



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
MİMARLIK PROGRAMI**

**İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİN PROJE BAŞARISI  
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ; İSKİ BALTALIMANI  
BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ  
İNŞAATININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS**

**ANIL AKSOY**

**İSTANBUL, 2021**



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
MİMARLIK PROGRAMI**

**İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİN PROJE BAŞARISI  
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ; İSKİ BALTALIMANI  
BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ  
İNŞAATININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS**

**ANIL AKSOY  
(190201005)**

**Danışman  
(Dr. Öğr. Üyesi Burcu Balaban Ökten)**

**İSTANBUL, 2021**

14/ 07/2021

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Mimarlık Anabilim Dalı'nda 190201005 numaralı Anıl AKSOY'un hazırladığı "İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Maliyet, Zaman ve Risk Analizi İncelemesi "konulu Mimarlık Tezli yüksek lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 14/07/2021 Çarşamba günü saat 10:00 'da yapılmış, sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE** karar verilmiştir.

**Tez Adı Değişikliği Yapılması Halinde:** Tez adının "İşgücü Verimliliğinin Proje Başarısı Üzerindeki Etkisi; İski Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatının İncelemesi" şeklinde değiştirilmesi uygundur.

Jüri Üyesi	Tarih	İmza
(Danışman) Dr. Öğr. Üyesi Burcu BALABAN ÖKTEN	14/07/2021	<b>KABUL</b>
Dr. Öğr. Üyesi Yaprak ARICI ÜSTÜNER	14/07/2021	<b>KABUL</b>
Dr. Öğr. Üyesi Nur ATAKUL	14/07/2021	<b>KABUL</b>
(İkinci Danışman)		
*.....	.../ .../20...	.....
*.....	.../ .../20...	.....

\*2. Danışman varsa doldurulacak

## **BEYAN/ ETİK BİLDİRİM**

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağlı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

ANIL AKSOY

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam sürecinde tecrübesi ile yol göstereren, bilgi birikimi ile ufkumu açan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Burcu Balaban Ökten'e, gösterdiği anlayış ve sabırdan dolayı teşekkür ederim. Alan çalışmasını hazırlarken bilgi birikimi ve desteğini esirgemeyen inşaat mühendisi Sayın Yaşar Gülseren'e teşekkürlerimi sunarım.

ANIL AKSOY

# **İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİN PROJE BAŞARISI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ; İSKİ BALTALIMANI BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ İNŞAATININ İNCELENMESİ**

**Anıl Aksoy**

## **ÖZET**

İnşaat projelerinin, başarılı veya başarısız olmasına sebep olan faktörler vardır. İnşaat projelerinde çalışanların nihai amacı, projenin başarılı olmasıdır. Bu yüzden, inşaat projelerini başarıya ulaştıracak faktörlerin belirlenmesi ve iyileştirilmesi çok önemlidir. Bir inşaat projesinin başarılı olabilmesi için “Demir Üçgen” olarak adlandırılan maliyet, zaman ve kalite faktörlerini karşılaması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar; maliyet, zaman ve kalite faktörlerini etkileyen en önemli faktörlerden birinin, işgücü verimliliği olduğunu göstermektedir. İnşaat projelerinde işgücü verimliliğini arttırmak; maliyet, zaman ve kalite kriterlerinin iyileştirilmesi için kullanılması gereken bir yöntem olarak görülmektedir. İşgücü verimliliğini etkileyen bir çok faktör bulunmaktadır. Projelerin başarılı olabilmesi için, işgücü verimliliğini etkileyen önemli faktörlerin tespit edilmesi ve iyileştirilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasının hazırlanmasındaki amaç; inşaat projelerinin başarılı olmasını etkileyen maliyet, zaman ve kalite faktörlerinin ve işgücü verimliliğinin araştırılması, işgücü verimliliğini etkileyen faktörlerin literatür taraması ile belirlenmesi ve belirlenen faktörler ile alan çalışması için seçilen İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı'nın işgücü verimliliğini değerlendirerek, sorunlara çözüm önerileri getirmektir.

Bu çalışma, iki yöntemden oluşmaktadır. İlk yöntem, kapsamlı bir literatür taraması ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan literatür taramasında, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli on faktör belirlenmiştir. İkinci yöntem, alan çalışması ile devam etmiştir. Alan çalışmasında; İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı'nın işgücü verimliliği, literatür taraması sonucunda belirlenen on faktöre göre değerlendirilmiştir. Araştırmacı, seçilen şantiyede saha mühendisi olarak görev yapmıştır. Veriler, araştırmacı tarafından görev yaptığı süre boyunca gözlemler, işçi ve yöneticiler ile yapılan görüşmeler ve saha incelemeleri ile elde edilmiştir. Literatür çalışmasından ve alan çalışmasından elde edilen veriler, analiz edilerek değerlendirilmiş ve bulgulara göre çözüm önerileri ortaya konmuştur.

Sonuç olarak, belirlenen faktörlere göre İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı'nın işgücü verimliliğinin değişkenlik gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Belirli faktörlerin, işgücü verimliliğini düşürdüğü gözlemlenmektedir. İşgücü verimliliğinin düşmesi; projenin maliyet, zaman ve kalite standartlarını düşürerek projenin başarılı olmasını engelleyecektir. İnşaat projelerinin başarılı olabilmesi için, yöneticilerin şantiyedeki işgücü verimliliğini her zaman takip etmesi ve olumlu veya olumsuz etkileyen faktörler üzerinde çalışma yapması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler; **başarı ve başarısızlık, maliyet, zaman, kalite, işgücü verimliliği.**

**EFFECT OF LABOR EFFICIENCY ON PROJECT SUCCESS;  
INVESTIGATION OF THE CONSTRUCTION OF İSKİ  
BAL TALİMANI BIOLOGICAL WASTEWATER  
TREATMENT PLANT**

**Anıl Aksoy**

**ABSTRACT**

There are many factors that can cause construction projects to succeed or fail. The ultimate goal of those working on construction projects is success of the project. Therefore, it is very important to identify and improve the factors that will make a construction project successful. In order for a construction project to be successful, it must meet the cost, time and quality factors called "Iron Triangle". Studies show that one of the most important factors affecting cost, time and quality factors is labor productivity. Increasing labor productivity in construction projects is seen as a method that should be used to improve cost, time and quality criteria. There are many factors affecting labor productivity. In order for the projects to be successful, it is necessary to identify and improve the important factors affecting labor productivity.

The purpose of the preparation of this thesis is to investigate the cost, time and quality factors and labor productivity that affect the success of construction projects, to determine the factors affecting labor productivity through literature review, and to evaluate the labor efficiency of the construction of İSKİ Baltalimani Biological Wastewater Treatment Plant selected for fieldwork with the determined factors and to offer solutions to the problems.

This study consists of two parts. In the first part, a comprehensive literature review was carried out. In the literature review, the ten most important factors



affecting labor productivity were determined. The second part continued with fieldwork. In the fieldwork, the labor efficiency of the construction of İSKİ Baltalimanı Biological Wastewater Treatment Plant was evaluated according to ten factors determined as a result of the literature review. The researcher worked as a field engineer at the selected construction site. The data required for the fieldwork were obtained through the observations of the researcher, interviews with workers and managers, and works at the construction site during his tenure. The data obtained from the literature review and fieldwork were analyzed and evaluated, and solutions were suggested according to the findings.

As a result, it is revealed that the labor productivity of İSKİ Baltalimanı Biological Wastewater Treatment Plant Construction varies according to the determined factors. Certain factors are observed to reduce labor productivity. Decreased labor productivity; it will prevent the project from being successful by reducing the cost, time and quality standards of the project. In order for construction projects to be successful, managers must always monitor the labor productivity at the construction site and work on the factors that affect it positively or negatively.

**Keywords; success and failure, cost, time, quality, labor productivity.**

## ÖNSÖZ

İşgücü verimliliği, inşaat projerinde maliyet, zaman ve kalite faktörlerini doğrudan etkileyen bir başarı kriteridir. Maliyet, zaman ve kalite faktörleri, bir inşaat projesinin başarılı olabilmesi için en önemli faktörlerdir. Bu çalışmada, işgücü verimliliğini etkileyen faktörler belirlenmiş ve alan çalışması kapsamında seçilen inşaat projesinde uygulanarak; faktörlerin etkileri somut bir şekilde ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında, inşaat projelerinde işgücü verimliliğini arttırmaya yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.

Yüksek Lisans eğitim sürecimde, emeği geçen tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Tez çalışmamı hazırlarken; bana değer katan, yol gösteren, motive eden ve gayret sarfetmemi sağlayan saygıdeğer tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Burcu Balaban Ökten'e, aktardığı bilgi birikimi, tecrübe, kazanımlardan ve gösterdiği ilgi, nezaket ve sabrından dolayı teşekkür ederim. Maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim. Özellikle, bu süreçte her türlü sıkıntılarımı hafifleten ve her zaman yanımda durarak destek olan, kıymetli eşim Ayşe Aksoy'a sonsuz teşekkürü borç bilirim.

Ağustos, 2021

ANIL AKSOY

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vii
ÖNSÖZ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
RESİMLER LİSTESİ.....	xv
GİRİŞ .....	1
Çalışmanın Problemi.....	2
Çalışmanın Amacı .....	2
Kapsam ve Yöntem .....	2
BİRİNCİ BÖLÜM.....	5
1. İNŞAAT PROJELERİNDE BAŞARI VE BAŞARISIZLIK KAVRAMI VE BAŞARIYI ETKİLEYEN KRİTERLER .....	5
1.1 İNŞAAT PROJELERİNDE BAŞARI VE BAŞARISIZLIK KAVRAMI.....	5
1.2 İNŞAAT PROJELERİNDE MALİYET, ZAMAN VE KALİTE BAŞARI KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ.....	17
1.3 ZAMAN VE MALİYET AŞIMLARI İLE İLGİLİ METOT VE MODEL ÇALIŞMALARI.....	24
1.3.1 Hızlı İlerleyen Projelerin Risk Değerlendirmesi: Sistem Tabanlı Bir Yaklaşım .....	27
1.3.2 İtalya’da Çok Katlı Beton Yapıların İnşası: Üretkenlik Modelleri ve Öğrenme Eğrileri .....	31

1.3.3 Su ve Atıksu Arıtma Tesisi İnşasının Üretkenliğini Etkileyen Ana Faktörler: ABD'nin Derin Güneyinden Kanıtlar .....	34
<b>İKİNCİ BÖLÜM .....</b>	<b>38</b>
<b>2. İNŞAAT PROJELERİNDE İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİ VE İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER .....</b>	<b>38</b>
2.1 İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	40
2.1.1 Örgütsel Faktörler .....	44
2.1.2 Ekonomik Faktörler .....	49
2.1.3 Fiziksel Faktörler .....	51
2.1.4 Sosyo-Psikolojik Faktörler .....	52
2.2 İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİ ÖLÇMEK İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER .....	53
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM .....</b>	<b>61</b>
<b>3. ALAN ÇALIŞMASI: İSKİ BALTALİMANI BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ İNŞAATI'NIN İNCELENMESİ .....</b>	<b>61</b>
3.1 ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ .....	62
3.2 BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ.....	62
3.3 İSKİ BALTALİMANI ATIKSU ÖN ARITMA TESİSİ .....	68
3.4 İSKİ BALTALİMANI BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ .....	69
3.5 İSKİ BALTALİMANI BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ İNŞAATI İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ....	71
3.5.1 Benzer İşlerde Çalışma.....	72
3.5.2 İşçi Ücretlerinin Miktarı ve Zamanında Ödenmesi.....	73
3.5.3 Tasarım Detaylarının Karmaşıklığı .....	74
3.5.4 Malzemenin Aksamadan Temin Edilmesi.....	77
3.5.5 İşin Kesilip Tekrar Devam Etmesi .....	78
3.5.6 Fazla Mesai ve Vardiyalı Çalışma .....	79

<b>3.5.7 Şantiyedeki İş Disiplini.....</b>	<b>80</b>
<b>3.5.8 İşçilerin Çalışırken Denetlenmesi ve Kontrolü .....</b>	<b>81</b>
<b>3.5.9 Şantiye Yönetimi.....</b>	<b>81</b>
<b>3.5.10 Şantiyedeki Güvenlik ve Sağlık Şartları.....</b>	<b>83</b>
<b>3.6 BULGULARIN TARTIŞILMASI .....</b>	<b>88</b>
<b>SONUÇ.....</b>	<b>95</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>98</b>

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 1.1 : Kritik Başarı Kriterleri.....</b>	<b>14</b>
<b>Çizelge 1.2 : Literatür Tabanlı Kritik Başarı Faktörlerinin Sınıflandırılması.....</b>	<b>15</b>
<b>Çizelge 1.3 : Başarı Ve Başarısızlık Faktörleri İle İlgili Çalışmalar .....</b>	<b>17</b>
<b>Çizelge 1.4 : Zaman ve Maliyet İle İlgili Metot ve Model Çalışmalar.....</b>	<b>27</b>
<b>Çizelge 2.1 : İşgücü Verimliliğini Etkileyen Faktörler.....</b>	<b>44</b>
<b>Çizelge 3.1: İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı İşgücü Verimliliğini Etkileyen Faktörler.....</b>	<b>88</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : Tez İçeriği Akış Şeması.....	3
Şekil 1.2 : Demir Üçgen.....	20
Şekil 1.3 : Rasul vd. (2011) Yaptıkları Çalışmanın Şematik Sunumu .....	23
Şekil 1.4 : Hızlı Proje Riskleri ve Hedeflerinin CLD Döngüsü.....	26
Şekil 2.1: Bu çalışmada kullanılan metodolojinin akış şeması.....	58
Şekil 2.2: Bu çalışmada kullanılan metodolojinin akış şeması.....	61
Şekil 2.3: Kavramsal Model.....	62
Şekil 3.1: Terfi Haznesi.....	66
Şekil 3.2: Dağıtım Yapısı Sistematiği.....	67
Şekil 3.3: Oksidasyon (Havalandırma) Havuzu.....	68
Şekil 3.4: Çökeltme Havuzu.....	69
Şekil 3.5: Deşarj Rögarı ve İletim Hatları.....	70

## RESİMLER LİSTESİ

### Sayfa

<b>Resim 3.1:</b> Mevcut Çalışan Ön Arıtma Tesisi ve Üniteleri.....	<b>72</b>
<b>Resim 3.2:</b> Terfi, Kum ve Yağ Tutucu, Havalandırma Havuzları, Çürütücü Tankları.....	<b>74</b>
<b>Resim 3.3:</b> Çürütücü (Digester) İmalatı.....	<b>76</b>
<b>Resim 3.4:</b> Terfi, Havalandırma Havuzları, Çürütücü ve Asansör Kulesi İmalatları.....	<b>79</b>
<b>Resim 3.5:</b> Trafo Kolon, Kum ve Yağ Tutucu Eğik Perde ve Yürüme Yolu, Kanal Perde İmalatları.....	<b>79</b>
<b>Resim 3.6:</b> Şantiye Alanına Malzemelerin İstiflenmesi.....	<b>81</b>
<b>Resim 3.7:</b> Çürütücü Tanklarda File Uygulaması ve İş Güvenliği Ekipmanları ile Çalışan İşçiler.....	<b>88</b>



## GİRİŞ

Her alanda olduğu gibi inşaat sektöründe de başarı, firmalar için nihai hedef olmaktadır. İnşaat projelerinin başarılı olabilmesi, kritik başarı faktörlerinin doğru tespit edilip geliştirilmesi ile mümkündür. Her inşaat projesini başarıya götürecektir, farklı kritik başarı faktörleri mevcuttur. Proje başarı algısı farklılık gösterdiğinden, proje başarısına katkıda bulunabilecek her olası faktörü, farklı paydaşların bakış açısıyla değerlendirilmesi gerekmektedir (Carvalho vd., 2015).

Maliyet, zaman ve kalite faktörleri proje başarısını etkileyen en önemli faktörler olarak gösterilmektedir (Atkinson, 1999; Ika, 2009; Tabish ve Jha, 2011; Kog ve Loh, 2012; Mokoena vd., 2013; Berssaneti ve Carvalho, 2015). Bir kısım araştırmacılar ve yöneticiler, proje başarısını maliyet, zaman ve kalite hedeflerinin tutturulması olarak değerlendirmişlerdir (Pinnington ve Mir, 2014). Barnes (1988) tarafından, inşaat projelerinin maliyet, zaman ve kalite faktörlerini karşılayıp karşılamadığını anlatan ‘Demir Üçgen’ kavramı sunulmuştur. Demir üçgen kavramı, temel başarı kriterleri olan maliyet, zaman ve kalite faktörleri arasındaki karşılıklı ilişkiyi göstermenin en etkili yoludur. Yöneticiler tarafından maliyet, zaman ve kalite başarı kriterlerinin doğru analizi ve bu kriterleri etkileyen faktörlerin tespiti, inşaat projelerinin başarılı olabilmesi için önemlidir. Araştırmacılar, yaptıkları çalışmalarda maliyet, zaman ve kalite kriterlerini etkileyen en önemli faktörleri incelemişlerdir. Araştırmacılar, özellikle son yıllarda maliyet, zaman ve kalite faktörlerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi için; yeni teori, metot ve modeller ortaya koymuşlardır (Braglia vd., 2020).

Literatür taraması sonucunda, ‘Demir Üçgen’ olarak nitelendirilen temel başarı kriterlerini etkileyen en önemli faktörlerden birinin işgücü verimliliği olduğu tespit edilmiştir (Ulubeyli, 2004; Fayek vd., 2012; Siriwardana ve Ruwanpura, 2012; Hasan vd., 2018; Rad ve Kim, 2018). Maliyet, zaman ve kalite performansının iyileştirilmesi için, inşaat projelerinde işgücü verimliliğinin artırılması gerekmektedir. İnşaat projelerinde işgücü verimliliğinin artırılması için; işgücü verimliliğini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve şantiye alanında belirlenen faktörlerin ne derece uygulanabildiğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Şantiyede,

işgücü verimliliğinin arttırılması inşaat projelerinin başarılı olabilmemesinin en etkili yoludur.

### **Çalışmanın Problemi**

İnşaat endüstrisinde, projelerin ön hazırlık aşamasında öngörülen maliyet, zaman ve kalite hedeflerine ulaşamama sorunu, tüm firmalar için problem teşkil etmektedir. Projelerin maliyet, zaman ve kalite hedeflerine ulaşmasını etkileyen en önemli faktörlerden birisi işgücü verimliliğidir. şantiyelerde, işgücü verimliliğini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve takip edilmesi sorunsalı ortaya çıkmaktadır. İşgücü verimliliği dinamik bir kavram olduğu için, şantiyelerde her zaman takip edilmesi gereken bir faktör olmaktadır. İşgücü verimliliği, düzenli takip edilmediği taktirde düşmektedir. İşgücü verimliliği zayıf olan projeler, nihai sürecin sonunda başarısız olmaktadır. Bu tez çalışmasında, işgücü verimliliğinin önemi incelenen inşaat projesinde değerlendirilerek somut bir şekilde vurgulanmıştır.

