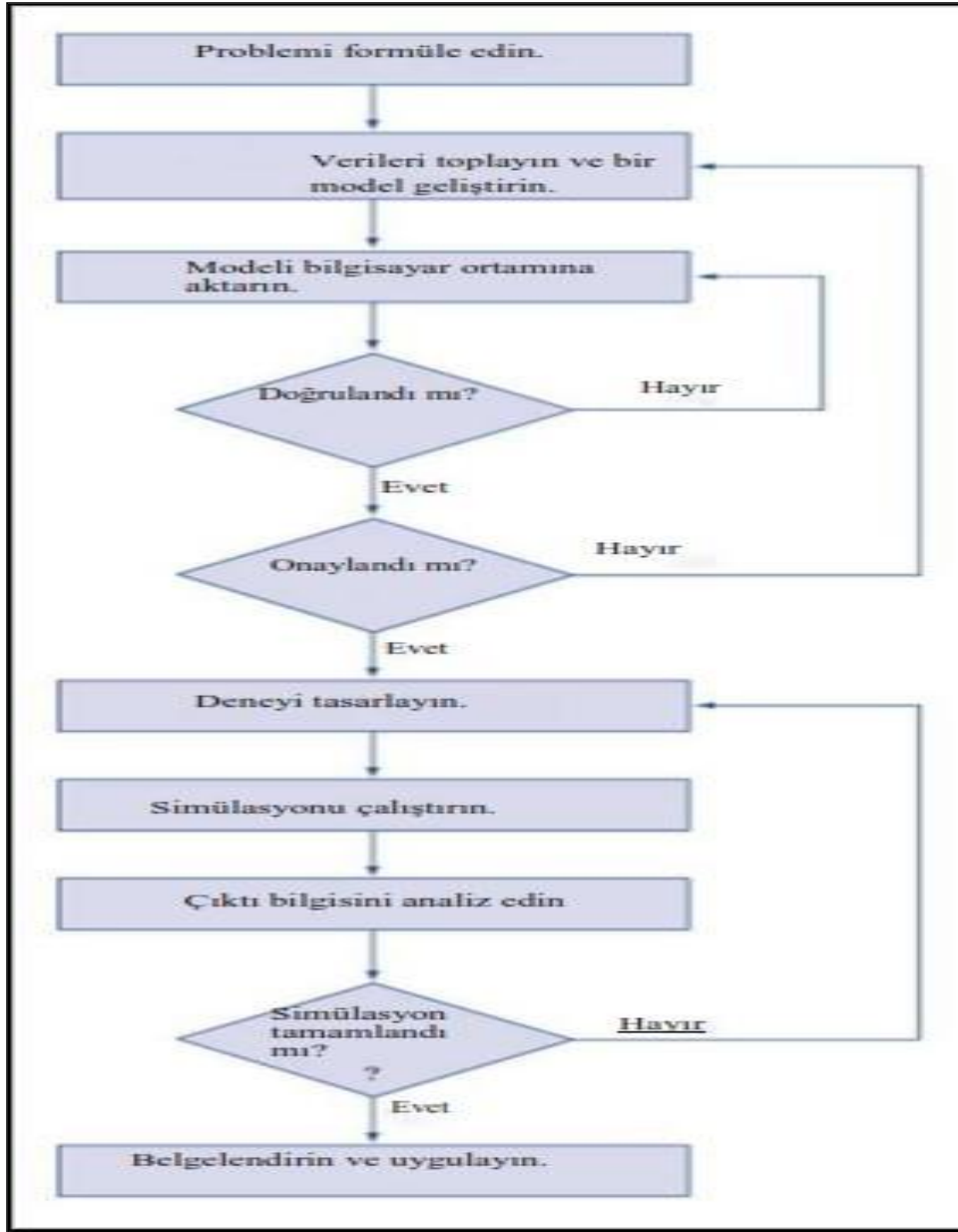
Simülasyon, zamanla aynı şekilde gelişme göstermez. Burada, simülasyon bağımsız bir simülasyondur. Bu simülasyonlara genellikle Monte Carlo simülasyonları denmektedir. Monte Carlo simülasyonu, belirsizliği açıkça gidermek için bir araç olarak tanımlanabilen nicel risk analizi için önemli bir araçtır. Bu araçta, tüm değişken faktörler, tek, bilinen değerler olarak değil, olasılık dağılımları olarak modellenmektedir. Monte Carlo simülasyonu, maliyet ve zaman gibi proje hedeflerini etkileyen risk ve belirsizliğin proje yönetimi üzerindeki etkilerini anlamak için kullanılan bir olasılık simülasyonudur. Monte Carlo simülasyonu, genel olarak bilinmeyen bir geleceği tahmin ederken değerli bir araç olabilmektedir.

Monte Carlo simülasyon yazılımının Microsoft Excel'de eklenti olarak kullanılan çeşitli biçimleri vardır. Yaygın Monte Carlo simülasyon yazılımı programları arasında RiskAMP,

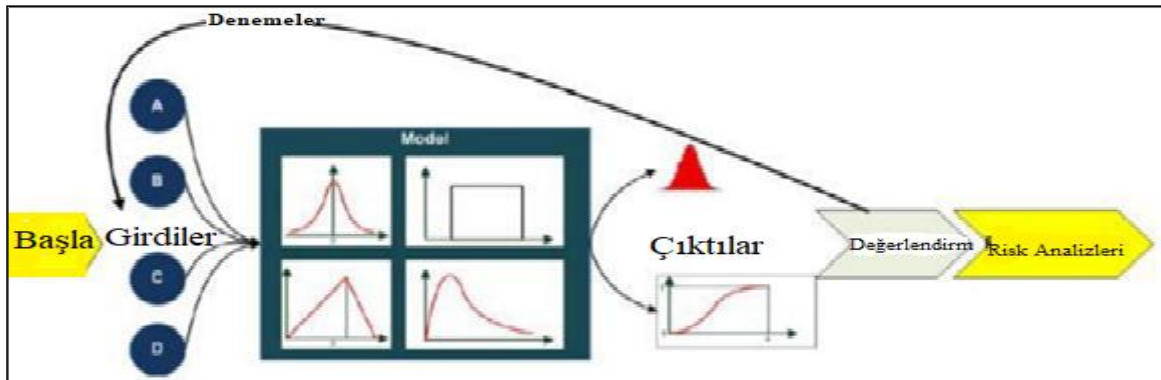
SimVoi, Oracle Crystal Ball, Monte Carlito, Palisade's @Risk ve Simulator bulunmaktadır. Yaygın ve kolay kullanımından dolayı, bu araştırmada Monte Carlo simülasyonu için Palisade's @Risk yazılımı kullanılmıştır. Monte Carlo simülasyonu belki de olasılık analizinin en yaygın kullanılan ve kesin şeklidir. Risk ve belirsizliğe tabi olan parametrelerin olasılık dağılımı ile tanımlanabileceğini varsayar. Başka bir deyişle, Monte Carlo tekniği, istenen genel süre ve maliyet tahminine ait rasgele sayıları üretmek için bu olasılık dağılımlarını kullanılmaktadır. Her bir simülasyonda (veya yinelemede), söz konusu riskli veya belirsiz parametre, o parametre ile ilişkili olasılık dağılımından çıkarılan rasgele bir sayı ile değiştirilmektedir. Rassal sayıların yinelenme sayısı, işlemin nihai kesinliği açısından kritiktir ve gereken yineleme sayısı, değişken sayısına ve gerekli güven derecesine bağlıdır.

Monte Carlo simülasyon süreci aşağıda ve Şekil 4.2'de daha ayrıntılı olarak anlatıldığı üzere bir dizi aşamadan geçmektedir. Monte Carlo simülasyon sürecinin temel adımları şunlardır:

1. Dikkate alınmakta olan değişkenlerin aralığını değerlendirin ve bu değişkene en uygun olasılık dağılımını belirlenmesi.
2. Her bir değişken için belirtilen aralığında bir değer seçin; bu değer rasgele seçilmeli ve değişkenin ortaya çıkması için olasılık dağılımını hesaba katmalıdır. Bu, genel olarak değişken için kümülatif frekans eğrisi üreterek ve bir rasgele sayı çizelgesundan bir değer seçerek elde edilmesi.
3. Değişkenlerden her biri için seçilen değerlerin kombinasyonunu kullanarak deterministik bir analiz gerçekleştirilmesi.
4. Sonucun olasılık dağılımına ulaşmak için birkaç kez tekrarlayın. Gerekli yinelemelerin sayısı değişkenlerin sayısına ve gerekli güven derecesine bağlıdır; ancak genelde 1000 ile 10000 arasında değişmektedir [18].



Şekil 4.1. Bir simülasyon çalışmasındaki adımlar [30]



Şekil 4.2. Monte Carlo simülasyon süreci [31]

4.2. Simülasyonda İstatistiksel Konular ve Olasılık Dağılımı

Rassal değişkenler, ortalama, varyans ve kovaryans kavramları çeşitli simülasyon türlerinde kullanılır. Olasılık dağılımları ile bir model oluşturmak için, bu kavramlar, her varsayım ögesine maliyet ögesi veya süre ögesi olarak bir dağılım uydurmaya başladığımız zaman, herhangi bir varsayımı tanımlamak için temel bir ihtiyaç olarak kabul edilmektedir.

4.2.1. Rassal değişkenler

Rassal değişken kavramı, bir deneyin örnek alanındaki her bir noktayla ilişkilendiren bir fonksiyondur. Rassal değişkenleri koyu renkli büyük harflerle (genellikle X, Y veya Z) belirtiriz. Rassal değişkenler, sürekli veya ayrık olarak bölünebilmektedir.

Ayrık rassal değişkenler

Rassal bir değişken, yalnızca ayrık değerleri varsayarsa ayrıktır $x_1, x_2 \dots$. Ayrık rassal değişken X, $X = x_i$ ($P(X = x_i)$) olasılığını bildiğimiz gerçeği ile karakterize edilir. $P(X = x_i)$ rassal değişken X için olasılık kütle fonksiyonudur (pmf). Ayrık rassal değişken X için kümülatif dağılım fonksiyonu (cdf) $F(x) = P(X = x)$ ile tanımlanmaktadır.

$$F(x) = \sum_{\text{all } x} P(X = x_k) \quad \text{having } x_k \leq x \quad (4.7)$$

Sürekli rassal değişkenler

Bu (X_i) değerleri, rassal değişken X'in a ve b arasındaki aralıkta $[a, b]$ olarak tüm değerleri alabilmesi durumunda sürekli bir rassal değişken olarak kabul edilmektedir. Sürekli rassal değişken X için olasılık ifadeleri, X'in olasılık yoğunluk fonksiyonunu (pdf) bilmeyi gerektirmektedir. Sürekli rassal bir değişken için X'in ve (a) yakınındaki X değerlerinin ortaya çıkma olasılıkları (b) yakınındaki X değerlerinden çok daha yüksektir; yoğunluk fonksiyonu $f(x)$ aşağıdaki denklemde verilmiştir:

$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x)dx \quad (4.8)$$

Sürekli rassal bir değişken için rassal değişkenin pdf'i altındaki herhangi bir alan bir olasılığa karşılık gelmektedir. Alan kavramını olasılık olarak kullanarak, yoğunluğu $f(x)$ olan sürekli bir rassal değişken X 'in cdf'nin şu şekilde verildiğini görmekteyiz:

$$F(a) = P(X \leq a) = \int_{-\infty}^a f(x)dx \quad (4.9)$$

Bir rassal değişkenin olasılık dağılımının ortalama, varyans ve kovaryansları

Ortalama (veya beklenen değer) ve varyans, genellikle bir rassal değişkenin olasılık dağılımında yer alan bilgileri özetlemek için kullanılan iki önemli ölçüdür. Ortalamadaki en büyük zayıf yön, bazen diğer verileri temsil etmeyen aşırı değerlerdir. Ortalama ile, yapılan hesap her veri maddesine aynı ağırlığı verir, yani rassal bir değişkenin ortalaması, rassal değişkenin merkezi konumunun bir ölçüsüdür.

Rassal değişken X 'in $E(X)$ olarak ifade edilen ortalaması aşağıdaki gibi verilmektedir:

Ayrık rassal değişkenler için:

$$E(X) = \sum_{\text{all } k} x_k P(X = x_k) \quad (4.10)$$

Sürekli rassal değişkenler için:

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx \quad (4.11)$$

Rassal bir değişken X 'in ($\text{var } X$) olarak ifade edilen varyansı, X 'in yaklaşık $E(X)$ dağılımını veya yayılımını ölçer. Sonra $\text{var } X, E [X - E(X)]^2$ olacak şekilde tanımlanır ve aşağıdaki gibi verilmektedir:

Ayrık rassal değişkenler için:

$$\text{Var } X = \sum_{\text{all } k} [x_k - E(X)]^2 P(X = x_k) \quad (4.12)$$

Sürekli rassal değişkenler için:

$$\text{Var } X = \int_{-\infty}^{\infty} [x - E(X)]^2 f(x)dx \quad (4.13)$$

Ayrıca, var X bu bağıntıdan da bulunabilir:

$$\text{Var } X = E(X^2) - E(X)^2 \quad (4.14)$$

Varyans, örnek içindeki varyasyon varlığını gösteren, örneğe göre normaliz edilmiş iyi bir ölçüdür; ancak tek problem, varyansın birim kare şeklinde ölçülmesidir. Dolayısıyla standart sapmayı elde etmek için karekökü alınmaktadır.

Standart sapma, dağılımın ortalama yayılımının bir diğer ölçüsüdür ve orijinal birimlerde ölçülür.

Örnek standart sapma ($N-1$ ile bölünme), veri standart sapması için iyi bir tahmindir. Standart sapma, ortalamadan ortalama sapma karesinin kareköküdür. Herhangi bir rassal değişken X için, $(\text{var } X)^{1/2}$, X 'in SX olarak ifade edilen standart sapmasıdır.

İki rassal değişkenin kovaryansı finansal modellerin kovaryans olarak incelenmesinde önemli kavramdır. İki rassal değişken X ve Y için, X ve Y 'nin kovaryansı ($\text{cov}(X, Y)$) diye ifade edilir) şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\text{Cov}(X, Y) = E\{[X - E(X)][Y - E(Y)]\} \quad (4.15)$$

Eğer $Y > E(Y)$ olduğunda, $X > E(X)$ ortaya çıkma eğilimi gösterirse, ve $Y < E(Y)$ olduğunda, $X < E(X)$ ortaya çıkma eğilimi gösterirse, o halde $\text{cov}(X, Y)$ pozitif olur. Öte yandan, $Y < E(Y)$ olduğunda, $X > E(X)$ ortaya çıkma eğilimi gösteriyorsa ve $Y > E(Y)$ olduğunda, $X < E(X)$ ortaya çıkma eğilimi gösteriyorsa, o halde $\text{cov}(X, Y)$ negatif olacaktır. $\text{cov}(X, Y)$ değeri, rassal değişken X ve Y arasındaki ilişkiyi (aslında doğrusal ilişki) ölçer. X ve Y bağımsız rassal değişkenlerse, o zaman $\text{cov}(X, Y) = 0$ olarak gösterilebilir. (Ancak, X ve Y bağımsız rasgele değişkenler olmasa bile $\text{cov}(X, Y) = 0$ tutabilmektedir.

4.2.2. Dağıtım ayarlama

Yapı projeleri yönetiminde veya maliyet ve süre gibi proje hedefleri için nicel risk analizi kapsamındaki herhangi bir projede, maliyet ve süre, önerilen yapı için maliyet ve süre planında her bir temel kategori için bir maliyet ve süre için varsayımsal ortalama oranları tarafından üretilmektedir. Bu varsayımsal oranlar, aynı istatistiksel özelliklere sahip olasılık

dağılımlarından alınmıştır. Dolayısıyla olasılık dağılımını seçme süreci, Monte Carlo simülasyonunu kullanarak yapılan niceliksel risk analizinde çok önemli bir aşamadır ve bazen uygulayıcının olasılık dağılımlarının türünü seçmesinde güçlük çekmesine neden olmaktadır [27]. Doğru olasılık dağılımını seçmek için üç kural ortaya koymuştur:

1. Değişken ve değişkeni çevreleyen koşullarla ilgili bildiğiniz her şeyi listelenmesi,
2. Olasılık dağılımının temel türlerini anlaşılması,
3. Dikkate alınmakta olan değişkeni karakterize eden dağılımı seçmesi.

Dağılımlar, sürekli veya ayırık olarak bölünebilmektedir. Çoğu yapı sektörü faaliyeti, projedeki tüm faaliyetler için maliyet ve süre gibi belirli aralıklarla değerlerin ortaya çıktığı yerlerde sürekli. Ayırık dağılımlar, yalnızca bir aralıktaki belirli değerlerin ortaya çıkabileceği değerleri içermektedir. Aslında Tekdüze, Üçgen, Normal, Üssel, Poisson, Binom, Lognormal, Üssel, Geometrik, Hipergeometrik, Weibull, Rayleigh, Cauchy, Laplace, Gamma ve Beta gibi birçok dağılım türü vardır. Bu türler ortak bir dağıtım türü olarak kabul edilir, ancak Tekdüzen dağılımı, Üçgen dağılımı, Normal bir dağılım ve Beta dağılımı yapı proje yönetiminin simülasyonunda kullanılan yaygın dağılımlar olarak görülmektedir. Eski projelere ait kayıtların çoğunlukla bulunmaması ve İstatistiksel verinin azlığı, analizi yapacak kişilerin en uygun olasılık dağılımını bulmakta zorlanmasına neden olmaktadır [32]. İstatistiksel bilginin mevcut olduğu durumlarda ise veriler; standart teknikler kullanılarak, Normal ya da Beta dağılımı gibi teorik olasılık dağılımlarıyla modellenmeli ve verinin dağılıma uygunluğu hipotez testlerle Ölçülmelidir. Uygun dağılımın bulunamadığı durumlarda ise, verinin kendisi ampirik dağılımlarla tanımlanmalıdır [32]. Ayrıca, log-normal dağılımların bina-maliyet verilerini en iyi tanımlayan dağılım olduğu görüşü de mevcuttur [33]. Objektif verilerin bulunmadığı durumlarda ise; en iyi tahmin değeri, olası en küçük ve en büyük değerlerinin saptanması ile tanımlanabilen üçgen ve yamuk dağılımların kullanımı önerilmektedir [34]. Dikdörtgen dağılımın belirsizliğin çok fazla olduğu ve yalnızca olası bir aralığın saptanabildiği ancak belirlenen bu aralıktaki değerlerden herhangi birisinin gerçekleşme olasılığının eşdeğer olduğunun düşünüldüğü durumlarda kullanımı uygun olmaktadır [32].

Amaç, her maliyet ögesini veya zaman ögesini temsil eden bu Xi değerlerini, bir model oluşturmak amacıyla olasılık dağılımına uydurmaktır. Analizimiz için, bir olasılık dağılımı seçme sürecini ve sonuçları büyük ölçüde basitleştiren özellikleri olan Crystal Ball'u

kullanacağız ve dağılım parametrelerini tahmin ederek daha doğru sonuçlara ulaşılmıştır. Bu tezde mevcut veriyi bir sonraki bölümde ele alınacak normal dağılım ile sürekli dağılımlara uydurmaktadır.

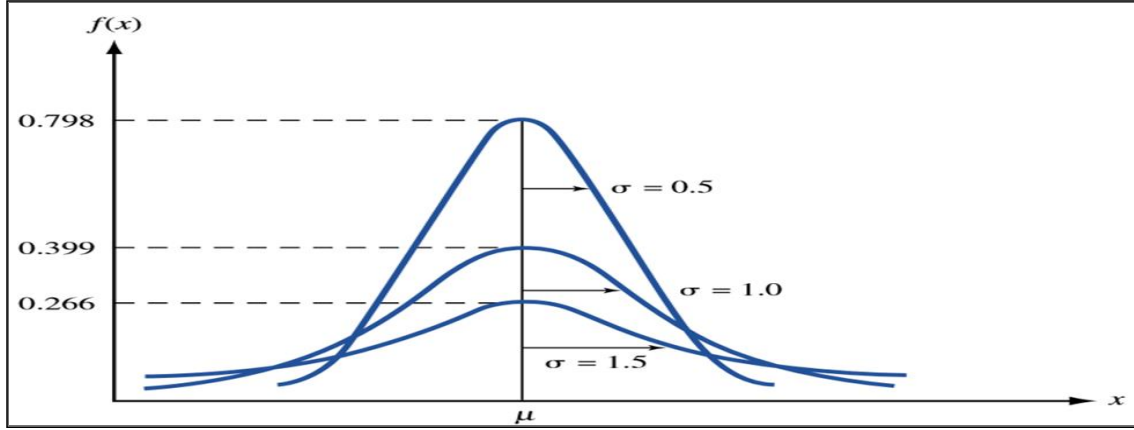
Normal dağılım

Gelecekteki belirsizliğin bir sayı ile ifade edilmesini sağlayan olasılık teorisinde en önemli dağılım normal dağılımdır; böylece farklı olayların belirsizliği doğrudan karşılaştırılabilmektedir. Normal dağılım, her biri bir çan gibi şekillenen bir dağılım ailesidir. Çan şekli dışa ve aşağıya doğru yayılır, ancak hiçbir zaman yatay ölçeğe dokunmaz. Ağ projeksiyonu ile yapı projesi yönetimi için nicel risk analizinde en sık kullanılan olasılık dağılımı normal dağılımdır. Sürekli rassal değişken X , μ ve σ için normal dağılıma sahiptir. Rassal değişken aşağıdaki yoğunluk fonksiyonuna sahiptir:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma(2\pi)^{1/2}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (4.16)$$

Eğer bir rassal değişken bir ortalama μ ve varyans σ^2 ile normal dağıtılmışsa, X 'in $N(\mu, \sigma^2)$ olduğunu yazmaktadır. Normal bir rassal değişken için, $E(X) = \mu$ ve $\text{var } X = \sigma^2$ olarak gösterilebilir (X 'in standart sapması σ 'dır). σ 'nun çeşitli değerleri ve μ 'nun tek bir değeri için normal yoğunluk fonksiyonları şekil 4.5'ta gösterilmiştir. Herhangi bir normal dağılım için, μ ile alakalı normal yoğunluk simetriktir (diğer bir deyişle, $f(\mu + a) = f(\mu - a)$). Ayrıca, σ yükseldikçe, rassal değişkenin μ 'nun c 'si (her bir $c > 0$ için) içerisinde bir değer alma olasılığı düşmektedir. Dolayısıyla, σ arttıkça, normal dağılım daha da yayılmış bir hal alır, yani zirve dağılımı daha küçük bir standart sapma gösterecektir. Özellikler şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Normal dağılımda, değerler, verilerin değişkenliği hakkında makul bir fikir veren ortalama hakkında simetrik olarak dağıtılır. Normal dağılım, en olası maliyet veya süreden emin olduğunuz zaman kullanılabilir ve ayrıca maliyetin veya sürenin bunun üstünde ya da altında olabileceğinin farkına varılmalıdır. Normal dağılım asimetrik de (sağa veya sola eğik) olabilmektedir. Bu durum dağılımın eğikliği ile ilişkilidir. Eğikliği gidermek için standart istatistiksel ölçüler kullanılabilir.



Şekil 4.3. Çeşitli σ değeri ve tek bir μ değeri olan normal dağılımlara bazı örnekler [30]

4.2.3. Veri korelasyonu

Korelasyon, bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir araç olarak tanımlanmaktadır. İki değişken arasındaki korelasyon, birinin belirsiz sonucunun diğerinin belirsiz sonucu ile birlikte ne ölçüde hareket edeceği eğilimini ölçmektedir. Doğrusal bir ilişkinin gücünü ölçme yolu olarak son derece popülerdir. Kovaryansı alıp iki standart sapmanın ürünü ile bölüştürürsek, boyutsuz bir ölçüye ölçeklemiş olmaktadır. Buna bir korelasyon katsayısı veya, daha teknik ifade etmek gerekirse, Pearson ürün momenti korelasyon katsayısı denmektedir. Denklem 4.18'de verilen korelasyon katsayısı genellikle " ρ " olarak ifade edilir ve bu ölçü -1 ile 1 arasında değişir ve negatif, eksik ve pozitif ilişkileri temsil etmektedir. Korelasyon katsayısı işareti, her iki değişkenin aynı yönde mi yoksa zıt yönde mi hareket ettiğini göstermektedir. 1 korelasyonu, değişkenlerin tamamen birlikte hareket ettiği ve 0 korelasyonu bağımsız iki değişken arasında bir ilişki olmadığı ve bunların bağımsız olduğu anlamına gelmektedir. Aslında, yapı projelerindeki maliyet tahmininde veya süre tahminindeki korelasyon değerlerinin çoğu pozitif korelasyonlardır, yani, 0 ile 1 arasındaki değerlerdir.

Değişkenler arasındaki korelasyonlar deneyimli personel tarafından nitelik bakımından değerlendirilebilmektedir. Asgari olarak, korelasyonlar orta dereceli veya güçlü olarak belirtilebilmektedir. Uzmanın korelasyonu zayıf, orta veya güçlü olarak tahmin edebileceği varsayılmaktadır. Bu algılar, önceki deneyimlere dayanacaktır ve şartlara bağlı olarak projeden projeye değişiklik gösterebilmektedir. Buradaki amaç, bu tür yaklaşımları, maliyetlerin toplamının dağılımı üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Seçilen korelasyon katsayıları, zayıf korelasyonlar için 0,15 (orta nokta 0-0.3), orta dereceli korelasyonlar için

0,45 (orta nokta 0,3-0,6) ve güçlü korelasyonlar için 0,8 (orta nokta 0,6-1,0) idi. Bu değerleri subjektif korelasyonlar olarak adlandırdık [33].

Sonuç olarak, korelasyonun göz ardı edilmesi, analiz edilen sonuçları değiştirebilir ve sonuçlarda farklılaşmaya neden olabilmektedir. Yüksek belirsizlik içeren yapı projelerinde bu daha da önem kazanmaktadır. Dolayısıyla, bir proje öğelerinin bileşenleri arasındaki korelasyonun hesaplanması için birkaç yöntem önerilmiştir. Bunlardan biri aşağıda verilmiştir, korelasyon katsayısı şu şekilde verilmektedir:

X_i ve X_j iki rassal değişken olsunlar. O halde X_i ve X_j kovaryans olacak şekilde tanımlanmaktadır:

$$\text{Cov}(X_i, X_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_{xi}) (x_j - \mu_{xj}) \quad (4.17)$$

Ve X_i ve X_j korelasyonu olacak şekilde tanımlanmaktadır

$$\text{Corr}(X_i, X_j) = \rho(X_i, X_j) = \frac{\text{Cov}(X_i, X_j)}{\sigma_{xi} \cdot \sigma_{xj}} \quad (4.18)$$

Eğer X_i ve X_j bağımsız ise, o halde, zıttı genel olarak doğru olmasa da $\rho = 0$ 'dır. $-1 \leq \rho \leq 1$ olarak gösterilebilmektedir.

$X = (X_1, \dots, X_n)$ 'in rassal bir vektör olduğunu varsayalım. O halde Σ , X 'in kovaryans matrisi, $\Sigma_{i,j} := \text{Cov}(X_i, X_j)$ tarafından verilen (i,j) th öğeye sahip $(n \times n)$ matristir, Kovaryans Matrix Σ 'nin özellikleri şunlardır:

1. Simetriktir, dolayısıyla $\Sigma^T = \Sigma$
2. Diyagonal öğeler $\Sigma_{i,i} \geq 0$ 'ı karşılar
3. Pozitif yarı-belirsizdir dolayısıyla her $x \in \mathbb{R}^n$. için $x^T \Sigma x \geq 0$

4.2.4. Deneme veya yanılma

Monte Carlo Simülasyonunda örnekleme hatalarının en aza indirgenebilmesini teminen yeterli sayıda iterasyon gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Kabul edilebilir en alt limit olan 100 adet iterasyon gerçekleştirildiğinde elde edilen sonucun yaklaşıklık %2'dir. Genellikle

1000 iterasyonun gerekli güvenilirliği sağladığı belirlenmiştir [32]. İterasyonlar sonucunda elde edilen olasılık dağılımı, genel koşullar altında merkez limit teorisine göre normal dağılıma yaklaşmaktadır. Böylece en iyi bilinen dağılımlardan biri olan normal dağılımdan, ortalama değer, standart sapma ve güvenirlik limitleri gibi pek çok istatistiksel bilgi elde edilerek, karar verme işlemi kolaylaştırılmış olmaktadır [32].



5. KIYI İNŞAAT PROJELERİ İÇİN RİSK TANIMLAMA VE BELİRSİZLİKLER

Bu bölümde, kıyı inşaat projelerinde risk analizlerine ve bu projeler için yapılan ağ planlamalarındaki belirsizliklere odaklandık. Belirsiz faaliyet süreleri ile ağ planlaması sunuyor ve Türkiye'de yürütülen kıyı inşaat projeleri için üç noktalı tahmin tekniği, ağırlıklı ortalama yöntemleri (PERT Formülü), basit ortalama yöntemleri, beklenen proje bitirme zamanı, belirsizlik ile maliyet tahmini ve risk tanımlaması gibi kavramları keşfetmektedir.

5.1. Kıyı İnşaat Projeleri İçin Ağ Planlamasındaki Belirsizlikler

Her şeyden önce, kıyı inşaat projeleri denizin getirdiği risklerle karşı karşıya kalmaktadırlar, dolayısıyla bu projelerde belirsizlikler fazladır ve karada uygulanan projelere kıyasla ek riskler taşır, yani kıyı inşaat projeleri, diğer inşaat projelerinde kullanılan aynı proje planlama teknikleri kullanılarak yönetilemez. Kıyı projeleri, kıyı yapısında dalga yüklemesinin sürekli etkilenmesinden kaynaklanan ek risk bileşenleri yüzünden diğer sektörlerin tipik inşaat uygulamalarına elverişli değildir [1]. Bu riskleri anlamak ve hakkında fikir sahibi olmak için kıyı yapıları hakkında, özellikle de en çok görülen kıyı yapısı olan limanlar hakkında bilgi sahibi olmak önemlidir. Bölüm 2'de bahsedilen dalgakıran ve bunların çeşitleri, yapım yöntemleri ve hasar şekillerinin bilinmesi önem arz etmektedir.

Balas (1998)'e göre, kıyılarındaki inşaat faaliyetlerinin planlanmasında belirsizliklerin çoğu, tamamlanmamış deniz yapılarının istikrar sorunları, planlama tekniğinin yetersizliği, finansman yetersizliği ve inşaat koşullarının hatalı değerlendirmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Aslında kıyı inşaat projelerinde, planlama aşamasında, tasarım safhasında ve inşaat aşamasında belirsizlikler bulunmaktadır. Kıyı projelerinde belirsizlikler tasarım ve planlama aşamalarında ortaya çıkarlar. Tasarım aşamasındaki belirsizlikler, dalga yüküne yapının tepkisi, teçhizat talebine ilişkin hatalar, dağınık dalga verilerinin istatistiksel örnekleme ile ilgili hatalar, spektral analiz tekniklerinin çeşitliliği, dalga parametrelerinin uzun vadeli olasılık dağılımındaki çeşitliliği, basit formülün karışık fiziksel olaylarla uyumu nedeniyle formüle edilen belirsizlikler gibi ana belirsizlikler olarak kabul edilen, dalga verilerinin dağılımlarını sağlayan stokastik dalga oluşturma sürecidir. Dalga ve rüzgâr verisi üzerindeki sınırlamalar, uzun vadeli bilginin, tasarım metodolojilerinin ve model durumundaki prototipin gösterimi ve varsayımların güvenilmezliği, planlama aşaması ile ilgili belirsizliklerdir. Fırtına koşullarında tamamlanmamış yapıdaki dengesizlik, zaman ve

maliyet tahmininin güvenilirliği ve inşaat süreci boyunca istikrarı ve dolaylı hasarları etkileyen yapım yöntemleri ise inşaat aşamasında ortaya çıkan belirsizliklerdir.

Yapım aşamasında meydana gelen hasarları idame ettirmek için gereken ek süre, parametrelerden biri olarak kabul edilir ve bu parametre, şebeke planlamasını ve dolayısıyla projenin tamamlanma tarihindeki gecikmenin asıl sebebinin etkiler ve toplam proje maliyetinde önemli artışlar meydana getirmektedir. Bu nedenle, dalgakıranların inşaat döneminde hasar oluşma ihtimalini bilmek esastır ve eğer bu olasılık yüksekse (>% 5), dalgakıran inşaatı sırasında şebeke hesaplamalarına da yansıtılan ek önlemler alınmalıdır.

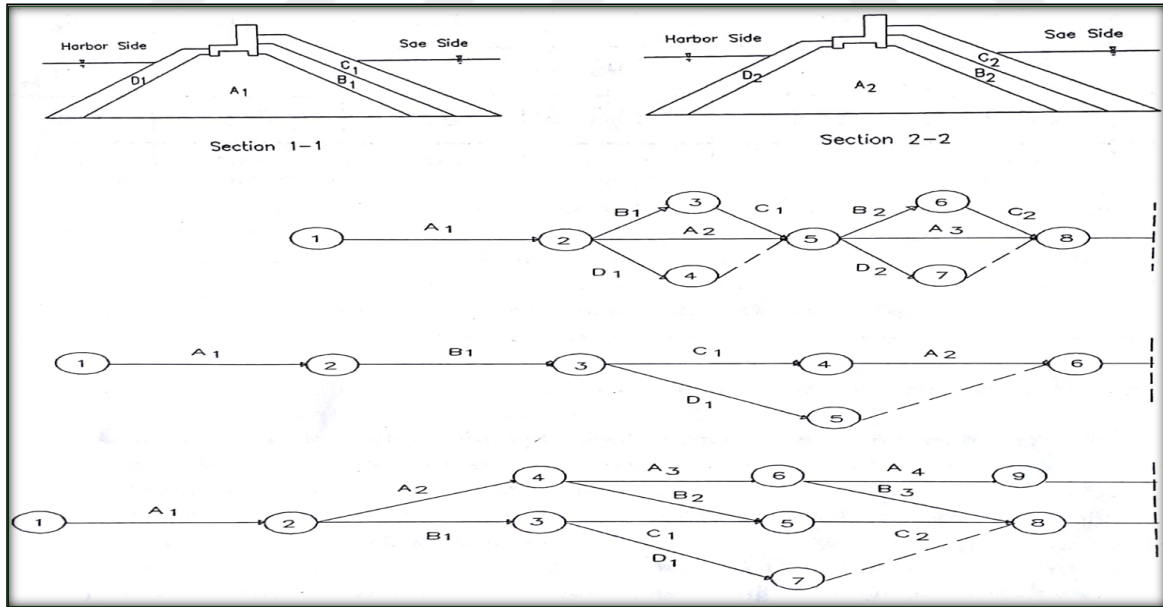
Risk analizi konseptinde ağ yapılandırması önemlidir. Bazı belirsizlikler, ağ yapılandırmasının türüne bağlıdır. Yani inşaat süresi boyunca hasar riski seviyesi, çeşitli ağ konfigürasyonları incelenerek düzenlenebilmektedir. Örneğin, Şekil 5.1'de üç tür ağ yapılandırması gösterilmektedir: ilk yapılandırmada ikinci bölümün (A2) çekirdek katmanının oluşturulması tamamlanmış, birinci kısmın filtre (B1) ve koruma tabakası (C1) tabakalarının yapımı da tamamlanacaktır ve ikinci kısmın çekirdek tabakasının hasar olasılığı bir risk faktörü olarak kabul edilmiştir. İkinci konfigürasyonda, birinci kısmın çekirdek (A1), filtre (B1) ve koruma tabakası (C1) tabakalarının yapımı tamamlanmış ve daha sonra ikinci bölümün inşası başlatılıp hasar riski en aza indirilmiş, ancak proje süresi artmıştır. Üçüncü konfigürasyonda, birinci kısmın filtre (B1) ve koruma tabakası (C1) tabakalarının yapımı tamamlanırken, ikinci kısmın çekirdek (A2) ve filtre (B2) katlarının yapımı da sonlandırılmıştır.

5.2. Kıyı İnşaat Projelerinde Risk Analizleri

Kıyı inşaat projelerinde risk analizi, esas olarak hasar alma riski, şekil kayması veya kıyı yapıları için birimlerin ayrılması anlamına gelmektedir. Hasar riski esasen tasarım ve inşaat aşamaları ile ilgili belirsizlikler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Başka bir deyişle, tasarım dalgası yüksekliğinin belirsizliği nedeniyle hasar riski oluşturmaktadır. Hasar riski, gerçek dalgalar ile tasarım dalgası arasındaki ilişkiye bağlıdır ve gerçek dalgaların yüksekliği ve periyotları tasarım dalgasına eşit veya daha küçük ise, hasar riski azalmaktadır. Gerçek dalgalarının yüksekliği ve periyotları tasarım dalgasından daha büyük olduğunda ise hasar riski artmaktadır. Dalgakıranlara, iskeleye, platform güvertesine ya da kıyı yapısında bulunan herhangi bir unsurun zarar görmesi ancak bir dalga kretinin çarpacak yükseklikte

olması durumunda ortaya çıkarmaktadır. Başka bir deyişle, yapının hasarı, tasarım dalgasından daha yüksek gerçek dalgaların oluşma ihtimaliyle aynıdır. Örneğin, eksik dalgakıranın hidrodinamik arıza olasılığı göz önüne alındığında, birimlerin kayma ve gidiş olasılıklarının doğrudan büyük dalgaların oluşumu ile ilişkili olduğunu ve aşırı analizlerin bu olasılıklar hakkında veri sağlayabileceğini söyleyebilmektedir [9].

Kıyı yapısındaki hasar, uzun vadeli istatistiklerde aşırılıkların (H_s ve su seviyesinin aşırı kombinasyonu) ve kısa vadeli istatistiklerin (bireysel dalga yüksekliğinin aşırı değeri) kombinasyonundan kaynaklanmaktadır. Kısa vadeli istatistiklerde tipik süre 1 saattir ve temsil edilen işlemler tek bir deniz durumundaki varyasyonlardır. Rayleigh, Gauss ve normal dağılım fonksiyonları gibi araçlardan yararlanılmıştır. Uzun Vadeli istatistiklerde tipik zaman süresi 20 yıldır. Temsil edilen işlemler, uzun vadeli denizin durumlarının toplamında yapılan değişikliklerdir ve mevcut verilere en iyi uyumu bulmak için Fisher-Tippett I (FT-I) ya da Gumbel, Weibull, Fisher-Tippett II (FT-II) ya da Frechet, Log-Normal, Log Pearson Type III (Kite 1978), Pearson Type III, Binomial (ayrı), and Poisson (ayrı) gibi çeşitli olasılık dağılım işlevleri kullanılmıştır.



Şekil 5.1. Dalgakıran kısımlarının risk değerlendirmesi için ağ yapılandırması [1]

Aslında, tasarım uygulamalarının çoğu, yıllar boyu kayda alınan uzun vadeli hidrodinamik istatistiklere dayanmaktadır. Dalga yüksekliği çoğunlukla en kritik tasarım parametresidir, çünkü H_s bir kıyı yapısı üzerindeki dalga kuvvetlerini tahmin etmek için kullanılır ve hasar

oluşup oluşmadığının göstergesi olarak düşünülmektedir. Bu nedenle yapı için tasarım dalga özelliklerini incelemek önemlidir. Yapı için tasarım dalga karakteristikleri, genel olarak dalga analizinde kullanılan bir model olasılık dağılımı kabul edilen aşırı dalga yüksekliği Fisher-Tippett I (FT-I) veya Gumbel dağılımı kullanılarak hesaplanmaktadır. Fisher-Tippett I (FT-I) veya Gumbel Olasılık dağılım fonksiyonu genel olarak şu şekilde verilmektedir:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-B}{A}}} \quad (5.1)$$

$$y = B + 0.5772A, A = 0.779 \sigma_X$$

$$\sigma = 1.283A, B = y - 0.4500 \sigma_X$$

Yapının tasarım dalgası (H_s) karakteristiği için, istatistiksel olarak bağımsız fırtına olaylarını varsayarak ve Fisher-Tippett I'in (FT-I) aşırı tip olasılık dağılımını kullanarak, bir L süresince (H_s) uzun vadeli değişimi tanımlanabilir. Gumbel ise:

$$F(H_s) = \left(\text{EXP} \left(- \text{EXP} \left(- \frac{H_s - B}{c} \right) \right) \right)^{\lambda L} \quad (5.2)$$

B,C: Dağılım parametresi ve $C > 0$ ise,

λ : Yılda ortalama tasarım dalgası verisi sayısı (Örnekleme yoğunluğu), yani birim zaman başına ortalama kritik koşulların sayısı L.

H_s : L yıl boyunca en yüksek dalga yüksekliği (tasarım dalga yüksekliğinin maksimum değeri)

F (H_s): Aşırı tasarım dalga boyunun L yılı kümülatif aşmama olasılığı, H_d 'ye eşit veya daha küçüktür

Yıllık aşırı dalga yükseklik olasılığı dağılımının parametreleri, olasılık kâğıtları kullanılarak ve büyüklüğün artan sıralamasında N aşırı yüksek dalga yüksekliği verisinin düzenlenmesini gerektiren pozisyon teknikleriyle aşağıdaki gibi belirlenebilmektedir:

$$(H_s)_1 < (H_s)_2 < \dots < (H_s)_K < (H_s)_N \quad (K= 1,2, \dots, N) \quad (5.3)$$

N: Belirgin dalga verisinin sayısı ise,

K: Her dalga verisinin artan şekilde büyüklük sırasıdır.

Bu sıradaki her dalga yüksekliğinin kümülatif aşmama olasılık değeri $F(H_s)_K$ şu şekilde yazılabilir:

$$F(H_s)_K = \frac{K}{N+1} \quad (5.4)$$

Tasarım dalgasının geri dönüş süresi (R_p) aşmama olasılık değeri $F(H_s)$ ile aşağıdaki ifade kullanılarak tanımlanabilmektedir:

$$R_p = \frac{1}{1-F(H_s)} \quad (5.5)$$

Dönüş süreli (R_p) kritik koşulların belirli bir inşaat süresine eşit olması ya da sürenin aşılması. Bir zaman aralığında (t) beklenen kritik koşulların n sayıda oluşma ihtimali $F(n)$ aşağıdaki gibidir:

$$F(N(t) = n) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} \exp(-\lambda t) \quad (5.6)$$

λ , birim zaman başına kritik koşulların ortalama sayısı (t): ise, λ Aşmama ($n=0$) olasılığı:

$$F(N(t) = 0) = \exp(-\lambda t) = \exp\left(-\frac{t}{R_p}\right) \quad (5.7)$$

Bir kıyı yapısı riski genellikle yapının karakteristiğine bağlıdır. Deterministik tasarım yaklaşımında, tasarım fırtınasının dönüş süresi, yapının beklenen ömür süresince (L) tasarım koşullarının aşılma olasılığı olarak tanımlanabilecek bir hasarlanma olasılığı (ED) belirlenerek seçilir; bu, Poisson dağılımından elde edilebilmektedir:

$$ED = \left(1 - \exp\left(-\frac{L}{R_p}\right)\right) * 100 \quad (5.8)$$

ED : Kıyı yapısının inşaatı sırasında (yüzde cinsinden) hasar riski (zararın karşılaşma ihtimali) (yüzde olarak) ise ve yapı hasarının tasarım dalgasının aşılmasından kaynaklandığını varsayarsak,

L: İnşaat süresi.

Rp: Hasar veya başarısızlıkla sonuçlanan tasarım dalgası koşullarının ortalama dönüş süresi,

5.3. Belirsiz Etkinlik Süresinde Ağ Planlaması

Kıyı inşaat projelerinde şebeke planlaması, olasılıklar göz önüne alınarak istatistiksel yöntemlere dayandırılmalıdır. Yani, şebeke planlama tekniğini kullanılarak proje planlama, belirsizliklerin etkisini ve risk faktörlerini içeren belirsiz bir faaliyet süresi içinde gerçekleştirilmelidir. Örneğin, belirsizlikleri tanımlayabileceğimiz stokastik yöntemlerden bazıları: Kullanımı çok kolay olan ancak etkinlik süresinin tahmini için ek hataları göz önüne serecek olan Program Değerlendirme ve İnceleme Tekniği (PERT). PERT sapma problemlerinden kaçınmak için, karmaşık olduğu düşünülen ve çok sayıda hesaplama gerektiren Monte Carlo Simülasyonu gibi başka stokastik yöntemler geliştirilmiştir. Temel ağ analiz tekniğinde önemli bir ek, belirsiz faaliyet tamamlanma süreleriyle ilgilidir. Temel yöntem olan bu genişletmede, her etkinlik için tek bir tamamlama süresi değil, üç süre vermektedir. Başka bir deyişle, bu terim üç zamanlı tahminlerin kullanılması gerektiği anlamına gelmektedir. Genellikle, etkinlik sürelerinin dağılımı bilinmiyor ve belirsizliklerin ve risk faktörlerinin etkisine dâhil edildiğinde, durumla başa çıkmak için tipik bir yöntem, her bir etkinlik için, üç noktalı tahmin tekniği olarak adlandırılan ve aşağıdaki gibi verilen iyimser, en olası ve kötümser olarak adlandırılan üç etkinlik süresini tahmin etmektir:

En iyimser süre (a): Bu, ideal bir ortamda ve her şey iyi gittiğinde bir etkinliği tamamlamak için mümkün olan en kısa süredir. Faaliyetin (a)'dan daha düşük bir oranda tamamlanma ihtimali yaklaşık %1'dir.

En olası süre (m): Faaliyeti tamamlamak için tahmini ortalama süre, yani normal koşullar altında beklenen tamamlanma süresidir.

En kötümser süre (b): Bu, her şey kötüye gittiğinde ve gecikme nedenlerinin çoğunun oluşması durumunda bir etkinliği tamamlamak için düşünülen en uzun süredir. Projenin (b)'den daha uzun sürede tamamlanma ihtimali %1'dir.

İyimser ve karamsar etkinlik sürelerinin mutlak limitlerinin geçmiş verilerden tahmin edilmesi son derece zorsa birkaç yöntemleriyle hesaplanabilmektedir. Örneğin, Uğur, O. L.

(2006)'ya göre iyimser yaklaşımla her faaliyetin, normal planlamaya göre %30 daha erken tamamlanacağı ve kötümser yaklaşımla her faaliyetin normal planlamaya göre %40 daha geç tamamlanacağı kabulü ile tüm faaliyetlerin iyimser ve kötümser süreleri hesaplanmıştır. Diğer taraftan, geçmiş veriler mevcutsa, standart sapma aşağıdaki gibi hesaplanır: Bu tezde, bölüm 5.5.'te ele alınan analizde homojenliği sağlamak için Türkiye Cumhuriyeti'nde yapılan liman projeleri için tarihi verileri kullanılmaktadır.

Faaliyet zamanının ortalama, varyans ve standart sapma ile normal oranda dağıldığı varsayılır. Beklenen Değer (Ortalama), varyans ve standart sapmaya ulaşmak için iki popüler yöntem vardır. Bu yöntemler basit ortalama ve ağırlıklı ortalama (PERT Formülü) olup aşağıdaki gibidir:

5.3.1. Ağırlıklı ortalama yöntemi (PERT Formülü)

PERT ortalaması, üç noktalı tahmin tekniğinin bir şeklidir. PERT, bir ağırlıklı ortalama kullanılarak hesaplanmaktadır. Faaliyetin beklenen tamamlanma süresi (Ortalama), etkinliğin varyansı ve etkinliğin standart sapması bu üç değerden yola çıkılarak aşağıdaki formüller ile hesaplanabilmektedir:

Beklenen tamamlanma süresi (Ortalama):

$$\mu(t) = \frac{a+4m+b}{6} \quad (5.9)$$

Varyansı:

$$\text{Var}(t) = \left[\frac{b-a}{6} \right]^2 \quad (5.10)$$

Standart sapması:

$$\sigma(t) = \frac{(b-a)}{6} \quad (5.11)$$

$\sigma(t)$: Dağılımın standart sapması başka bir ifadeyle de hesaplanabilmektedir:

$$\sigma(t) = \check{S}t * m \quad (5.12)$$

Burada,

$$\check{S}t = \sqrt{\check{S}e^2 + \check{S}x^2} \quad (5.13)$$

$\check{S}t$: değişim katsayısı, belirsizlikleri ve hasar risklerini içeren toplam değişimdir. Değişkenlik katsayılarının birbirinden bağımsız olduğu varsayımla yukarıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır.

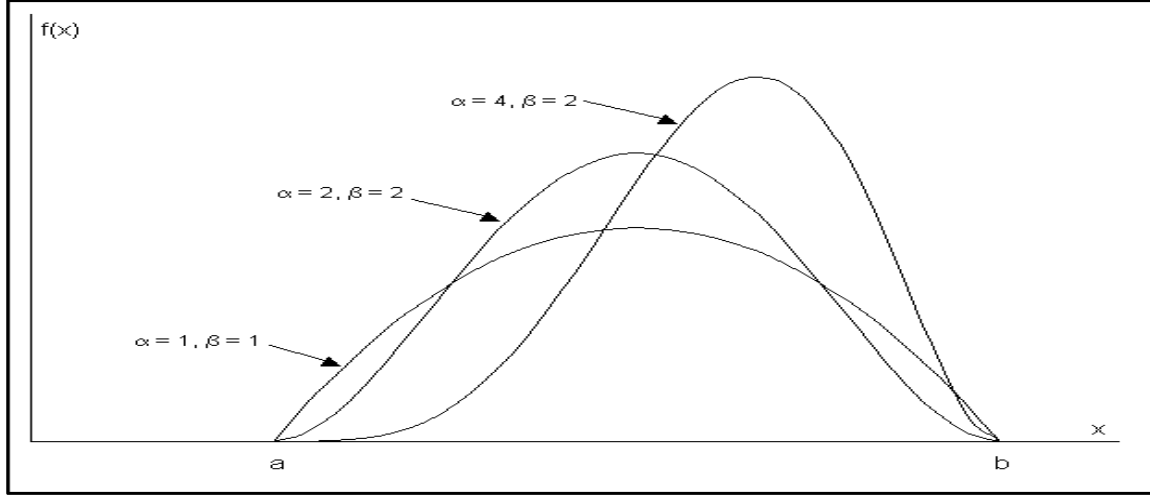
$\check{S}e$: inşaat aşamasındaki karşılaşılan hasar riskleri ve belirsizlik kaynaklarının sebep olduğu değişkenlik.

$\check{S}x$: kıyı yapısının hasar görme riskinden kaynaklanan değişkenlik.

PERT yöntemi, istatistiksel bir zemine ve olasılık ve istatistik teorisine dayanmaktadır. PERT, istatistiksel ve araştırma bulguları sonrasında proje yönetimi literatürünün bir parçası haline geldi ve tarihi üç noktalı tahmin, ABD Deniz Kuvvetleri tarafından planlanan belirsizliklerin giderilmesi için geliştirilen PERT'ten doğdu (1950'de Soğuk Savaş sırasında füze geliştirme projesi ve denizaltı geliştirme projesi arasındaki popüler tarihte). Aslında, PERT, özellikle proje süreleri hakkında beta dağıtımını kullanarak belirsizlik olduğunda proje tamamlamalarını tahmin etmenin istatistiksel bir yoludur. Beta dağılımına dayalı PERT, hesaplamalarda açık bir hataya neden olur; çünkü bu dağılım aralığının 1/6'sında standart sapmaya sahip olduğu için, bu yaklaşık değerin ortalaması ve standart sapması çok farklıdır. Ortalama ve standart sapmadan elde edilen bu en kötü mutlak hata, farklı şekil parametresi α ve β , Şekil 5.2'deki gibi rastgele varyasyon x için farklı standart Beta olasılığı yoğunluk fonksiyonu getiren Beta Dağıtımını varsayımı ile ortaya atılmıştır. Üç dağılım da aynı aralığa $[a, b]$ sahip olmasına rağmen, bu rakam α ve β değerlerinin farklı kümeleri için birkaç beta dağılımı olduğunu gösterir. [35]. Beta olasılığının varsayımı ile ortalama ve standart sapmada en kötü mutlak hata sırasıyla 1/3 (1-2m) ve 1/6 olarak bulunabilmektedir [9]. Yukarıdaki tartışmalardan, ortalamadaki muhtemel hatanın modun işlevselliği olduğunu görürüz ve bu nedenle modun değeri ortalamadaki hatayı etkiler fakat standart sapmadan etkilenmez, çünkü standart sapma hatası moddan bağımsızdır. Liman inşaat projelerinde, önceden tartışılan belirsizliklerden dolayı, tahminlerin hatalı olması, %10 'dan fazla bir değere yükselebilmektedir [9].