### **Çalışmanın Amacı**

Bu tez çalışmasındaki amaç, inşaat projelerinin başarılı olabilmemesi için etkili olan maliyet, zaman ve kalite kriterlerinin iyileştirilmesi için, şantiyede işgücü verimliliğinin arttırılmasını sağlayan faktörleri literatür çalışması ile tespit etmek ve alan çalışması üzerinden somutlaştırarak incelemektir. Tez çalışmasının son kısmında, literatür taramasından elde edilen verilerden yararlanarak belirlenen sorunlara çözüm önerileri sunmaktır.

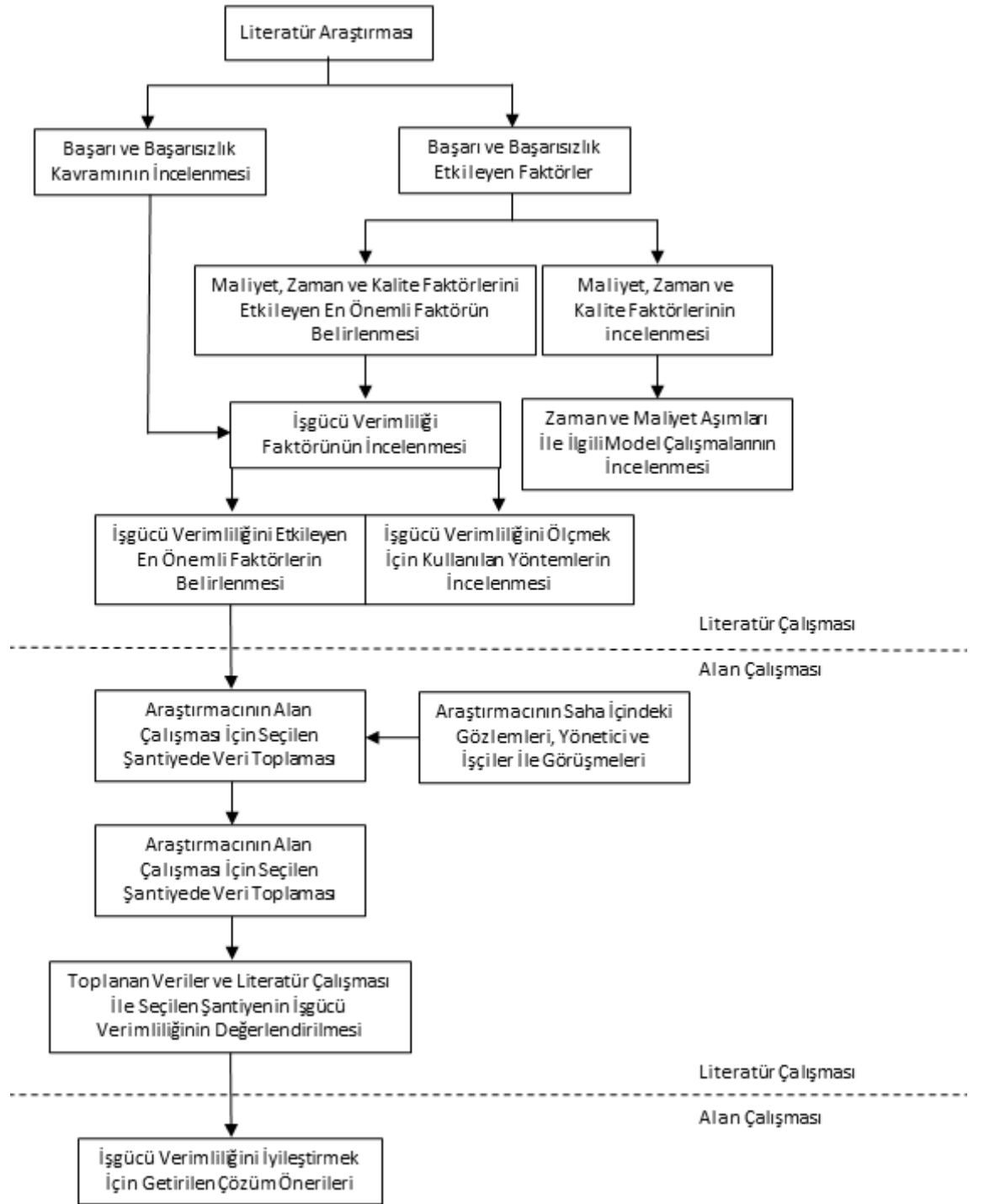
### **Kapsam ve Yöntem**

Bu araştırma kapsamında, inşaat projelerinin başarılı olabilmemesini etkileyen faktörler analiz edilerek değerlendirilmiştir. Bu çalışma, iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım; kapsamlı bir literatür taraması, ikinci kısım ise; alan çalışmasından oluşmaktadır. Literatür taraması sonucunda elde edilen faktörler ile alan çalışması için seçilen şantiyenin işgücü verimliliği değerlendirilmiştir.

Tez çalışmasını hazırlayan araştırmacı, İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaat projesinde ana yüklenici firmanın saha mühendisi olarak Ocak 2020 ile Ekim 2020 tarihleri arasında görev yapmıştır. Araştırmada alan çalışması için toplanan veriler, araştırmacının çalıştığı tarihler arasındaki gözlemleri, işçi ve

yöneticiler ile olan görüşmeleri ve saha incelemelerinden elde edilmiştir. Ek olarak, incelenen inşaat projesine ait detaylı fotoğraflar toplanan verilere eklenmiştir. Tesis inşaatının işgücü verimliliği, literatür taramasından elde edilen en önemli on kritik faktöre göre incelenmiştir. Bu faktörlerin seçilmesindeki en büyük neden, alan çalışmasına konu olan inşaat projesini etkileyen faktörler ile örtüşmesidir.

Tez çalışmasının, ilk bölümünde inşaat projelerinde başarı ve başarısızlık kavramları açıklanmıştır. Ardından, inşaat projelerini başarıya ulaştıran faktörler tespit edilmiştir. İkinci bölümde maliyet, zaman ve kalite kriterleri incelenerek bu kriterleri etkileyen en önemli faktörlerden birisi işgücü verimliliği olarak belirlenmiştir. Üçüncü bölümde, işgücü verimliliği faktörü ele alınmıştır. Bu bölümde aynı zamanda işgücü verimliliğini etkileyen faktörler belirlenerek, literatür çalışması sonlandırılmıştır. Dördüncü bölümde, literatür çalışması ile tespit edilen faktörler, alan çalışması için seçilen İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı'nın işgücü verimliliğini değerlendirmek için kullanılmıştır. Beşinci bölümde ise, işgücü verimliliğini arttırmak için çözüm önerileri sunulmuştur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Tez İçeriği Akış Şeması

## **BİRİNCİ BÖLÜM**

### **1. İNŞAAT PROJELERİNDE BAŞARI VE BAŞARISIZLIK KAVRAMI VE BAŞARIYI ETKİLEYEN KRİTERLER**

İnşaat sektörü, bir ülkenin kalkınmasında, ekonomik büyümesinde ve ekonomik faaliyetlerinde çok önemli bir role sahiptir. Başarılı inşaat projeleri üretebilen ülkelerin, ekonomik ve sosyal olarak ileri seviyelere gelebilmesi kaçınılmaz bir gerçektir. Başarılı projeler üretebilmek için, inşaat projelerinde başarı ve başarısızlık kavramlarının net bir şekilde açıklanarak analiz edilmesi gerekmektedir. İnşaat projelerinin, başarılı veya başarısız olmasına sebep olan birçok başarı faktörü bulunmaktadır. Başarı faktörleri, her proje için farklılıklar göstermektedir. Projelerin başarıya ulaşabilmesi için, yöneticilerin her projeye özgü başarı kriterlerini doğru tespit ederek, bu kriterlerin iyileştirilmesi yönünde yöntemler kullanmaları gerekmektedir.

#### **1.1 İNŞAAT PROJELERİNDE BAŞARI VE BAŞARISIZLIK KAVRAMI**

Başarı, her zaman her alanda nihai hedef olduğu gibi inşaat projelerinde de önemlidir. İnşaat projelerinin uygulanmasında etkili olan birçok başarı kriteri vardır. Bu kriterlerin, doğru ve eksiksiz tespiti projenin başarılı olabilmesi için çok önemlidir. Çünkü; bu kriterler doğrudan projelerin başarılı olmasını etkileyen faktörlerdir. Büyük ölçekli projelerde, bu kriterlerin doğruluğu daha önemli bir hale gelmektedir. Başarı faktörleri, inşaat projelerinde başarıyı ölçmek için kullanılan faktörlerdir. Başarı kriterlerini dikkate alıp hesaba katmak, projenin başarılı olma olasılığını arttırırken, dikkate almayarak hesaba katmamak ise projenin başarısız olma olasılığını arttırmaktadır.

Lam vd. (2008), inşaat projelerinin başarısının kritik başarı faktörlerine göre değerlendirilmesi; inşaat projelerinin kıyaslanmasını sağlar ve projenin ileri safhalarında yönetim sürecinin kolaylaştırılmasını sağlar. Proje başarısının, inşaat endüstrisi tarafından kalıplaşmış bir tanımı yoktur. Bununla birlikte, inşaat projelerinin başarısı; projenin program dahilinde, ön görülen zaman ve maliyette tamamlanması olarak tanımlanabilir. İnşaat projesi geliştirme, çok sayıda tarafı,

çeşitli süreçleri, işin farklı aşamalarını ve hem kamu hem de özel sektörden büyük miktarda girdiyi içerir ve asıl amacı projeyi başarılı bir sonuca ulaştırmaktır (Takim ve Akintoye, 2002). Chan vd. (2001) proje başarısını, projenin ön hazırlık aşamasında belirlenen hedef ve öngörülerin, uygulamanın sonunda hangi oranda tutturulduğu olarak tanımlamışlardır. Ashley vd. (1987), proje başarısını “maliyet, program, kalite, güvenlik, müşteri ve yüklenici memnuniyeti açısından ön görülenden çok daha iyi sonuçlar elde etmek veya normal olarak gözlemek” olarak açıklamışlardır. Pinnington ve Mir (2014), bazı araştırmacı ve yöneticiler proje başarısını zaman, maliyet ve kalite hedeflerinin tutturulması olarak değerlendirirken, diğer araştırmacı ve yöneticiler ise, projenin başarılı sayılabilmesi için diğer başarı faktörleriyle beraber değerlendirilmeleri gerektiğini belirtmişlerdir. Gudiene vd. (2014) kritik başarı faktörlerini, inşaat projelerinin başarısını doğrudan etkileyen ve başarıya ulaşma olasılığını arttıran proje yönetim modelinin verileri olarak tanımlamışlardır. Proje başarısı, aynı zamanda ortaya çıkan ürünün de başarısıdır.

Proje başarısı, doğru planlama ve doğru uygulamanın bir sonucudur. İnşaat proje geliştirme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesindeki başarı oranı, ilgili risk yönetimi, iş ortamı, ekonomik ve politik istikrar göz önüne alınarak büyük ölçüde ilgili tarafların yönetsel, finansal, teknik ve organizasyonel performansının verimliliğine ve kalitesine bağlı olacaktır (Takim ve Akintoye, 2002). İnşaat projelerinin başarılı olabilmesi için, birçok başarı kriteri vardır. Bazı araştırmacılar, her projenin farklı başarı kriterleri olduğunu vurgulayıp, başarı veya başarısızlık kavramlarının net bir şekilde tanımlanmasının zor olduğu sonucuna varmışlardır. Farklı araştırma sonuçlarına göre, proje başarısının çok boyutlu bir kavram olduğu görülmektedir. Chan ve Chan (2004), inşaat projelerinde başarı kavramının belirsiz olduğunu ve projelerin dinamik doğası, bütçe, belirsizlik, inşaat teknolojilerinin karmaşıklığı nedeniyle tanımlanamayacağını, ayrıca bir inşaat projesine dahil olan her bireyin proje başarısına farklı bir anlam yüklediği için proje başarısının anlamının değiştiğini belirtmişlerdir. Örneğin; bir muhasebeci proje maliyeti ön görülen maliyetten düşük ya da aynı çıkması durumunda projeyi başarılı bulurken, bir mimar projenin estetik kısmına bakmakta, inşaat mühendisi ise statik kısmıyla

projeyi değerlendirmektedir, son kullanıcı ise projenin kullanılabilirliği ile ilgili projeyi değerlendirmektedir.

Carvalho vd.'nin (2015) yaptıkları çalışmada, proje başarı algısı farklılık gösterdiğinden, proje başarisına katkıda bulunabilecek her olası faktörü farklı paydaşların bakış açısıyla değerlendirilmesinin esas olması gerektiği sonucuna varmışlardır. İnşaat projelerinde, ölçülebilen ve ölçülemeyen başarı kriterleri vardır. Zaman, maliyet, performans, ekonomik başarı ve kalite ölçümü gibi kriterleri ölçülebilen başarı kriterleridir. Estetik, kullanılşılık ve müşteri memnuniyeti gibi başarı kriterleri öznedir ve kişiden kişiye farklılık göstermektedir. Bu yüzden, bu kriterler ölçülemeyen başarı kriterleri arasındadır. Tüm projelerin başlangıçtaki amacı, başarılı olabilmektir. İnşaat projelerinde, proje başarisından yöneticiler ve teknik personel sorumludur. Bu yüzden, proje yöneticilerinin ölçülebilen ve ölçülemeyen proje kriterlerini iyi değerlendirmesi gerekmektedir. İnşaat projelerinin; karmaşık koşulları, projeleri uygulamak için kullanılacak olan kaynak ve malzeme yelpazesinin çok geniş olması, projelerde hem tasarım hem de uygulama aşamasında ön görülemeyen faktörlerin olması; proje yönetim ekibinin işini zorlaştırmaktadır. Bundan dolayı proje yöneticilerinin, projeye uygun başarı kriterlerini belirleyip bu kriterlere odaklanması hem proje yöneticilerinin işlerini kolaylaştırırken hem de proje verimliliğini arttırarak projenin başarılı olmasına yol açmaktadır.

Proje yöneticileri, proje yönetim tekniklerini verimli ve etkin bir şekilde kullanırken; müşteriler projenin ilerleyişinden ve proje yönetiminden memnun olmalıdır. Bir projenin başarılı olabilmesi için, yöneticilerin başarı kriterlerini projeye uygun bir biçimde daraltması gerekmektedir. Başarı kriterlerini daraltmak, proje başarisını elde etme sürecini kısaltarak kolaylaştıracaktır. Proje yönetimi ve proje başarisı farklı kavramlardır. İki kavram arasındaki farkı iyi analiz etmek gerekir. Proje yönetimindeki amaç; ön görülen zaman, maliye ve performans hedeflerine ulaşmak ve proje yönetim sürecinin verimli ve kaliteli geçmesini sağlamaktır. Proje başarisı ise; ortaya çıkan nihai ürünün başarisıdır. Proje başarisındaki amaç; proje sahibinin stratejik hedeflerine ulaşmak, kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak ve kullanıcı memnuniyeti sağlamaktır. Her zaman proje başarisı, proje yönetim başarisı ile doğru orantılı olmayabilir. Bazen, proje kötü

yönetilmesine rağmen başarılı projeler ortaya çıkabildiği gibi, bazen de iyi yönetilen projelerin başarısız olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Fakat proje yönetim başarısı ne kadar arttırılırsa, projenin başarılı olma olasılığı da o kadar artacaktır. İyi bir proje yönetimi başarısı, projenin başarılı olma olasılığını arttırır. Proje başarısı ile ilgili yapılan çalışmalarda, proje yönetimi başarısının, proje başarısının değerlendirilmesinin bir parçası olduğu ortak görüşü ortaya çıkmaktadır (Spang ve Altefrohe, 2008).

Kog ve Loh'a (2012) göre, inşaat projelerinin başarılı olabilmesi için dikkate alınması gereken üç ana başarı faktörü vardır. Bu başarı faktörleri; maliyet, zaman ve kalitedir. Tabish ve Jha (2011), bu görüşe katılmakla beraber üç ana faktörü merkeze alıp, anlaşmazlıkların giderilmesi ve güvenlik normlarına bağlılık gibi diğer faktörleri yerine getirmek için de genişletilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Zaman, maliyet ve kalite faktörlerinin yanı sıra, yüklenici firmanın hedeflerine ulaşması, projenin amacına uygun tamamlanması ve müşterinin projeden memnun olması da odaklanılması gereken başarı faktörleri arasındadır. Proje başarısı için net sonuçlar, nihai proje ürününün kullanılmasından sonra analiz edilebilir ve proje tamamlandıktan yıllar sonra ortaya çıkabilmektedir. Proje başarısı, zaman ile değişkenliğe uğramaktadır. Proje, bir gün başarılı sayılabildiği gibi diğer başka bir gün de başarısız sayılabilir. Bir inşaat projesi, müşteriye teslim edilirken problem gözükme de ilerleyen zamanlarda işlevselliğinde ve kullanılabilirliğinde aksaklıklar yaşanabilir.

Yıllardır, inşaat projelerinin başarı kriterlerinin belirlenmesi için birçok çalışma yapılmış ve başarı faktörleri gruplandırılmaya çalışılmıştır. Iyer ve Jha (2005), yaptıkları çalışmada 55 proje başarı faktörü belirlemişlerdir. Kritik başarı faktörlerini; proje yöneticilerinin deneyimleri, üst yönetim desteği, proje yöneticisinin koordinasyonu ve liderlik becerisi, katılımcılar tarafından gözlemlenme ve geri bildirim, proje katılımcıları arasında koordinasyon ve sahiplerin yeterliliği ve uygun iklim koşulları olarak belirlemişlerdir. Kritik başarısızlık faktörlerini; proje katılımcıları arasında çatışma, cehalet ve bilgisizlik, zayıf projeye mahsus niteliklerin varlığı ve iş birliğinin olmaması, kötü sosyo ekonomik ve iklimsel şartlar, zamanında kararda isteksizlik, ihale sürecinde agresif rekabet ve kısa teklif hazırlama süresi



olarak belirlemişlerdir. Thi ve Swierczek (2010), proje özellikleri, proje yöneticisi ve ekip, organizasyon ve dış çevre gibi proje faktörleri ile zaman, maliyet, müşteri memnuniyeti ve teknik performans gibi projelerin başarı kriterleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Saqib vd. (2008), kritik başarı faktörlerini 7 ana kategoride toplamış ve bunları; proje tasarım ekibiyle ilgili faktörler, proje yöneticisi ile ilgili faktörler, malzeme ve ekipman alımı ile ilgili faktörler, örgütsel yönetim faktörleriyle ilgili faktörler, taşeron ile ilgili faktörler, iş ve şantiye ortamı ile ilgili faktörler ve işveren ile ilgili faktörler olarak sıralamışlardır. Chan vd. (2004) yaptıkları çalışmada, başarı faktörlerini; proje ile ilgili faktörler, projenin teknik prosedürleri ile ilgili faktörler, projenin yönetsel filleri ile ilgili faktörler, çalışanlar ile ilgili faktörler ve çevresel faktörler olmak üzere 5 ana grupta kategorize etmişlerdir. Al Tmeemy vd. (2010), taşeronlarla beraber yaptıkları çalışmalarda, Malezya inşaat projelerinde etkili olan 13 başarı kriterini belirlemişlerdir. Bunlar; zaman, maliyet, kalite, ulaşım kapasitesi, güvenlik, fonksiyonel gereksinimler, pazar payı, müşteri memnuniyeti, gelir ve kar, rekabet avantajı, teknik şartnameler, itibar ve paydaşlara fayda olarak sınıflandırılmıştır.