Kritik yoldaki her bir etkinlik için ortalama ve standart sapmayı hesaplamak için kullanılan üç noktalı tahmin tekniğinde, ortalama ve standart sapmadaki en kötü hatayı önlemek için

sonraki bölümde açıklanacak beta dağılımı yerine üçgen dağılım olarak diğer olasılık dağılımları kullanılabilir.



Şekil 5.2. Çeşitli beta dağılımlarının illüstrasyonu [36]

5.3.2. Basit ortalama yöntemleri

Basit ortalama başka bir 3-noktalı tahmin tekniğinin başka bir şeklidir. Bu yöntem, üçgen dağılımına dayanmaktadır. Faaliyetin beklenen süresi (ortalama), etkinliğin varyansı ve etkinliğin standart sapması bu üç değerden yola çıkılarak aşağıdaki formüllerle hesaplanabilmektedir:

Beklenen tamamlanma süresi (Ortalama):

$$\mu(t) = \frac{a+m+b}{3} \quad (5.14)$$

Varyans:

$$\text{Var}(t) = \frac{(b-a)^2 + (m-a) + (m-b)}{18} \quad (5.15)$$

Standart sapması:

$$\sigma(t) = \sqrt{\frac{(b-a)^2 + (m-a) + (m-b)}{18}} \quad (5.16)$$

Aslında, üçgen dağılım kullanıldığında ortaya çıkabilecek olası hata, beta dağıtımını kullanıldığında yaklaşık olarak aynıdır ancak üçgen dağılımın avantajı, bu dağılımdaki ortalama ve standart sapmanın tam olarak üç noktalı tahmin tekniği açısından verilmesidir. Yani üçgen dağılımının ortalama ve standart sapma ifadelerinde herhangi bir hata yoktur. Belirsizliği içeren beklenen tamamlanma tarihini hesaplamak için CPM gibi deterministik ağ planlama tekniklerini kullanırken bu metot önerilir; bu uygulamada, ortalama ve standart sapma ifadeleri basit ortalama yöntemi kullanarak bulunabilmektedir.

Yukarıdaki formüllerde a, b ve m sırasıyla iyimser, kötümser ve en Olası Değerlerdir, (n) olasılık veya güven düzeyini aşağıdaki gibi belirleyen sigma seviyesidir:

$$E \pm (n * \sigma) \quad (5.17)$$

Bu formül bir tahmin aralığıdır ve:

n=1 ise Olasılık %68.27'dir

n=2 ise Olasılık %95.45'tir.

n=3 ise Olasılık %99.73'tür.

n=4 ise Olasılık %99.994'tür.

n=5 ise Olasılık %99.99994'tür.

n=6 ise Olasılık %99.999999'dır.

5.3.3. Beklenen proje tamamlama süresi

İnşaat projesinden kaynaklanan belirsizlikle birlikte, Proje Planlama, Monte Carlo simülasyonu ve "What if" simülasyonu için CPM ile PERT, CPM, PERT (CPM ile birlikte PERT sıklıkla kullanılır) olarak beklenen proje tamamlama süresini bulmak için kullanılan birçok teknik vardır. Beklenen proje tamamlama süresini bulmak için ortalama ve standart sapmanın hesaplanması ve bunun için üç noktalı tahmin tekniğini kullanırken bazı varsayımların yapılması gerekmektedir:

1. Proje tamamlama süresi kritik yol boyunca yapılan faaliyetlerin toplam süresidir.
2. Bir faaliyetin süresi, merkezi limit teoremine dayanan diğer tüm faaliyetlerin sürelerinden bağımsızdır ve proje tamamlanma süresinin, kritik yol üzerindeki etkinlik sürelerinin toplamına eşit ortalama ile dağıtıldığı varsayılmaktadır. Varyans, kritik yol üzerindeki

faaliyet varyanslarının toplamına eşittir. Burada, zamanlama şebeke yolunun varyansı $Var_Path = \Sigma (Var)$, bireysel dağılımlarına bakılmaksızın, değişken sayısı sınır olmadan arttıkça normal dağılıma eğilim göstermektedir. Dolayısıyla, T proje tamamlama süresinin normal ortalama ve varyansla dağılımı şu şekilde yazılmıştır:

$$\mu(T) = \sum_{i=1}^N \mu(t_i) \quad (5.18)$$

$$\sigma^2(T) = \sum_{i=1}^N \sigma^2(t_i) \quad (5.19)$$

$\mu(T)$: Projenin beklenen tamamlama süresi,
 $\sigma^2(T)$: Projenin tamamlanma süresi varyansı,
 $\mu(t_i)$: Beklenen etkinlik tamamlama süresi,
 $\sigma^2(t_i)$: Etkinlik tamamlama süresinin varyansı ise,
N : Kritik yoldaki toplam faaliyet sayısıdır.

Bu iki değer, beklenen süre ve beklenen standart sapma, projenin tamamlanma tarihini ve fiili projenin değer aralığı dahilinde tamamlanma ihtimalini verecek bir dizi değeri tahmin etmemizi sağlayan yaklaşımlardır. Bu, beklenen proje süresinin standart sapmasını kullanarak belirli bir zamanda projeyi tamamlama konusundaki güven seviyesini veya olasılığını elde edebileceğimiz anlamına gelmektedir. Belli bir süre içinde bir projenin tamamlanma olasılığı normal standart dağılım kullanılarak hesaplanabilmektedir:

$$P(T = T_s) = P \left[Z \leq \frac{T_s - \mu(t_i)}{\sigma(T)} \right] \quad (5.20)$$

P : Proje takviminin yerine getirilmesinin kümülatif olasılığı,
Z : Sıfır ortalama ve birim varyansı ile standart normal değişken,
T : Proje tamamlama süresi ise,
Ts : Tamamlama programıdır.

Ayrıca, bu tezde, ortaya çıkan ağa kritik yol çizelgesi uygulayarak ve her etkinlik için bu iki değeri (beklenen süre ve beklenen standart sapmayı) kullanarak ve Arsin Limanının projedeki her bir faaliyet için simüle edilen süre elde edilerek Monte Carlo simülasyonu uygulanabilmektedir.

5.4. Belirsizlik ile Maliyet Tahmini

İnşaat sürecinde birincil hedef, projeyi zamanında ve bütçeyi aşmadan tamamlamak ve belirlenen kalite gerekliliklerini ve diğer şartnameleri yerine getirmektir [37]. Bununla birlikte, kıyı yapısının doğasında olan belirsizlikler nedeniyle kıyı yapımı projelerinde ortaya çıkan hasar riski ile bir projenin süresi ve maliyeti artmaktadır, yani tahmini ve gerçekleştirilen maliyetler arasındaki fark oldukça fazladır. Soru, bir projenin maliyeti veya süresinin ne kadar artabileceğidir ve bu sorunun cevabını projenin ilk evrelerinde vermek çok önemlidir. Bu, risk analizi teknikleri Monte Carlo analizi olarak kullanılıp risk bilgisi nicelleştirilerek elde edilebilmektedir. Birçok liman projesinde görüldüğü üzere, liman projelerinde, dalgakıranların ve iskele binalarının inşası ve nakliye masraflarının, limanın toplam maliyetinin yaklaşık %85'ine denk geldiği söylenebilmektedir. Dolayısıyla inşaat malzemelerinin maliyet analizi çok yararlıdır.

İlk tahminler ile gerçekleştirilen değerler arasındaki farkları gözlemlemek için aşağıdakiler yapılabilmektedir:

$$X_i = \frac{B_i - A_i}{A_i} \times 100 \quad (5.21)$$

A_i : i maliyet kaleminin ilk tahmini değeri,

B_i : i maliyet kaleminin fark edilen değeri ise

X_i : i maliyet kalemindeki oran değişimidir.

Fakat gerçekleştirilen değer ilk tahminden daha düşük ise, maliyet kalemi içindeki yüzde değişim (X_i) oranı negatif çıkmaktadır. Bu, olasılık dağılımının seçiminde soruna neden olur; çünkü bazı dağılımlar olumsuz değerler almaz. Bu sorunu ortadan kaldırmak için bu değerlerin oranını değerlendirdik:

$$X_i = \frac{B_i}{A_i} \quad (5.22)$$

1'den X_i büyük olduğunda, bu, ilk tahminin değerinde $(X_i - 1)$ 'lik bir artış olduğunu gösterir. X_i değeri 1'den küçük olduğunda, bu, EK 13'teki sunulan ilk tahmini değerinde $(1 - X_i)$ % oranında bir azalma olduğu anlamına gelmektedir.

Diğer önemli nokta, en iyi risk analizini yapmak için toplama ve ayrıştırma, yani analiz gerçekleştirilmesidir. Dalgakıranların ve iskelelerin maliyeti farklı taş kategorilerinin katmanlarına bölünmelidir. Ayrıştırma eksikliği, eksik veya yanlış bir yargıya neden olabilmektedir. Proje detaylara ters düştüğünde, olasılık dağılımı saptamak daha kolay olur ancak zamana ihtiyaç duyulur ve genellemeler yapmak oldukça zordur. Bu durum maliyet kalemleri arasında korelasyon sorununu da meydana getirmektedir.

5.5. Türkiye'de Gerçekleştirilen Kıyı İnşaatı Projeleri için Risk Tanımlama

Projenin risk yönetimi stratejisinde, 3. bölümde bahsedildiği gibi sorunu önlemek, hafifletmek, iletme ve kabul etmek gibi alternatif stratejilerden biri ile yanıt vermek için önemli bir risk tanımlama aşamasıdır. Kıyı projelerinin doğasında olan belirsizlikleri gidermek için kullanılan herhangi bir modelin birincil adımı. Türkiye'de, finansman sıkıntısı ve uzun süren inşaat süresi nedeniyle kıyı projelerinde meydana gelen sorunlar ve belirsizlikler sıklıkla öngörülmektedir. Proje maliyeti ve zaman aşımaları üzerinde pragmatik bir belirti gösterir ki, başlangıç tahminleri gerçekçi değildir ve belirsizlikler etrafıca ele alınmamıştır [1]. Türkiye'de kıyı inşaat projeleri ile ilgili risk ve risk kaynaklarının tanımı, Çizelge 5.1 de görüldüğü üzere, 1987-1995 yılları arasında Türkiye'de uygulanan 11 liman inşaat projesi analiz edilerek incelenmiştir. Çizelge 5.1'e göre, sapsmaların genellikle aşağıdaki ana kaynaklardan meydana geldiği belirtilmektedir: finans sorunu, proje revizyonu ve şantiye koşulları. Aynı zamanda ana kaynaklarla birlikte ortaya çıkan proje içi belirsizlik kaynakları da vardır: taş ocağı sorunları, resmi ve yasama kurumları, yapısal hasar, makine ve teçhizat, proje örgütleri ve nakliye.

Çizelge 5.1. Türkiye'deki gerçekleştirilen kıyı yapılarının projelerinde risk kaynakları ve bunların problemlerinin yüzdeleriyle dağılımı [1]

Sıra	Risk Kaynakları	Açıklama	%
1	Finans Sorunu	Yetersiz bütçe olanakları	29,80
2	Proje revizyonları	Şebeke planlama yeni düzenlemeler	21,60
3	Şantiye şartları	Dalga-iklim şartları	18,90
4	Taşocağı problemleri	Taş ocağının yeterli kategoride ve miktarda taş sağlayamaması	5,40
		Taş ocağına ulaşım	5,40
5	Bürokratik engellemeler	Yasal kısıtlar	5,40
6	Yapısal hasarı	İnşaat sırasında hasar	5,40
7	Makine-Ekipman	Arıza, Bakım, tadilat ve satın alma	2,70
8	Proje organizasyonu	İşbirliğindeki firmalarla anlaşmazlıklar	2,70
9	lojistik	Şantiye yerleşim yerinden kaynaklanan problemler	2,70

Türkiye'de yürütülen liman projelerindeki belirsizlik kaynakları, EK 13 ve 14'te gösterildiği gibi proje maliyetlerinin aşılmasına ve projenin tamamlanmasının gecikmesine neden olmaktadır. EK 13, 1977-1988 yılları arasında Türkiye'de yürütülen 15 limana ait ilk maliyet değerleri ile ilk tahminler arasındaki fark oranını göstermektedir. EK 14 1987-1995 yılları arasında Türkiye'de faaliyete geçen 11 liman inşaat ve onarım projesinin beklenen tamamlanma süresi tahminindeki sapmaları göstermektedir. Bu çizelgede da proje süresinin sapma faktörü, sapmanın tamamlanma süresi tahminine oranı olarak, şu şekilde bulunmaktadır:

$$ve = \frac{\Delta\mu}{\mu_i} \quad (5.23)$$

$\Delta\mu$: Beklenen tamamlanma süresi tahminlerinin kıyı faaliyetlerinin fiili tamamlanma zamanından sapması eşittir: $\Delta\mu = \mu_a - \mu_i$

μ_a, μ_i : Kıyı faaliyetlerinin tahmini ve gerçek tamamlanma zamanı.

Tüm projelerin sapma faktörlerinin ortalama değeri 1.25 olup bu değer Türkiye'de yürütülen liman projelerinde tamamlama sürelerinin beklenen ortalama süreden fazla olduğunu göstermektedir. Bu sapmalar, proje yönetiminin kabul edilebilir sınırlarının çok ötesine geçmekte ve inşaat sektörünün uzun vadeli ekonomisi olmaktadır [1]. EK 15'te verilen ocak taşı katmanı inşaat faaliyetleri için de sapma faktörleri EK 15'te yüzde olarak verilmektedir. EK 16'de verilen sapma faktörleri (ve) inşaatta kullanılan ocak taşlarının miktarları kullanılarak rasyonel hale getirilmiştir. Dolayısıyla, birim sapma faktörleri (v'e), EK 16'de verilen ve her bir taş yapı inşa faaliyetinin 10^{-5} /ton birimi olan tamamlanma süresi tahminleri için elde edilmiştir ve şu şekilde belirlenebilmektedir:

$$ve = v'e * Q \quad (5.24)$$

Q : Ocak taşı miktarı ise, Birim eğilim faktörlerinin ana değerleri ($\mu've$) ve standart sapma ($\sigma've$) EK 5.4'de verilmiştir ve değişim katsayıları (\check{S}), ($\mu've$) ve ($\sigma've$) kullanılarak hesaplanabilmektedir:

$$\check{S}v'e = \frac{\sigma've}{\mu've} \quad (5.25)$$

Liman inşaat projelerinin yapım faaliyetlerinde yer alan değişkenler, sapma faktörü (ve) ve değişim katsayıları (\check{S}) ile belirtilmiştir.



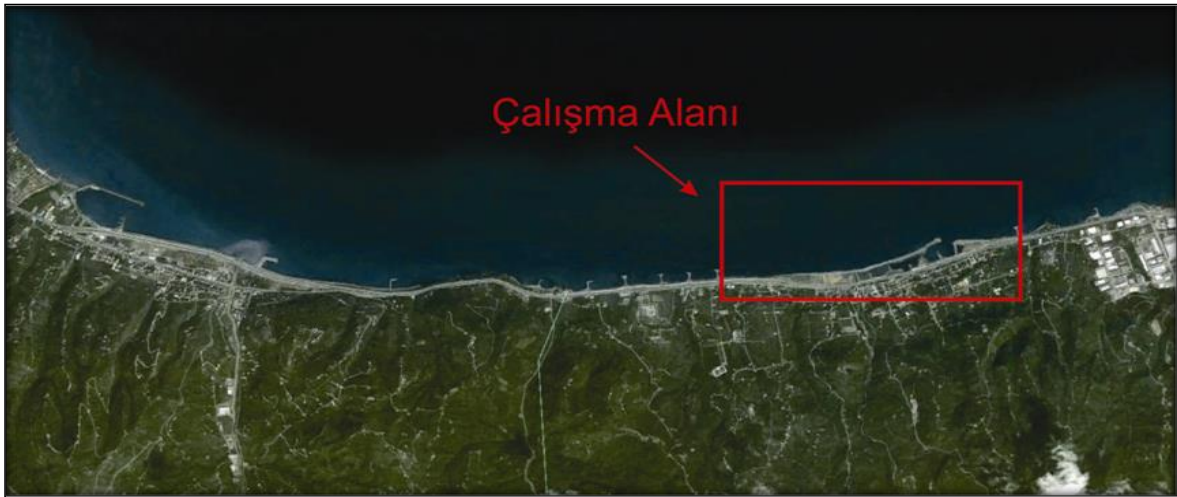


6. UYGULAMA

Uygulamanın bu bölümünde, önceki bölümlerde ifade edilen kavramlar kullanarak Arsin Balıkçı Barınağı projesinin inşaat aşamalarındaki inşaat süresinin ve maliyetinin tahminlerini için, hem Monta Carlo simülasyonuna dayalı risk değerlendirmesi, hem de şebeke tekniğinin stokastikliğine dayalı proje planlaması. Bu tezin belirgin amacı ve tezin planlanan hedefe ulaşılabilme için Şebeke planlaması hazırlanırken sırayla aşağıda belirlenen işlemler yapılmaktadır.

6.1. Projenin Tanımı ve Kapsamı

Tezin uygulama aşamasına olan Arsin Balıkçı Barınağının projesidir. Arsin Balıkçı Barınağı, Trabzon İli, Arsin İlçesi Fatih Mahallesi sınırları içerisinde bulunan kıyı dolgu alanında inşa edilmesi planlanmaktadır. Bu proje, T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı DLHİ Genel Müdürlüğü'nün tarafından gerçekleştirilmiştir. Projenin amacı, Yöre balıkçılığının geliştirilmesi ile balıkçı teknelerinin barınmalarına ve avlanan su ürünlerinin karaya çıkarılmasına hizmet vermektedir. Yapılması planlanan balıkçı barınağı aşağıda Şekil 6.1'da görülmektedir.



Şekil 6.1. İnşa edilmesi planlanan arsin balıkçı barınağı yeri

Planlanan kapasitesi 80 adet balıkçı teknesi olan barınağın ana dalgakıran uzunluğu 485 m, tali dalgakıran uzunluğu ise 165 m olarak öngörülmektedir. Üç adet rıhtım: 70 m uzunluğunda ve (-5) m derinliğinde, 40 m uzunluğunda ve (-3) m derinliğinde ve 40 m

uzunluğunda ve (-3) m derinliğinde olarak bulunmaktadır. 210 m uzunluğunda çekek yeri bulunmaktadır. Elektrik ve su tesisatı işleri yer almaktadır. Barınakta iki adet de fener kulesi yer almaktadır. Toplam kurulu alanı 90000 m²'dir. Barınağın koruduğu su alanı ise 46000 m²'dir. Arsin Balıkçı Barınağı'nın vaziyet planı Şekil 6.2'de verilmiştir. Barınağın projenin hayata geçirilmesi ile bölge balıkçılığına, istihdamına ve göç sorununa ciddi katkı sağlayacaktır. Projenin hedef aldığı kitle bölge su ürünleri kooperatifleri olup diğer ihtiyaçlara da cevap vermesi düşünülmektedir.

6.2. Arsin Balıkçı Barınağı'nın İş Ayrım Yapısı

Bölüm 2'de belirtildiği gibi liman tipine göre elementlerden oluşmaktadır. Şekil 6.2'de gösterdiği gibi, Arsin Balıkçı Barınağı'nın, ana dalgakıran, tali dalgakıran, rıhtımlar, çekek yerleri, fener kuleleri, elektrik ve su tesisatı inşaat bölümlerinden oluşmaktadır. İş ayrım yapısının'da ilk adım ana iş paketlerini belirlemektir. Arsin Balıkçı Barınağı'na ait iş ayrım yapısı aşağıda Şekil 6.3 ve Çizelge 6.1'de de inşaat bölümlerinin bilgileri.

Çizelge 6.1. İnşaat bölümlerinin bilgileri

İnşaat Bölümleri	Bilgiler
Ana Dalgakıran İnşaatı	485 m
Tali Dalgakıran İnşaatı	165 m
Rıhtım İnşaatları	(3 Adet) 70(-4m), 40(-3m), 40(-3m)
Çekek Yeri İnşaatı	210 m
Fener Kulesi İnşaatı	(2 Adet)
Su Tesisatı İnşaatı	
Elektrik Tesisatı İnşaatı	

İş ayrım yapısının'da ikinci adım iş paketlerinin alt aktivitelerini belirlemek ve sonunda gerekli her bileşen için parçalamaya devam etmektir. Her iş bölüm için iş ayrım yapısı aşağıdaki gibi analiz edebilmektedir.

6.2.1. Arsin balıkçı barınağı dalgakıran iş ayrım yapısı

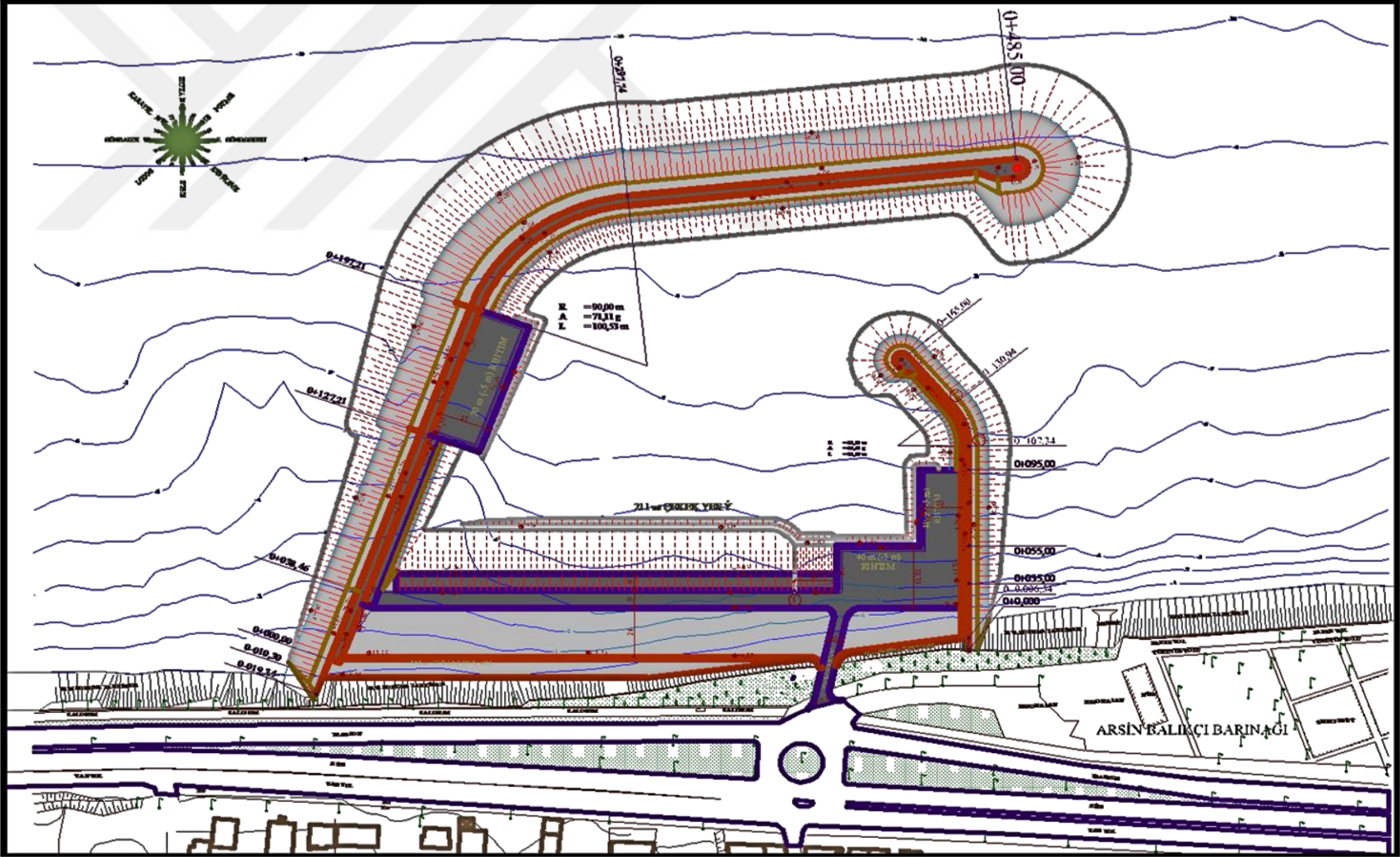
Arsin Balıkçı Barınağı'nın ana dalgakıranı Şekil 6.2'de gösterildiği gibi 6 ayrı karakteristik kesitlerden oluşmaktadır. Aynı şekilde tali dalgakıranı Şekil 6.2'de gösterildiği gibi 4 ayrı karakteristik kesitlerden oluşmaktadır Şekil 6.3'te sunulan WBS, faaliyet gruplarını tanımlamak için daha da geliştirilebilmektedir. Örneğin; dalgakıran inşası için iş paketlerinin alt aktivitelerini aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

- Taş nakli
- Çekerdik tabakası için (0-0.4) ton taşlarla anroşman yapılması
- Filtre tabakası için

- ✓ (0.4-2) ton taşlarla anroşman yapılması
- ✓ Dış koruma tabakası için: deniz ve liman taraflarına (2-4) ton taşlarla anroşman yapılması
- ✓ Deniz tarafına (4-6) ton taşlarla anroşman yapılması
- ✓ Deniz tarafına (6-8) ton taşlarla anroşman yapılması
- ✓ Deniz tarafına (10-12) ton taşlarla anroşman yapılması
- ✓ Deniz tarafına 12,6 ton beton blok (kesit 1-1 ve 3-3) için
- ✓ Deniz tarafına 10,3 ton beton blok (kesit 2-2) için

- Kronman betonu dökümü

Şekil 6.2. Arsin balıkçı barınacağı'nın vaziyet planı



Şekil 6.3. Arsin balıkçı barınağı'na ait iş ayrım yapısı



6.2.2. Arsin balıkçı barınağı rıhtım iş ayrım yapısı

Arsin Balıkçı Barınağı'nın inşa edilen 3 ayrı rıhtım Şekil 6.2'de gösterildiği gibi karakteristik kesitlerden oluşmaktadır. Bunlar: 70(-4m), 40(-3m), 40(-3m). Arsin Balıkçı Barınağı'ndaki rıhtım su içinde beton dökümü yöntem ile yapılmaktadır. Su içinde beton dökümü rıhtım inşası için iş paketlerinin alt aktivitelerini aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

- İhtiyaç olan bölümlerde rıhtım temelini taranması
- Açılan rıhtım temelini taşla doldurulması
- ✓ (0-0.250) ton taşlarla rıhtım altı anroşmanı doldurulması
- Kalıpların yerleştirilmesi,
- Max.60 mm. taşlarla su altı tıkama tabakası yapılması
- Su içinde C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi
- (50-200) Kg taşlarla rıhtım önü anroşmanı doldurulması
- Rıhtım kronmanın, C 20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi aynı zamanda;
- ✓ Halkası ve usturmaça askı düzeninin yapılması ve yerine konması
- ✓ Baba ankraj düzeni ve palplanş gergi çubuklarının yerine konması
- ✓ Eski otomobil lastikleri ile usturmaça hazırlanması ve yerine konması
- Rıhtım arkasındaki dolgularının yapılması
- ✓ (0-0.4) ton taşlarla anroşman yapılması
- ✓ Kategorilere ayrılmamış taş ile dolgu yapılması
- Rıhtım geri sahasında stabilize kaplama yapılması
- Aynı zamanda su tesisat kanallarının yapılması
- Rıhtım geri saha betonunun C20/25 yapılması

6.2.3. Arsin balıkçı barınağı çekek yerleri iş ayrım yapısı

Arsin Balıkçı Barınağı'nın çekek yerleri Şekil 6.2'de gösterildiği gibi 2 ayrı karakteristik kesitlerden oluşmaktadır. Arsin Balıkçı Barınağı'ndaki çekek yerleri inşası için iş paketlerinin alt aktivitelerini aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

- Çekek yerleri temelini taşla doldurulması
- ✓ Kategorilere ayrılmamış taş ile dolgu yapılması
- ✓ (0-0.4) ton taşlarla anroşman yapılması

- ✓ (0-0.250) ton taşlarla rıhtım altı anroşmanı
- Çekek yerleri temeli üstünün düzeltilmesi
- Kalıpların yerleştirilmesi
- Max.60 mm taşlarla su altı tıkama tabakası yapılması
- Su içinde C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi
- Su içinde kum çakıl serilmesi
- Stabilize kaplama yapılması
- Çekek yerleri geri sahasında C 20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi
- Ocak taşı ile (300 doz) harçlı kargır inşaat

6.3. İş Miktarlarının Bulunması

Arsin Balıkçı Barınağı'ndaki tüm kesitlerde kullanılan farklı taş kategorilerine ait taş miktarları ve beton miktarları genelde ton ve m³ cinsinden kullanılmaktadır. Miktarların bulunmak için EK 1'de her bir kesitin uzunluğu, su derinliği ve diğer verileri vaziyet planında detaylı olarak göstermektedir. EK 2'de de dalgakıran, rıhtım ve çekek yerleri kesitleri, kesitlerine ait alanlar. EK 3'te, EK4'te ve EK 5'te farklı taş kategorileri için kübaj işlemiyle yapılan hacim hesapları yer almaktadır. EK 6'da gösterilen işe ait imalat toplamları için yapılan metraj cetvelleri EK 7'de, EK 8'de, EK 9'da, EK 10'da, EK 11'de, EK 12'de ve EK 13'de bulunmaktadır.