Enshassi vd. (2009), Gazze Şeridi'ndeki inşaat projelerinde yaptıkları çalışmada kritik başarı kriterlerini 10 faktör grubu olarak kategorize etmişlerdir. Bunları; maliyet, zaman, kalite, verimlilik, müşteri memnuniyeti, toplum memnuniyeti, insan faktörü, sağlık ve güvenlik, yenilik ve öğrenme, çevre olarak belirlemişlerdir. Başarısızlık faktörlerini ise; sınırların ve yolların kapalı olmasından kaynaklanan zor malzeme temini, yeterli kaynağın bulunamaması, proje liderliğinin beceri düzeylerinin düşük olması, her geçen gün malzeme fiyatlarının artması, yeterli seviyede deneyimli ve kalifiye teknik personeli ve işçi grubunun bulunamaması, ekipman ve malzemelerin kalitesizliği olarak sınıflandırmışlardır. Yu vd. (2006) yaptıkları çalışmada, başarılı tamamlanan inşaat projelerini inceleyip toplam 37 tane başarı faktörü belirlemişlerdir. Bu faktörleri; proje ile ilgili faktörler, insan ile ilgili faktörler, süreç ile ilgili faktörler, girdiyle ilgili faktörler ve çıktıyla ilgili faktörler olmak üzere 5 ana grupta kategorize etmişlerdir.

Tabish ve Jha'da (2011), yaptıkları çalışmada 36 başarı kriteri belirleyip bunları; program performans kriteri, maliyet performans kriteri, kalite performans

kriteri, güvenlik performans kriteri, tartışmasız performans kriteri olmak üzere 5 ana grup halinde toplamışlardır. Pakseresht ve Asgari (2012), inşaat projeleri üzerinde yaptıkları çalışmada 26 başarı kriteri belirleyerek bunları; proje için gerekli kaynakların teknik ve ekonomik değerlendirilmesi, proje yöneticisinin deneyimi ve yönetici kayıtları, stratejik planlama projesi ve yüklenici firma ekibinin proje konusu ile ilgili yönetici deneyimleri olarak gruplandırmışlardır. Norizam ve Malek (2013) yaptıkları ankette, proje başarısını doğrudan etkileyen faktörleri; inşaat entegrasyon yöntemi, inşaat kapsamı yöntemi, inşaat süresi yöntemi, inşaat maliyet yöntemi, inşaat kalite yöntemi ve inşaatta çalışan personel faktörü olarak 7 kategoride toplandığını tespit etmişlerdir. Alzahrani ve Emsley (2013), İngiltere’de yaptıkları çalışmada 35 başarı faktörü belirleyip bunları; güvenlik ve kalite, geçmiş performans, çevre, yönetim ve teknik hususlar, kaynak, finans, organizasyon, deneyim, önceki projelerin boyutu ve türü olmak üzere 9 ana kategoride toplamışlardır.

Frodell vd. (2008), başarı faktörlerini 5 ana kategoride sınıflandırmışlardır. Bunlar; proje (beklentilere uygunluk, işlevsellik, ön görülen maliyet ile tamamlama ve kar oranı, ön görülen zamanda tamamlama, sorunsuz kaliteli teslimat, yatırımın geri dönüşü), çevre (kullanıcı memnuniyeti, tedarikçi hizmet seviyesi, kullanıcı katılımı, kaynakların mevcudiyeti, toplum katılımı, ekonomik çevre), müşteri (karar verme yeteneği, işçiliğe güven, bilgi verme yeteneği), inşaat yönetimi (bağlılık, yeterlilik, zamana bağlılık, maliyet ve kalite, motive etme yeteneği, esneklik), işçilik (bağlılık, yeterli yetkinlik, birbirleriyle etkileşim, takım çalışması, güven, hatalardan ders alma). Bu çalışmada, en önemli başarı faktörlerini; kullanıcının katılımı, projeye bağlılığı, inşaat işgücü arasında yüksek kalite standardı ve ekip çalışması olarak belirlemişlerdir. Mbachu ve Nkado (2007), Güney Afrika’da inşaat projelerinin başarılı olmasını kısıtlayan faktörleri iki grupta kategorize etmişlerdir. Bunlar; kontrol edilebilen (hizmet sağlayıcıların etkileri, müşteri organizasyonel etkileri) ve kontrol edilemeyen (sosyo-kültürel sorunlar, öngörülemeyen koşullar, ekonomik ve küresel dinamikler, hükümet kaynaklı yasal kontroller) faktörlerdir. Hammad (2014) ise; başarılı bir projenin teknik performansını gerçekleştirme, programını sürdürmesi ve bütçe dahilinde kalması gerektiğini vurgulamıştır. Başarılı projelerin

meydana gelmesi için, iş verenin ve yüklenicinin başlangıçta doğru ve tutarlı bir ön hazırlık yapması gerekmektedir.

Geçmişteki deneyimler bize birçok alandaki büyük ölçekli projelerin, kritik başarı faktörlerini doğru belirleyememesinden dolayı başarısız olduğunu göstermektedir. IPA Enstitüsü başarısızlık kriterlerine göre, büyük projelerin %56'sı başarısız olmuştur. (IPA Enstitüsü, 2009). Y. Raydugin'a (2010) göre, projelerin başarısız olmasının en önemli sebeplerinden biri, uygulanabilirliği kanıtlanmış proje risk yönetimi yöntemlerinin eksik veya yanlış uygulanmasıdır. Başka bir ifade ile maliyet tahmini, proje kapsamı veya program geliştirme yöntemleri, doğru ve tutarlı proje risk analizi yapılana kadar tam anlamıyla güvenilir olduğu ve tamamlandığı kabul edilemez. Büyük ölçekli projelerin başarılı olabilmesi için, proje kapsamı dahilinde maliyet, zaman ve planlaması güvenilir bir risk analiz metoduna dayandırılarak yapılması gerekmektedir.

Gudıene vd. (2012) çalışmalarında, Litvanya'daki inşaat projeleri için kritik başarı faktörlerini kapsamlı bir şekilde belirlemeyi amaçlamışlardır. Literatür taramasından sonra 71 adet başarı faktörü belirlerken (Çizelge 1.1) bunları 7 ana kategoride sınıflandırmışlardır. İnşaat projelerinde en önemli başarı faktörlerini seçmek için anket çalışması yapılmıştır. Bunun sonucunda başarı faktörlerini; proje yöneticisi yetkinliği, proje yönetimi ekip üyelerinin yetkinliği, proje yöneticisi koordinasyon becerileri, müşterinin açık ve kesin hedefleri, proje değeri, proje yönetimi ekibi üyelerinin ilgili geçmiş deneyimleri, proje yöneticisi organizasyon becerileri, proje yöneticisinin etkili ve zamanında çözümlenmesi, müşterinin zamanında karar verebilmesi ve proje yöneticisi deneyimi olarak belirlediler.

Aşağıda, Gudıene vd. (2012), yaptıkları çalışmadan yararlanılarak oluşturulan kritik başarı faktörleri tablosu sunulmaktadır (Çizelge 1.1).

**Çizelge 1.1:** Kritik Başarı Kriterleri (Gudıene vd., 2012)

<b>Proje Başarısının Temel Kriterleri</b>	<b>Kritik Başarı Kriterleri</b>
Proje ile ilgili faktörler	Değer Nitelik Ulaşılabilir net hedefler Proje türü

	<p>Satın alma  Karmaşıklık ve benzersizlik  Doğru ve gerçekçi program, zamanlama kısıtlaması  Program ve planlama  Gelişim ve yenilik  Malzeme ve ekipmanlar  Kontrol  İnşaat metotları  Saha içi kazalar  Kar oranı  Risk etmenleri  Yeterli fon kaynakları</p>
Proje yönetimi ve teknik personel ile ilgili faktörler	<p>Yeterli tecrübe ve donanım  Yetkinlik  Sorun giderebilme kabiliyeti  İnisiyatif alabilme  Denetim sistemi  Motivasyon  Proje organizasyon şeması  Sağlıklı ve doğru iletişim  Risk analizi yapabilme  Teknik kabiliyet  Yönetici ve personel sorunları</p>
Çevresel faktörler	<p>Ekonomik çevre  Sosyal çevre  Politik çevre  Fiziki çevre  Teknolojik çevre  Yasal ortam  Kültürel çevre  Doğa ekolojik çevre</p>
Kurumsal faktörler	<p>İnşaat için resmi izinler  İnşaat yönetmeliği  Ürün ve hizmet sertifikasyonu  Standartlar</p>
Proje yöneticisi ile ilgili faktörler	<p>Yetkinlik  Deneyim  Teknik yetenek  Liderlik özellikleri  Motive edici beceriler  Organizasyon becerileri  Koordinasyon becerileri  Etkili ve zamanında çatışma çözümü  Değişikliklere uyum, değişikliklerin yönetimi  Yetki ve sorumluluk devri  Rol ve sorumluluk algısı  Güven  Sözleşme Yönetimi</p>
Müşteriyle ilgili faktörler	<p>Deneyim  Tür (özel ve genel)  Boyut  Etkilemek  Zamanında karar verebilme  Açık ve kesin hedefler  Risk tutumu  Projenin farklı aşamalarına katılma yeteneği</p>

Yüklenici ile ilgili faktörler	Şirket özellikleri Teknik ve profesyonel yetenek Deneyim Ekonomik ve mali durum Kalite sorunları Sağlık ve güvenlik koşulları Çalışma koşulları Sahibinin yönetim yeteneği Üst yönetim desteği İleri teknoloji Taşeronluk kapsamı
--------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Çizelge 1.2:** Literatür Tabanlı Kritik Başarı Faktörlerinin Sınıflandırılması

Araştırmacılar	Zaman	Maliyet	Kalite	Performans	Güvenlik	Müşteri Memnuniyeti	Verimlilik	Çevre
Ashley vd. (1987)	√	√	√		√	√		
Chan vd. (2001)	√	√		√		√		
Takim ve Akintoye, (2002)		√	√	√				√
Chan ve Chan (2004)	√	√	√		√	√	√	√
Iyer ve Jha (2005)	√	√				√	√	√
Yu vd. (2006)	√	√	√			√	√	
Mbachu ve Nkado (2007)		√			√	√		√
Frodell vd. (2008)	√	√	√	√		√	√	√
Saqib vd. (2008)		√		√		√	√	
Enshassi vd. (2009)	√	√	√		√	√	√	√
Thi ve Swierczek (2010)	√	√		√		√		√
Al Tmeemy vd. (2010)	√	√	√		√	√	√	

Tabish ve Jha (2011)	√	√	√	√	√	√		
Kog ve Loh (2012)	√	√	√					
Pakseresht ve Asgari (2012)	√	√		√				
Norizam ve Malek (2013)	√	√	√			√		√
Alzahrani ve Emsley (2013)	√	√	√	√	√			√
Mir ve Pinnington (2014)	√	√	√					
Gudiene vd. (2014)	√	√	√	√			√	
Carvalho vd. (2015)	√	√		√				

Maghsoodi ve Khalilzadeh (2017) yaptıkları çalışmada, Fuzzy-TOPSIS modeli kullanarak inşaat projelerinin kritik başarı faktörlerini belirleyip değerlendirmişlerdir. Maghsoodi ve Khalilzadeh (2017), çalışmalarından yararlanılarak kritik başarı faktörlerini belirlemeden önce geçmişten günümüze kadar olan başarı ve başarısızlık faktörlerini inceleyen araştırmalar aşağıdaki tabloda düzenlenmiştir (Çizelge 1.3).

**Çizelge 1.3:** Başarı ve Başarısızlık Faktörleri İle İlgili Çalışmalar (Khalilzadeh Ve Maghsoodi, 2017)

Leidecker ve Bruno (1984)	Kritik başarı kriterlerinin, sekiz potansiyel kaynağını ortaya koymuştur.
Pinto vd. (1988, 1989)	Proje yaşam döngüsü boyunca, projenin kritik başarı faktörlerinde meydana gelen değişiklikleri ve inşaat sektörü ile projenin araştırma ve geliştirme sektörü arasındaki kritik başarı faktörlerinin ilişkisini incelemiştir.
Sanvido vd. (1992)	İnşaat projelerinde, kritik başarı faktörlerini proje tasarımcısı, mühendisi, planlayıcısı, müteahhit ve müşteri açısından değerlendirmişlerdir. 16 tane projeyi analiz etmiş ve en etkili dört temel başarı faktörünü saptamışlardır.
Belassi ve Tukel (1996)	İnşaat projelerinde, kritik başarı ve başarısızlık faktörlerini tespit edebilmek için yeni bir çerçeve geliştirmişlerdir. Başarı faktörlerinin kategorize edilmesi ve etkilerinin açıklanmasını, proje performansı üzerinde araştırmışlardır.
Songer ve Molenaar	Kamu sektöründe başarılı olmuş projelerin, başarı kriterleri incelenmiştir. Beş

(1997)	kritik başarı faktörü belirlenmiştir.
Dvir vd. (1998)	Kritik başarı faktörlerini belirlemek için, projeler sınıflandırılmıştır. Her bir proje için, farklı proje başarı kriterleri tespit edilmiş ve proje başarı kriterleri çok değişkenli yöntem ile kategorilere ayrılmıştır.
Chua vd. (1999)	Projenin öngörülen hedefleri doğrultusunda, inşaat projelerinin başarı faktörleri araştırılmıştır. Çalışmada maliyet, zaman ve kalite dahil olmak üzere; proje hedeflerine dayalı olarak bu faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Başarının göreceli önemini tespit etmek için, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılmıştır.
Lim ve Mohamed (1999)	Uygulama projelerinde, başarı faktörleri ve başarı kriterleri arasındaki farklılıklar araştırılıp açıklanmıştır. Proje başarısı, makro ve mikro kategorilerine ayrılmıştır.
Chan vd. (2001)	Çok değişkenli regresyon analizi ile tasarım ve inşaat projelerinin, proje başarı faktörlerinin göreceli önemleri uygulanarak elde edilmiştir.
Cooke Davies (2002)	70 çokuluslu firmanın cevapladığı anketler kullanılarak, projelerin gerçek başarı faktörleri ortaya konmuş ve projenin 12 kritik başarı faktörü belirlenmiştir.
Liu (2003)	İnşaat sektöründe, değer yönetimi ile başarı kriterleri araştırılmış ve proje başarı kriterlerinin önemine vurgu yapılarak, faktör analizi yöntemi kullanılmıştır.
Chan vd. (2004)	Proje başarı kriterlerine ilişkin, kavramsal bir çerçeve oluşturulmuş; kritik başarı kriterleri ve performans temel göstergeleri arasındaki neden-sonuç ilişkileri incelenmiştir. Bu çerçevede, beş ana faktör grubu ortaya konmuştur.
Belout ve Gauvreau (2004)	Proje başarı faktörleri üzerinde, insan kaynakları yönetiminin etkisi araştırılmıştır.
Zhang (2005)	Kamu ve özel iş birliği ile altyapının iyileştirilmesi için, kritik başarı faktörleri incelenmiştir.
Yu vd. (2006)	İnşaat projelerinin, brifing oturumunda kritik başarı faktörlerinin genel setinin içerik analizi yöntemini kullanarak tanımlanması, sınıflandırılması ve öncelik sırası tartışılmıştır.
Moe ve Pathranarakul (2006)	Tayland'da, genel projelerin idaresi ve doğal afet yönetimi için, kritik başarı faktörleri araştırılmıştır.
Chen ve Chen (2007)	Tayvan'daki projelerin, kritik başarı faktörleri araştırılmıştır.
Aksorn ve Hadikusumo (2008)	Tayland inşaat projelerinde, program performansını etkileyen kritik başarı faktörleri; faktör analizi yöntemini kullanarak incelenmiştir.
Toor ve Ogunlana (2008; 2009)	Kritik başarı faktörü COM'ları: anlama, yeterlilik, bağlılık ve iletişim olarak sıralanmıştır. İnşaat projelerini etkileyen başarı faktörleri ile Tayland'daki büyük ölçekli projelerin, kritik COM'ları arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.
Yang vd. (2009)	Proje başarı kriterleri, inşaat projelerinin paydaş yönetimi açısından incelenmiştir.
Lu ve Yuan (2010)	Çin'in inşaat projelerinden; atık yönetimi projesinin, kritik başarı faktörleri incelenmiştir. Bu çalışma, inşaat ve imha atık yönetiminin etkin gelişimi stratejisinin benimsenmesine yol açmıştır.
Al Haadir ve Panuwatwanich (2011)	Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanarak, Suudi Arabistan'daki inşaat şirketleri arasında güvenlik programlarının başarılı bir şekilde uygulanmasını etkileyen faktörler belirlenmiştir.