6.4. İş Verimlerinin Hesaplanması

Bölüm 2.6.1'de belirtildiği gibi iş veremi, kaynakların sayısına ve üretkenliğine bağlı olan üretim miktarını hesaplamaktadır. Bu aşamada müteahhit imkanlara göre günlük ideal üretim oranı seçilmelidir. Bu projede, taşlar ocakta hazırlanmaktadır. Yükleyici makinalar taşı kamyonlara yüklüyor. Kamyonlar karayolundan şantiye sahasına gelmektedir. Taş ocağı ile şantiye arasında mesafe 35 Km'dir. Şantiye 'de 8 adet kamyon devamlı bir şekilde ve zaman zaman kiralama ile sayısı 12'ye kadar çıkarıldı bir kamyon 24 m³ taşınmakta ve günde 5-6 sefer yapmaktadır. Kamyon sayısı artırılarak günde toplam ihtiyaca göre 4.000 – 7.000 ton arasında taş getirilebilmektedir. Şantiye'de büyük kayaları ve beton blokları yerleştirmek için 1 adet 80 ton kapasiteli vinç devamlı bulunmaktadır. Beton Blokların yerleştirilmesi zamanında 2.vinç de bulundurulmaktadır. Şantiyede 2 adet ekskavatör, bir adet 40 ton kapasiteli kantar, bir adet yükleyici, 2 adet mikser, ortalama 25 işçi çalıştırıldı. Son olarak,

müteahhit imkanları değerlendirildikten sonra ve iklim koşullarına göre her işin günde ne kadar yapılacağını hesaplayıp aşağıdaki Çizelge 6.2’de ki gibi her iş için ortalama olarak günlük iş miktarı verilmektedir:

Çizelge 6.2. Her iş için ortalama olarak günlük iş miktarı

İmalatın Cinsi	Birimi	Günlük İş Miktarı
Farklı taş kategorileri için taş dökümü	Ton	4000
Antifer Blokların İmalatı	M ³	140
10,3 Ton Antifer Blokların yerleştirilmesi	M ³	130
12,6 Ton Antifer Blokların yerleştirilmesi	M ³	157
Kronman Betonu	M ³	100
Tarama Yapılması	M ³	400
Max.60 mm. Taşlarla su altı tıkama tabakası	M ²	10
Stabilize kaplama yapılması	M ³	2500
Su içi betonu	M ³	45
(0-0.250) Ton Taşlarla Rıhtım Altı Anroşmanı	Ton	450
(50-200) Kg Taşlarla Rıhtım Altı Anroşmanı	Ton	300
Su içinde kum çakıl serilmesi	M ³	750
Ocak taşı ile (300 doz) harçlı kargır inşaat	M ³	50

6.5. İş Sürelerinin Bulunması

Her bir işin toplam miktarı Çizelge 6.1 gösterdiği gibi, Çizelge 6.2 gösterdiği gibi de günlük iş miktarına bölünerek yapılması için gerekli süre bulunmuş olmaktadır. Örneğin, (0-0.4) ton taşlarla anroşman yapılması için 213101.96 ton toplam miktarı ve ortalama olarak günlük iş verimi 4000 ton dökülecek olsa gerekli süre $213101.96 : 4000 = 53.3$ gündür. Bu şekilde her iş kalemleri için aynı işlem yapılarak, yapım süreleri bulunur. Her bir faaliyetin tamamlanma süresi EK 19’da yer almaktadır.

6.6. Şebeke Ağının Edilmesi

Şekil 6.2’de gösterdiği gibi, Arsin Balıkçı Barınağı’nın, ana ve tali dalgakıran, üç adet rıhtım: 70 m uzunluğunda ve (-5) m derinliğinde, 40 m uzunluğunda ve (-3) m derinliğinde ve 40 m uzunluğunda ve (-3) m derinliğinde, çekek yerleri, fener kuleleri, elektrik ve su tesisatı inşaat bölümlerinden oluşmaktadır. Onun için, inşaat bölümlerine göre çeşitli alt ağlar vardır, bunlar; mendirek inşaat şebekleri, rıhtım inşaat şebekleri, çekek yerleri inşaat şebekleri ve diğer birim şebekeleri. Liman inşaatlarında inşa edilecek en karmaşık set, mendirekler ve rıhtımlardır. O yüzden mendirekler ve rıhtımlar için özel ağlar yapmak daha iyidir. Şekil 6.3’de görüldüğü gibi, Arsin Balıkçı Barınağı’na ait inşaat iş ayırımı yapısı,

Faaliyetlerinin birbirleri ile olan ilişkileri (öncel, ardıl ya da paralel) temel alınarak, EK 18'de yer almaktadır. EK 18'de de önerilen şebeke ağı, iş paketlerinin mantıksal akışını, belirlenen faaliyetler arasındaki sırayı ve ilişkiyi ve düğüm ve yönlü bağlantılar göstermektedir.

Arsin Balıkçı Barınağı'nda, en büyük hasar riskini taşıyan ana mendirek inşaatı 6 ayrı karakteristik kesitlerden inşa edilmesi planlatılmaktadır. Bunlar, (1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5, 6-6) kesitleri EK 1'de gösterdiği gibi. Hasar riskini azaltmak için her kesit plan görünümünde kesimler halinde inşa edilmiştir. Her kesitin kısımlara ayrılarak inşaat kesitinin küçültülmesi, bu yöntemle hasar riskinin yaşanmaması amaçlanmaktadır. Arsin Balıkçı Barınağı'nın, yerine ve özelliğine göre dalgakıran inşaatı karadan inşa tercih etmektedir. Yani şebeke ağı kesit (6-6) ile başlar ve (kesit 1-1) kafa kesitiyle bitmektedir. Kesit (6-6) 56,46 m uzunluğunda, 3 kesimlere ayrılmaktadır. Birinci kesim-18.00'den 0.00'e kadar (18 m) ara mesafe olarak alınmıştır. İkinci kesim 0.00'den 20.00'e kadar (20 m) ara mesafe olarak alınmıştır. Üçüncü kesim 20.00'den 38.46'e kadar (20,46 m) ara mesafe olarak alınmıştır. Bunu benzer şekilde tüm kesitler için devam etmektedir. Örneğin, kesit (6-6) için Şekil 6.4'te ve kesit (5-5) için Şekil 6.5'te her kesim için plan görüntüsü ve onlara ait Şekil 6.6'da seçilen şebeke konfigürasyonu göstermektedir.

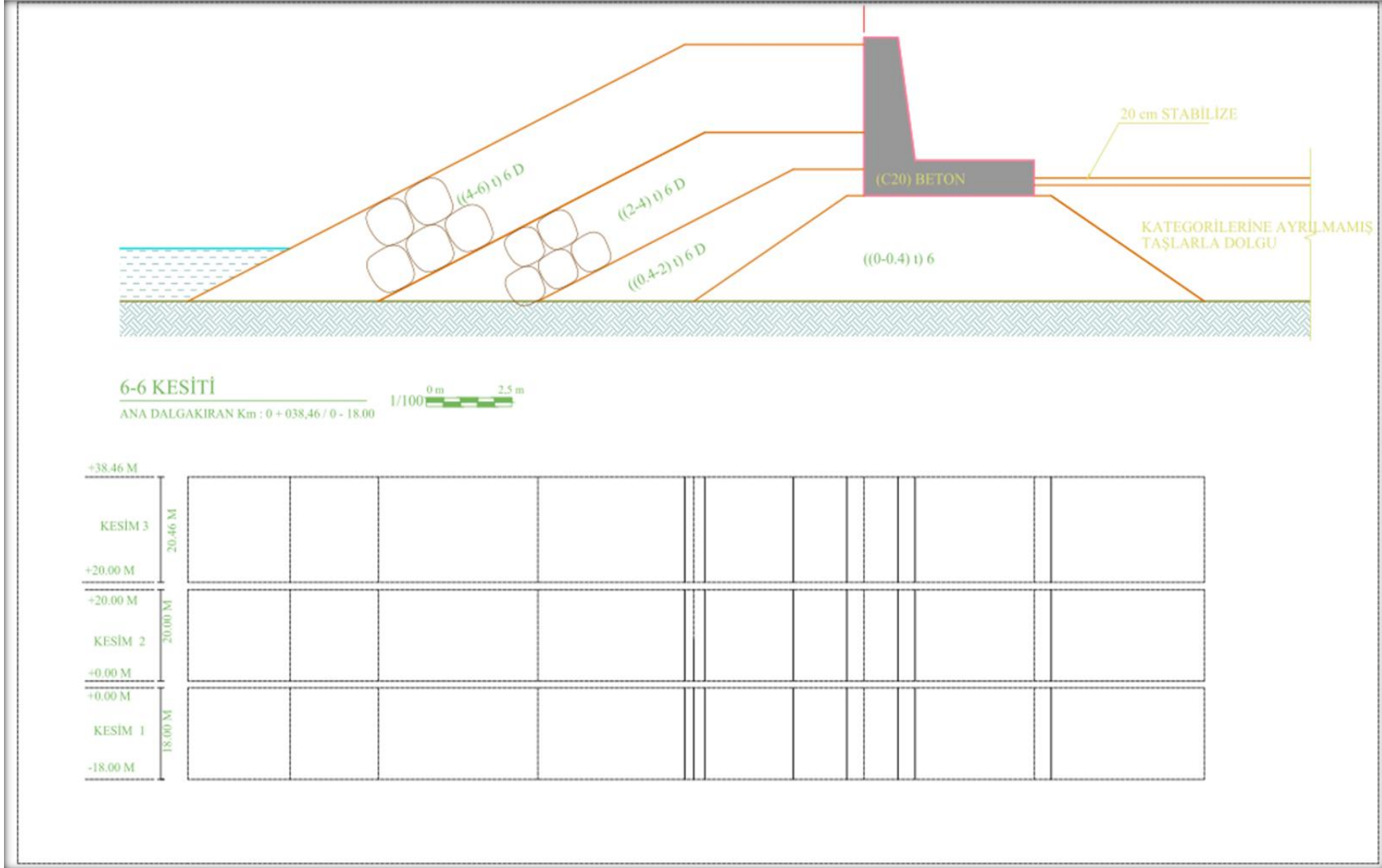
Şekil 6.6'da gösterdiği gibi, şebeke ağı iç tabakaları oluşturan (0-0.4) ton taşlarla anroşman kategorisine ait malzemenin dökümünün, bir sonra, filtre tabakasındaki kullanılan taş kategorisine ait malzemenin dökümünün, son olarak dış koruma tabakası (koruyucu tabakası)'ndaki kullanılan taş ya da beton bloklar kategorisine ait malzemenin dökümünden ara mesafe ilerinde yapılmasını sağlayacak şekilde edilmektedir. Her dalgakıran parçasının imalatı bir grup etkinlikle ve her katmandaki bölümler de paralel gruplarda Şekil 6.6'da ki gibi gösterilmektedir. Diğer proje etkinlikleri project'in (WBS) iş düzeni yapısına göre etkinlik gruplarından oluşturulmaktadır.

Arsin Balıkçı Barınağı için tasarlanan şebeke Şekil 6.6'da görüldüğü gibi uygulanmaktadır. Şebekedeki 1 ve 2 numaralı düğüm noktaları arasında (((0-0.4)t)6.1) ilk aktivite olarak belirlenmiştir. Bu aktivite sembolünün parametreleri bu şekilde; (0-0.4): aktivitenin yer aldığı tabakadaki taş kategorisi, 6: kesit adı ve 1: kesim sıra numarası ifade edilmiştir. Şekil 6.6'deki şebeke ağının konfigürasyonu pratikte en çok kullanılan ve tercih edilen bir konfigürasyondur. Çünkü bu yapılandırmada, İkinci segmentin (((0-0.4)t)6.2) çekirdek

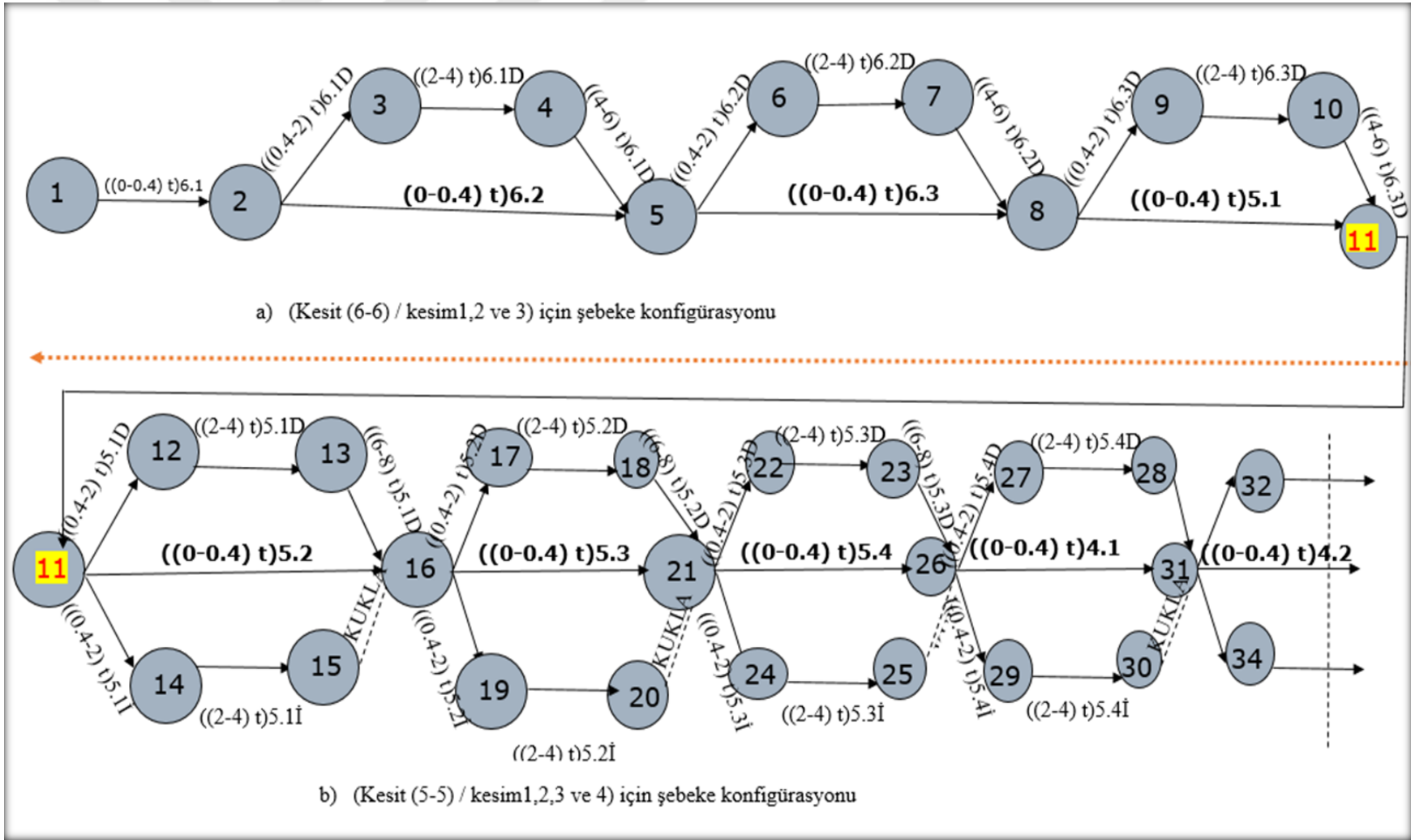
tabakasının yapımı tamamlandığından, birinci segmentin filtre (((0.4-2)t)6.1), dış koruma tabakası: 2.anroşman tabakası (((2-4)t)6.1) ve en dıştaki koruyucu tabakası 1.anroşman tabakası (((4-6)t)6.1) katmanlarının yapımı sona erecek. Bu nedenle, ikinci segmentin çekirdek tabakasının hasarlanma olasılığı, inşaat planında bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir [1].

şebeke ağı, inşaat aşamasında, müteahhit tarafından sağlanabilecek ekipman ve malzemenin hazır bulunma durumu, işgücü verimliliği ve işgücü planlarına dayalı olarak alt ağlara ayrılabilir. Aynı kaynakları tüketen bazı görevler, öncelik ilkesine dayalı olarak farklı zaman aralıklarında seri halinde planlanmaktadır. Örneğin, ana ve tali dalgakıran, rıhtım ve çekek yerleri için kronman betonu dökümü farklı zaman aralıklarında seri halinde planlanmalıdır çünkü aynı kaynakları tüketen bir görevlerdir.

Şekil 6.4. Dalgakıran (kesit 6-6) kesimlerinin plan görüntüsü



Şekil 6.6. Şebeke konfigürasyonu



Aktivitenin başlangıcından önce tamamlanması gereken aktiviteler sırayla sunulmuş, şebeke ağında eşzamanlı yapılan aktiviteler paralel biçimde gösterilmiştir. Örneğin, ana dalgakıran kesimlerinin inşası ve rıhtım inşası öncelik ilişkisine sahiptir. Ana mendirek segmentlerinin inşası ve öncelik ilişkisi olan iskele duvarlarının kurulması, rıhtım duvarları. Çünkü rıhtım duvarları, liman alanının yıkıcı dalgalara karşı uygun bir şekilde korunması sağlandıktan sonra, güvenli bir şekilde inşa edilebilmektedir. Arsin Balıkçı Barınağı'nda kesit (4-4) inşaatı bittikten sonra, 70 m uzunluğunda ve (-5) m derinliğinde rıhtımın işine geçilecektir.

Arsin Balıkçı Barınağının projeye ait iş ayırım yapısının yapılması, aktivitelerinin tanımlanması, iş miktarlarının bulunması, iş verimlerinin hesaplanması, iş sürelerinin bulunması ve faaliyetler arasındaki sıralarının ve ilişkilerinin belirlenmesinin ardından CPM dayalı MS Project 2016 kullanılarak şebeke ağı (iş programı) kurulabilmektedir. Şebeke ağı (iş programı) oluşturmayı başlamadan önce bilinmemiz gereken bilgiler var. 28 Şubat 2014 tarihinde yer teslim tarihi yani iş başlama tarihidir. Proje takvimine göre her senede 01 Ocak – 15 Mart tarihler arasında çalışılmayan günler belirlenmiştir. Her haftada 5 gün çalışılacağı ve 8'er saatlik bir iş günü olacağı dikkate alınarak, Cumartesi ve Pazar tatil günleri şeklinde olmaktadır. Resmî tatil günlerinde çalışmamasına karar verilmiştir. EK 18'de gösterdiği gibi aralıksız olarak başladığı takdirde 28 Şubat 2014 tarihinden itibaren projenin 534 günde Ağustos-11-2016 tarihinde, 6:00 PM saatinde tamamlanacağı hesaplanmıştır.

6.7. CPM Şebekesindeki Kritik Yolunun Belirlenmesi

Arsin Balıkçı Barınağı yapımına ait iş programı, ağ diyagramı (CPM) normunda hazırlanmış ve normal şartlarda proje tamamlanma süresi 534 gün olarak hesaplanmıştır. EK 18'de 2016 MS Project'te hazırlanmış olan iş programında, ağ diyagramı (CPM) normunda toplam bolluğu sıfıra eşit ($TF = 0$)'a sahip olan faaliyetler seçilerek iş programının mevcut kritik yörüngesi belirlenmiştir. Aşağıdaki Çizelge 6.3'te Arsin Balıkçı Barınağında her iş bölümü için kritik yörünge ve üzerindeki bulunan kritik faaliyetleri ve onlara ait normal tahmin süreleri görülmektedir.

Çizelge 6.3. Arsin balıkçı barınağı yapımına ait kritik yörünge ve üzerindeki bulunan kritik faaliyetleri ve normal tahmin süreleri

Bölüm	Sıra	İmalatın Cinsi	süre/gün
Y.T. Ve Ş.K.	A0	Yer teslimi ve şantiye kurulması	15
ANA DALGAKIRAN	A1	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	40
	A2	Müzvar için (0.4-2) Dış Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	4
	A3	Müzvar için (2-4) Dış Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	3
	A4	(kesit 1-1 ve 3-3) için 12,6 Ton Antifer Beton Blok	124
	A5	(kesit 2-2) için 10,3 Ton Antifer Beton Blok	120
	A6	Kronman Beton	52
TALI DALGAKIRAN	B1	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	7
	B2	Müzvar için (0.4-2) Dış Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	1
	B3	Müzvar için (4 - 6) DİŞ Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	1
	B4	Kronman Beton	8
3 RIHTIM	C1	(0-0.250) Ton Taşlarla Rihtim Altı Anroşmanı	7
	C2	kalıpların yerleştirilmesi, Max.60 mm. taşlarla su altı tıkama tabakası, Su içinde C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi	32
	C3	(50-200) Kg Taşlarla Rihtim Altı Anroşmanı	11
	C4	Rihtim Kornmanın Beton dökülmesi, Baba ankraj , Halat halkası, tertibatının yapımı	2.5
	C5	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	1
	C6	Katogorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	3
	C7	Stabilize kaplama yapılması,Su Tesisat kanallarının yapılması	1
	C8	Rihtim Geri Sahası, C 20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi	4
ÇEKİK YERİ	D1	Katogorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	14.5
	D2	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	4
	D3	(0-0.250) Ton Taşlarla Rihtim Altı Anroşmanı	30
	D4	Çekek yerleri temeli üstünün düzeltilmesi	1
	D5	Kalıplarının yerleştirilmesi, Max.60 mm. taşlarla su altı tıkama tabakası m ² ,Su içinde C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi(Rihtim su içi betonu)	5
	D6	Su içinde kum çakıl serilmesi	3
	D7	Stabilize kaplama yapılması	1
	D8	Çekek yerleri geri sahasında C 20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi	9
TESİSAT	E1	SU VE ELEKTRİK TESİSATI İNŞAATI	30
TOPLAM			534

6.8. Belirsizliklerin ve Hasar Risklerini İçeren Kritik Yörünge ve Üzerindeki Bulunan Kritik Faaliyetleri İçin Süre Hesaplanması

Risk ve belirsizlik faktörleri projeye dâhil edilebilmek ve proje süresi değişimini istatistiksel olarak değerlendirebilmek için ve olasılık dağılımlarının değerlendirildiği risk analiz tekniklerinden Monte Carlo simülasyonu kullanılabilir için ve analiz için bazı gerekli verilerin standart sapma ve ortalama gibi çıkarılabilmek için aşağıdaki gibi hesaplamalar gerçekleştirilmektedir:

1. Her bir işin toplam miktarı Çizelge 6.1 gösterdiği gibi, Çizelge 6.2 gösterdiği gibi de günlük iş miktarına bölünerek yapılması için gerekli süre bulunmuş olmaktadır.
2. Bölümde bir hasar ortaya çıktığında, koruma tabakası tabakasının tamamlanma süresi beklenen tamamlanma süresinin ilk tahmininden (t_1) daha az olamaz. O yüzden, her iş için kendi iş miktarının, günlük iş miktarına bölünerek en iyimser süre tahmini (a) değeri elde edilmektedir, i.e. $t_1 = a$.
3. Liman inşaatı projesinin tamamlanma tarihindeki gecikmenin ana sebebi, hasar durumunda bakım çalışmaları için gerekli olan ek süredir. Aynı zamanda, tasarımcılar dalgakıranların inşaat döneminde hasar düzeyini %5 kabul etmektedir. Bu nedenle, dalgakıranların inşaat döneminde hasar düzeyini bilmek esastır. Koruma tabakası katmanındaki hasar seviyesi $DL = \% 5$ olarak düşünüldüğünde, hasarın nihai onarım süresi (Δt), en çok hasar gören kademenin değiştirilmesi için gereken sürenin belirlenmesiyle değerlendirilir. Daha sonra, nihai onarım süresi dikkate alındığında, hasarlı bölümün değiştirilmesini içeren faaliyet süresinin ikinci tahmini, $t_2 = t_1 + \Delta t$ olarak hesaplanabilir.
4. Normal koşullar altında ve inşaat aşamasında hasar düzeylerini en yüksek değeri $DL = 5\%$ kabul edilirse. o zaman, En olası süre tahmini (m) elde edilmektedir, i.e. $t_2 = m$,
5. Türkiye'de yürütülen liman projelerindeki belirsizlik kaynakları, Çizelge 5.1'de dağılım yüzdeleri halinde göstermiştir. Bu belirsizlikler sebebiyle, EK 15'te ki, 1987-1995 yılları arasında Türkiye'de faaliyete geçen 11 liman inşaat ve onarım projesinin beklenen tamamlanma süresi tahminindeki sapmaları göstermektedir. Tahmini tamamlanma zamanı ile gerçek tamamlanma zamanı arasındaki farkın, tahmini tamamlanma zamanına oranı ise yanlışlık faktörü olarak isimlendirilmektedir. Ve (5.23) denklemlerle hesaplanmıştır. Aynı zamanda, EK 16'da her taş kategorisi için ortalama (μ_{ve}) ve standart sapma (σ_{ve}) değerleri yer

almaktadır. (5.24) denklemi kullanılarak her taş kategorisine ait birimi olan yanlılık faktörleri ($v'e$) hesaplanmaktadır. EK 16'de bulunan ($\mu've$) ve ($\sigma've$) değerleri ve denklem (5.25) kullanılarak her birim yanlılık faktörleri için değişim katsayılarının ($\check{S}'v'e$), Çizelge 6.4 gösterdiği üzere elde edilmektedir.