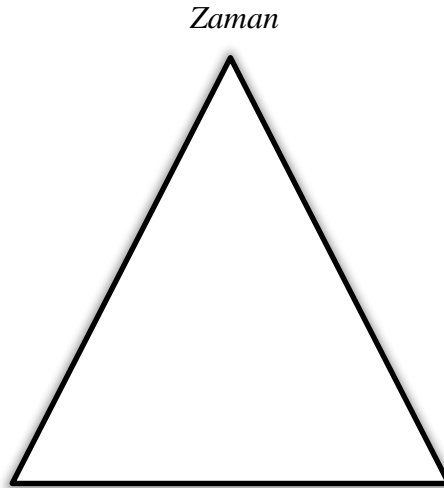
Al-Tmeemy vd. (2011)	Malezya'da inşaat projelerinin başarı faktörlerini, kısa vadeli ve uzun vadeli hedefler bakımından sınıflandırmak için bir çerçeve geliştirilmiştir.
Mavi vd. (2012)	Müteahhitlerin, ihaleye katılmalarına yardımcı olmak için; Fuzzy VIKOR yöntemini kullanarak inşaat projelerinin seçimi incelenmiştir.
Zavadskas vd. (2012)	Başarı kriterleri öneminin belirlenmesine dayalı olarak, AHP yöntemini kullanarak inşaat proje yöneticilerinin değerlendirilmesi için çok kriterli karar destek sistemi sunulmuştur.
Alzahrani ve Emsley (2013)	Proje başarı olasılığının, tahmin modelini geliştirmek için; lojistik regresyon kullanarak inşaat müteahhitlerinin özelliklerinin projenin başarısına etkisini, inşaat işi değerlendirmesi perspektifinden incelenmiştir. En önemli başarı faktörleri dokuz grupta sınıflandırılmıştır.
Zou vd. (2014)	Kamu ve özel iş birliği ile yapılan projelerin kritik başarı faktörleri, iletişim yönetimi açısından incelenmiş ve açıklanmıştır.
Hesampour vd. (2014)	Havacılık alanındaki projelerin başarı kriterleri, AHP tekniği kullanarak sıralanmıştır.
Mahmood vd. (2014)	Araştırma projelerinin, başarı veya başarısızlığına neden olan faktörler ve araştırma projelerinin başarısını etkileyen etkili faktörler incelenmiş; son olarak 11 etkili faktör belirlenmiştir.
Serrador ve Turner (2014)	Proje başarısı ile proje verimliliği arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.
Taylan vd. (2014)	İnşaat projelerinde koşulların belirsiz olduğu zamanlarda, genel riskleri analiz etmek için analitik araçlar kullanarak; Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHP yöntemleri araştırılmıştır.
Gudienne vd. (2014)	Litvanya'da inşa edilen projelerin, kritik başarı kriterlerini belirlemek ve sıralamak için; AHP yönteminin kullanılması gerektiği vurgulanmıştır.
Lückmann (2015)	Literatür bilgisi alanlarını paydaş yönetimi, müşteri yönetimi ve kültürlerarası yönetim gibi üç sektöre ayırarak; kültürler arası proje müşteri katılımı için başarı faktörlerini belirleme üzerine 66 makalenin incelemesi gerçekleştirilmiştir.
He ve ark. (2015)	Altı temel kategori (organizasyonel, teknolojik, hedef, bilgi karmaşıklığı, çevresel ve kültürel) altında, toplam 28 faktörü içeren karmaşıklık ölçüm modeli kullanılmıştır.
Carvalho vd. (2015)	Proje yönetiminin, proje başarısı üzerindeki etkilerini araştırmak için; 3 yıllık bir süre içinde 10 farklı sektörden iş birimleriyle, üç ülkede (Arjantin, Brezilya ve Şili) bir karşılaştırma yapılmıştır.
Todorović vd. (2015)	Şantiye ortamında, bilgi alışverişi üzerinde olumlu etkisi olan kritik başarı kriterleri; performans ana göstergeleri ve performans ölçüm süreci açıklanarak, proje başarı değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.
Costantino vd. (2015)	Kritik başarı faktörlerine dayalı bir Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanarak, proje performanslarını tahmin etmek için yeni bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Yalegama vd. (2016)	Sri Lanka'da, CDD (Topluluk Odaklı Kalkınma) projelerinin kritik başarı kriterleri incelenmiştir.
Liang vd. (2016)	Çin'de biyoyakıt endüstrisinin sürdürülebilirliğini arttırmak için, başarı faktörleri



	incelenmiştir.
Marzagão ve Carvalho (2016)	Kısmi En Küçük Kareler (PLS) yöntemini kullanarak, altı sigma projesinde kritik başarı faktörleri incelenmiş ve belirlenmiştir.
Doulabi ve Asnaashari (2016)	İran'daki sağlık tesisi projelerini etkileyen başarı faktörlerini, açık uçlu anketler yöntemi kullanarak değerlendirilmiştir.
Montequin vd. (2016)	İnşaat projelerindeki başarı veya başarısızlık faktörlerinin nedenlerini analiz etmek için, kendi kendini düzenleyen Haritalar (SOM) yöntemini kullanarak küme modelleri değerlendirilmiştir.
Rodríguez Segura vd. (2016)	Havacılık ve savunma sektörlerinde inşa edilen büyük projelerin başarı faktörlerini, bulanık küme nitel karşılaştırmalı analizi (fsQCA) ile sınıflandırılmıştır.
Nguyen ve i Watanabe (2017)	Proje organizasyon yönteminin, inşaat projelerinin performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.
Maghsoodi ve Khalilzadeh (2017)	Fuzzy-TOPSIS modeli kullanarak, inşaat projelerinin kritik başarı faktörleri belirlenip, değerlendirilmiştir.
Tayeh vd. (2018)	Gazze şeridindeki inşaat projelerini etkileyen, başarı ve başarısızlık faktörleri araştırılmıştır.

## 1.2 İNŞAAT PROJELERİNDE MALİYET, ZAMAN VE KALİTE BAŞARI KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ

İnşaat projelerinde, soyut ve somut başarı faktörleri vardır. Soyut faktörler; müşteri memnuniyeti, kullanılabilirlik, estetik gibi ölçülemeyen, kişisel istek ve algılara bağlı olarak değişebilen faktörlerdir. Somut faktörler ise; maliyet, zaman, kalite gibi ölçülebilen ve nesnel faktörlerdir. Somut faktörlerin, ölçülebilir ve kontrol edilebilir olması sebebiyle bu çalışmada; başarı faktörü olarak maliyet, zaman ve kalite faktörlerinin seçilmesi uygun görülmüştür.



*Maliyet*

*Kalite*

**Şekil 1.2:** Demir Üçgen (Barnes, 1988)

Üçlü kısıtlama veya proje yönetim üçgeni olarak da adlandırılan Demir Üçgen kavramı; proje başarısının ölçüldüğü en temel faktörlerin bir temsilidir. İnşaat projesinin zamanında, bütçe dahilinde ve kalite standartlarına uygun teslim edilip edilmediğini anlatan bir göstergedir. Demir Üçgen kavramı, temel başarı kriterleri arasındaki karşılıklı ilişkiyi göstermenin en etkili yoludur. Demir üçgen olarak da adlandırılan maliyet, zaman ve kalite kriterleri; 1970'lerden günümüze kadar en çok kabul gören ve araştırmacılar tarafından birçok çalışmada araştırılan proje başarı kriterlerinden olmuştur (Atkinson, 1999; Ika, 2009).

Mokoena vd. (2013) yaptıkları çalışmada, Demir Üçgen'in yanlış algılanması veya yorumlanması durumunda, inşaat projesinde diğer tüm yönlerin doğru ve etkili yönetilse de projenin başarısız olacağı ifade etmişlerdir. Berssaneti ve Carvalho (2015) yaptıkları çalışmada, proje yönetimi olgunluğunun Demir Üçgen ile ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Bazı araştırmacılar, Demir Üçgen'in önemli olduğunu savunurken; bazıları ise geçerliliğini sorgulayarak, yöneticilere sınırlamalar getirdiği için eleştirmektedir. Demir Üçgen'e çok fazla odaklanmak, örgütsel etkinliği azaltarak proje yöneticileri ile işlevsel yöneticiler arasındaki yetki ve sorumluluk dağılımını sınırlayabilmektedir (Maylor vd., 2006).

Literatürde yer alan çalışmaların, zaman ve maliyet faktörlerinin, Demir Üçgen'in bir parçası olduğu konusunda fikir birliğine sahip olduğu görülürken; kalite faktöründe kesin bir fikir birliği görülmemektedir. Bunun nedeni, kalite kavramına yüklenen anlamla ilgilidir. Turner (2002) kaliteyi; süreç kalitesi ve ürün kalitesi olarak iki grupta kategorize etmiştir. Heisler (1990), Morris ve Hough (1997), Jha ve Iya (2007) ve Chan ve Chan (2014), yaptıkları çalışmalarda zaman ve maliyet kavramını nesnel, kalite kavramını ise öznel olarak sınıflandırmışlardır. Mevcut çalışmada kalite, şartnamelere uygun gerçekleştirilen proje olarak ele alınmaktadır.

İnşaat projelerinin başarılı olabilmesi için, yöneticilerin proje ön hazırlık aşamasında maliyet, zaman ve kalite faktörlerini etkileyen riskleri doğru bir şekilde analiz etmeleri gerekmektedir. Büyük projelerde, her zaman öngörülen ve öngörülemeyen riskler vardır. Bu risklerin doğru belirlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Giovanni ve Bojan (2020), riskleri aşağıda sıralandığı gibi dört kategoride sınıflandırmışlardır;

- Bilinen bilinenler (bilgi),
- Bilinmeyen bilinenler (etkisi bilinmemektedir, ancak varlığı bilinmektedir, yani kullanılmayan bilgi),
- Bilinen bilinmeyenler (riskler),
- Bilinmeyen bilinmeyenler (anlaşılmaz belirsizlikler).

Zaman, maliyet ve kalite doğru veya yanlış analiz edilebilecek en temel risklerdir. İnşaat projeleri için; zaman, maliyet ve kalite çok önemli başarı kriterleridir. Zaman ve maliyet, bir inşaat projesindeki tüm başarı faktörlerini olumlu veya olumsuz etkilediği için başarının iki ana kriteridir. Global inşaat sektöründe, maliyet ve zaman aşımaları önemli bir sorun haline gelmiştir. Reshma ve Robin (2018) yaptıkları çalışmada, zaman aşımalarının nedenlerini; müşteri ve danışmanın tasarımdaki düşünce farklılıkları, müşteriler tarafından öngörülen gerçekçi olmayan programlar ve teslim tarihleri, devlet izinlerinin alınması ve onaylanması sürecindeki gecikmeler, yöneticilerin yanlış zaman öngörülleri ve müşterilerden gelen değişiklik siparişleri olarak sıralarken, maliyet aşımalarını ise; öngörülen düşük maliyet tahmini, projede değişiklikler, müşterinin karar verme sürecindeki gecikme, müşterilerin mali kısıtlamaları ve uygun olmayan tedarik yöntemleri olarak sıralamışlardır.

İnşaat projelerinde en önemli problem, öngörülen zaman ve maliyet hesabının doğru analiz edilememesinden kaynaklanan aşımalar olmuştur. Proje başlangıcında sınırlı bilgi bulunması ve proje uygulama aşamasında eksik veya hataların düzeltilmesinden dolayı, projeler genellikle zaman ve maliyet aşımalarına uğramaktadır. Zaman ve maliyet aşımalarını etkileyen sebepler; riskin doğru bir şekilde tanımlanıp ölçülememesi (Akintoye, 2000), proje yöneticilerinin öngörülerindeki hatalar, program değişiklikleri, mühendislik ve inşaat karmaşıklığı,

kapsam değişiklikleri, yerel sorunlar ve gereksinimler, enflasyon ve piyasa koşullarının etkileri (Shane, 2009), yöneticilerin proje yöntemini yanlış uygulaması olarak sıralanabilir. Büyük projelerde, risk analizlerinin doğru ve tutarlı yapılması için nicel ve nitel verileri iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Nicel analiz yaparken, geçmişte uygulanmış olan projelerin; proje verileri, proje başarı faktörleri ve sınırlamalarını doğru analiz etmek gerekmektedir. Geçmiş projelerin analiz edilmesindeki amaç; inşaat süresi ve maliyet hakkında veriler toplamak ve bu verileri belli aşamalarda, özellikle de hazırlık aşamasında öngörülen maliyet ve inşaat süresini karşılaştırmaktır. Böylece, öngörülemeyen belirsizlikleri ve önceki projelerde oluşan riskler analiz edilerek tahmin edilebilir. Nitel hazırlık ise, proje yöneticilerinin deneyimlerinden yola çıkarak ön gördükleri potansiyel riskler, kısıtlamalar ve başarısızlıklardan oluşur.

İnşaat projelerinde, maliyet aşımına sebep olan bir başka etken ise zayıf işgücü verimliliğidir. İnşaat sektöründe işçilik maliyetlerinin, toplam inşaat proje maliyetinin yaklaşık %40'ı olduğu tahmin edilmektedir (Hanna, 2005). Projelerin uygulama aşamasındaki zayıf işgücü verimliliği, maliyet ve zaman aşımalarının nedenlerinden biridir. Araştırmalara göre, düşük işgücü verimliliği sonucunda; projenin nihai işçilik maliyetinin, tahmin edilen maliyetten daha yüksek olduğu ve bu nedenle projelerin maliyet aşımına uğradığı tespit edilmiştir. Sherif (2014), düşük işgücü verimliliğinin sebeplerini; işgücü becerileri, fazla mesai yapmak, işçi denetimi, danışman tarafından zorlu inceleme, bilgi gereksinimlerine yanıt vermede kesinti, yeniden işleme, proje çizimlerindeki hatalar, motivasyon eksikliği, tasarım disiplinleri arasındaki koordinasyon ve kötü hava koşulları olarak sıralamıştır. Bu araştırmalar doğrultusunda, işgücü verimliliğini ve işgücü verimliliğinin proje üzerindeki etkilerini doğru bir şekilde analiz etme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Şantiye içerisinde, işgücü verimliliğini arttıracak koşullar sağlanmalıdır. Çünkü, işgücü verimliliği ve proje maliyeti ters orantılıdır. İşgücü verimliliği ne kadar artarsa, proje maliyeti de bir o kadar azalacaktır.

Johnson ve Babu (2020), yaptıkları çalışmada zaman, maliyet ve kaliteyi etkileyen önemli faktörleri; tasarım ve sipariş değişiklikleri, müşteri ve yüklenici firmaların deneyim eksikliği, proje yönetimi ve iş programı, müşteri, yüklenici, alt

yüklenici ve işçiler arasındaki iletişim, işgücü verimliliği ve kaynak mevcudiyeti, olumsuz saha ve hava koşulları, istikrarsız ekonomik ve politik durumlar olarak belirlenmişlerdir. Aşağıda, Johnson ve Babu (2020) yaptıkları çalışmadan yararlanılarak maliyet, zaman ve kalite kriterlerini etkileyen faktörler incelenmiştir.

### **Tasarım ve Sipariş Değişiklikleri;**

İnşaat projelerinde, yapılacak işlerin kapsamı genellikle ilk başta planlandığı gibi sonuçlanmaz. Proje tasarımları ve işlerin kapsamı müşteri ve yüklenicinin çıkarları doğrultusunda sıklıkla değişime uğramaktadır (Saeed, 2009). Projelerde yapılan; tasarım hata ve eksiklikleri, tasarımın tekrar değerlendirilmesi ve değiştirilmesinden dolayı harcanan zaman nedeniyle projelerde gecikmeler olabilmektedir. Tasarım ve sipariş değişiklikler, işçilik maliyetinin artması ve projelerin gecikmesine hatta durmasına yol açabilir. Bu durum ise, müşteri maliyetini arttırırken yüklenici firmanın kârını azaltmaktadır. Bu yüzden, tasarım ve sipariş varyasyonları, maliyet ve zaman aşımına neden olan temel etkenlerdir.

### **Finansal Kısıtlamalar ve Mali Sıkıntılar;**

İnşaat projelerinde, yüklenici firmaların ve müşterilerin ekonomik kaynakları projenin tamamlanması için çok önemlidir. Müşterinin veya yüklenicinin finansal sıkıntılara girmesi, malzeme tedarikinin gecikmesi veya durmasına, teknik personel ve işçilere ödenen maaşın aksamasına; bu sebeple de iş veriminin düşmesine neden olacağı için, zaman ve maliyet aşımına sebep olacaktır. Hem yüklenicilerin hem de müşterilerin finansal yetenekleri, kesintisiz proje akışı için çok önemlidir (Le-Hoai vd., 2008).

### **Müşteri ve Yüklenici Firmaların Deneyim Eksikliği;**

İnşaat projelerinde, deneyim eksikliği büyük bir problemdir. Özellikle de, büyük projelerde deneyim eksikliği, projenin hazırlık aşamasında zaman, maliyet ve kalite faktörlerinin analizinde hata oranını arttırmaktadır. Deneyimli müşteri ve yöneticilerin ise, projenin aksamasına neden olacak çalışmalardan veya varyasyonlardan kaçınması gerekmektedir. Yüklenicinin zayıf teknik performansı,

genellikle yüklenicinin uygun tahmin ve yönetim deneyiminin eksikliği ile bağlantılıdır. Bu durum, projenin inşaat aşaması süresince hatalara ve yeniden çalışmalara yol açar. Bu olay inşaat süresini uzatır, proje maliyetini arttırır ve kalite verimini azaltır (Sunjka ve Jacob, 2013).

### **Proje Yönetimi ve İş Programı;**

Projelerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için, doğru ve tutarlı bir proje yönetimine ve iş planlamasına ihtiyaç vardır. İnşaat projelerinin etkili bir şekilde planlanabilmesi; proje detaylarının, yapım metotlarının ve kaynak ihtiyaçlarının tam olarak belirlenmesiyle mümkündür (Aghazadeh ve Mojahed, 2008). İnşaat alanında, yönetimin yetkinlik eksikliği; işgücünün zayıf yönlendirilmesine, çalışanların motivasyonunun düşmesine ve alt yükleniciler arasında zayıf koordinasyona yol açarak; düşük üretkenliğe neden olabilir (Mojahed ve Aghazadeh, 2008). Yöneticilerin, proje başlangıcında hazırladıkları proje yönetimi ve iş programı hatalı veya eksik olduğunda; proje uygulama safhasında aksaklıklar ve değişiklikler meydana gelecektir. Bu durum ise; öngörülen maliyet ve zamanda aşımaya sebep olacaktır. Sunjka ve Jacob (2013) yaptıkları çalışmada, müşteriler tarafından öngörülen gerçekçi olmayan sözleşme süresinin, proje yöneticilerine planlama ve tahmin yapmaları için sağlanan yetersiz süre nedeniyle zaman performansını etkilediğini belirlemişlerdir. Yöneticiler; doğru planlama, kaynakların doğru seçimi, kontrolü, kullanımı ve bilgi ve geri bildirim sağlama yoluyla üretkenliği artırabilir (Mojahed ve Aghazadeh, 2008).

### **Müşteri, Yüklenici, Alt Yüklenici ve İşçiler Arasındaki İletişim;**

Saha içinde ve saha dışındaki iletişim eksikliği; projelerde zaman, maliyet ve kalite faktörlerini olumsuz etkilemektedir. Doğru iletişim ve koordinasyon, proje uygulamalarında ortaya çıkan sorunların ve anlaşmazlıkların hızlıca çözüme ulaşmasını sağlayarak, projenin zamanında ve öngörülen maliyette tamamlanmasını sağlayacaktır. Yöneticiler ve işçiler arasındaki olumlu iletişim, genellikle işgücü verimliliğini arttırmakta ve kaliteli bir ürün ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Yapılması gereken işlerin zamanında yapılabilmesi için, ana yüklenici ve alt yüklenici arasındaki iletişimin kuvvetli ve sağlıklı olması gerekmektedir.