Çizelge 6.4. Arsin balıkçı barınağı inşaatı işine ait taş taş imalatlarının modellenmesinde kullanılan birim yanlılık faktörlerinin istatistiksel parametreleri

Taş Kategorisi (ton)	Ortalama Değeri ($\mu've$) ($10^{-5}/\text{ton}$)	Standart Sampa ($\sigma've$) ($10^{-5}/\text{ton}$)	Değişim Katsayıları ($\check{S}'v'e$) %
(0-0.25)	4.6	5.14	111.74
(0-0.4)	4.6	5.14	111.74
K.A.T.	4.6	5.14	111.74
(0.4-2)	12.74	19.1	150
(2-4)	8.78	13.62	155.13
(4-6)	9.29	7.48	80.52

6. Değişim katsayılarının ($\check{S}'v'e$) ve en olası süre tahmini yanı ortalama (m) bilindiklerine göre, denklem (5.12) yardımıyla kritik yörünge ve üzerindeki bulunan aktivitelerinin ayrı ayrı standart sapma (σ) hesaplanması mümkün olmaktadır.
7. (5.17) denklem yardımıyla Olasılık, güven düzeyi'ni ve tahmin aralığı belirlenebilmektedir. Örneğin, $n=3$ ise Olasılık %99.73'tür.
8. Bu sayede en olası süre tahmine 4σ eklediğinde en kötümser süre (b) değeri elde edilebilmektedir.
9. İyimser ve karamsar etkinlik sürelerinin mutlak limitlerinin geçmiş verilerden tahmin edilmesi son derece zorsa iyimser yaklaşımla her faaliyetin, normal planlamaya göre %30 daha erken tamamlanacağı ve kötümser yaklaşımla her faaliyetin normal planlamaya göre %40 daha geç tamamlanacağı kabulü ile tüm faaliyetlerin iyimser ve kötümser süreleri hesaplanmıştır.
10. Yukarıdaki yapılan adımlar aşağıdaki çizelgede hesaplanmaktadır. Çizelge 6.6'da her aktivite için a, m, b, bilindiği için ve üç noktalı tahmin tekniğini dayalı ve basit ortalama yöntem yardımıyla Monte carlo analizi için kullanılacağı parametreleri hesaplanması mümkün olmaktadır.

Çizelge 6.5. Arsin balıkçı barınağı yapımına ait kritik yörünge veya üzerindeki bulunan kritik faaliyetleri için simülasyonu yapılacak ilgili parametrelerinin listesi

Bölüm	Sıra	İmalatın Cinsi	a (gün)	m (gün)	b (gün)	Δt (gün)	Standart Sapma (σ)	değişim katsayıları ($\bar{Sv}'e$)	Ortalama ($\mu(t)$)	Standart Sapma ($\sigma(t)$)
Y.T. Ve Ş.K.	A0	Yer teslimi ve şantiye kurulması	15	19.5	21	*	*	*	18.5	1.47196
ANA DALGAKIRAN	A1	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	40	42	182.8	2	46.9308	111.74	88.2667	33.5417
	A2	Müzvar için (0.4-2) Dış Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	4	4.2	23.1	0.2	6.3	150	10.4333	4.38501
	A3	Müzvar için (2-4) Dış Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	3	3.15	17.81	0.15	4.8866	155.13	7.98667	3.37326
	A4	(kesit 1-1 ve 3-3) için 12,6 Ton Antifer Beton Blok	124	161	173.6	*	*	*	152.933	11.7496
	A5	(kesit 2-2) için 10,3 Ton Antifer Beton Blok	120	156	168	*	*	*	148	11.3725
	A6	Kronman Betonu	52	67.6	72.8	*	*	*	64.1333	4.96118
TALI DALGAKIRAN	B1	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	7	7.35	31.99	0.35	8.21289	111.74	15.4467	5.7742
	B2	Müzvar için (0.4-2) Dış Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	1	1.05	5.775	0.05	1.575	150	2.60833	1.00348
	B3	Müzvar için (4 - 6) DİŞ Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	1	1.05	5.775	0.05	1.575	80.52	2.60833	1.00348
	B4	Kronman Betonu	8	10.4	11.2	*	*	*	9.86667	0.81104
3 RIHTIM	C1	(0-0.250) Ton Taşlarla Rihtim Altı Anroşmanı	7	7.35	31.99	0.35	8.21289	111.74	15.4467	5.7742
	C2	kalıpların yerleştirilmesi, Max.60 mm. taşlarla su altı tıkkama tabakası, Su içinde C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi	32	41.6	44.8	*	*	*	39.4667	3.07535
	C3	(50-200) Kg Taşlarla Rihtim Altı Anroşmanı	11	14.3	15.4	*	*	*	13.5667	1.09443
	C4	Rihtim Kornmanın Betonu dökülmesi, Baba ankraj , Halat halkası, tertibatının yapımı	2.5	3.25	3.5	*	*	*	3.08333	0.28868

Çizelge 6.5. (devam) Arsin balıkçı barınağı yapımına ait kritik yörünge veya üzerindeki bulunan kritik faaliyetleri için simülasyonu yapılacak ilgili parametrelerinin listesi

Bölüm	Sıra	İmalatın Cinsi	a (gün)	m (gün)	b (gün)	Δt (gün)	Standart Sampa (σ)	değişim katsayıları ($\dot{S}v'e$)	Ortalama (μ_0)	Standart Sampa ($\sigma(t)$)
	C5	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	1	1.05	4.57	0.05	1.17327	111.74	2.20667	0.71778
	C6	Kategorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	3	3.15	13.71	0.15	3.51981	111.74	6.62	2.40696
	C7	Stabilize kaplama yapılması,Su Tesisat kanallarının yapılması	1	1.3	1.4	*	*	*	1.23333	0.14142
	C8	Rihtim Geri Sahası, C 20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi	4	5.2	5.6	*	*	*	4.93333	0.43205
ÇEKME YERİ	D1	Kategorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	14.5	15.2	66.26	0.73	17.0124	111.74	31.9967	12.0854
	D2	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	4	4.2	18.28	0.2	4.89308	111.74	8.82667	3.24908
	D3	(0-0.250) Ton Taşlarla Rihtim Altı Anroşmanı	30	31.5	137.1	1.5	35.1981	111.74	66.2	25.1276
	D4	Çekme yerleri temeli üstünün düzeltilmesi	1	1.3	1.4	*	*	*	1.23333	0.14142
	D5	Kalıplarının yerleştirilmesi, Max.60 mm. taşlarla su altı tıkama tabakası m ² ,Su içinde C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi(Rihtim su içi betonu)	5	6.5	7	*	*	*	6.16667	0.52705
	D6	Su içinde kum çakıl serilmesi	3	3.9	4.2	*	*	*	3.7	0.33665
	D7	Stabilize kaplama yapılması	1	1.3	1.4	*	*	*	1.23333	0.14142
	D8	Çekme yerleri geri sahasında C 20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi	9	11.7	12.6	*	*	*	11.1	0.90554
TESİSAT	E1	SU VE ELEKTRİK TESİSATI İNŞAATI	30	39	42	*	*	*	37	2.88675
TOPLAM			534	665	1125	*	*	*	*	*

6.9. Arsin Balıkçı Barınağı Yapımına Ait Maliyet Analizleri

Bu çalışmada, Arsin Balıkçı Barınağı elde edilen maliyet verileri, yapıya ait metrajlar üzerinden, T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı birim fiyat analizleri kullanılarak belirlenmiştir. 2014 yılı Birim Fiyatları esas alınarak yapılmış ve düzenlenen keşif özeti Çizelge 6.6'da belirtilmiştir. Çizelge 6.6'da görüldüğü üzere, projenin toplam maliyeti, 92 faaliyetin maliyetleri toplamından oluşmaktadır. Buna göre toplam projeye maliyeti ise 9,048,697.69 TL'dir. Aynı zamanda Çizelge 6.7'den Çizelge 6.9'a kadar görüldüğü üzere her iş bölümü için inşaatının işine ait fiyat tutanağı.

Çizelge 6.6. 2014 yılı birim fiyatlarına göre keşif özeti

Sıra No	Poz No	İşin Tanımı	Birimi	A	B	C = A x B
				2014 Teklif Birim Fiyat	Toplam İmalat, İhzarat Miktarı	Toplam İmalat İhzarat Tutarı
1	14.013/2	El İle Her Derinlikte (Dar-Derin) Yumuşak Ve Sert Küskülük Kazılması ve Kullanılması	m ³	5.00	37.688	188.44
2	15.150	Temel Altına Kum-Çakıl Serilmesi	m ³	4.00	201.805	807.22
3	15.151/1	Su İçinde Kum Çakıl Serilmesi	m ³	7.00	2,253.120	15,771.84
4	15.152	Stabilize Kaplama Yapılması	m ³	7.00	3,019.684	21,137.79
5	Y.16.050/04	(C20/25) Basınç Dayanım Sınıfında Hazır Beton	m ³	80.00	43,615.653	3,489,252.24
6	Y.16.050/05	(C25/30) Basınç Dayanım Sınıfında Hazır Beton	m ³	85.00	4,741.264	403,007.44
7	16.105	Beton Blok Taşınması Ve Yerine Konması (Karada)	m ³	10.00	35,084.380	350,843.80
8	17.004	Ocak Taşı İle (300 Doz) Harçlı Kargir İnşaat	m ³	70.95	1,091.250	77,424.19
9	27.102	Moloz Taşduvar Yüzeylerine Gömme Derz Yapılması	m ²	3.95	814.800	3,218.46
10	21.001	Seri Kalıp	m ²	5.00	918.780	4,593.90
11	21.011	Düz Yüzeyle Beton Veya B.A. Kalıbı	m ²	10.00	1,625.979	16,259.79
12	21.020	Saçtan Beton Kronman Kalıbı	m ²	10.00	7,345.732	73,457.32
13	21.020/2	Su İçinde Saçtan Düz Yüzeyle Beton Veya B.A. Kalıbı	m ²	15.00	3,069.580	46,043.70
14	21.005	Saçtan Beton Blok Kalıbı Yapılması	m ²	2.35	113,628.500	267,026.98
15	23.014	Betonarme İçin Ø8-Ø12 Mm. İnce Nervürlü Çeliğin Bükülüp Yerine Konması	ton	1,500.00	1.172	1,758.00
16	23.015	Betonarme İçin Ø14-Ø32 Mm. Kalın Nervürlü Çeliğin Bükülüp Yerine Konması	ton	1,500.00	100.429	150,643.50
17	23.177	Çeşitli Demir İmalat Ve Yerine Konması	kg	4.00	1,074.174	4,296.70
18	23.402	Halat Halkası Ve Usturmaça Askı Düzeni Yapılması	kg	5.00	1,006.960	5,034.80
19	23.403	Halat Halkalarının Ve Usturmaça Askı Düzeninin Yerine Konması	kg	0.30	1,006.960	302.09
20	23.404	Font Baba İhzarı	kg	3.00	1,347.200	4,041.60
21	23.406	Babalar İçin Ankraj Düzeni, Palplanş Gergi Çubuğu İmalatı ve İhzaratı	kg	5.00	84.644	423.22
22	23.407	Babalar İçin Ankraj Düzeni, Palplanş Gergi Çubuklarının Yerine Konması	kg	0.30	1,431.844	429.55
23	34.006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	5.00	213,101.960	1,065,509.80
24	34.008	(0.4-2) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	6.50	104,576.720	679,748.68
25	34.009/1	(2-4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	7.00	94,428.100	660,996.70
26	34.009/2	(4-6) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	7.50	23,444.880	175,836.60
27	34.010/1	(6-8) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	8.00	11,631.310	93,050.48
28	34.010/3	(10-12) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	9.77	16,092.060	157,219.43
29	34.013/1	Max.60 Mm. Taşlarla Su Altı Tıkama Tabakası	m ²	20.00	1,603.270	32,065.40

Çizelge 6.6. (devam) 2014 yılı birim fiyatlarına göre keşif özeti

Sıra No	Poz No	İşin Tanımı	Birimi	A	B	C = A x B
				2014 Teklif Birim Fiyat	Toplam İmalat, İhzarat Miktarı	Toplam İmalat İhzarat Tutarı
30	34.015/1	(0-0.250) Ton Taşlarla Rıhtım Altı Anroşmanı	ton	8.00	7,142.400	57,139.20
31	34.015/1-R	(0-0.250) Ton Taşlarla Rıhtım Altı Anroşmanı	ton	7.99	12,400.700	99,081.59
32	34.016/1	(50-200) Kg. Taşlarla Önlük Anroşmanı (Denizden)	ton	8.00	1,616.580	12,932.64
33	34.017	Kategorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	ton	4.00	49,629.600	198,518.40
34	34.017-R	Kategorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	ton	3.94	22,885.460	90,168.71
35	34.404	İdarece Verilen Eski Otomobil Lastikleri İle Usturmaçaya Yapılması Yerine Konması	adet	20.00	75.000	1,500.00
36	34.410/1	Her türlü yüzer teçhizatla (dubaya bindirilmiş klemşel hariç) tarama yapılması	m³	6.96	725.160	5,047.11
37	103.106	Soğuk Su Sayacı ø 50 mm. Flanşlı	adet	1.000.00	1.000	1.000.00
38	097.303	Yer Süzgeci Sert Plastik 15*15 Cm	adet	250.00	37.000	9,250.00
39	204.3106	Polipropilen temiz su borusu 1 1/2"	m	5.00	489.420	2,447.10
40	204.3107	Polipropilen temiz su borusu 2"	m	10.00	201.000	2,010.00
41	204.3400	Binadışı boru montaj malzemesi bedeli	%	4,457.10	18.000	802.28
42	210.624	Küresel vana 3/4"	adet	300.00	7.000	2,100.00
43	207.106	Şiber Vana (Pirinç,Vidalı,Boşaltmasız) 2"	adet	500.00	3.000	1,500.00
44	Özel-1	Çelik Fener Kulesi İmalatı ve Montajı	adet	10,000.00	2.000	20,000.00
45	Y.15.001/2B	Makine ile her derinlik ve her genişlikte yumuşak ve sert toprak kazılması (Derin kazı)	m³	10.00	150.360	1,503.60
46	Y.16.050/04	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m³	100.00	23.421	2,342.10
47	204.201	PVC boru Q50 (6 atü)	m	4.00	2,520.700	10,082.80
48	204.212	PVC boru Q110 (6 atü)tedaş-adp ve yol geçişleri arası)	m	8.00	0.000	0.00
49	709.104	Etanj tip dağıtım kutusu (50cm*40cm)	adet	200.00	2.000	400.00
50	713.104	Seçici Tip Pako Şalter 3*25 A. (Çizelge Üzerine)	adet	100.00	1.000	100.00
51	715.306	TMŞ Comp.tip 3*25 A temin ve mont.	adet	200.00	2.000	400.00
52	715.307	TMŞ Comp.tip 3*40 A temin ve mont.	adet	250.00	1.000	250.00
53	718.203	Kontaktör 3*25A	adet	200.00	1.000	200.00
54	718.400	Fotosel Şalter	adet	50.00	1.000	50.00
55	718.508	Kaçak akım koruma şalterleri 4 x 40 A.e kadar (30 m A)	adet	500.00	1.000	500.00
56	724.401	Anahtarlı Oto. Sigorta tek fazlı 16 A.e kadar	adet	50.00	35.000	1,750.00
57	724.402	Anahtarlı Oto. Sigorta tek fazlı 25 A.e kadar	adet	100.00	2.000	200.00
58	724.406	Anahtarlı Oto. Sigorta 3 fazlı 16 A.e kadar	adet	150.00	6.000	900.00
59	724.407	Anahtarlı Oto. Sigorta 3 fazlı 40 A.e kadar	adet	50.00	5.000	250.00
60	725.511	Enerji Analizörü	adet	1,000.00	1.000	1,000.00
61	725.904	İşaret lambası 250 V. temin ve montaj	adet	50.00	9.000	450.00
62	726.102	Topraklama İletkeni 6mm2	m	4.00	270.000	1,080.00
63	726.103	Topraklama İletkeni 10mm2	m	5.00	705.000	3,525.00
64	726.104	Topraklama İletkeni 16mm2	m	6.00	85.000	510.00
65	726.105	Topraklama İletkeni 25mm2	m	7.00	0.000	0.00
66	726.307	Topraklama İletkeni 50mm2	m	10.00	0.000	0.00
67	727.509	Besleme Kablosu 3x16 mm2 NYY	m	10.00	958.000	9,580.00
68	727.521	Besleme Kablosu 3x50+25 mm2	m	15.00	0.000	0.00
69	727.523	Besleme Kablosu 3x25+16 mm2 NYY	m	15.00	0.000	0.00
70	727.524	Besleme kablosu 4x16 mm2 NYY	m	10.00	85.000	850.00
71	727.525	Besleme kablosu 4x10 mm2 NYY	m	10.00	690.000	6,900.00
72	727.526	Besleme kablosu 4x6 mm2 NYY	m	5.00	205.000	1,025.00
73	736.501	Linye-Sortı Hattı Kurşunsuz Antigron Norm.Etaş Ayd. Sortisi	adet	50.00	2.000	100.00
74	740.105	Etaş Güv.hatlı priz sortisi	adet	100.00	7.000	700.00
75	742.125	Aydınlatma Armatürü (L2 tip etanj armatür)	adet	250.00	4.000	1,000.00
76	780.116	Sıva üstü topraklı priz	adet	50.00	7.000	350.00
77	983.102	Topraklama çubuğu temin ve montajı	adet	500.00	2.000	1,000.00
78	985.104	Termo kaynak eki 115 gr.	adet	500.00	2.000	1,000.00
79	T3.5.5.3	Galv. Çokgen Ayd. Direği Montaj	kg	8.00	3,147.000	25,176.00
80	T3.5.5.3.2.1/0 21	Tek Konsollu Galv.Çokg.Çel.Pol.Ayd.Direği (AD1 100/10 149 kg)	adet	800.00	18.000	14,400.00

Çizelge 6.6. (devam) 2014 yılı birim fiyatlarına göre keşif özeti

Sıra No	Poz No	İşin Tanımı	Birimi	A	B	C = A x B
				2014 Teklif Birim Fiyat	Toplam İmalat, İhzarat Miktarı	Toplam İmalat İhzarat Tutarı
81	T3.5.5.3.2.2/021	İki Konsollu Galv.Çokg.Çel.Pol.Ayd.Direği (AD2-100/10 155 kg)	adet	1,250.00	3.000	3,750.00
82	T3.24.4.3.3	Harici Tip Galv.Saha Dağ.Kutusu	adet	500.00	3.000	1,500.00
83	T3.25.8.1.3	Kombi (aktif-reaktif) elektronik sayaç	adet	1,000.00	1.000	1,000.00
84	Özel-E1	100 Watt Led'li Aydınlatma Armatürü	adet	500.00	18.000	9,000.00
85	Özel-E2	150 Watt Led'li Projektör Armatürü	adet	600.00	6.000	3,600.00
86	Özel-E3	Güneş Enerjili Fener sistemi (Güneş Enerjili Panel)	adet	20,000.00	2.000	40,000.00
87	102/A	Demir Nakli	ton	5.00	114.108	570.54
88	104/A	Taş Nakli	ton	1.00	560,263.551	560,263.55
89	106/B	Çakıl Nakli	m ³	5.00	2,454.925	12,274.63
90	107/A	Stabilize Nakli	m ³	5.00	3,310.684	16,553.42
91	12.2257	Ø 600 mm anma çaplı HDPE kanalizasyon borusunun döşenmesi	m	69.27	112.000	7,758.24
92	204.1003	Sabit Contalı Pvc Pis Su Borusu Ø 100 mm.	m	3.32	291.000	966.12
GENEL TOPLAM						9,048,697.69

Çizelge 6.7. Ana dalgakıranı inşaatının işine ait fiyat tutanağı

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	Birim Fiyeti(TL)	Tutarı (TL)	Tutarı (\$)
1	Y.16.050/04	(C20/25) Basınç Dayanım Sınıfında Hazır Beton	m ³	40,373.814	80.00	3,199,335.217	1,465,568.125
2	16.105	Beton Blok Taşınması Ve Yerine Konması (Karada)	m ³	35,084.380	10.00	350,843.800	160,716.354
3	21.020	Saçtan Beton Kronman Kalıbı	m ²	5,876.162	10.00	58,761.620	26,917.829
4	21.005	Saçtan Beton Blok Kalıbı Yapılması	m ²	113,628.500	2.35	267,026.975	122,321.106
5	23.015	Betonarme İçin Ø14-Ø32 Mm. Kalın Nervürlü Çeliğin Bükülüp Yerine Konması	ton	100.429	1,500.00	150,643.500	69,007.558
6	34.006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	162,427.860	5.00	812,139.300	372,028.997
7	34.008	(0.4-2) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	94,352.420	6.50	613,290.730	280,939.409
8	34.009/1	(2-4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	94,428.100	7.00	660,996.700	302,792.808
9	34.009/2	(4-6) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	4,935.240	7.50	37,014.300	16,955.703
10	34.010/1	(6-8) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	11,631.310	8.00	93,050.480	42,625.048
11	34.010/3	(10-12) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	16,092.060	9.77	157,219.426	72,019.893
12	102/A	Demir Nakli	ton	110.472	5.00	552.360	253.028
13	104/A	Taş Nakli	ton	383,866.990	1.00	383,866.990	175,843.788
Toplam				6,784,741.398		3,107,989.646	

Çizelge 6.8. Tali dalgakıranı inşaatının işine ait fiyat tutanağı

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	Birim Fiyeti(TL)	Tutarı (TL)	Tutarı (\$)
1	Y.16.050/04	(C20/25) Basınç Dayanım Sınıfında Hazır Beton	m ³	801.533	80.00	64,122.640	29373.63262
2	21.020	Saçtan Beton Kronman Kalıbı	m ²	984.970	10.00	9,849.700	4512.001832
3	34.006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	31,268.740	5.00	156,343.700	71618.73568
4	34.008	(0,4-2) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	10,224.300	6.50	66,457.950	30443.40357
5	34.009/2	(4-6) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	18,509.640	7.50	138,822.300	63592.44159
6	104/A	Taş Nakli	ton	60,002.680	1.00	60,002.680	27486.3399
Toplam					495,598.970		227,026.555

Çizelge 6.9. Rıhtım inşaatının işine ait fiyat tutanağı

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	Birim Fiyeti(TL)	Tutarı (TL)	Tutarı (\$)
1	15.152	Stabilize Kaplama Yapılması	m ³	766.984	7.00	5,368.888	2459.40815
2	Y.16.050/04	(C20/25) Basınç Dayanım Sınıfında Hazır Beton	m ³	1,326.506	80.00	106,120.480	48612.2217
3	Y.16.050/05	(C25/30) Basınç Dayanım Sınıfında Hazır Beton	m ³	4,520.060	85.00	384,205.100	175998.672
4	21.001	Seri Kalıp	m ²	470.570	5.00	2,352.850	1077.80577
5	21.020	Saçtan Beton Kronman Kalıbı	m ²	484.600	10.00	4,846.000	2219.8809
6	21.020/2	Su İçinde Saçtan Düz Yüzeyle Beton Veya B.A. Kalıbı	m ²	3,069.580	15.00	46,043.700	21091.9377
7	23.402	Halat Halkası Ve Usturmaça Askı Düzeni Yapılması	kg	1,006.960	5.00	5,034.800	2306.36738
8	23.403	Halat Halkalarının Ve Usturmaça Askı Düzeninin Yerine Konması	kg	1,006.960	0.30	302.088	138.382043
9	23.404	Font Baba İhzarı	kg	1,347.200	3.00	4,041.600	1851.39716
10	23.406	Babalar İçin Ankraj Düzeni, Palplanş Gergi Çubuğu İmalatı ve İhzaratı	kg	84.644	5.00	423.220	193.87082
11	23.407	Babalar İçin Ankraj Düzeni, Palplanş Gergi Çubuklarının Yerine Konması	kg	1,431.844	0.30	429.553	196.771965
12	34.006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	7,204.460	5.00	36,022.300	16501.2826
13	34.013/1	Max.60 Mm. Taşlarla Su Altı Tıkama Tabakası	m ²	1,179.930	20.00	23,598.600	10810.1695
14	34.015/1-R	(0-0.250) Ton Taşlarla Rıhtım Altı Anroşmanı	ton	6,480.020	8.00	51,840.160	23747.2103
15	34.016/1	(50-200) Kg. Taşlarla Onlük Anroşmanı (Denizden)	ton	1,616.580	7.99	12,916.474	5916.84572
16	34.017-R	Kategorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	ton	15,307.300	3.94	60,310.762	27627.4677
17	34.404	İdarece Verilen Eski Otomobil Lastikleri İle Usturmaça Yapılması Yerine Konması	adet	75.000	20.00	1,500.000	687.127806
18	34.410/1	Her türlü yüzer teçhizatla (dubaya bindirilmiş klemşel hariç) tarama yapılması	m ³	725.160	6.96	5,047.114	2312.00806
19	102/A	Demir Nakli	ton	1.201	5.00	6.005	2.75080165
20	104/A	Taş Nakli	ton	30,926.941	1.00	30,926.941	14167.1741
21	107/A	Stabilize Nakli	m ³	766.984	5.00	3,834.920	1756.72011
Toplam					785,171.555		359,675.472