### **İşgücü Verimliliği ve Kaynak Mevcudiyeti;**

İnşaat projelerinin uygulama aşamasında, işgücü verimliliğinin düşük olması ve malzeme mevcudiyetin sağlanamaması; zaman, maliyet ve kalite faktörlerini olumsuz etkilemektedir. Projelerin uygulamasında, işçilerin işgücü verimliliği projeyi etkileyen en önemli faktördür. Sahada projenin uygulanması; işçilerin emeğine, iş, beceri ve deneyimlerine ve işgücü verimliliğine bağlıdır. İşçilerin yapacakları iş için yeterli bilgi ve beceriye sahip olmaları, projenin kalite standartlarına uygun, zamanında ve öngörülen maliyet sınırlamasında tamamlanmasını sağlayacaktır. Kalite standartlarına dikkat edilmemesi, verimlilik kaybının bir başka nedeni olan yeniden çalışmaya da sebep olabilmektedir. Verimliliği sağlamak için, işin tüm aşamalarının ve bileşenlerinin uygun şekilde planlanması gerekir (Mojahed ve Aghazadeh, 2008). İşgücü verimliliğini etkileyen bir başka faktör ise; işçilerin motivasyon eksikliğidir. Motivasyonun düşmesini sağlayan faktörler, işgücü verimliliğini olumsuz etkiler. Sebastian ve Borcharding (1980), işgücü verimliliğini düşüren motivasyon azaltıcı faktörlerden bazılarını şu şekilde ifade etmişlerdir; planlamada eksiklik veya hatalar, malzeme ve ekipman eksikliği, işçilerin görev yerlerinin sürekli değiştirilmesi, çalışma alanlarının kalabalık olması ve yeniden inşa etme, güvenli olmayan saha koşulları, işçilere verilmesi gereken eğitimin eksikliği ve işçiler ile iletişim bozukluğudur.

Kaynak mevcudiyetinde eksiklik, yetersiz malzeme tahmini, malzeme fiyatlarındaki değişim, tedarikçi verimsizliği, nakliye gecikmeleri, organizasyonel ödeme prosedürleri ve onay gecikmeleri nedeniyle ortaya çıkar (Le-Hoai vd., 2008; Musa, 2012). Malzemelerin kapsamlı bir şekilde çoklu kullanımı, malzemelerin uygunsuz depolanması, ihmal nedeniyle atık, malzeme depolama alanına erişimin engellenmesi, malzeme depolama alanı ile aktif çalışma sahası arasında uzun seyahat süresi, uzun imalat süresi ve geç teslimatlar, malzemenin aktif inşaat şantiyelerine geç gelmesi gibi sorunlar inşaat projelerinde üretkenliği etkileyen faktörlerdendir (Mojahed ve Aghazadeh, 2008).

### **Olumsuz Saha ve Hava Koşulları;**

Proje hazırlık aşamasında, uygulama alanının ve bölgenin hava koşulları ile ilgili analizlerin doğru yapılması gerekmektedir. Öngörülemeyen olumsuz saha ve hava koşullarını değerlendirerek, o doğrultuda maliyet ve zaman tahmini yapılmalı ve ilgili kişilerle sözleşme imzalarken belirtilmesi gerekmektedir. Kötü hava koşulları ve sahanın topografik koşulları, projelerde gecikmelere neden olabilmektedir. Aynı zamanda, bölgenin iklimsel koşulları, işgücü verimliliğini etkileyebilmektedir.

### **İstikrarsız Ekonomik ve Politik Durumlar;**

Ekonomik istikrarı olmayan ülkelerde, malzeme fiyatları sabit kalmamaktadır. Döviz kurundaki değişimlerle birlikte, malzeme fiyatları artmakta ve öngörülen maliyetin aşılmasına sebep olmaktadır. Siyasi istikrarsızlık (askeri savaşlar, grevli gösteriler ve sınır kapılarının kapatılması gibi), malzeme ve ekipmanların istenildiği zaman bulunabilirliğini etkilemekte ve bu nedenle malzeme fiyatlarının artmasına sebep olmaktadır (Enshassi vd., 2009).

### **1.3 ZAMAN VE MALİYET AŞIMLARI İLE İLGİLİ METOT VE MODEL ÇALIŞMALARI**

İhale aşamasında proje maliyet aşımalarının öngörülebilmesi, gelişmiş metot ve model tekniklerinin uygulanmasıyla daha doğru ve güvenilir hale gelmiştir. Ön maliyet çalışmasında, maliyet performans değerlendirmesinin güvenilirliğini arttırmak için hem modelleme teknikleri hem de alan bilgisi entegre edilmelidir. Bu alanda, geçmişten günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır. Maliyet aşımları, son yıllarda ortaya çıkan yeni teori, metot ve modellemeler ile önlenmeye çalışılmıştır.

Aşağıda, Braglia vd.'nin (2020) yapmış olduğu çalışmadan yararlanarak, geçmişten günümüze yapılan zaman ve maliyet ile ilgili metot ve model çalışmaları bir tablo halinde açıklanmıştır (Çizelge 1.4).

**Çizelge 1.4:** Zaman ve Maliyet İle İlgili Metot ve Model Çalışmalar (Braglia vd., 2020)



Thomas vd. (1990)	Fiziksel çıktıyı birimler halinde toplam işçilik, ekipman ve malzeme maliyetine bölen bir üretkenlik ölçütü önermektedir.
Lim, (1996)	Tamamlanan ve devam eden projelerin verimliliğini ölçmek için, metod önerisi sunmaktadır.
Al Abo ve Mangin (2002)	Analitik bir maliyet modeli ve saha üretkenliğini ölçmek ve değerlendirmek için, yeni bir metod sunulmuştur.
Cox vd. (2003)	İnşaat projelerinde uygulanan temel performans verilerinin, yönetim algıları araştırılarak; nitel ve nicel performans göstergeleri ortaya konulmuştur.
Al Abo Omar (2003)	Teknik ve lojistik yönetiminin (TLC), şantiyede verimliliği ölçmek için bir dizi karar destek aracı sunmakta ve bunu iyileştirmek için uygun yönelimleri anlatmaktadır.
Park vd. (2005)	İnşaat Verimliliği Ölçüm Sistemi kullanılarak, doğrudan ve dolaylı hesapların listesi oluşturulmuş ve 56 başarı faktörü belirlenmiştir. Bu faktörler, 7 ana kategoriye ayrılmıştır.
Kuprenas (2005)	Teklif ücreti ve rekabet seviyesi dahil olmak üzere, teklif verme özelliklerinin maliyet performansı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Regresyon analizi kullanılmıştır.
Ellis ve Lee (2006)	Genel bir verimlilik göstergesi elde etmek için, proje düzeyinde verimlilik (PLP) ölçüm yöntemi sunulmuştur.
Gkritza ve Labi (2008)	Ekonometrik modeller uygulayarak, karayolu proje maliyet aşmaları analiz edilmiştir.
Kim vd. (2011)	İnşaat verimliliğini artırmak için, en uygun yönetim öğelerinin seçimine yardımcı olacak bir verimlilik değerlendirme göstergesi olan; Verimlilik Başarı Oranını (PAR) önermektedir.
Wang vd. (2012)	Erken planlama durumu ile proje performansı arasındaki ilişkiyi araştırmak için ve sınıflandırma modellerini tahmin etmek için, yapay sinir ağları topluluğu kullanılmıştır.
Pellegrino vd. (2012)	Öğrenme eğrisi teorisini kullanarak, beton yapıların verimlilik oranları araştırılmış ve değerlendirilmiştir.
Seppanen vd. (2014)	Program tahminini onaylanan planla yeniden hizalamak için ve üretimdeki sapmalara etkili bir yanıt vermek için, konum tabanlı yönetim sistemleri (LBMS) önerilmektedir.
Moon (2015)	Kore'de uygulanan projelerin, istatistiksel yol analizlerini kullanarak tasarım-inşaa (DB) ve tasarım-teklif-inşaa (DBB) teslim yöntemi projelerindeki maliyet aşmaları incelenmiştir.
Kim vd. (2016)	Değişkenlik ve karşılıklı bağımlılığın birlikte bulunduğu, proje planlama ve kontrol konusunda iş birliğini iyileştirmek için, yeni bir müşteri kazanılmış değer (CEV) metriği ortaya konmuştur.
Vereen vd. (2016)	RSMeans Bina İnşaat Maliyet Verilerini kullanarak, üretkenliği ölçmek için bir metrik sunulmaktadır.
Chen vd. (2016)	Proje türü, sahipler (kamu / özel), satın alma yöntemleri, sözleşme yöntemleri ve

	LEED seviyeleri gibi proje özelliklerinin, performans seviyeleri ile ilişkisi araştırılmıştır.
Sacks vd. (2017)	Tekrar eden uygulama projelerindeki üretim akışının kalitesini gösteren, bileşik bir ölçü olan; İnşaat Akış İndeksini (CFI) sunulmaktadır.
Zhang vd. (2017)	Endüstriyel inşaat işletmelerinin, inşaat üretkenliğini sürekli iyileştirmeye yönelik mekanizmaları anlamalarına ve uygulamalarına yardımcı olmak için; dahili bir Karşılaştırma ve Ölçüt (BM&M) modelinin geliştirilmesini tanıtmaktadır.
Bonham vd. (2017)	Yerleşik sanayi etki kriterlerine bağlı olarak, verimlilik için pratik bir veri toplama ölçütü geliştirmek adına metodolojik bir yaklaşım ortaya koymaktadır.
Ma ve Liu (2018)	Uygulama projelerinde, işgücü verimliliğindeki zamansal farklılıkların dört bileşenli bir ayrıştırması ortaya konmuştur. Bunlar; üretim kapasitesi, teknoloji, teknoloji kullanım verimliliği ve sermaye-emek oranıdır.
Wesz vd. (2018)	Prefabrik Engineer-to-Order (ETO) yapı sistemlerini tasarlayan, üreten ve monte eden şirketlerde; tasarım aşamasını planlamak ve kontrol etmek için bir model sunmuşlardır.
Zhang vd. (2018)	Proje üretkenliğini arttırmada Bina Bilgi Modellemesinin (BIM) katkısını incelemişlerdir.
Cao vd. (2018)	Doğruluğu arttırmak için, toplu bir öğrenme modeli kullanarak teklif verme fiyatı tahmin edilmeye çalışılmıştır.
Abreu ve Lordsleem (2019)	Brezilya inşaat projelerinde, alüminyum kalıp sisteminin beton dökümü sırasında somut kayıp ve işçilik verimliliği (LP) göstergeleri analiz edilmektedir.
Hanna vd. (2019)	Farklı inşaat projelerinin, üretkenliğini karşılaştırmak veya üretkenlik kaybına karşı savunmasızlığını değerlendirmek için kullanılan “Verimlilik Kaybı Riski (RPL)” adı verilen matematiksel olarak türetilmiş bir yöntem önermektedir.
Kabirifar vd. (2019)	İran'da proje performansını etkileyen, büyük ölçekli konut inşaat projelerindeki Mühendislik-Tedarik ve İnşaat (EPC) kritik faaliyetleri analiz edilerek sıralanmıştır.
Ayele ve Fayek (2019)	İnşaat projelerinde kullanılan tüm kaynakları ele alarak, toplam inşaat verimliliğini ölçmek için bir çerçeve ortaya koymaktadır. Genişletilmiş bir literatür taramasına dayanarak, inşaat projelerinde sözde toplam üretkenliği ölçmek için bir ölçüt önerilmektedir.
Rasul vd. (2019)	Kritik risk faktörleri arasındaki ilişkileri ve bunun sonucunda ortaya çıkan etki zincirinin; maliyet, zaman, kalite ve verimlilik gibi proje performans göstergeleri üzerindeki etkilerini sunmaktadır.
Seadon ve Tookey, (2019)	Yeni Zelanda'daki inşaat projelerinin verimliliğini arttırmak için, bir dizi kaldıraç sunmaktadır.
Braglia vd. (2020)	ETO inşaat tedarik zincirlerinin, kayıplarını ve nedenlerini tanımlayabilen bir çerçeve ve kayıpların genel etkisinin ölçülmesini destekleyen Genel İnşaat Verimliliği (OCP) adlı yeni bir metrik iyileştirme eylemlerinin uygulanmasını araştırmışlardır.

Ghazal ve Hammad (2020)	Verilerde Bilgi Keşfi (KDD) ve veri madenciliği teknikleri, geçmiş verilerden yeni ve faydalı bilgiler elde etmek için farklı araştırma alanlarında başarıyla uygulanmıştır.
-------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Aşağıda, inşaat projelerinin başarılı olabilmesi için önerilen modellerden 3 örnek çalışma belirlenerek açıklanmıştır. Bu modeller, aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

- Hızlı İlerleyen Projelerin Risk Değerlendirmesi: Sistem Tabanlı Bir Yaklaşım (Rasul vd., 2019),
- İtalya’da Çok Katlı Beton Yapıların İnşası: Üretkenlik Eğrileri ve Öğrenme Eğrileri (Pellegrino vd., 2012),
- Su ve Atıksu Arıtma Tesisi İnşasının Üretkenliğini Etkileyen Ana Faktörler: ABD’nin Derin Güneyinden Kanıtlar (Mojahed ve Aghazadeh, 2008).

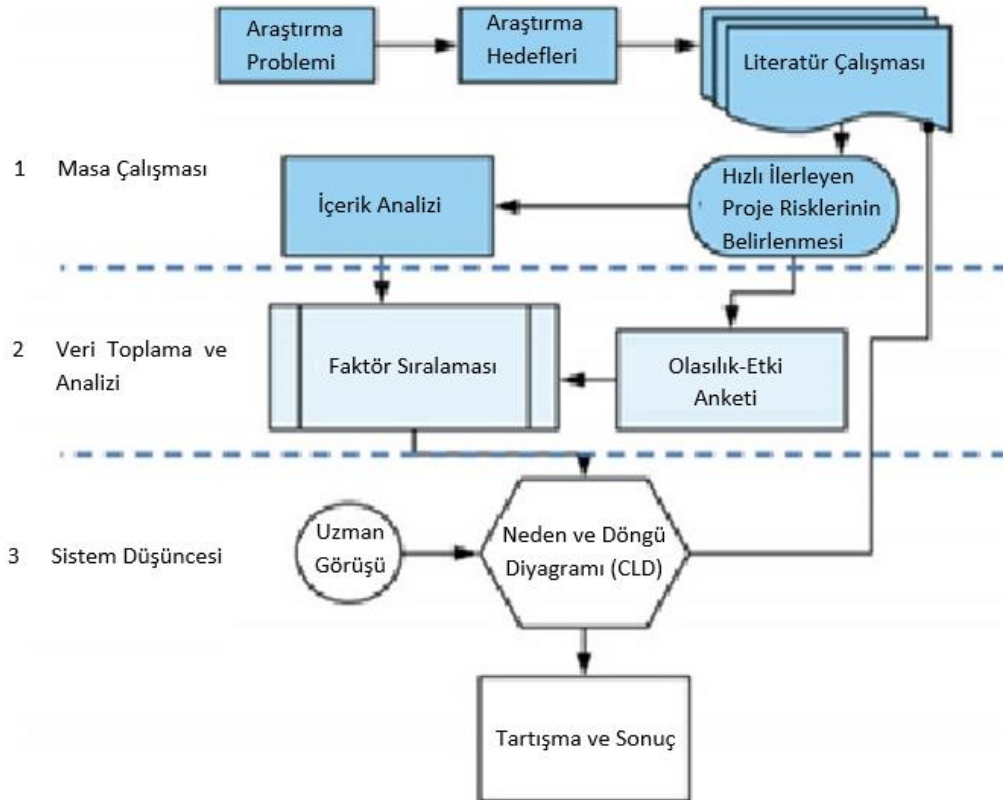
### **1.3.1 Hızlı İlerleyen Projelerin Risk Değerlendirmesi: Sistem Tabanlı Bir Yaklaşım (Rasul vd., 2019)**

Rasul vd. (2019) yaptıkları çalışmada, kritik risk faktörleri arasındaki ilişkileri ve bunun sonucunda ortaya çıkan etki zincirinin maliyet, zaman, kalite ve verimlilik gibi proje performans göstergeleri üzerindeki etkilerini incelemektedir. Çalışma, gelişmekte olan ülkelere özel bir bakış açısı ile hızlı ilerleyen projelerin sistem tabanlı risk değerlendirmesini gerçekleştirmeye odaklanmaktadır. “Bu amaçla çalışma, bireysel riskler yerine; nedensel döngü diyagramları (CLD’ler) aracılığıyla, risk etkileşimlerinin gelişmiş dinamik yapısının ortaya çıkardığı risk etki yollarına odaklanan bütünsel bir analize dayanmaktadır” (Rasul vd., 2019)

Rasul vd. (2019), ekonomik, politik ve sosyal sebeplerden dolayı kısa sürede hızlı bir şekilde tamamlanması gereken projelerin risk faktörlerini belirlemek ve değerlendirmek için sistem tabanlı bir yaklaşım ele almışlardır. Kısa sürede tamamlanması gereken büyük projelerin bazılarında, tasarım ve uygulamanın aynı anda ilerlemesi gerekmektedir. Tasarım ve uygulama safhalarının aynı anda ilerlemesi, proje karmaşıklığına ve risklerin artmasına sebep olmaktadır. Böyle bir durumda, kritik risk faktörlerinin hızlı bir şekilde tespit edilmesi, değerlendirilmesi

ve iyileştirilmesi çok önemlidir. Rasul vd. (2019), geleneksel risk yönetiminin kritik risk faktörlerini bağımsız olarak ele alarak, aralarındaki ilişkiyi görmezden geldiğini ve böyle bir değerlendirmenin eksik kalacağını ifade etmişlerdir. Özellikle, hızlı ilerleyen projelerde risk yönetimi değerlendirilirken, kritik risk faktörlerinin birbirleriyle olan ilişkilerinin ve etkilerinin üzerinde durulması gerektiğini vurgulamışlardır.

Rasul vd. (2019) yaptıkları çalışmaya, araştırmanın problemi ve hedeflerini belirleyerek başlamışlardır. Ardından, literatür çalışması ile hızlı ilerleyen projelerdeki riskleri belirlemişlerdir. Belirlenen riskler, anket ve içerik analizi ile faktör sıralaması yapılmıştır. Belirlenen risk faktörleri, nedensel döngü diyagramları (CLD) kullanılarak gösterilmiştir. Çalışma, tartışma ve değerlendirme bölümüyle sonlandırılmıştır.



Şekil 1.3: Rasul vd. (2011) Yaptıkları Çalışmanın Şematik Sunumu (Rasul vd., 2019)

Rasul vd. (2019), giriş bölümünde literatür taraması yaparak; hızlı izleme metodolojisinin gerekliliğini, tanımını, avantaj ve dezavantajlarını, uygulama

alanlarını ve geleneksel risk yönetimi ile aralarındaki farkları açıklamışlardır. Hızlı izleme tekniğinin, sosyal ve politik sebeplerden dolayı kısa sürede tamamlanması gereken projelerde (özellikle de kamu ihalelerinde) uygulanması gereken bir teknik olduğunu vurgulamışlardır. Rasul vd. (2019) yaptıkları literatür çalışmasına göre, hızlı izleme tekniği ile proje tasarımı tamamlanmadan uygulama aşamasına geçilebilmektedir. Böylece, zaman ve maliyet tasarrufu sağlanabilir. Fakat yetersiz tasarım bilgileri birçok risk faktörünün de oluşmasına sebep olabilir. Bu bölümde Rasul vd. (2019), literatür çalışmasından yola çıkarak; nedensel döngü diyagramlarını (CLD) neden seçtiklerini, CLD'lerin anlamlarını, güçlü yönlerini ve faydalarını açıklamaktadırlar. Çalışmada, hızlı ilerleyen projelerde risk, risk yönetimi ve bu alanda kullanılan teknik ve metotlar literatür taraması aracılığıyla açıklanmıştır. Rasul vd. (2019), bu alanda 2010 ve 2017 yılları arasında yapılmış çalışmaları inceleyerek, farklı araştırmalarda tanımlanan 34 risk faktörü belirlemişlerdir.

Rasul vd. (2019), risk faktörlerini belirledikten sonra; iki bölümden oluşan bir anket oluşturmuş ve internet üzerinden profesyonel iş ağları ve sosyal ağ siteleri yoluyla katılımcılara ulaştırmışlardır. İlk bölüm, katılımcıların şirketleri, nitelikleri, pozisyonları hakkında bilgi içerirken; ikinci bölümde ise, sıralanan risk faktörlerinin olasılığı ve etkisinin derecelendirilmesi istenmiştir. Sonuçlar, Göreceli Önem İndeksine (RII) göre değerlendirilip, ilk 14 risk faktörü sıralanmıştır. Göreceli Önem İndeksi (RII); farklı başarı faktörlerini sıralayabilmek için istatistiksel bir metottur (Hossen vd., 2015).

Rasul vd. (2019), sıralanan 14 risk faktörü hakkında, hızlı ilerleyen projelerde deneyime sahip olan uzmanların görüşlerini almışlardır. Uzman görüşleri sonucunda, risk faktörleri arasındaki etkileşim ve proje hedefleri arasındaki ilişkiye yönelik önemli bilgiler elde edilmiştir. Literatür çalışmasından ve uzman görüşlerinden toplanan veriler, sağlam bir yazılım olan Vensim ile nedensel bağlantıların grafiksel bir temsili oluşturulmuştur. Böylelikle, hızlı proje riskleri ve hedeflerinin CLD'si oluşturulmaya başlanmıştır. CLD, uzman görüşleri doğrultusunda altı ana döngü halinde oluşturulmuştur.

Rasul vd. (2019), sonuç olarak gelişmekte olan ülkeler için, finansal risklerin en önemli riskler olduğunu ortaya koymuştur. Teknik ve yönetsel risklerin, diğer bir önemli faktörler olduğu sonucuna varılmışlardır. Sıralaması yapılan 14 faktörün de yer aldığı, 34 faktörlük kapsamlı bir sıralama yapılmıştır. Hızlı izleme tekniğinin ve risklerinin, proje performansı üzerindeki etkisi tespit edilmiştir.

B1 Döngüsü: Hızlı ilerleyen projelerin, planlanan zamanda veya daha erken bitmesini anlatan döngüdür. Yöntem ve ekipman seçimlerini geliştirerek ve ek kaynak tahsisi ile üretkenlik arttırılacak, böylelikle proje zaman aşımına uğramayacaktır.

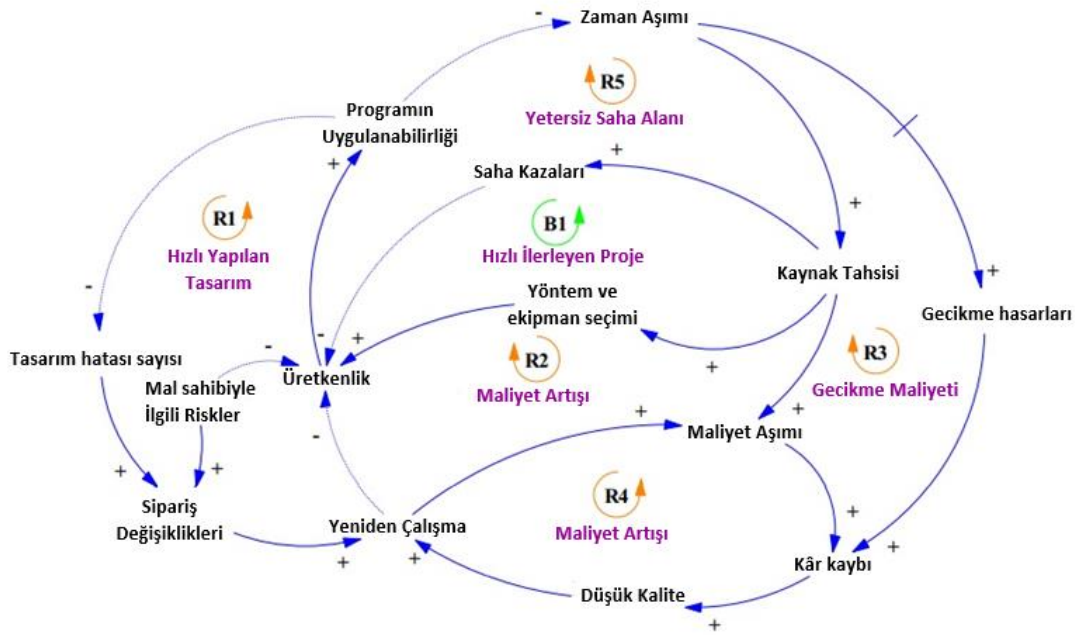
R1 Döngüsü: Tasarım hatalarının, proje üzerindeki etkisini gösteren döngüdür. Hızlı ilerleyen projelerde, tasarım ve uygulamanın aynı anda ilerlemesi gerekebilir. Hızlı bir şekilde hazırlanan tasarımlarda, hata sayısı fazla olmakta ve uygulamada değişiklik sayısı artmaktadır. Böylelikle üretkenlik düşmektedir.

R2 Döngüsü: Hızlı ilerleyen projelerde, inşaat süresinin uzamasına engel olmak için ek kaynak tahsisi sağlanmasının; proje maliyetini arttırıp, kalitenin düştüğünü gösteren döngü sistemidir.

R3 Döngüsü: Zaman aşımına uğrayan projelerde, maliyet aşımı ve düşük kalitede işçilik olduğunu vurgulayan döngü sistemidir.

R4 Döngüsü: Uygulamadaki değişiklikler sebebiyle, yeniden çalışma yapılmasının, proje maliyetlerini etkilediğini gösteren döngüdür.

R5 Döngüsü: Ek kaynakların sahaya getirilmesi ile birlikte yetersiz saha alanı oluştuğunu ve saha içi kazaların meydana geldiğini, böylelikle üretkenliğin azaldığını gösteren döngü sistemidir.



Şekil 1.4: Hızlı Proje Riskleri ve Hedeflerinin CLD Döngüsü (Rasul vd., 2019)

Rasul vd. (2019), yaptıkları çalışma ile, proje yöneticilerinin hızlı proje riskleri arasındaki ilişkiyi anlayabilmeleri için bilgi birikimi sunmaktadırlar. CLD döngü modeli ile, proje yöneticilerinin hızlı ilerleyen projelerdeki riskleri belirlemesi ve bu riskler doğrultusunda strateji geliştirmesine yardımcı olacak döngü sistemleri oluşturabileceğini göstermektedir. CLD, gelişmekte olan ülke ekonomilerindeki genel proje yönetimi uygulamasını geliştirebilecek ve proje başarı yüzdesini arttırabilecek proje risklerini algılamak için, daha sağlıklı bir yol sağlar (Rasul vd., 2019).

### 1.3.2 İtalya’da Çok Katlı Beton Yapıların İnşası: Üretkenlik Modelleri ve Öğrenme Eğrileri (Pellegrino vd., 2012)

Pellegrino vd. (2012) yaptıkları çalışmada, Güney İtalya’daki çok katlı beton yapıların, verimlilik düzeylerini “Öğrenme Eğrisi Teorisi” kullanarak incelemiştir. Çalışma, farklı şantiyelerde gerçekleştirilen çok katlı betonarme yapıların verimlilik oranlarını, verimliliği etkileyen kritik başarı faktörlerinin belirlenmesini ve bu faktörlerin önem derecesine göre sıralamasını kapsamaktadır. Çalışmada kullanılmak için, Bari şehrinde bulunan beş farklı sahada inşa edilen çok

katlı betonarme yapıların verimlilik ve üretim verileri incelenmiştir. Çalışmada, Matlab yardımı ile regresyon analizi yapılmıştır.

Pellegrino vd. (2012), %85 ile %95 arasında değişen öğrenme oranlarının nicel olarak analiz edilmesi, gelecekte o bölgede yapılacak beton yapı projelerinin işgücü maliyeti ve zaman planlaması için yararlı olduğunu ifade etmiştir.

Pellegrino vd.'e (2012) göre, “öğrenme eğrileri üzerine yapılan çoğu çalışma, üretkenlik verilerine uyan en iyi geometrik fonksiyonlara ve bunların farklı inşaat operasyonlarının performansını tahmin etmedeki önemine dayanan, matematiksel modellerin geliştirilmesine odaklanmıştır.”

Pelegrino vd. (2012) literatür çalışmasıyla, öğrenme eğrisi teorisini ve temel düzeyde matematiksel temellerini açıklamaktadır. Araştırmacılar öğrenme eğrisi teorisini için; bir inşaat projesinde üretim miktarı iki katına çıktığında, öğrenme oranı artacağı için zaman veya maliyetin, belirli bir yüzde oranında azalacağını ifade etmiştir. İşçiler tekrarlayan işleri yaptıkça; öğrenme oranı ve verimlilik artar, işin süresi kısalmış ve maliyet azalır.

Pelegrino vd. (2012), literatür çalışmasından sonra proje yöneticilerinin görüşlerini alarak, üretim verimliliğini etkileyen en önemli 10 başarı faktörünü belirlemiştir. Belirlenen başarı faktörü regresyon analizi ile önem derecesine göre sıralanmıştır.

Pelegrino vd.' e (2012) göre, çok katlı betonarme yapılarda üretim verimliliğini etkileyen başarı faktörleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- İnşaat ekibinin tecrübe ve becerisi,
- İnşaat ekibinin sayısı,
- Proje yönetimi,
- Tasarımdaki eksiklikler veya hatalar,
- Malzeme ve ekipman eksiklikleri,
- Malzeme depolama alanı,
- Plan ve zaman çizelgeleri,



- Yapılan imalatın kalitesinin denetlenmesi ve kabul edilmesi,
- Hava koşulları,
- Yapılan işin tekrarı.

Pelegrino vd. (2012), sıralanan faktörlerin, Matlab yardımı ile çok düzeyli regresyon analizlerini yaparak modelleri oluşturmuşlardır. Araştırmacılar, yapılan analizler ile, üretim verimliliğini etkileyen en önemli faktörlerin tasarımdaki eksiklikler veya hatalar ve inşaat ekibinin tecrübe ve becerisi olduğu sonucuna varmıştır. Bu faktörlerden sonra, plan ve zaman çizelgeleri, yapılan işin kalitesinin kontrol ve kabul edilmesi, inşaat ekibinin sayısı, malzeme ve ekipman eksiklikleri projeyi etkileyen en önemli faktörler olduğu belirlenmiştir.

Pelegrino vd. (2012), yaptıkları araştırmanın son bölümünde, öğrenme eğrisi teorisinin uygulamasını yapmakla birlikte, bir işin durdurulduğu zaman öğrenme kaybının yaşandığını tespit etmişlerdir. Çalışmada, öğrenme eğrileri analizi matematiksel denklemler ile yapılmaktadır.

Öğrenme eğrileri analizi için kullanılan matematiksel denklem:  $Y=AX^{-n}$

Y: Tekrarlanan X birimi kadar işi gerçekleştirmek için gereken maliyet, adam/saat veya zamandır.

A: İlk yapılan işi gerçekleştirmek için gereken maliyet, adam/saat veya zamandır.

n: Logaritmik çizginin eğimi.

$Y=AX^{-n}$  denklemi logaritmik olarak  $\ln Y = \ln A - n \cdot \ln X$  yazılabilir.

Öğrenme oranı/eğrisi (S): Yüzde olarak ifade edilir. Logaritmik eğrinin eğiminden elde edilir.  $S=2^{-n}$

Pelegrino vd. (2012) tarafından, öğrenme eğrisi (S) ve belirleme katsayısı ( $R^2$ ) hesaplandıktan sonra 5 farklı şantiye A,B,C,D,E isimleri ile 'kümülatif ve birim veri grafiğinde belirleme katsayısı ve öğrenme oranı' tablosu oluşturulmuştur. Tabloda B şantiyesi, mali sorunlardan kaynaklı iş kesintisine uğradığından dolayı,

kesintiden önce ve kesintiden sonra olmak üzere iki dizi veri ile karakterize edilmiştir.

Pelegrino vd.'nin (2012) elde ettikleri sonuçlar;

Öğrenme eğrileri, çok katlı betonarme projelerinde öğrenme oranı arttıkça üretim verimliliğinin arttığını göstermektedir. Çok katlı betonarme projelerde, üst katlara çıkıldıkça öğrenme oranı arttığı için, üretim verimliliğide artmaktadır. Bu yüzden, projelerde birinci katlara odaklanılmalıdır. İncelenen şantiyelerde, üretim verimliliğinin en yüksek olduğu zaman dilimi projenin yüzde 60'ı tamamlandıktan sonraki kısım olduğu görülmüştür. B şantiyesinde, kesintiye uğramasından dolayı yeniden başlayan ekibin üretkenlik veriminde çok fazla düşüş görülmektedir. Bu durumda, öğren-unut-öğren fenomeni gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

### **1.3.3 Su ve Atıksu Arıtma Tesisi İnşasının Üretkenliğini Etkileyen Ana Faktörler: ABD'nin Derin Güneyinden Kanıtlar (Mojahed ve Aghazadeh, 2008)**

Mojahed ve Aghazadeh (2008), yaptıkları çalışmadaki amaç; atıksu arıtma tesisi projelerinde, üretkenliği etkileyen en önemli başarı faktörlerini belirlemek ve belirlenen başarı faktörlerini geliştirmek için öneriler ortaya koymaktır. Araştırmacılara göre, üretkenliği etkileyen başarı faktörleri belirlenmeden üretim verimliliğini geliştirmek ve arttırmak mümkün değildir. Başarı faktörleri, ABD'de atıksu arıtma tesisi inşa eden ana ve alt yükleniciler ile yapılan anketler sonucunda belirlenmektedirler.

Mojahed ve Aghazadeh (2008), inşaat verimliliği alanında yapılan çalışmalarını inceleyerek literatür çalışması yapmışlardır. Yapılan literatür çalışmasıyla, inşaat projelerinde üretkenliği etkileyen başarı faktörleri incelenip listelenmiştir. Listelenen başarı faktörleri, ABD'de yıllık 100 milyon doların üzerinde iş hacmi bulunan ve atıksu arıtma tesisi inşa eden inşaat şirketlerine gönderilerek anketler yapılmıştır. Araştırmacıların anketleri, üç kategoriden oluşmaktadır. İlk kategoride, çalışmaya katılan şirketler hakkında bilgi toplama hedeflendi. İkinci kategori, şirket bünyesinde ankete katılan teknik personel profiliyle ilgilidir. Üçüncü kategori ise, listelenen

başarı faktörlerinin sıralanmasıyla ilgilidir. Ankette, faktörlerin etki derecesini değerlendirmek için 5'li likert ölçeği kullanılmıştır.

Mojahed ve Aghazadeh (2008), göreceli önem indeksi (RII) tekniğini kullanarak en önemli başarı faktörlerini;

- İşçi beceri ve deneyimleri (0,931),
- Örgütsel Yönetim (0,916),
- İş planlama ve programı (0,835),
- İşçi ve teknik personel motivasyonu (0,829),
- Malzeme mevcudiyeti (0,822) olarak belirlemişlerdir.

Göreceli önem indeksi (RII) hesaplanması:  $R(II) = \frac{\sum r}{M \times N}$  r: Ankette faktörlere verilen puan. M: En yüksek puan. (5'lik likert ölçeğinde 5'e eşit) N: Ankete katılan sayısı.

Mojahed ve Aghazadeh (2008) yaptıkları çalışmada, atıksu arıtma tesisi projelerinin üretkenliğini arttırmak için öneriler sunmuşlardır. Önerilerin uygulamaları, proje verimliliğini iyileştirdiğini test etmek için ABD'de atıksu arıtma tesisi yapan birkaç tane şirket üzerinde uygulamış ve projenin üretim verimliliğinin arttığını gözlemlemişlerdir.

Mojahed ve Aghazadeh (2008), önerilen ana verimlilik faktörlerini aşağıdaki gibi sıralamışlardır;

İşçi becerileri ve deneyimi için;

- İşçilere, şantiyedeki görevleri ve projenin genel işleyişini anlayabilmeleri için eğitim verilmelidir.
- İşçi ekibinde, deneyimli ve deneyimsiz işçi sayısının orantılı olmasına dikkat edilmelidir.
- Deneyimli işçiler, deneyimsiz işçilere bilgi kaynağıdır. Deneyimli ve deneyimsiz işçilerin bir arada çalıştırılması sağlanmalıdır.
- Her işçiye, kapasitesi ölçüsünde iş verilmelidir. Deneyimli ve yetenekli işçilere daha teknik ve zorlu işler verilmelidir.

#### Yönetim için;

- Kısa ve uzun vadeli hedefler belirlenmelidir ve bu hedeflere ulaşmak için plan ve program yapılmalıdır.
- Önceki projelerden elde edilen bilgi, beceri ve deneyim mevcut projede kullanılmalıdır.
- Sahada görev yapan teknik personelden, eksiklik veya sorunlar hakkında geri bildirim alınmalı, sorunların düzeltilmesi için teknik personel bilgilendirilmeli ve toplantılar yapılmalıdır.
- Malzeme ve ekipman eksiklikleri ve siparişleri takip edilmelidir.
- Saha içi ve saha dışı koordinasyonu, zamanında ve sağlıklı bir şekilde yapılmalıdır.
- Proje ve teknik performans, belirlenen hedeflere göre sık sık değerlendirilmelidir.
- Gerektiğinde, sorumluluk ve yetkiler teknik personele devredilmelidir.

#### İş planlaması için;

- Proje başlamadan önce, iş programı hazırlanmalı ve kritik yol yöntem (CPM) proje çizelgesi oluşturulmalıdır.
- Hazırlanan iş programı doğrultusunda, yeterince işçi, malzeme ve ekipman gibi kaynaklar tahsis edilmelidir.
- Proje başlangıcında görevler dağıtılmalı, işçiler ayrıntılı bir şekilde proje hakkında bilgilendirilmeli, saha kazalarını önlemek için güvenlik tedbirleri alınmalı ve işin aksamaması için yeterince malzeme ve ekipman sahada mevcut bulundurulmalıdır.
- Yapılacak iş miktarı arttığı zamanlarda, işçi sayısı ve malzeme/ekipman miktarı orantılı bir şekilde arttırılmalıdır.
- İş kaybını engellemek ve öğrenme eğrisinin kesintiye uğramaması için işçiler farklı görevlerde çalıştırılmamalı mümkün olduğunca aynı görevler verilmelidir.