Çizelge 6.10. Çekerek yeri inşaatının işine ait fiyat tutanağı

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	Birim Fiyeti(TL)	Tutarı (TL)	Tutarı (\$)
1	15.151/1	Su İçinde Kum Çakıl Serilmesi	m ³	2,253.120	7.00	15,771.840	7224.8465
2	15.152	Stabilize Kaplama Yapılması	m ³	2,252.700	7.00	15,768.900	7223.4998
3	Y.16.050/04	(C20/25) Basınç Dayanım Sınıfında Hazır Beton	m ³	904.680	80.00	72,374.400	33153.642
4	Y.16.050/05	(C25/30) Basınç Dayanım Sınıfında Hazır Beton	m ³	221.204	85.00	18,802.340	8613.0738
5	17.004	Ocak Taşı İle (300 Doz) Harçlı Kargir İnşaat	m ³	1,091.250	70.95	77,424.188	35466.875
6	27.102	Moloz Taşıduvar Yüzeylerine Gömme Derz Yapılması	m ²	814.800	3.95	3,218.460	1474.3289
7	21.001	Seri Kalıp	m ²	448.210	5.00	2,241.050	1026.5918
8	21.011	Düz Yüzeyle Beton Veya B.A. Kalıbı	m ²	464.457	10.00	4,644.570	2127.6088
9	34.006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	ton	12,200.900	5.00	61,004.500	27945.259
10	34.013/1	Max.60 Mm. Taşlarla Su Altı Tıkama Tabakası	m ²	423.340	20.00	8,466.800	3878.5158
11	34.015/1	(0-0.250) Ton Taşlarla Rıhtım Altı Anroşmanı	ton	7,142.400	8.00	57,139.200	26174.622
12	34.015/1-R	(0-0.250) Ton Taşlarla Rıhtım Altı Anroşmanı	ton	5,920.680	7.99	47,306.233	21670.285
13	34.017	Katogorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	ton	49,629.600	4.00	198,518.400	90938.342
14	34.017-R	Katogorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	ton	7,578.160	3.94	29,857.950	13677.485
15	104/A	Taş Nakli	ton	85,466.940	1.00	85,466.940	39151.141
16	106/B	Çakıl Nakli	m ³	2,253.120	5.00	11,265.600	5160.6047
17	107/A	Stabilize Nakli	m ³	2,543.700	5.00	12,718.500	5826.1567
18	204.1003	Sabit Contalı Pvc Pis Su Borusu Ø 100 mm.	m	291.000	3.32	966.120	442.56528
Toplam				722,955.991			331,175.443

Çizelge 6.11. Su tesisatı inşaatının işine ait fiyat tutanağı

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	Birim Fiyeti(TL)	Tutarı (TL)	Tutarı (\$)
1	14.013/2	El İle Her Derinlikte (Dar-Derin) Yumuşak Ve Sert Küskülük Kazılması ve Kullanılması	m ³	37.688	5.00	188.440	86.321576
2	15.150	Temel Altına Kum-Çakıl Serilmesi	m ³	184.514	4.00	738.056	338.09253
3	Y.16.050/04	(C20/25) Basınç Dayanım Sınıfında Hazır Beton	m ³	185.699	80.00	14,855.920	6805.2771
4	21.011	Düz Yüzeyle Beton Veya B.A. Kalıbı	m ²	1,018.262	10.00	10,182.620	4664.5076
5	23.014	Betonarme İçin Ø8-Ø12 Mm. İnce Nervürlü Çeliğin Bükülüp Yerine Konması	ton	0.418	1,500.00	627.000	287.21942
6	23.177	Çeşitli Demir İmalat Ve Yerine Konması	kg	441.150	4.00	1,764.600	808.33715
7	103.106	Soğuk Su Sayacı ø 50 mm. Flanşlı	adet	1.000	1,000.00	1,000.000	458.0852
8	097.303	Yer Süzgeci Sert Plastik 15*15 Cm	adet	7.000	250.00	1,750.000	801.64911
9	204.3106	Polipropilen temiz su borusu 1 1/2"	m	489.420	5.00	2,447.100	1120.9803
10	204.3107	Polipropilen temiz su borusu 2"	m	201.000	10.00	2,010.000	920.75126
11	204.3400	Binadıışı boru montaj malzemesi bedeli	%	18.000	4,457.10	80,227.800	36751.168
12	210.624	Küresel vana 3/4"	adet	7.000	300.00	2,100.000	961.97893
13	207.106	Şiber Vana (Pirinç,Vidalı,Boşaltmasız) 2"	adet	3.000	500.00	1,500.000	687.12781
14	204.201	PVC boru Q50 (6 atı)	m	15.70	4.00	62.800	28.767751
15	102/A	Demir Nakli	ton	0.932	5.00	4.660	2.134677
16	106/B	Çakıl Nakli	m ³	184.514	5.00	922.570	422.61567
17	12.2257	Ø 600 mm anma çaplı HDPE kanalizasyon borusunun döşenmesi	m	112.000	69.27	7,758.240	3553.935
Toplam				128,139.806			58,698.949

Çizelge 6.12. Elektrik tesisatı inşaatının işine ait fiyat tutanağı

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	Birim Fiyeti(TL)	Tutarı (TL)	Tutarı (\$)
1	715.306	TMŞ Comp.tip 3*25 A temin ve mont.	adet	2.000	200.00	400.000	183.2341
2	715.307	TMŞ Comp.tip 3*40 A temin ve mont.	adet	1.000	250.00	250.000	114.5213
3	718.203	Kontaktör 3*25A	adet	1.000	200.00	200.000	91.61704
4	718.400	Fotosel Şalter	adet	1.000	50.00	50.000	22.90426
5	718.508	Kaçak akım koruma şalterleri 4 x 40 A.e kadar (30 m A)	adet	1.000	500.00	500.000	229.0426
6	724.401	Anahtarlı Oto. Sigorta tek fazlı 16 A.e kadar	adet	35.000	50.00	1,750.000	801.6491
7	724.402	Anahtarlı Oto. Sigorta tek fazlı 25 A.e kadar	adet	2.000	100.00	200.000	91.61704
8	724.406	Anahtarlı Oto. Sigorta 3 fazlı 16 A.e kadar	adet	6.000	150.00	900.000	412.2767
9	724.407	Anahtarlı Oto. Sigorta 3 fazlı 40 A.e kadar	adet	5.000	50.00	250.000	114.5213
10	725.511	Enerji Analizörü	adet	1.000	1,000.00	1,000.000	458.0852
11	725.904	İşaret lambası 250 V. temin ve montaj	adet	9.000	50.00	450.000	206.1383
12	726.102	Topraklama İletkeni 6mm2	m	270.000	4.00	1,080.000	494.732
13	726.103	Topraklama İletkeni 10mm2	m	705.000	5.00	3,525.000	1614.75
14	726.104	Topraklama İletkeni 16mm2	m	85.000	6.00	510.000	233.6235
15	727.509	Besleme Kablosu 3x16 mm2 NYY	m	958.000	10.00	9,580.000	4388.456
16	727.524	Besleme kablosu 4x16 mm2 NYY	m	85.000	10.00	850.000	389.3724
17	727.525	Besleme kablosu 4x10 mm2 NYY	m	690.000	10.00	6,900.000	3160.788
18	727.526	Besleme kablosu 4x6 mm2 NYY	m	205.000	5.00	1,025.000	469.5373
19	736.501	Linye-Sorti Hattı Kurşunsuz Antigron Norm.Etanş Ayd. Sortisi	adet	2.000	50.00	100.000	45.80852
20	740.105	Etanş Güv.hatlı priz sortisi	adet	7.000	100.00	700.000	320.6596
21	742.125	Aydınlatma Armatürü (L2 tip etanj armatür)	adet	4.000	250.00	1,000.000	458.0852
22	780.116	Sıva üstü topraklı priz	adet	7.000	50.00	350.000	160.3298
23	983.102	Topraklama çubuğu temin ve montajı	adet	2.000	500.00	1,000.000	458.0852
24	985.104	Termo kaynak eki 115 gr.	adet	2.000	500.00	1,000.000	458.0852
25	T3.5.5.3	Galv. Çokgen Ayd. Direği Montaj	kg	3,147.000	8.00	25,176.000	11532.75
26	T3.5.5.3.2.1/021	Tek Konsollu Galv.Çokg.Çel.Pol.Ayd.Direği (AD1 100/10 149 kg)	adet	18.000	800.00	14,400.000	6596.427
27	T3.5.5.3.2.2/021	İki Konsollu Galv.Çokg.Çel.Pol.Ayd.Direği (AD2-100/10 155 kg)	adet	3.000	1,250.00	3,750.000	1717.82
28	T3.24.4.3.3	Harici Tip Galv.Saha Dağ.Kutusu	adet	3.000	500.00	1,500.000	687.1278
29	T3.25.8.1.3	Kombi (aktif-reaktif) elektronik sayaç	adet	1.000	1,000.00	1,000.000	458.0852
30	Özel-E1	100 Watt Led'li Aydınlatma Armatürü	adet	18.000	500.00	9,000.000	4122.767
31	Özel-E2	150 Watt Led'li Projektör Armatürü	adet	6.000	600.00	3,600.000	1649.107
32	Özel-E3	Güneş Enerjili Fener sistemi (Güneş Enerjili Panel)	adet	2.000	20,000.00	40,000.000	18323.41
33	102/A	Demir Nakli	ton	1.503	5.00	7.515	3.44251
34	106/B	Çakıl Nakli	m ³	17.291	5.00	86.455	39.60376
Toplam				132,089.970			60,508.461

Çizelge 6.13. Arsin balıkçı barınağı inşaatının ana bölümlerine ait miktar teklifi özeti

ARSİN BALIKÇI BARINAĞI İNŞAATININ ANA BÖLÜMLERİ	TL	USD (*)	%
Ana dalgakıranı inşaatı	6,784,741.398	3,107,989.646	74.980
Talı dalgakıranı inşaatı	495,598.970	227,026.555	5.477
Çekerek Yeri inşaatını	722,955.991	331,175.443	7.990
Rıhtım inşaatı	785,171.555	359,675.472	8.677
Su Tesisatı inşaatını	128,139.806	58,698.949	1.416
Elektrik Tesisatı inşaatı	132,089.970	60,508.461	1.460
TOPLAM	9,048,697.690	4,145,074.526	100.000

(**) 18.02.2014 Bank Merkezi USD/TRY (1 USD = 2.183 TRY)

Çizelge 6.13'te görüldüğü gibi, Arsin Balıkçı Barınağı projenin toplam maliyeti, 6 ana bölümlerinin maliyetleri toplamından oluşmaktadır. Arsin Balıkçı Barınağı projenin içerisinde yer alan maliyet bölümleri içerisinde, ana dalgakıran için yapılan maliyetleri %74,98 oranında olup, bu bölüm toplam proje bedelinin diğer bölümlere göre en yüksek maliyetini oluşturmaktadır. Ana dalgakıran inşaat bölümünden sonra en yüksek maliyetli bölüm, %8,677 oranı ile rıhtımlar inşaatı bölümüdür. En düşük maliyetler incelendiğinde ise su tesisatı inşaatı %1,416 ve elektrik tesisatı inşaat %1,46 bölümüdür.

6.10. Simülasyon

Önceki blumlardaki açıklamalar doğrultusunda, risk ve belirsizlik faktörleri projeye dâhil edilebilmek ve proje süresi-maliyeti değişimini istatistiksel olarak değerlendirebilmek için geleneksel metotlar CPM ve PERT tekniği gibi metotlar yerine olasılık dağılımlarının değerlendirildiği risk analiz tekniklerinden MCS tekniği kullanılmıştır. Crystal Ball MS Excel tabanlı bir program olduğu için bu değerler MS project programından MS Excel programına aktarılmıştır.

Bölüm 4.2.2'de de açıklandığı gibi, istatistiksel bilginin mevcut olduğu durumlarda ise veriler; standart teknikler kullanılarak, normal dağılımı gibi teorik olasılık dağılımlarıyla modellenmeyi önerilmiştir. Bu çalışmada çizelge ve maliyet tahminlerini için normal dağılım kullanılmıştır.

Bölüm 4.2.3'te de açıklandığı gibi, maliyet değişkenlerinin arasındaki ilişkiyi tanımlayan korelasyon analizinde çok önemli aşamadır. Çizelge 6.14'te gösterdiği gibi maliyet bileşenlerinin arasındaki hesaplanan korelasyon katsayıları görüntülenmektedir.

Çizelge 6.14. Maliyet elemanlarının arasındaki korelasyon katsayıları

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17
X1	1																
X2	0.2	1															
X3	0.1	0.86	1														
X4	0.1	0.86	1	1													
X5	0	0.11	0.126	0.13	1												
X6	0	0.11	0.126	0.13	1	1											
X7	0.5	0.22	0.081	0.08	0.1	0.105	1										
X8	0.1	0.62	0.467	0.47	0.21	0.21	0.195	1									
X9	0	0.51	0.475	0.48	0.27	0.273	0.51	0.7	1								
X10	-0	-0.3	-0.37	-0.4	-0	-0.01	-0.23	0.17	-0.14	1							
X11	0.1	-0.3	-0.32	-0.3	-0.3	-0.3	-0.17	0.11	-0.13	0.37	1						
X12	-0	-0.3	-0.37	-0.4	-0	-0.01	-0.23	0.17	-0.14	1	0.37	1					
X13	-0	-0.3	-0.37	-0.4	-0	-0.01	-0.23	0.17	-0.14	1	0.37	1	1				
X14	0.1	-0.3	-0.32	-0.3	-0.3	-0.3	-0.17	0.11	-0.13	0.37	1	0.37	0.4	1			
X15	0.3	-0.4	-0.33	-0.3	0.03	0.027	-0.11	0.15	-0.07	0.47	0.75	0.47	0.5	0.75	1		
X16	0.3	-0.4	-0.33	-0.3	0.03	0.027	-0.11	0.15	-0.07	0.47	0.75	0.47	0.5	0.75	1	1	
X17	-0	-0.3	-0.37	-0.4	-0	-0.01	-0.23	0.17	-0.14	1	0.37	1	1	0.365	0.5	0.47	1

Olasılık dağılımının belirlenmesi aşamasından sonra, iterasyon ne kadar olacağı belirlenmeli. Monte Carlo Benzetiminde örnekleme hatalarının en aza indirgenebilmesini teminen yeterli sayıda iterasyonun gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada 15.000 iterasyonla uygulanmıştır.

6.10.1. Monte Carlo simülasyonu yardımı ile çizelge tahmini riskler değerlendirilmesi

Arsin Balıkcı Barınağının projeye ait iş ayrım yapısının yapılması, aktivitelerinin tanımlanması, iş miktarlarının Bulunması, iş verimlerinin hesaplanması, iş sürelerinin bulunması ve faaliyetler arasındaki sıralarının ve ilişkilerinin belirlenmesinin, CPM dayalı MS Project 2016 kullanılarak şebeke ağı (iş programı) edilmesi, ve Çizelge 6.3 gösterdiği gibi, kritik yörünge ve üzerindeki bulunan kritik faaliyetleri ve normal tahmin sürelerini belirlenmesi, daha sonra ise Çizelge 6.5'te bulunmuş olan a,m,b ve istatistiksel parametrelerinin listesi, kullanarak değerlerin ortalaması simülasyonu yapılacak değerler olarak belirlenip analiz programına girilmiştir. EK 18'de gösterdiği gibi zaman benzetim sırasında faaliyetlerin normal dağılımıyla modellenmesi, ardından normal dağılım Kullanılarak ve MCS'u yardımı ile, çizelge tahmini yapabilmektedir. 15000 iterasyonla sonucunda çıkan rapor Şekil 6.7'de verilmiştir. İstatistik değerler Çizelge 6.15'de, olasılık ve sıklık dağılımları Şekil 6.7'de, kümüle olasılık ve kümüle sıklık dağılımları Şekil 6.8'de, duyarlılık grafikleri Şekil 6.9'da, yüzdeler ise Çizelge 6.16'da verilmektedir.

Tahmin: Öngörelen : Tamamlanma süresi

Hücre: D33

Özet:

Kesinlik düzeyi %99.493

Kesinlik aralığı 640.34 ile 910.33 arasındadır

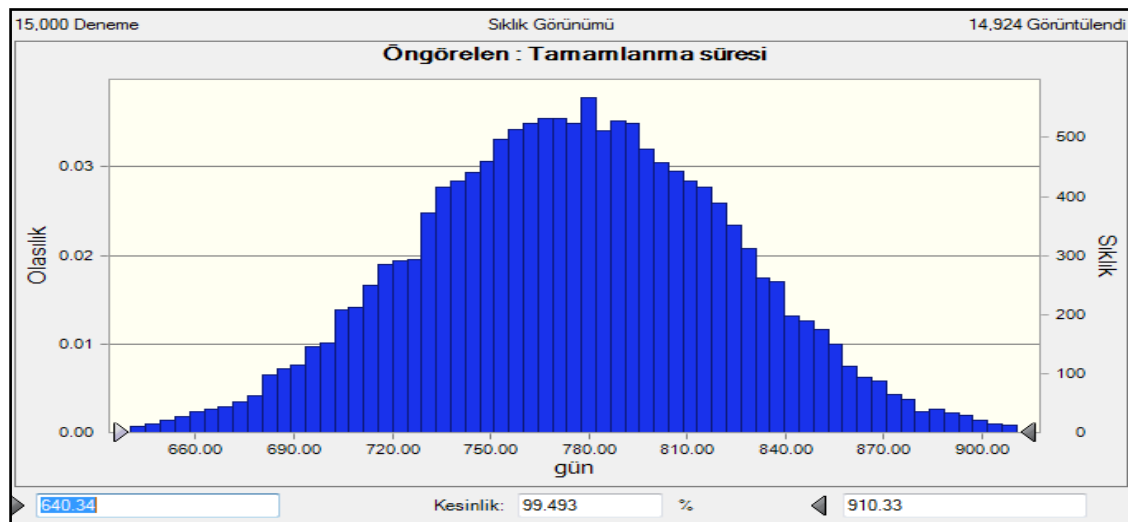
Tüm aralık 563.55 ile 959.49 arasındadır

Temel durum: 534.00

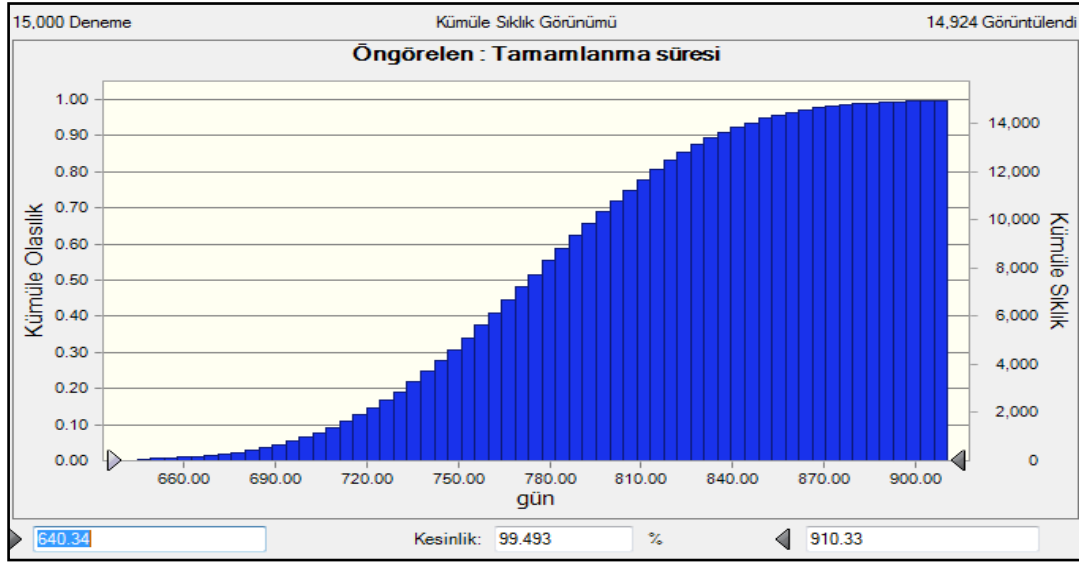
15,000 denemeden sonra, ortalamanın standart hatası 0.39

Çizelge 6.15. Çizelge tahmini için monte-carlo simülasyonundan çıkan istatistik değerler

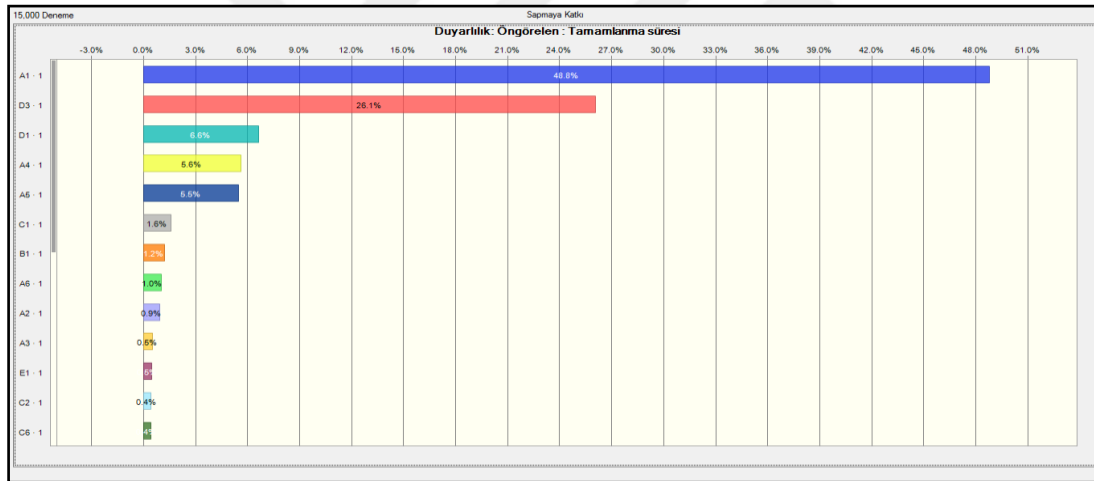
İstatistikler:	Tahmin değerleri
Denemeler	15,000
Temel Durum	534.00
Ortalama	775.33
Orta	775.64
Mod	---
Standart Sapma	48.21
Sapma	2,324.50
Çarpıklık	-0.0247
Kurtosis	2.99
Sapmanın Katsayısı	0.0622
Minimum	563.55
Maksimum	959.49
Aralık Genişliği	395.94
Ortalama Standart Hata	0.39



Şekil 6.7. Çizelge tahmini için monte-carlo simülasyonundan çıkan olasılık ve sıklık dağılımları



Şekil 6.8. Çizelge tahmini için monte-carlo simülasyonundan çıkan kümüle olasılık ve kümüle sıklık dağılımları



Şekil 6.9. Çizelge tahmini için monte-carlo simülasyonundan çıkan duyarlılık grafikleri

Çizelge 6.16. Çizelge tahmini için monte-carlo simülasyonundan çıkan yüzdelik değerler

Yüzde Birlikler:	Tahmin değerleri
0%	563.55
10%	713.30
20%	734.60
30%	749.77
40%	763.24
50%	775.64
60%	787.92
70%	801.09
80%	816.47
90%	836.82
100%	959.49

İnşaat süreci sonuçlarının tartışması

Bu tez çalışmasında, uygulama olarak Arsin liman inşaatı projesi üzerinde bir vaka çalışması yapılmıştır. Bu kıyı inşaat projesinin inşaat süresi ağ-planlaması tabanlı CPM (kritik yol metodu) kullanılarak ve en çok kullanılan inşaat ağındaki kritik yol üzerinde Monte Carlo Simülasyonu uygulayarak tahmin edilmiştir. Ağ'da inşaat aşamasında mevcut olan belirsizlikleri kapsamak üzere, ağın faaliyetleri, Türkiye'deki önceki projelerden elde edilen geçmiş deneyimler kullanılarak belirlenen üç noktalı tahmin tekniği ile modellenmiştir.

İki farklı yöntemle göre gerçekleştirilen çalışma sonuçları incelendiği proje bitiş süresi açısından muazzam bir fark olduğu görülmektedir. Bu çalışmada gösterdiği gibi, CPM'na göre proje bitiş süresi 534 gün iken MCS'na göre proje bitiş süresi olarak 776'de olmaktadır. Bu varyasyonun sebebi, bu teknikler farklı özelliklere sahiptir, örneğin, CPM deterministik bir yöntemdir, faaliyet sürelerinin sabit olduğunu ve bir kritik yolu olduğunu varsayar. Bu nedenle CPM'nda nispeten belirsizlikleri azdır. MCS Modelinde ise, kantitatif risk analizi için önde gelen bir araçtır ve belirsizliği açıkça gideren bir araç olarak tanımlanabilir. Bu, MCS'nun zaman ve maliyet gibi bir proje hedeflerini etkileyen proje yönetimindeki risk ve belirsizliğin etkisini anlamak için kullanılan olasılık simülasyonu anlamına gelmektedir. Yani, MCS, genellikle bilinmeyen bir geleceğin tahmininde değerli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Şekil 6.7, 6.8, 6.9'de ve Çizelge 6.15, 6.16'da gösterdiği gibi, Crystal Ball Raporu, Normal Dağılım ile tamamlanma süresinin Tahminin sonuçları verilmektedir. Crystal Ball Raporu'nun incelendiğinde 15,000 denemeden sonra, ortalamanın standart hatası 0.39, Standart Sapma 48.21, Sapma 2,324.50, Sapmanın Katsayısı 0.0622, Minimum 563.55, Maksimum 959.49, Aralık Genişliği 395.94 olarak bulunmaktadır. Dağılımın ortanca (medyan) değeri 775.64 gündür, yani bu değer %50 ihtimalle aşılabilmektedir. Dağılımın asimetri parametresi olan çarpıklık-0.0247'tir, yani çarpıklığın negatif bu nedenle fonksiyonun sağa yatık ve beklenen değer için kötümser tahmine daha yakın olduğunu anlamına gelmektedir. Dağılımında sivrilik parametresi olan basıklık (kurtosis) 2.99'tur, bu değer, ortalama değeri etrafında birikmesi ölçüsünü açıklanmaktadır.