- İş planlaması yapılırken, işçilerin en verimli saatleri ve günleri belirlenerek yapılmalıdır.

Çalışan motivasyonu için;

- Şantiye güvenliği sağlanmalıdır.
- İşçi ve teknik personelin hedefleri ve görevleri belirlenmelidir.
- Kalite standartlarına bağlı kalınarak, güvenli bir çalışma ortamı ile üretkenliği arttıran çalışanlar ücret artışı ve ikramiye gibi ödüllerle teşvik edilmelidir.
- Yöneticilerin, işçilere karşı her açıdan adil davranması gerekmektedir.
- Üretkenlik artışı ile firmanın iş hacmi orantılı olarak arttırılmalı ve işçilerin işten çıkarılma endişesi ortadan kaldırılmalıdır.

Malzeme mevcudiyet için;

- Malzeme depolama alanı, şantiyeye yakın mesafede kurulmalıdır.
- Malzemenin taşınmasını engelleyen faktörler ortadan kaldırılmalıdır.
- Teslim edilen malzeme veya ekipmanın listesinin oluşturulması ve kolay erişilebilecek bir şekilde depolanması gerekmektedir.
- Malzeme teslimatının gecikmemesi için, siparişlerin tedarik aşaması doğru yönetilmelidir.
- Malzemelerin çalınması veya zarar görmesi engellenmelidir.

Mojahed ve Aghazadeh (2008), çalışmalarında son olarak; Tayland, Kanada, İran, Endonezya ve Nijerya arasındaki verimlilik faktörlerin karşılaştırılmasını yapmışlardır. Literatür çalışması ile belirledikleri verimlilik faktörleri;

İran için; malzeme yetersizliği, uygun olmayan hava saha koşulları, ekipman arızası, tasarımdaki eksiklikler ve siparişteki değişimler,

Nijerya için; malzeme yetersizliği, yapılan işin kalitesiz olması ve tekrar yapılması, saha içinde ve dışında yeterli koordinasyonun sağlanamaması ve kontrol eksikliği,

Endonezya için; malzeme yetersizliği, yapılan işin kalitesiz olması ve tekrar yapılması, işçilerin devamsızlık problemi,

Tayland için; malzeme eksikliği, tasarım detaylarının eksikliği, kontrol mekanizmasının zayıf olması ve yetersiz eğitim süresi üretkenliği düşüren faktörler olarak belirlendiler.

Kanada için; plan ve faaliyet çizelgesi, ekipman, proje tasarım çizimlerinin mevcudiyeti ve motivasyon üretkenliği etkileyen en önemli faktörler olarak belirlendiler.

Araştırmacılar, bu karşılaştırmanın sonucu olarak; üretkenliği etkileyen tek ortak faktörün, malzeme mevcudiyeti olduğunu gördüler. Üretim verimliliğini etkileyen ana faktörler; projeler, şirketler ve coğrafi alanlarda farklılık gösterebildiği gibi benzerlikte gösterebilmektedir. Bu yüzden, bir projede görülen üretkenlik problemlerinin çözümleri, üretkenlik verimliliğini arttırmak için bir başka projede de kullanılabilirdiği sonucuna varmışlardır.

## **İKİNCİ BÖLÜM**

### **2. İNŞAAT PROJELERİNDE İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİ VE İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

İnsan nüfusunun artmasıyla, yenilenebilir ve yenilenemez kaynakların tükenmeye başladığı görülmektedir. Bu yüzden, insanoğlu kaynakların etkin kullanılabilmesi için, verimlilik kavramının önemini farkına varmıştır. Verimlilik, kaynak ve işgücünün etkin kullanılması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Verimliliğin yükseltilmesi, en az girdi ile en fazla çıktının elde edilmesi ile mümkün olacaktır. Verimlilik üretim odaklı bir kavramdır. Verimliliğin yükseltilmesi ile, ürün miktarı ve kalitesi artarken, üretim maliyeti ve süreside azalır. Maliyetin düşürülmesinde ve kar elde edilmesinde üretkenliğin önemi, inşaat sektörü de dahil olmak üzere tüm sektörlerin merkezinde yer almaktadır (Hasan vd. 2018).

Verimlilik kavramı, insanoğlu var olduğu günden itibaren içgüdüsel olarak farkına vardığı bir kavram olarak düşünülmektedir. Verimlilik kavramını ilk kez 1530 yılında ‘‘De Re Metallica’’ adlı eserinde Alman Georgius Agricola kullanmıştır. 18. yüzyıla kadar, önemli bir gelişme evresi geçirmeyen verimlilik

kavramı; sanayi devrimi ile birlikte endüstrileşme sürecine giren İngiltere, Almanya, ABD gibi ülkelerde önemli bir hale gelmeye başlamıştır. 19. yüzyıldan itibaren, verimlilik kavramına olan ilgi artmaya devam etmiş ve bu alandaki araştırmalar çoğalmaya başlamıştır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, her sektörde işgücü verimliliği önemli bir kavramdır. İşgücü verimliliğinin artırılması, ülke ekonomisinin kalkınması için kritik bir faktördür. Avrupa İnşaat Endüstrisi Federasyonu'nun (2021), açıkladığı değerlere göre inşaat sektörü, 2020 yılında Avrupa Birliği'nde (AB) gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) %9,5'ini oluşturmakta ve Avrupa'da toplam istihdamın %6,1'ini sağlamaktadır. Ulubeyli' ye (2004) göre, işgücü verimliliğinin artmasıyla, çalışanlar daha az mesai harcayarak daha kaliteli işler ortaya çıkaracak ve fazla ücret alabilecek; işveren, daha az maliyet ile daha çok iş yapabilecek ve böylece daha çok kazanç elde edebilecek; müşteri, daha ucuz ve kaliteli hizmet alabilecek; ülke ekonomisi kalkınabilecek, bunun sonucunda toplumun refah seviyesi, yaşam kalitesi ve mutluluk düzeyi artacaktır. Siriwardana ve Ruwanpura' ya (2012) göre, inşaat projelerinde verimliliğin yükselmesi sadece şirketlere kar ve kazanç sağlamakla kalmaz, aynı zamanda inşaat sektörüne de önemli maliyet tasarrufları sağlayabilir. Bu nedenle hem iş gücü verimliliği hem de yönetim problemleri açısından, inşaat verimliliğini arttırmak için; yenilikçi yöntemler bulmak zorunlu bir ihtiyaçtır.

İşgücü verimlilik yönetimi, her alanda olduğu gibi inşaat sektöründe de önemli bir faktördür. Fakat, işgücü verimliliğinin iyileştirilmesi ve performans ölçümü, inşaat endüstrisinde her zaman bir zorluk olmuştur (Fayek vd., 2012). Birçok inşaat projesi, düşük verimlilik oranları nedeniyle maliyet aşımından ve inşaat süresinin uzamasından mustarıptır (Sun ve Meng, 2009). İnşaat projeleri, işçilerin ve yöneticilerin yoğun emek harcayarak ortaya çıkardıkları ürünlerdir. Bundan dolayı, projenin başarısı; işgücünün doğru ve etkin yönetilmesi ile doğru orantılıdır. İşgücü, bir insanın yararlı şeyler üretmek için harekete geçirmek zorunda olduğu fiziksel ve düşünsel yetilerinin tümüdür (Türk Dil Kurumu [TDK]). Verimlilik, proje süreci sonucunda elde edilen toplam çıktının, proje sürecinde kullanılan toplam girdilere bölünmesiyle elde edilen değerdir. Thomas vd. (1990), üretkenliği; emek, ekipman ve malzeme toplamının çıktıya oranı olarak

tanımlamaktadırlar. İnşaat projelerinde işgücü verimliliği, adam-saat başına yapılan iş miktarı olarak tanımlanabilir. Yani, bir birimlik üretim için işçinin saat cinsinden çalışması süresini ifade eder.

Başarılı bir ürün ortaya koymak, şantiyede çalışan herkesin nihai amacıdır. Rad ve Kim (2018), işgücü verimliliğinin, bir projeyi başarıyla tamamlamak için kilit yönetim faktörlerinden biri olduğunu belirtmiştir. İşgücü verimliliği, projenin maliyet, zaman ve kalitesini doğrudan etkileyen bir başarı faktörüdür. Proje yöneticilerinin, işgücü verimliliğini etkileyen faktörleri belirleyip, bu faktörleri geliştirmesi ve işgücü verimliliğini maksimum seviyeye çıkarmaları, proje başarısı için önemlidir. İnşaat projelerinde yöneticiler, işgücü verimliliğini arttırdığı takdirde, projenin maliyeti düşecek, inşaat süresi azalacak ve kalite artacaktır. İşgücü verimliliği, değişken bir ölçü olduğu için proje yöneticileri tarafından daima ölçülmeli ve sürekli takip edilmelidir.

Acıkara' ya (2016) göre, işgücü verimliliğinin artırılması için, işgücü verimliliğini etkileyen faktörler belirlenmeli ve bu faktörlerin şantiye ortamında ne derece uygulanabildiği tespit edilmelidir. Bu yüzden, tespit edilen faktörler üretim süreçleri boyunca takip edilip, ölçümler yapılmalıdır. Bu ölçümler, matematiksel modellemeler veya çeşitli endeksleme yöntemleri ile de yapılabilmektedir. Tüm girdi ve çıktı ilişkileri ölçülüp, analiz edilmelidir. İşgücü verimliliği ölçümü ile, projenin hangi noktada olduğu ve daha iyi seviyelere nasıl gelineceği gibi sorulara doğru ve tutarlı cevaplar alınabilir ve strateji ona göre belirlenebilir.

## 2.1 İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

İşgücü verimliliği, inşaat projelerinde birçok başarı faktörüyle doğrudan veya dolaylı bir şekilde etkileşim içerisindedir. Farklı şantiyelerde, işgücü verimliliğini etkileyen faktörlerde farklıdır. Projenin türü, çalışma ortamı, coğrafi konumu gibi farklı koşullarda işgücü verimliliğini etkileyen faktörlerde değişmektedir. Yöneticilerin, bu şartları dikkate alarak işgücü verimliliğini arttıracak başarı faktörlerini tespit ederek, şantiye ortamında etkin bir şekilde kullanıldığını takip etmeleri gerekmektedir. İlk önce, işgücü verimliliğini etkileyen faktörleri tespit etmek gerekir. Verimliliği etkileyen faktörleri belirlemeden, inşaat verimliliğinin



geliştirilmesi mümkün değildir (Mojahed ve Aghazadeh, 2008). İşgücü verimliliğini etkileyen faktörlerin belirlenmesi, inşaat endüstrisinde verimliliği arttırmak için temel bir kriterdir (Ghoddousi ve Hosseini 2012). İnşaat projelerinin ekonomik performansını iyileştirmek için, inşaat verimliliğini etkileyen faktörlerin uygun şekilde tanımlanması ve ele alınması gerekir (Hasan vd. 2018).

ABD Enerji Bakanlığı, inşaat üretkenliği ve işçi motivasyonunu etkileyen başarı veya başarısızlık faktörlerini belirlemek için 12 inşaat projesi yetkilileri ile bir anket yapmıştır. İşgücü verimliliğini etkileyen faktörleri; malzeme mevcudiyeti, çalışma alanında ekip sayısının fazlalığı, işçi maaşı ve devamsızlıkları, ekipman kullanılabilirliği, kontrol gecikmeleri, süpervizör değişikliği ve yetersizliği, yapılan imalatın tekrar yapılması ve ekip sayısı olarak belirlemişlerdir (Borcherding ve Garner, 1981).

Makulsawatudom ve Emsley'in (2002) yaptıkları araştırmaya göre, Tayland'da üretkenliği etkileyen en önemli başarı faktörleri; malzeme mevcudiyeti, proje çizimleri, yetkin kontrol personeli, iletişim, eğitim, şantiye planı olarak sıralamışlardır.

Ulubeyli (2004) tez çalışmasında, Türkiye'de inşa edilen projelerin işgücü verimliliğine etki eden en önemli 37 faktörü incelemiş ve analiz etmiştir. Bu faktörleri; örgütsel faktörler, ekonomik faktörler, fiziksel faktörler ve sosyo-psikolojik faktörler olmak üzere 4 ana grupta kategorize etmiştir (Çizelge 2.1).

**Çizelge 2.1:** İşgücü Verimliliğini Etkileyen Faktörler (Ulubeyli, 2004)

Örgütsel Faktörler	Şantiye yönetimi, Malzeme temini, Düzenli iş akışı (planlama), İşçilerin çalışırken denetlenmesi ve kontrolü, Şantiye planı, İşçilere uygulamalı mesleki eğitim verilmesi, Ekip büyüklüğü ve uyumu, Şirketin prestiji, Şantiyedeki yatakhane ve yemekhane şartları, İşçilere dinlenme araları verilmesi.
Ekonomik Faktörler	İşçi ücretlerinin miktarı ve zamanında ödenmesi, İşçinin sigortalı çalışması, Teşvik ve ödül amaçlı ödeme yapılması, İşçinin işini kaybetme endişesi, İşçinin sendika üyesi olması.
Fiziksel faktörler	Benzer işlerde çalışma,

	Tasarımda detayların karmaşıklığı, Hata payı sınırlarının çok dar olması, Şantiyedeki hava şartları, İşin kesilip tekrar devam etmesi, Zaman baskısı, Fazla mesai ve vardiyalı çalışma, Şantiyenin kalabalık olması.
Sosyo-psikolojik faktörler	Şantiyedeki iş disiplini, Şantiyedeki güvenlik ve sağlık şartları, İşçinin yaptığı işten tatmin olması, İşçiler ve ekipler arası rekabet oluşturma, İşçiler arası sosyal ilişkiler, İşçilere sorumluluk verme, İşçilerle sorun ve sonuçları paylaşma, Şantiyedeki sosyal aktivite imkanları, İşçiler arası kültürel farklılıklar, İşçilerin karar mekanizmasında yer alması, İşçinin evine olan uzaklık ve şantiyenin şehir merkezinden uzaklığı.

Alinaitwe vd. (2007) yaptıkları çalışmada, belirledikleri 36 faktörün zaman, maliyet ve kalite açısından üretkenliğe etkilerini incelemiştir. Uganda inşaat sektöründe, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli başarısızlık kriterlerini; işçilerin tecrübe ve bilgi eksiklikleri, malzeme ve ekipman eksikliği, eksik veya hatalı inşaat yöntemleri, iletişim eksikliği, kontrol eksikliği, tasarım hataları, kontrol tarafından kabul edilmeyen işlerin tekrar yapılması, siyasi güvensizlik ve olumsuz hava koşulları olarak belirlemiştir.

Jarkas ve Bitar (2012) yaptıkları araştırmada, Kuveyt inşaat sektöründe işgücü verimliliğini etkileyen başarı faktörlerini incelemiştir. 45 verimlilik faktörü üzerinde yaptıkları ankette, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli 10 faktörü; teknik özelliklerin netliği, uygulama sırasındaki değişiklikler, tasarım disiplinleri arasında koordinasyon seviyesi, işçi denetim eksikliği, taşeronu verilen işin oranı, tasarımını karmaşıklık seviyesi, teşvik programının olmaması, yönetici liderliğinin eksikliği, mühendis tarafından baskılanma ve bilgi taleplerine yanıt vermede eksiklik ve gecikme olarak saptamışlardır.

El-Gohary ve Aziz (2013) yaptıkları çalışmada, Mısır'da inşaat işgücü verimliliğini etkileyen en önemli beş faktörü; işgücü deneyimi ve becerileri, teşvik programları, malzeme mevcudiyeti ve kullanım kolaylığı, inşaat yönetiminin liderliği ve yeterliliği ve iş kontrolünün yeterliliği olarak tespit etmişlerdir.

Thomas ve Sudhakumar (2013), Hindistan'da işgücü verimliliğini etkileyen başarı faktörlerini incelemişlerdir. Değerlendirdikleri 44 tane faktör arasında, işgücü verimliliğini en çok etkileyen faktörleri; araç ve ekipman sorunları, işgücü motivasyonunun düşük olması, kontrol ve denetimin kötü olması, malzeme yönetiminin zayıf olması, şantiye yönetiminin yetersiz ve kötü olması, tasarım hataları, işçi sorunları, iletişim eksiliği olarak belirlemişlerdir.

Mahamid (2013), Filistin'de yaptığı çalışmada 31 tane başarı faktörü incelemiştir. İşgücü verimliliğini etkileyen en önemli faktörleri; yapılan işin tekrar yapılması, işçi gruplarının iş birliği, iletişim eksikliği, işverenin ekonomik gücü, işçi deneyimi ve malzeme eksikliği olarak belirlemiştir.

Naoum (2016) yaptığı çalışmada, işgücü verimliliğini etkileyen faktörleri; inşaat öncesi faaliyetler (tasarım ve tedarik yöntemleri, inşaat öncesi planlama, yapım türü ve yöntemi seçimi), inşaat sırasındaki faaliyetler (sahada malzeme yönetimi, sahada ekipman yönetimi, varyasyon emirleri ve proje kapsamındaki değişiklikler, aşırı kalabalık ve emek becerileri), yönetim ve liderlikle ilgili faktörler, iş tatmini ve motivasyon ile ilgili faktörler ve organizasyonel (teknoloji ve yenilik) faktörler olarak beş ana kategoriye ayırarak incelemiştir. Çalışma sonucunda, düşük üretkenliğin nedenlerinin; kaynakların etkisiz planlanması, şantiyedeki işçilerin motivasyonu, liderlik ve proje kontrolü ve proje için belirlenen satın alma yöntemi olduğu sonucuna varmıştır.

Acıkara (2016) yaptığı tez çalışmasında, Türk inşaat sektöründe işgücü verimliliğini etkileyen 52 adet verimlilik faktörünü belirlemiş ve bu faktörleri 6 ana grupta kategorize etmiştir. Bunlar; malzeme yönetimi, inşaat makineleri ve ekipmanları, yönetimsel yaklaşımlar, insan kaynakları yönetimi, şantiye yönetimi ve iş sağlığı ve güvenliğidir. Ek olarak, işçilere anket uygulanmış ve bunun sonucunda verimliliği etkileyen en önemli beş faktör şu şekilde tespit edilmiştir; işçilere ödenen ücret miktarı, işçilerin sigortalı olarak çalıştırılması, işçilerin yatakhane ve yemekhane koşulları, işçilere fazla mesai ücret ödenmesi ve işçilere yönelik maddi ödüllendirme sistemi olarak tespit etmiştir.