6.10.2. Monte Carlo simülasyonu yardımı ile maliyet riskler değerlendirmesi

Bu analizde, ihale aşamasındaki ve proje sonundaki maliyetleri arasındaki fark temel alınarak gerçekleştirilmiştir. 5.4'te açıklandığı gibi ve EK 14'de gösterdiği gibi, 1977-1988 yılları arasında Türkiye'de yürütülen 15 limana ait ihale aşamasındaki ile proje sonundaki maliyetleri arasındaki fark oranını kullanılarak standart sapma ve ortalama gibi analiz için gerekli verilerin çıkarılmaktadır. Pratik nedenlerden dolayı, simülasyonu gerçekleştirmek için 17 maliyet ögesi seçilmiştir. Arsin Balıkçı Barınağı inşaatı işine ait hazırlanmış ihale aşamasındaki taş imalatlarının ilk fiyat tutanağı, Çizelge 6.17'de göstermektedir.

Çizelge 6.17. Arsin balıkçı barınağı inşaatı işine ait hazırlanmış ihale aşamasındaki taş imalatlarının ilk fiyat tutanağı, Xi

Xi	POZ NO	İMALATIN CİNSİ	BİRİMİ	2014 Birim Fiyeti(TL)	MİKTARI	Tutarı (TL)	USD
ANA DALGAKIRAN İNŞAATI							
X ₁	34,006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	5.00	162,427.860	812,139.300	372,028.997
X ₂	34,008	(0.4-2) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	6.50	94,352.420	613,290.730	280,939.409
X ₃	34.009/1	(2-4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	7.00	94,428.100	660,996.700	302,792.808
X ₄	34.009/2	(4-6) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	7.50	5,266.060	39,495.450	18,092.281
X ₅	34.010/1	(6-8) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	8.00	11,917.220	95,337.760	43,672.817
X ₆	34.010/3	(10-12) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	9.77	16,291.300	159,166.001	72,911.590
Ara Toplam						2,380,425.941	1,090,437.902
TALİ DALGAKIRAN İNŞAATI							
X ₇	34,006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	5.00	31,268.740	156,343.700	71,618.736
X ₈	34,008	(0.4-2) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	6.50	10,224.300	66,457.950	30,443.404
X ₉	34.009/2	(4-6) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	7.50	18,509.640	138,822.300	63,592.442
Ara Toplam						361,623.950	165,654.581
ÇEKEK YERİ İNŞAATI							
X ₁₀	34,006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	5	12,200.900	61,004.500	27,945.259
X ₁₁	34.015/1	(0-0.250) Ton Taşlarla Rıhtım Altı Anroşmanı	Ton	8	13,063.080	104,504.640	47,872.029
X ₁₂	34,017	Katogorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	Ton	4	57,207.760	228,831.040	104,824.114
Ara Toplam						394,340.180	180,641.402
RIHTIM İNŞAATI							
X ₁₃	34,006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	5.00	3,763.940	18,819.700	8,621.026
X ₁₄	34.013/1	Max.60 mm. taşlarla su altı tıkama tabakası	m ²	20.00	3,763.940	75,278.800	34,484.104
X ₁₅	34.015/1	(0-0.250) Ton Taşlarla Rıhtım Altı Anroşmanı	Ton	8.00	3,763.940	30,111.520	13,793.642
X ₁₆	34.016/1	(50-200) Kg Taşlarla Rıhtım Altı Anroşmanı	Ton	7.99	3,763.940	30,073.881	13,776.400
X ₁₇	34,017	Katogorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	Ton	3.94	3,763.940	14,829.924	6,793.369
Ara Toplam						169,113.824	77,468.541
Toplam						3,305,503.895	1,514,202.426

Xi	POZ NO	İMALATIN CİNSİ	BİRİMİ	2014 Birim Fiyatı(TL)	MIKTARI	Tutarı (TL)	İhale Aşamasında ki Maliyet Tahmini USD	15 proje için , Ortalama Fark Oranı	Proje Sonundaki Maliyet Tahmini USD	Ortalama USD	£	₺
ANA DALGAKIRAN İNŞAATI												
X ₁	34,006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	5.00	162,427.860	812,139.300	372,028.997	1.213	451,335.509	411,682.253	411,682.253	18,692.724
X ₂	34,008	(0.4-2) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	6.50	94,352.420	613,290.730	280,939.409	1.495	419,892.359	350,415.884	350,415.884	32,751.524
X ₃	34.009/1	(2-4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	7.00	94,428.100	660,996.700	302,792.808	1.512	457,899.575	380,346.191	380,346.191	36,559.015
X ₄	34.009/2	(4-6) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	7.50	5,266.060	39,495.450	18,092.281	1.512	27,360.121	22,726.201	22,726.201	2,184.451
X ₅	34.010/1	(6-8) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	8.00	11,917.220	95,337.760	43,672.817	1.892	82,626.273	63,149.545	63,149.545	9,181.418
X ₆	34.010/3	(10-12) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	9.77	16,291.300	159,166.001	72,911.590	1.892	137,944.226	105,427.908	105,427.908	15,328.339
Ara Toplam						2,380,425.941	1,090,437.902		1,577,058.064	1,333,747.983		
TALI DALGAKIRAN İNŞAATI												
X ₇	34,006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	5.00	31,268.740	156,343.700	71,618.736	2.426698	173,797.036	122,707.886	122,707.886	24,083.656
X ₈	34,008	(0.4-2) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	6.50	10,224.300	66,457.950	30,443.404	1.584273	48,230.658	39,337.031	39,337.031	4,192.496
X ₉	34.009/2	(4-6) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	7.50	18,509.640	138,822.300	63,592.442	1.496829	95,186.979	79,389.710	79,389.710	7,446.904
Ara Toplam						361,623.950	165,654.581		317,214.674	241,434.627		
ÇEKEK YERİ İNŞAATI												
X ₁₀	34,006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	5	12,200.900	61,004.500	27,945.259	1.592008	44,489.072	36,217.165	36,217.165	3,899.414
X ₁₁	34.015/1	(0-0.250) Ton Taşlarla Rihtim Altı Anroşmanı	Ton	8	13,063.080	104,504.640	47,872.029	1.187481	56,847.111	52,359.570	52,359.570	2,115.447
X ₁₂	34,017	Kategorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	Ton	4	57,207.760	228,831.040	104,824.114	1.592008	166,880.812	135,852.463	135,852.463	14,626.904
Ara Toplam						394,340.180	180,641.402		268,216.995	224,429.198		
RIHTİM İNŞAATI												
X ₁₃	34,006	(0-0.4) Ton Taşlarla Anroşman Yapılması	Ton	5.00	3,763.940	18,819.700	8,621.026	1.592008	13,724.741	11,172.884	11,172.884	1,202.957
X ₁₄	34.013/1	Max.60 mm. taşlarla su altı tıkama tabakası	m ²	20.00	3,763.940	75,278.800	34,484.104	1.314926	45,344.032	39,914.068	39,914.068	2,559.710
X ₁₅	34.015/1	(0-0.250) Ton Taşlarla Rihtim Altı Anroşmanı	Ton	8.00	3,763.940	30,111.520	13,793.642	1.187481	16,379.683	15,086.663	15,086.663	609.536
X ₁₆	34.016/1	(50-200) Kg Taşlarla Rihtim Altı Anroşmanı	Ton	7.99	3,763.940	30,073.881	13,776.400	1.314926	18,114.941	15,945.670	15,945.670	1,022.604
X ₁₇	34,017	Kategorilere Ayrılmamış Taş İle Dolgu Yapılması	Ton	3.94	3,763.940	14,829.924	6,793.369	1.592008	10,815.096	8,804.232	8,804.232	947.930
Ara Toplam						169,113.824	77,468.541		104,378.494	90,923.517		
toplam						3,305,503.895	1,514,202.426		2,266,868.226	1,890,535.326		

EK 20’de gösterdiği gibi toplam maliyeti benzetim sırasında faaliyetlerin normal dağılımıyla modellenmesi, ardından normal dağılım kullanılarak ve MCS’u yardımı ile, maliyet tahmini yapılabilmektedir. 15000 iterasyonla sonucunda çıkan rapor Şekil 6.10, 6.11, 6.12’de ve Çizelge 6.19, 6.20’de verilmiştir. İstatistik değerler Çizelge 6.19’da, olasılık ve sıklık dağılımları şekil 6.10’da, kümüle olasılık ve kümüle sıklık dağılımları Şekil 6.11’de, duyarlılık grafikleri Şekil 6.12’de, yüzdeler ise Çizelge 6.20’de verilmektedir.

Tahmin: Toplam Maliyeti

Hücre: C19

Özet:

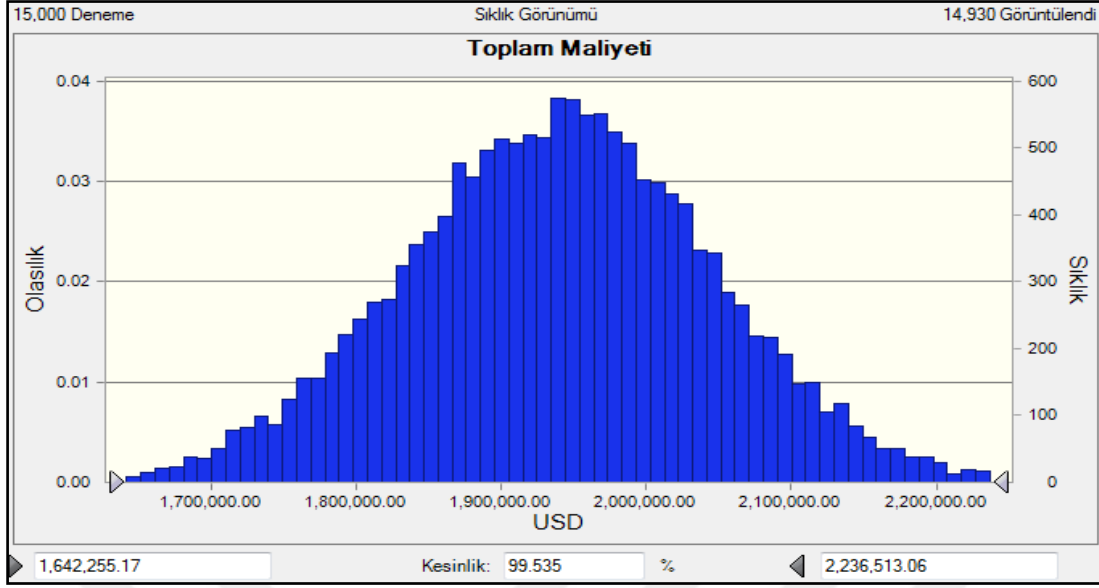
Tüm aralık 1,513,820.57 ile 2,329,148.31 arasındadır

Temel durum: 1,554,345.41

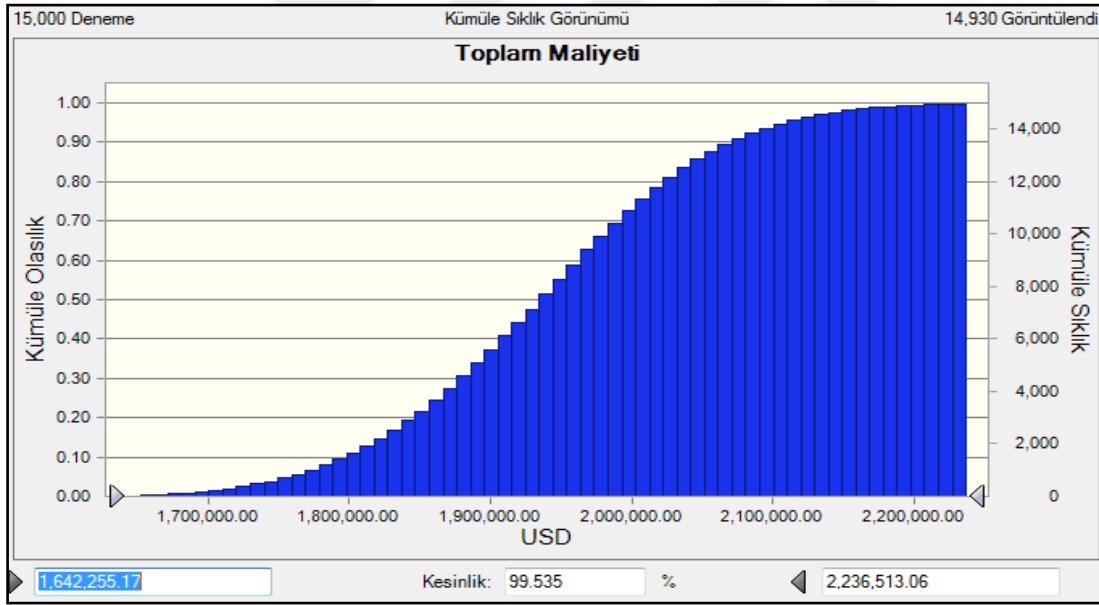
15,000 denemeden sonra, ortalamanın standart hatası 866.45

Çizelge 6.19. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonundan çıkan istatistik değerler

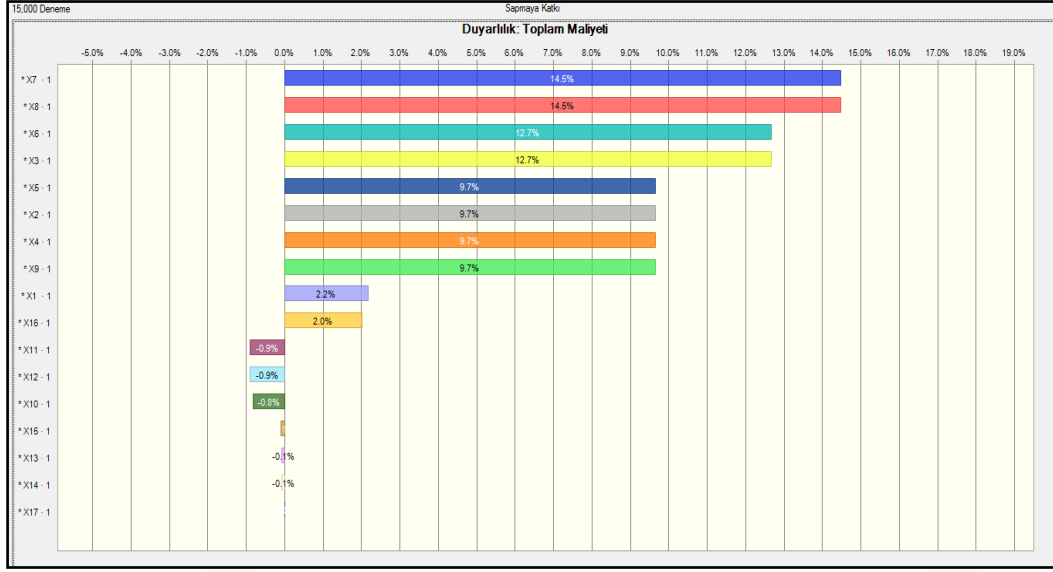
İstatistikler:	Tahmin değerleri
Denemeler	15,000
Temel Durum	1,554,345.41
Ortalama	1,939,384.11
Orta	1,940,644.90
Mod	---
Standart Sapma	106,117.48
Sapma	11,260,919,731.20
Çarpıklık	-8.8543E-04
Kurtosis	2.97
Sapmanın Katsayısı	0.0547
Minimum	1,513,820.57
Maksimum	2,329,148.31
Aralık Genişliği	815,327.74
Ortalama Standart Hata	866.45



Şekil 6.10. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonundan çıkan olasılık ve sıklık dağılımları



Şekil 6.11. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonundan çıkan kümüle olasılık ve kümüle sıklık dağılımları



Şekil 6.12. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonundan çıkan duyarlılık grafikleri

Çizelge 6.20. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonundan çıkan yüzdeler

Yüzde Birlikler:	Tahmin değerleri
0%	1,513,820.57
10%	1,801,791.47
20%	1,850,082.23
30%	1,883,794.99
40%	1,913,109.17
50%	1,940,617.21
60%	1,966,673.64
70%	1,994,923.68
80%	2,027,743.80
90%	2,074,973.77
100%	2,329,148.31

Maliyet sonuçlarının tartışması

Bu tez çalışmasında, uygulama olarak Arsin liman inşaatı projesinde taş ocağı taşının toplam maliyetiyle ilgili bir vaka çalışması yapılmıştır. Bir kıyı inşaatı projesinin inşaat maliyeti, 2014 birim fiyatları kullanılarak ve Monte Carlo Simülasyonu vasıtasıyla ocak taşının toplam maliyeti belirlenerek tahmin edilmiştir. İnşaat aşamasında mevcut olan belirsizliklerin maliyet tahmininde yer alması için, daha önce 15 projenin tahmini ve gerçekleşen maliyetleri arasındaki farktan yola çıkarak, daha önceki projelerden elde edilen geçmiş tecrübeler kullanılmıştır.

MCS'u kullanarak bulunan dağılımın ortalama değeri 1,939,384.11\$ ve standart sapması 106,117.48\$'dir. Aynı zamanda muhammen maliyet 1,554,345.411\$ olarak bulunmuştur. Bu ise, ocak taşının toplam maliyetinde ortalama %24,8'lik bir artış bekleyebiliriz anlamına gelir. Dağılımın medyan değeri 1,940,644.90\$'dır ki bu da %50 ihtimalle bu değerın aşılacağı anlamına gelir. Dağılımın asimetri parametresi olan çarpıklık-8.8543E-04'tir, yani çarpıklığın negatif bu nedenle fonksiyonun sağa yatık ve beklenen değerin kötümser tahmine daha yakın olduğunu anlamına gelmektedir. Dağılımında sivrilik parametresi olan basıklık (kurtosis) 2.97'tur, bu değerin, ortalama değeri etrafında birikmesi ölçüsünü açıklanmaktadır.

6.10.3. Risk kategorileri tartışması

Türkiye'de kıyı inşaatı projelerinde yer alan her bir risk kategorisini gösteren Çizelge 5.1'de belirtildiği gibi. Bu birleşik riskler, kıyısal inşaat projelerinin, süredeki gecikme probleminden ve projenin aşırı maliyetinden zarar görmesine sebep olmaktadır. Projenin başında veri mevcudiyeti çok sınırlı olduğu için bu risk kategorisinin sürenin gecikmesinden veya projenin fahiş maliyetinden sorumlu olduğunu söylemek zordur, fakat yine de her bir risk kategorisinin görece önemi hakkında bizlere bir fikir verebilmektedir. Türkiye'de, çizelge 5.1'e göre mali ve finansal risklerin oranı, %29,8'le sapsmalara yol açan en büyük risk kategorisini oluşturmaktadır, ikinci en yüksek risk yüzdesi ise %21.6'yla tasarım riskleri (proje revizyonları) olup bu risk kategorisi mühendisler olarak bizleri ve çalışma yerini en çok ilgilendiren risktir, üçüncü en yüksek risk yüzdesi ise şantiye şartları (Ekstrem Olaylar) ve taş ocağıyla alakalı diğer risklerdir, resmi ve düzenleyici kurumlar, yapı hasarı, makine, ekipman, proje organizasyonu, ve temel kaynaklarla eşzamanlı olarak gelişebilecek yan engelleyici riskler olarak, lojistik risklerdir.

Genel manada inşaat projelerinde özel olarak ise liman inşaatı projelerinde yer alan risk ve belirsizlikleri inceleyecek olursak, bu risklerin ve belirsizliklerin birbirinin sebebi veya sonucu olarak kabul edildiğini göreceğiz. Bu nedenle riskler ve belirsizlikler birbirleriyle ilişkilidir, bu da bu risklerin bir seri olarak kabul edildiği anlamına gelir, yani her türlü risk türünün diğer ilgili risk türüne yol açabileceği anlamına gelir ki bu, Çizelge 6.9'da açık şekilde görülmektedir. Örneğin siyasi riskler ekonomik risklere, bunlar da fiziksel risklere dönüşebilir, bunun tersi de söz konusudur ve bundan sonra da

bu risklerin sonucu olarak da bu riskler, projenin zamanlamasında ve maliyetinde aşımara sebep olarak projenin tarafları arasında anlaşmazlıklar çıkmasına, belki de projenin durmasına sebep olacaktır. Dolayısıyla, Şekil 3.2'de belirtildiği gibi Bölüm 3.2'de önerilen risk yönetimi çerçevesine dayalı riskleri doğru bir şekilde yönetmek ve önlem almak için riskleri iyice tanımlamak ve bu risklerin nedenlerini ve sonuçlarını bilmek çok önemlidir. Örneğin, kıyı projeler için risklere karşı alınabilecek önlemler ve uygulanabilecek tepki stratejileri ve Çizelge 6.21'de verilmiştir:

Kıyasal projelerden olan liman inşaatı projelerinde, inşaat aşamasına başlamadan önce proje gözden geçirilmelidir, çünkü projenin gözden geçirilmesi, proje parametrelerindeki aşımaları azaltmada etkili bir rol oynamaktadır. Örneğin, proje revizyonları kapsamında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Liman ve Kıyı Mühendisliği Araştırma Merkezi, matematik modelleme ve fiziksel modelleme kullanılarak bazı çalışmalar gerçekleştirmiştir. Esrarı'nın tezinde sunulduğu üzere, bu çalışmalardan birisi, 1998 yılında Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen Mersin Yat Limanı projesidir. İlk başta, önerilen plan ve Bakanlığın ortalama değerine göre ocak taşının toplam maliyeti 1,702,677.41\$ olarak tahmin edilmiş, ODTÜ tarafından revize edilmiş plana ve ortalamaya göre ise revize edilmiş toplam ocak taşı maliyeti 2,100,310.01\$ olarak hesaplanmıştır. Bu farklardan da görüleceği gibi, revizyonlardan sonraki değer ilk tahminden %23.35 daha yüksek olsa da, Monte Carlo ilkelerine göre yapılan risk analizi sonucunda dağılımın ortalama değeri 2,499,608.10\$ olarak bulunmuştur. Daha önce gösterildiği gibi, analizin sonuçları ortalama olarak %46,8'lik bir artışı göstermektedir, ör., bu artışın neredeyse yarısı inşaat başlamadan önceki tasarım problemleri sebebiyle gerçekleşmiştir. Önerilen planlar ve ortalamaya dayanarak, ilk maliyet tahminleri geçerliliğini yitirmiştir. Bu sebeple, kıyasal projelerde yüklenicinin mukayeseli bir maliyet tahmini yapabilmesi için proje revizyonlarının yapılması çok önemlidir. Diğer bir ifadeyle, proje revizyonlarından sonraki tahminler, tasarım risklerinin neredeyse ortadan kalktığı ve projenin hedeflerindeki bu tahminden beklenen sapmanın önceki kadar fazla olamayacağı anlamına gelmektedir. Sapmalar Çizelge 6.21'de gösterilen ve bazıları çevresel şartlar, fiziksel riskler, hava muhalefeti, ekstrem olaylar, gibi kontrol edilmesi zor olan, diğerleri ise inşaatla alakalı tespit riskleri gibi kontrol edilebilen risklerden kaynaklanıyor olacaktır.

Çizelge 6.22. Liman projelerinde maliyet ve zaman aşımını etkileyen faktörler ve bu aşımın çözümleri için önerilen politikalar

Risk Faktörleri	Açıklama veya Risklerin Nedenleri	Risklerin Etkileri	Risk Yönetimi Stratejileri	Alınabilecek Önlemler
Finansal, Ekonomik ve Politik	Yetersiz Bütçe veya Bütçe Sorunları, Eş zamanlı olarak başlatılan proje sayılarının artırılması, Enflasyon, Döviz dalgalanması, Bürokratik engellemeler, Yasal kısıtlamalar.	İnşaat süreci öngörülen takvim ve maliyet tahminleri doğrultusunda ilerleyemez, Fiziksel risklere yola açar ve tam tersi, Politik risklere yola açar ve tam tersi,	Risk Tutma, Risk Transferi, Risk Paylaşımı, Riskten Kaçınma.	Eş zamanlı olarak başlatılan proje sayılarının azaltılması, Mali araçlar geliştirilmesi, örneğin sabit fiyatlarla çalışmak. Döviz kurlarındaki değişimin dikkate alınarak mutabakat sağlanması
Ekstrem Olaylar ve Şantiye Şartları	Kıyı projelerinde kontrol edilmesi en zor risk kategorileridir, Denizde dalga hareketleri ve fırtına olması *, Genel olarak, çevresel etkilerden kaynaklanan tüm hasar veya riskler	Kıyıdaki yapıda, dalgakıranda olduğu gibi, meydana gelen hasar veya zarar, Dalga ve dip akıntısı, ağır hava şartlarının olduğu dönemlerde dip taramasından sonra oluşan boşluğu tekrar doldurmaya çalışacaktır ve Dalga eylemi, inşaat sırasında ocak taşlarını sökmeye çalışacaktır, dolayısıyla, malzeme miktarıyla ilgili yapılacak ilk tahmin ve gerçekleştirilecek tahmini farklı olacaktır.	Sigorta, Risk Transferi.	Yükleniciler çevresel olaylar ve ekstrem olaylara ait risklere karşı sigorta yaptırmalıdır, İnşaat sırasında yapı elemanlarına yeterli sıkıştırma yapılması yapılmalıdır ve Bu projeler liman projelerinde uzman olan yüklenici firmalar tarafından yürütülmelidir, Dalgakırının kesitsel ağırlığına göre maliyet ve zamanlamayı hesaplayın. **
Fiziksel	Kıyı inşaatı şantiyesindeki zor şartlardan dolayı	Makina ve ekipmanların zarar görmesi, Deniz suyu makinelerine zarar verir. İnşaat alanında vinç gibi makineler çalışmıyorsa çalışmayı bırakın, çünkü bu şekilde inşaat ilerlemeyecektir İşgücü potansiyeli israf edilecektir, Daha fazla taş kaybedilecektir,	Risk Transferi, Risk Azaltma, Risk Önleme, Sigorta.	Yüklenici, inşaat alanına yeni bir vinç getirebilmelidir, İnşaat sırasında, dalgakırın, fırtına döneminde dalgalara karşı durabilecek şekilde korunmalı ve bölümlere ayrılmalıdır, Fiziksel riskleri önlemek için alınacak önlemler gerekli bir stratejidir.
Hava Muhalefeti	Bu risk inşaat ile ilgili risklerden olarak kabul edilmekte, kötü hava koşullarından dolayı özellikle ve açıkça liman inşaatında görülmektedir. Sakin mevsimde kötü hava.	işte ani olarak aksaklığa sebep olur ve zaman kaybına yol açar. Dalgakırının korunaksız kısımları, şiddetli ve sürekli dalga hareketlerinden zarar görebileceğinden hasar kaçınılmaz olabilir.	Sigorta, Risk Transferi	Liman inşaatları için inşaat sezonu etkin olarak değerlendirilmeli.
Tespit Çalışmaları	Bu risk de inşaat ile ilgili risklerden kabul edilmektedir. Bunun ortaya çıkma sebebi ise, inşaat esnasında yanlış malzeme kullanılması veya hatalı montaj gibi inşaat hatalarıdır.	Dalgakırının dayanıklılığını azaltır Hasara yol açar	Sigorta, Risk Transferi, Risk Önleme,	Doğru malzemeyi doğru yerde kullanma İnşaat süreci devam ederken oluşabilecek inşaat hatalarını tespit et Müşteri uzman yüklenicilerle çalışmalıdır

Çizelge 6.22. (devam) Liman projelerinde maliyet ve zaman aşımalarını etkileyen faktörler ve bu aşımları çözmek için ve önerilen politikalar

Risk Faktörleri	Açıklama veya Risklerin Nedenleri	Risklerin Etkileri	Risk Yönetimi Stratejileri	Alınabilecek Önlemler
Tasarım	<p>Liman projelerinde neredeyse her zaman mevcut olan yetersiz detaylandırma ve hata ve ihmallere yetersiz tasarıma yol açmaktadır, Bu risk, çok fazla sayıda projenin aynı anda birlikte başlatılmasıyla ortaya çıkmaktadır, çünkü projeler genellikle zaman ve çaba açısından yetersiz olmaktadır; örneğin dalgakıran inşasında iki ayrı yerde uzunluk ve yön aynı olsa da dalga iklimi aynı olmayacaktır. Determinist bir yaklaşımla yapılan tasarımlar riske sebep olabilir, Farklı yüzey altı şartları</p>	<p>Bu risk, tamamıyla yükleniciye devredilebilir, Sözleşmede usulle ilgili önemli değişiklikler yapılmalıdır, Yetersiz tasarım sebebiyle, malzeme miktarı, planlama ve programlamasıyla ilgili yapılan ilk tahminlerle ortaya çıkan netice arasında fark olacaktır. İnşaat sırasında yapısal hasar,</p>	<p>Risk Transferi, Risk Azaltma, Risk Önleme, Sigorta.</p>	<p>Bu alanla ilgili personel iyi eğitilmelidir, Birbirine benzer olsalar da her projenin birbirinden ayrı şekilde tasarlanması Tercihen olasılık yöntemlerine dayanan bir tasarım olması, çünkü kıyı yapılarının tasarımı olasılıksal yöntemlerle elde edilen bir tasarım dalgası yüksekliğine dayanmaktadır, Her şeyden önce bir yüzey altı analizi yapılması İnşaat aşamasına başlamadan önce projenin planlarını ve kesitlerini gözden geçirin, dalga iklimlerini belirlemek için matematiksel modellemeyi, dalga bozunumlarını ve dalgakıran denge koşullarını belirlemek için ise fiziksel modellemeyi kullanarak revizyonlar yapın.</p>

Notlar:

* Denizin normal hareketleri (normal dalga yükseklikleri) hariç tutulmuştur,

*Fırtınanın süresi yeteri kadar uzun olmalıdır, ör., fırtına sözleşmede belirtilenden daha uzun sürmelidir.

** Hesaplamalarda hacim kullanılırken, yapım sırasında problemler ve hatalar meydana gelir, çünkü deniz tabanı hareketlidir ve birçok değişiklik meydana gelebilir.



7. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Önceki bölümlerde belirtildiği gibi, bu tezin temel kapsamı müteahhitlerin ve müşterilerin proje süresini ve bütçesini daha doğru tahmin etmelerine yardımcı olmak, inşaat aşamasında risk faktörleri göz önüne alınarak kıyı yapısının inşaat işlerini, hem proje yönetimine dayalı ağ planlaması hem de risk değerlendirmesine dayalı güvenilirlik için Monte Carlo ilkesinin uygulanması yoluyla optimize etmektir. Ve kıyı projelerindeki risk ve belirsizliklerle ilgili pratik risk yönetim teknikleri kullanarak, karar alıcıya kıyı inşaat projelerindeki risklerinin yönetiminde yardımcı olmaktır. Bu bölümde, çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

1. Bu çalışmada, Arsin Balıkçı Barınağı taş kategorisinin inşaatı işine ait tamamlanma süresinin ve toplam maliyetinin tahmini için hem şebeke ağına (CPM)'a ve Birim Fiyatına dayalı proje yönetimi, hem de Monte Carlo ilkesine dayalı risk analizleri gerçekleştirilmiştir.
2. Tasarım aşamasında risk ve belirsizlik ve inşaat aşamasında liman yapılarının zarar görme riski, üç zamanlı tahmin yöntemi, geçmişe ait veriler, geçmiş deneyimler ve Monte Carlo ilkesi kullanılarak maliyet tahminine ve programlamaya dâhil edilebilir.
3. Monte Carlo simülasyon modelinde, tamamlanma süresi ve toplam maliyetleri, liman yapılarının inşaat aşamasının tasarım ve yürütülmesi safhalarından kaynaklanabilecek toplam belirsizliğin etkilerini tahmin etmek amacıyla, Türkiye'de gerçekleştirilmiş olan benzer projelerden istatistiksel olarak tespit edilen normal olasılık dağılımı kullanılarak, rassal değişkenler olarak modellenmiştir.
4. Bu tezde, Arsin Balıkçı Barınağı taş kategorisinin inşaatı işine ait ihale aşamasındaki taş imalatlarının ilk fiyat tutanağı, 2014 yılındaki Birim Fiyatı kullanılarak ve aynı zamanda, proje sonundaki maliyetleri, 1977-1988 yılları arasında Türkiye'de yürütülen 15 limana ait ilk maliyet değerleri ile sonundaki maliyetleri arasındaki fark oranını kullanılarak belirlenmiştir.
5. Ayrıca bu tezde, Arsin Balıkçı Barınağı taş kategorisinin inşaatı işine ait normal tahmin Sürelerini belirlenmesi amacıyla, CPM dayalı MS Project 2016 kullanılarak şebeke ağı (iş programı) uygulanmıştır.
6. Şebeke ağındaki bulunmuş olan kritik yörünge ve üzerindeki bulunan kritik faaliyetleri, en iyimser süre (a), en olası süre (m), ve en kötümser süre (b), 1987-1995 yılları arasında

Türkiye'de faaliyete geçen 11 liman inşaat ve onarım projesinin beklenen tamamlanma süresi tahminindeki sapmaları kullanılarak belirlenmiştir.

7. Kritik aktiviteleri için üç noktalı tahmin tekniğini dayalı ve basit ortalama yöntemi yardımıyla Monte Carlo analizi için kullanılacağı normal dağılımdaki istatistiksel parametrelerinin hesaplanması mümkündür.
8. Belirsizliği içeren beklenen tamamlanma tarihini ve toplam maliyeti hesaplamak için ve üç noktalı tahmin tekniğine dayalı ağırlıklı ortalama yöntemi (PERT Formülü) yerini basit ortalama yöntemi kullanmayı önerilmiştir, çünkü basit ortalama yöntemi üçgen dağılımına dayanmakta ve ortalama ve standart sapma ifadelerinde ortaya çıkabilecek olası hata beta dağıtımını kullanıldığında, üçgen dağılımı kullanıldığında kaçınılabilmektedir.
9. İki farklı yöntemle gerçekleştirilen çalışma sonuçları incelendiği proje bitiş süresi açısından muazzam bir fark olduğu görülmektedir. Bu çalışmada gösterdiği gibi, kritik yol metodu (CPM)'na göre proje bitiş süresi 534 gün iken MCS'na göre ve 50% olasılıkla, proje bitiş süresi olarak 776'da olmaktadır. Aynı şekilde, proje toplam maliyeti açısından Birim Fiyatına göre toplam maliyeti 1,554,345.411\$ iken MCS'na göre ve 50% olasılıkla, proje toplam maliyeti 1,939,384.11\$ olarak belirlenmiştir. Bu varyasyonun sebebi, MCS'nun uygulanmasıyla ve faaliyetlerin modellenmesinde kullanılan normal olasılık dağılımlarının belirsizlik etkilerini dahil olmaktadır.
10. Kıyı projelerinde süre ve maliyet aşımına uğramaktan kaçınmak için hasar riski inşaat aşamasında en aza indirilmeli ve hasar riskini azaltmak için fırtınalı mevsimin başlamasından önce inşaat bölüm bölüm yapılmalıdır; her bölüm, faaliyetler yoğunlaştırılarak tamamlanmalı ve koruma tabakası alt tabakaların yerleştirilmesinden sonra en kısa sürede yerleştirilmelidir çünkü bu tabaka alt tabakaları ve esas tabakayı hasar görmekten koruyacak önemli bir tabakadır.
11. MCS'nun uygulamasından çıkan raporlarındaki olan duyarlılık (sensitivity) grafiğe göre (0-0.4) çekirdek tabakası dökümünü analizde en fazla etkin olduğunu ve en kritik girdi değişkeni olarak göstermektedir. Buna karşılık, (0-0.4) çekirdek tabakası dökümü kısımlar halinde korumalı olarak yürütülmediğinde halde, belirsizlik ve risk faktörlerinin daha fazla etken olduğunu görülmektedir.
12. Genel olarak, ana dalgakıranın inşaatı ağdaki en uzun yolu alır, bu da çoğunlukla bu yolun kritik yol olarak kabul edildiği ve ana dalgakıranın yapım süresinin aslında projenin tamamlanma süresi olduğu anlamına gelir. Bu nedenle, bu yolda ağ

konfigürasyonunda ortaya çıkan bir hata projenin tahmini tamamlanma süresini etkileyecektir.

13. Ana dalgakıranın yapılmasının başlıca hedefi, ağır hava koşullarının başladığı mevsimlerde limanı dalga ve akıntı hareketlerinden korumaktır. Yani, ana dalgakıran en yüksek aşınma ve hasar riskine maruz kalacaktır ve bu, inşaat aşamasında limandaki en önemli unsur olarak ele alınmalıdır. Örneğin, ana dalgakıran koruma tabakası yerleştirilmeden yapılırsa, hasar riski kontrol edilemeyip önemli ölçüde artacaktır.
14. İnşaat sırasında kıyı yapılarına olan sürekli dalga yüklemelerinden dolayı yapısal hasar riski, diyelim ki $> \%5$ yüksek olursa, dalgakıran yılın daha sakin mevsimlerinde inşa edilmelidir. Öte yandan, hasar riski diyelim ki $> \%5$ daha düşük olursa, dalgakıran inşaatı yıl boyunca, hava şartlarının olumsuz olduğu mevsimler de dâhil, devam edebilir.
15. Projenin kontrol edilmesi önemli olup, projenin yaşam döngüsü boyunca periyodik olarak güncellemesi ve planla reel ilerlemeyi karşılaştırarak projenin maliyetini ve zamanını önemli ölçüde aşmadan yaklaşık olarak planlandığı gibi tamamlaması için kıyı inşaatı projelerinde kullanılması önerilir. Projenin ilerlemesini düzenlemek ve yönlendirmek, aşımaların nedenlerini bulmamızı ve doğal olarak, projenin problem alanlarındaki çözümleri bulmamızı sağlar, örneğin, faaliyetlerin yeni süreleri ve maliyetleri hesaplanabilir ve aynı zamanda kaynakların daha verimli bir şekilde kullanımı sağlanabilir.
16. Liman yapıları söz konusu olduğunda, MCS aracılığıyla yapılan olasılık analizine dayanan risk analizi marifetiyle gerçekleştirilen planlamanın önemi, tezin uygulama bölümünde ve bu iki alternatifin sonuçları arasındaki farkları gösteren Çizelge 7.1 ve 7.2'de açıkça gösterilmektedir; buna göre, örneğin, önerilen yaklaşımla, inşaat sırasındaki hasar olasılığı, kıyı inşaatı projelerinde var olan belirsizlik kaynakları ile yan yana değerlendirilerek, bu suretle, projenin performansı, risk ve belirsizlik konusundaki varsayımları göz ardı eden geleneksel metotlara kıyasla daha doğru bir şekilde ve daha iyi tahmin edilebilecektir.

Çizelge 7.1. Tamamlanma süresinin için monte-carlo simülasyonu (MCS)'dan ve kritik yol metodu (CPM)'dan çıkan sonuçların karşılaştırma

Yöntem →	CPM	MCS									
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Tamamlanma Süresi (gün)	534	713	735	750	763	776	788	801	816	837	960

Çizelge 7.2. Toplam maliyet için monte-carlo simülasyonu (MCS)'dan ve birim fiyatı (BM)'den çıkan sonuçların karşılaştırma

Yöntem →	BM	MCS									
Olasılık		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Toplam Maliyeti (\$)	1,554,3 45.41	1,801,7 91.47	1,850,0 82.23	1,883,7 94.99	1,913,1 09.17	1,940,6 17.21	1,966,6 73.64	1,994,9 23.68	2,027,7 43.80	2,074,9 73.77	2,329,1 48.31

17. İyi bir zamanlama ve maliyet tahmini yapmak çok önemli olmakla birlikte, özellikle liman inşaatları göz önüne alındığında, bunun geleneksel metotlarla yapılması imkânsızdır; çünkü bu tarz projeler, karada yapılan inşaat projelerindeki risklerin tamamıyla beraber deniz çevresinde bulunmaktan kaynaklanan riskleri de taşımaktadır ki bu da bizi tarihi veriler ve geçmişe ait tecrübelere dayalı risk yönetimi kavramına götürür. Risk yönetimi, projenin yaşam döngüsü üzerinde daha ayrıntılı risk algıları ve etkileşimleri sunup tatmin edici sonuçlar veren çok faydalı hayati bir araç olarak kabul edilmektedir, yani risk yönetimi, bu risklere verilen karşılıkların seçilmesi, projenin hedeflerindeki aşımaların önlenmesi veya en aza indirilmesi ve karar vericilerin doğru zamanda daha iyi karar vermesine yardımcı olarak daha iyi tasarım ve planlamayı olanaklı kılmaktadır. Dolayısıyla, sonuç olarak, müşterilerin ve yüklenicilerin risk tanımlaması, analizi ve yanıtını sistematik bir şekilde elde etmeyi sağlayan risk yönetim sistemini kullanmak üzere iş birliği yapmaları tavsiye edilir.
18. Türkiye'de, finansman sorunları, proje revizyonları, örneğin tasarım riskleri, iklim koşulları ve taş ocağı problemleri liman inşaat projelerindeki belirsizliklerin büyük bir yüzdesi olarak ortaya çıkar, aslında, finansman sorunları ve proje revizyon riskleri belirsizliklerin kaynağının yüzde 51,4'ünü temsil eden tüm kamu sektörü projelerinde ortaya çıkabilir, fakat belirsizliklerin başlıca kaynakları arasında yer alan deniz nedenleri, iklim koşulları ve taş ocağı sorunları 29,7'lik bir yüzdeyi temsil eder. Aslına bakılırsa, birçok projenin aynı anda başlaması ve farklı özelliklere sahip projelerin birlikte değerlendirilmesi finansman sorunlarına sebep olmaktadır; proje için gerekli olan bütçenin tahsisi adına, her bir proje için proje ile planlama arasında ayrı ayrı bir bekleme zamanı olması gerekir. Tasarım risklerinin ortadan kaldırılması büyük bir sorun değildir, bu, tüm risk kategorileri arasında en çok kontrol edilebilen risk olarak kabul edilir. Liman inşaat projelerinde matematiksel ve fiziki modeller kullanılarak dalgakıran düzeninin optimize edilebilmesi, limanlarda şamandıraların iyi korunması ile ekonomik kısıtlılıkların karşılanmasını sağlar.

19. Türkiye’de inşa edilen kıyı yapıları genel olarak kamu bütçesi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ancak bu projelerin özel sektör bütçesi ile yapılması halinde kredi kuruluşları devreye girecektir. Kredi kuruluşlarının dikkat ettiği en önemli hususta bu tezde bahsedilen risk kavramıdır. Özel sektör kuruluşları kıyı yapılarının ihalesini almaları halinde bu tezde kullanılan yöntemleri kullanarak kredi kuruluşlarından kredi alma şanslarını arttıracaklardır.
20. Bu çalışmada kullanılan yöntem ve gerçekleştirilen analizlerde veri seti olarak Türkiye örneği irdelenmiş olup, çalışmanın geliştirilmesi amacıyla bir sonraki adımda kullanılan yöntemin diğer ülke şartlarında nasıl sonuç verdiğinin tespiti gerçekleştirilebilir. Yani bu çalışma da kullanılan veri setleri değiştirilerek ülkelerin durumları tespit edilip ardından bu tezdeki kullanılan MCS yöntemi için pratikte istatistiksel parametreler bağlı olarak değişim katsayısı, ortalama ve standart sapma gibi ülkeler şartlarına bağlı olarak bu katsayılar hesaplanarak bu yöntem uygulanabilmektedir. Buna bağlı olarak ta eldeki tüm risk faktörlerini nasıl müdahale edebileceğini, çizelgeleştirme ve diğer değerlerini belirlenme yapmak mümkün olabilmektedir. Ve ileri bir seviyede, ülkeler arası sonuçlar karşılaştırma yapabilmektedir.
21. Gelecekte yapılacak çalışmalar için diğer inşaat bileşenlerinde de içeren daha ayrıntılı ve daha fazla denklemden oluşan daha kompleks modeller kullanılarak daha hassas çözümler elde edilebilir. Örneğin, bu çalışma hemen hemen bütün Arsin liman inşaatı projesini kapsayacak şekilde planlanmış olsa da, bu çalışmada, diğer liman bileşenlerine dair tarihi verilerin eksikliğinden ötürü, maliyet tahminleri olarak sadece dalgakıran, çekek yerleri ve rıhtımın yapımında kullanılan ocak taşının toplam maliyetinin hesaplanması gerçekleştirilebilmiştir, bu nedenle, gelecekteki çalışmalar, her bir risk kategorisinin, aynı zamanda özel proje ortamına göre etkilerini ve tepkilerini belirlemek, risklerle yüzleşmek ve maliyet ve zaman aşımalarını önlemek veya en aza indirmek üzere yeni politikalar önermek için bütün bir kıyı inşaatı projesini kapsamalıdır.



KAYNAKLAR

1. Balas, C.E. (1998). *A Reliability-Based Risk Assessment Model For Coastal Projects*. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
2. Hamadeh, M., Nayfeh, M. and Omar, A. (2012). Risk management of the construction stage for the construction projects in syria. *Damascus University Journal*, 28(1), 129-150.
3. Callahan, M.T., Quackenbush, D.G. and Rowings, J.E. (1992). *Construction project scheduling*. New York: McGraw Hill.
4. Oberlender, G.D. (2000). *Project management for engineering and construction*. (Second edition). New York: McGraw Hill.
5. Gould, F.E. and Joyce, N.E. (2002), *Construction project management*. (Professional edition). New Jersey: Prentice Hall.
6. Lockyer, K. and Gordon, J. (2005). *Project management and project network techniques* (Seventh edition). Great Britain: Prentice Hall,
7. Gido, J. (1985). *An introduction to project planning*. New York: Industrial Press Inc.
8. İnternet: PEM, 360. (2016). Kapsam yönetimi - 3 adımda proje yönetimi iş ayırımı yapısı oluşturun, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.pem360.com%2Fblog%2FProjectManagement%2FKapsam-Yonetimi---3-Adimda-Proje-Yonetimi-Is-Ayrim-Yapisi-Olusturun%2F262&date=2018-06-27>, Son Erişim Tarihi: 16.12.2017.
9. Balas, C.E. (1992a). *Application of Network Planning Techniques to Multiple Unit Construction Projects of Harbors*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
10. T.C. Ulaştırma Bakanlığı. (2007). *Kıyı yapıları ve limanlar malzeme, yapım, kontrol ve bakım onarım teknik esasları*. Ankara: Demiryolları, Limanlar, Havameydanları İnşaat Genel Müdürlüğü, Yüksel Proje Uluslararası.
11. Tsinker, G.P. (2004). *Port engineering: planning, construction, maintenance, and security*. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
12. Yüksel, Y. ve Çevik, E. (2010). *Liman mühendisliği* (2. Baskı). Ankara: Beta Basım.
13. Yüksel, Y., Çelikoğlu, Y. ve Çevik, E. (1998). *Kıyı ve liman mühendisliği*. Ankara: İnşaat Mühendisliği Odası.
14. U.S. Army Corps of Engineers (2002). *Coastal Engineering Manual* (Sixth edition). Washington: Army Corps of Engineers.
15. Önder, M. B. (2000). *Güvenilirliği Dayalı Monte-Carlo Benzeşimi İle Kıyı Projelerinde Risk Değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

16. Akçaoğlu, V. (2000a, 5-7 Ekim). *Dalgakıranların liman tarafındaki şevleri üstüne su içinde beton dökerek rıhtım yapımı*. 3. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumunda sunuldu, Çanakkale, 185-192.
17. T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. (2016). *Kıyı yapıları planlama ve tasarım teknik esasları*. Ankara: Alt Yapı Yatırımları Genel Müdürlüğü.
18. Perry, J. G. and Hayes, R. W. (1985). Risk and its management in construction projects. *Engineering Management Group, Proceeding of the Institution of Civil Engineers*, 1(78), 499-521.
19. Sempebwa, K. R. (2014). *Project uncertainty management*. Ders Notları, Atlantic Uluslararası Üniversitesi, USA: Pioneer Plaza.
20. Calzadilla, E. Awinda, K. and Parkin, A. (2012). An examination of the risk management process in Venezuelan construction projects. In: Paper presented at Smith, S.D (Ed) *Procs 28th Annual ARCOM Conference, Edinburgh, UK, Association of Researchers in Construction Management*, 1209-1218.
21. Jackson, S. H., Griffith, A., Stephenson, P. and Smith, J. (1997). Risk management tools and techniques used when estimating initial budgets for building projects, In: Stephenson, P (Ed.). 13th Annual ARCOM Conference. *King's College, Cambridge, Association of Researchers in Construction Management*, 1(123-32).
22. Raftery, J. (2003). *Risk analysis in project management*. (Second edition). London: Taylor and Francis e-Library.
23. Esrarı, A.M. (1998). *Risk Analysis and Cost Simulation of Coastal Projects*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
24. Al-Bahar, J. F. and Crandall, K. C. (1990). Systematic risk management approach for construction. *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, 116(3), 533-546.
25. Washington State Department of Transportation (2014). *Project risk management guide*, Washington.
26. İnternet: Association for Project Management (APM). (2004). Project risk analysis and management guide, APM: URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.apm.org.uk&date=2018-06-27>, Son Erişim Tarihi: 18.02.2018.
27. Flanagan, R. and Norman, G. (1993). *Risk management and construction*. Australia: Blackwel Science.
28. Banaitiene, N. and Banaitis, A. (2012). *Risk management in construction projects*. In book: Risk Management – Current Issues and Challenges, Chapter 19, New Jersey: Prentice Hall.
29. Uğur, L. O. (2006). *İnşaat sektöründe riskler ve risk yönetim*. Ankara: Türkiye Mühendisler Birliği, 38.

30. Winston, W.L. (2004). *Operations research applications and algorithms*. (Fourth edition). California: Duxbury Press, Pacific Grove.
31. Hojjati, N. S. and Noudehi, R.N. (2015). The use of monte carlo simulation in quantitative risk assessment of IT projects. *Int Journal Advanced Networking and Applications*, 7(1), 2616-2621.
32. Birgönül, M.T. ve Dikmen, İ. (1996). İnşaat projelerinin risk yönetimi. *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergisi*, 97, 1305-1326.
33. Touran, A. (1993a, 01 March). Probabilistic cost estimating with subjective correlation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 119(1), 112-125.
34. Birgönül, M.T. ve Dikmen, İ. (1996). *Projelerin değerlendirilmesinde risk analizi yaklaşımı*. 1. Yapı İşletmesi Kongresi, İzmir.
35. Archibald, R.D. and Yilloria, R.L. (1967). *Network-based. Management Systems (PERT/CPM) (Information Sciences Series)*, New York:John Wiley & Sons Inc.
36. Hendrickson, C. and Tung, A. (2008). *Project management for construction fundamental concepts for owners, engineers, architects and builders*. (Two edition). Pittsburgh: Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University,
37. Rasdorf, W.J. and Abudayyeh, O.Y. (1991). Cost- and schedule-control integration: Issues and needs. *Journal of Construction Engineering and Management*, 117(3), 486-502.
38. T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (2014). 2014 yılı liman ve deniz inşaatı işlerine ait birim fiyat ve analizleri. Ankara: Alt Yapı Yatırımları Genel Müdürlüğü Yayınları.





EKLER

(Ekler Tezin arka kapağında CD ortamında verilmiştir.)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BARHOOM, Nidal A. N.
 Uyuğu : Filistin
 Doğum tarihi ve yeri : 14.02.1988, Gazze
 Medeni hali : Bekar
 Mobil : 0 (553) 561 90 10
 e-mail : nbarhoom14@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi /İnşaat Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	İslamic University of Gaza /İnşaat Mühendisliği	2011
Lise	Al shohdaa Lisesi	2006

İş Deneyimi

-

Yabancı Dil

İngilizce, Türkçe

Yayınlar

Barhoom, N.A. ve Balas, C.E. (2018). Development of Construction Planning Strategies for Coastal Project using Monte Carlo Simulation. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 3(8), 26-34.

Hobiler

Seyehat Etmek, Okumak



GAZİ GELECEKTİR..