Hasan vd. (2018), işgücü verimliliği hakkında son 30 yılda (1986-2016) yapılan çalışmaları incelemişlerdir. İncelenen çalışmalar sonucunda, işgücü verimliliğini azaltan en önemli faktörleri; kontrol eksikliği, işçi beceri ve tecrübe eksikliği, malzeme ve ekipman eksikliği, eksik çizim ve şartnameler, doğru bir iletişimin kurulamaması, yapılan imalatın tekrar yapılması, saha planlamasının kötü olması, olumsuz hava koşulları ve malzeme siparişlerinin değişmesi olarak belirlemişlerdir.

Bu bölümde, literatür taraması sonucunda işgücü verimliliğini etkileyen faktörler; örgütsel faktörler, ekonomik faktörler, fiziksel faktörler ve sosyopsikolojik faktörler başlığı altında 4 ana grupta incelenecektir.

### **2.1.1 Örgütsel Faktörler**

İnşaat projelerinde, işgücü verimliliğini analiz etmek, yükseltmek ve yönetmek proje yöneticilerinin sorumluluğundadır. Ulubeyli (2004), yaptığı çalışmada işgücü verimliliğini etkileyen en önem faktörlerin örgütsel faktörler olduğunu tespit etmiş ve örgütsel faktörleri; şantiye yönetimi, malzemenin aksamadan temin edilmesi, düzenli iş akışı, işçilerin çalışırken denetlenmesi ve kontrolü, şantiye planı, işçilere uygulamalı mesleki eğitim verilmesi, ekip büyüklüğü ve uyumu, şirketin prestiji, şantiyedeki yatakhane ve yemekhane şartları, işçilere dinlenme araları verilmesi olarak sıralamıştır. El-Gohary ve Aziz' e (2013) göre, birçok inşaat projesi kötü yönetim, olumsuz çalışma koşulları ve kalitede yetersizlik gibi kronik problemler yaşamaktadır. Yöneticilerin, inşaat projeleri başlamadan önce işgücü verimliliğini etkileyen faktörleri belirlemesi ve belirlenen faktörlerin iyileştirilmesi için planlama yapması, başarılı bir yönetim anlayışının göstergesidir. Shahata ve Zayed (2011), inşaat projelerinin başarısını veya başarısızlığını etkileyen en önemli faktörün, inşaat kaynaklarının yönetiminin etkinliğine ve liderlik tarzına bağlı olduğunu ve verimli yönetimin, zaman ve maliyet açısından önemli tasarruflar sağlayabileceğini vurgulamışlardır. Sanvido' ya (1988) göre, yöneticilerin işgücü verimliliğini arttırmak için; doğru planlama, malzeme ve ekipman gibi kaynakların eksiksiz ve zamanında temin edilmesi, bilgi ve geri bildirim sisteminin düzenli

çalışması ve teknik personelin bilgi ve tecrübesinin yeterli olması gerektiğini vurgulamıştır.

Maliyet ve inşaat süresi, işgücü verimliliğini etkileyen önemli etkenlerdir. Bu yüzden, proje hazırlık aşamasında yöneticilerin doğru ve tutarlı bir maliyet ve inşaat süresi tahmin etmesi önemli bir başlangıç noktasıdır. Proje başlamadan önce, işgücü verimliliğini yükseltmek için yöneticilerin dikkate alması gereken diğer faktörler de; tasarım, malzeme ve ekipman tedarik yöntemleridir. Naoum (2016), mühendislik tasarımının iyileştirilmesi ve geliştirilmesinin; üretkenliği artırma potansiyeli yüksek alanlar olduğunu ifade etmiştir. Hamouda ve Abu-Shaabani (2014) yaptıkları çalışmada, üretkenliği arttırmak için ihale ve tasarım aşamalarına dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Büyük ölçekli inşaat projelerinde, genellikle proje tasarımı ile uygulaması arasında farklılıklar görülebilmektedir. Her zaman, projenin tasarımı şantiyede aynı şekilde uygulanamayabilir. Proje tasarımları karmaşık hale geldikçe, sahada uygulanması zorlaşarak verimliliğin düşmesine sebep olacaktır. Yöneticilerin, eksik veya hatalı tasarımlar ve detaylı çizimlerin açık ve net olmamasından kaynaklı işgücü verimliliği kaybı yaşanabileceğini öngörmeleri gerekmektedir. Ulubeyli (2004), yeterince açık ve net olmayan açıklamalar ve çizimlerden dolayı, uygulaması bitmiş bir işin bozulup tekrar yapılması gerekebileceğini belirtmiştir.

İnşaat projeleri, malzeme ve ekipman ile gerçekleştirilen uygulamalardır. Bu yüzden, malzeme ve ekipman yöntemleri işgücü verimliliğini etkileyen en önemli başarı faktörleri arasındadır. Rivas vd. 'e (2011) göre, malzeme ve ekipman eksikliği, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Thomas ve Sudhakumar (2013) Hindistan'da yaptıkları çalışmada, inşaat üretkenliğini etkileyen en kritik faktörü malzeme erişimi olarak belirlediler. El-Gohary ve Aziz (2013) yaptıkları çalışmada, malzeme bulunabilirliği ve kullanım kolaylığı faktörünün, işgücü verimliliğini etkileyen önemli faktörlerden biri olduğunu ortaya koymuşlardır. Malzeme yönetimi, inşaat sektöründe bir sorundur ve verimliliğin düşmesine sebep olan başlıca neden olarak gösterilmektedir (Naoum, 2016).

İnşaat uygulamalarının devamlılığını sağlayabilmek ve işgücü kaybını engellemek için, malzeme temininin aksamaması gerekmektedir. Şantiyede, malzemenin tükenmesi, tedarik zincirinin uzaması, istenilen malzemeye ulaşmada zorluk yaşanması, temin edilen malzemenin kalitesiz olması, sahada depolama alanının bulunmaması ve malzeme temininde sürekliliğin olmaması gibi problemler, işgücü verimliliğini düşüren önemli faktörlerdir. Malzeme eksikliği veya zamanında temin edilememesi, işgücü verimliliğinin %26 azalmasına sebep olmaktadır (Thomas ve Napolitan, 1995). Thomas ve Sanvido (2000) yaptıkları çalışmada, malzeme depolama alanlarının yetersizliği ve tedarik yöntemlerinin eksikliğinden dolayı, işgücü verimliliğinin %5,4 ile %56,8 arasında düştüğünü, iş programının ise %50 ile %129 arasında kaymalar olduğunu tespit etmişlerdir. Yöneticilerin, sahadaki malzeme mevcudiyetini takip ederek, eksik veya ihtiyaç duyulan malzeme teminini zamanında sağlamaya çalışmaları, işgücü kaybını engellemek için önemli bir gerekliliktir.

İnşaat projelerinde, uygulama öncesi ve uygulama sırasında iş planlaması ve programının yapılması, işgücü verimliliğini etkileyen faktörlerden biridir. Literatürde yer alan çalışmalarda, inşaat projelerinde üretkenliği etkileyen en önemli faktörlerin; yetersiz proje planlaması ve tasarım hataları olduğu vurgulanmaktadır (Arditi 1985, Naoum ve Hackman 1996, Dolo 2008, Naoum 2016). Bir inşaat projesi başlamadan önce, yöneticiler ve proje planlayıcıları maliyet, zaman, proje tasarımları, kaynak yönetimi ve uygun inşaat yöntemleri gibi inşaat faaliyetlerinin yürütülmesi için gerekli olan önemli faktörlere yönelik hedef ve tahminlerde bulunurlar. Hatalı veya geçersiz hedefler ve tahminlerde bulunarak alınan kararlar, yapılan imalatın tekrar yapılması, imalat gecikmelerine ve fazladan malzeme maliyeti gibi projelerin sonucunu olumsuz etkileyebilir (Gao vd. 2014).

İnşaat projelerinde uygulama sırasında, günlük iş planları yapılması işgücü kaybını engellemek için gereklidir. İşçilerin, gün içerisinde yapacakları imalatı ne zaman, nerede ve nasıl yapacakları önceden belirlenmeli ve ortaya çıkabilecek aksaklıklara karşı önlemler alınıp iş bölümü yapılmalıdır (Ulubeyli, 2004). Özellikle, farklı grupların ve kalabalık işçilerin çalıştığı şantiyelerde iş planlaması ve programı yapılması, koordinasyonun sağlanması ve işgücü verimliliğini arttırmak için önemli

bir çalışmadır. Jarkas vd.' e (2012) göre, uygulama sahasında işçilerin aşırı kalabalık olması, genellikle şantiye faaliyetlerinin uygunsuz planlanmasından kaynaklanmaktadır. Doğru bir iş planı ve programı yapılmadığında, imalat sırası belirlenemediği için; işçi grupları arasında çakışma olması ve yapılan imalatların tekrar yapılma ihtiyacı duyulması gibi olumsuz uygulamalar, işçi motivasyonunu olumsuz etkileyerek işgücü verimliliğinin düşmesine sebep olacaktır. Bunun sonucu olarak, proje maliyeti ve zaman aşımaları meydana gelecek ve proje başarısız olacaktır. Bu sorunların yaşanmaması için, yöneticiler ve proje planlama uzmanlarının; uygulanacak proje verilerini ve tamamlanmış benzer proje verilerinin analizini dikkatli bir şekilde yaparak, iş planı ve programı geliştirmeleri gerekmektedir.

İnşaat projelerinde işgücü, işçiler tarafından sağlandığı için, işçi motivasyonu verimliliği arttırmada önemli bir faktördür. Hollyforde ve Whiddett (2002), motivasyonu, insan davranışının arkasındaki itici güç olarak tanımlamışlardır. Rivas vd. (2011), işgücü verimliliğini etkileyen en önemli faktörün, işçi motivasyonu olduğunu vurgulamıştır. İşgücü verimliliğinde küçük bir artış, proje maliyetinde büyük bir tasarruf sağlayabilir (Nasir ve Hadikusuma, 2019). Yöneticilerin, işçi motivasyonunu sürekli takip edip, analiz etmeleri ve şantiyede motivasyonu azaltacak faktörleri ortadan kaldırmaları gerekmektedir.

Araştırmacılar, II. Dünya Savaşı sonrasında işçi motivasyonunun, işgücü verimliliği üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu fark etmişlerdir (Acıkara, 2016). İşçi motivasyonunun önemi fark edildikten sonra, araştırmacılar motivasyonu arttırmaya yönelik teoriler geliştirmişlerdir. Maslow (1943), motivasyonu arttırmak için 'ihtiyaçlar hiyerarşisi' teorisini ortaya koymuştur. Maslow, ihtiyaçlar hiyerarşisinde işçilerin motivasyonunu arttıran faktörleri 5 ana grupta kategorize etmiştir. Bunlar; fizyolojik ihtiyaçlar, güvenlik ihtiyaçları, sosyal (sevgi ve aidiyet) ihtiyaçlar, saygı ihtiyacı, kendini gerçekleştirme ihtiyacıdır. Maslow'un teorisinde, ihtiyaçlar hiyerarşik dizilmişti ve önemli bir ihtiyacın karşılanabilmesi için daha az önemli ihtiyaçların karşılanabilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Herzberg vd. (1959), Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisini baz alarak 'motivasyon-hijyen' teorisini ortaya koydular. Herzberg vd. (1959), işçi motivasyonunu arttıran faktörleri motive

(tatmin eden) ve hijyen (tatmin etmeyen) olarak 2 ana gruba ayırmışlardır. McGregor, yaptığı çalışmada ‘Teori X’ ve ‘Teori Y’ teorilerini ortaya koymuştur. Teori X’e göre, işçiler her zaman iş yapmaktan kaçınma eğilimindedir. İşçileri motive etmek için, dışsal motivasyon artırıcı yöntemler kullanılması gerekmektedir (Johari ve Jha, 2020; Azeez vd. 2019; Parkin vd. 2009).

İşçileri çalışmaya teşvik edecek, işi basitleştirme, sıkı kontrol mekanizması, maddi ödüllendirme gibi yöntemler kullanılmalıdır (On Cheung vd., 2018). Teori Y ise, yöneticileri, işçileri doğrudan kontrol etmek yerine yapılacak iş için hedef belirleyerek; işçilerin özyönetim ve özdenetim temelinde görevlerini yerini getirmelerini sağlamaya dayalıdır (Johari ve Neeraj 2020). Vroom ve Lawler, beklenti teorisini ortaya koydular. Her işçi için, motive edici faktörler farklı olabilir. Beklenti teorisine göre, yöneticiler işçilerin ayrı ayrı beklentilerini belirlemesi ve işçileri motive etmek için beklentilerini karşılayacak ödül koymaları gerekmektedir. Quchi, Teori Z’yi ortaya koymuştur (Johari ve Jha, 2020; Azeez vd. 2019; Parkin vd. 2009).

Dozzi ve Abourizk (1993), şantiyede motivasyonu azaltan faktörlerin; sahada malzeme ve ekipman yetersizliği, yönetim veya teknik personel ile işçiler arasındaki iletişim bozukluğu, hatalı veya eksik iş planlaması, işçilere karşı saygısız davranışlar veya hakaret cümleleri, işçi deneyim ve kabiliyetine göre iş dağılımı yapılmaması, projede tasarım hataları, farklı iş kollarında çalışan işçiler arasında koordinasyon kurulamaması kontrolde zayıflık veya eksiklik, yapılan işin tekrar yapılması, karar alma sürecinde işçi katılımını görmezden gelmek, işçiyi kısıtlayan ve külfet veren teknik prosedürler olduğunu belirtmişlerdir.

Parkin vd. (2009), Türkiye’deki inşaat projelerinde çalışan işçilerin motivasyonunu 370 inşaat işçisine anket uygulayarak değerlendirmişlerdir. Anket sonucunda, işçi motivasyonunu en çok etkileyen faktörün alınan ücret olduğunu tespit etmişlerdir. İşçi motivasyonunu etkileyen diğer faktörlerin ise; yapılan işten keyif almak, şantiye yemekleri, yöneticiler ve meslektaşları ile olan iletişimleri, barınma olanakları, yöneticiler tarafından sorumluluk verilmesi, hedef belirlemek ve



hedefin tamamlanacağına inanmak, çalışma koşulları, şantiye güvenliği, yapılan işin başarılı olması ve yöneticilerin adil davranması olduğunu tespit etmişlerdir.

Chiang ve Birtch (2008) çalışmalarında, işçi motivasyonunu arttırmak için ödül sistemi getirilmesinin gerekliliğini vurgulamışlardır. Ödülleri, mali ve mali olmayan iki ana grupta toplamışlardır. Mali ödülleri; temel ücretler, sosyal haklar, maaş ve teşvikler olarak sunmuşlardır. Mali olmayan ödülleri ise; tanınma, güç, izin, eğitim ve geliştirme, sorumluluk ve terfiler olarak sunmuşlardır.

Azeez vd. (2019), yaptıkları çalışmada işçileri motive etmek ve işçilerin işlerini bırakmaması için, mesleki ödülleri incelemişlerdir. Ödülleri dışsal (mali, gelişim ve sosyal) ödüller ve içsel ödüller olmak üzere iki ana grupta kategorize etmişlerdir. Çalışma, inşaat işçilerinin ne gibi ödüllere sahip olduğunu, hangi ödülleri istediklerini ve ödül algılarını etkileyen faktörleri sorgulamaktadır. Azeez vd. (2019) çalışmanın sonucunda, işçilere verilen ödülleri önem sırasına göre; finansal, kişisel, gelişimsel ve sosyal olarak sıralamaktadırlar.

Örgütsel faktörler, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli faktörler arasında gösterilmektedir. Şantiyede işgücü verimliliğinin artırılması, örgütsel faktörlerin iyileştirilmesi ile mümkündür. Yöneticiler, şantiyede örgütsel faktörleri tespit etmeli ve iyileştirilmesi yönünde çalışmalar gerçekleştirmelidir.

### **2.1.2 Ekonomik Faktörler**

Literatür çalışmalarının genelinde, işçi motivasyonunu etkileyen en önemli faktörlerin ekonomik ve maddi faktörler olduğu tespit edilmektedir (Johari ve Neeraj, 2020; Azeez vd., (2019); Parkin vd., 2009). Ulubeyli (2004), çalışmasında ekonomik faktörlerin işgücü verimliliğini etkileyen en önemli ikinci faktör olduğunu tespit etmiştir. Ulubeyli (2004), ekonomik faktörleri; işçi ücretlerinin zamanında ödenmesi, işçilere ödenen ücret miktarı, işçinin sigortalı çalışması, teşvik-ödül amaçlı ödeme yapılması, işçinin işini kaybetme endişesi, işçinin sendika üyesi olması olarak sıralamaktadır. Acıkara (2016) tez çalışmasında, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli 5 faktörün 4 tanesinin, ekonomik faktörler olduğunu göstermiştir.

İnşaat sektörü, işçilerin fiziksel olarak çok çalışıp yıprandıkları bir alandır. Böyle çalışma koşullarında, işçileri en çok motive eden ve verimliliklerinin artmasını sağlayan faktör işçi ücretleridir. Acıkara (2016) tez çalışmasında, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli faktörün, işçilere ödenen ücret miktarı olduğunu belirlemiştir. Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisi teorisinde, işçilerin motivasyonunu yükselten en temel faktörün fizyolojik ihtiyaçların karşılanması olduğu vurgulanmaktadır. İşçiler, fizyolojik ihtiyaçlarını aldıkları ücretlerle karşılamaktadırlar. İşçilerin aldıkları ücret, temel ihtiyaçlarını karşılamıyorsa; işçi verimliliği düşecek ve devamlılık sağlanamayacağı görülmektedir. İşçi verimliliğini, işçi ücretleri etkilediği gibi, işçilere zamanında ücretlerin ödenmesi de etkilemektedir. Araştırmacılardan bazıları, işçi ücretlerinin zamanında ödenmesinin, işçilere ödenen ücrete göre verimliliği daha fazla etkilediğini vurgulamaktadır (Kazaz ve Acıkara, 2015; Toan vd., 2020). Yöneticilerin, işçilerin ücret miktarlarında adil davranmaya dikkat etmeleri, verimliliği arttıracak bir yöntemdir. Adil olmayan ücretlendirme sistemi daha çok, çalışan işçilerin motivasyonunu ve çalışma isteklerini düşürecektir.

İşçilerin, işe bağlılığını ve motivasyonunu arttıran bir başka faktörde sigortalı olarak çalışmaktır. İnşaat projeleri, tehlikelerle dolu bir çalışma sahasıdır. Şantiye alanında, kazaların yaşanma ihtimali yüksektir. Sigortasız çalışan işçilerin zihni, gelecek endişesi ile meşguldür ve bu olay işe odaklanmalarını zorlaştırır. İşe odaklanamayan işçiden, verim beklemek mümkün değildir. İşçiler, kendilerinin ve yakınlarının güvende olduğunu hissetmek ister. Güvenlik endişesi yaşamayan işçinin motivasyonu, verimliliği ve iş üretim miktarı artar.

Yöneticiler, şantiyede işçi motivasyonunu ve verimliliği arttırmak için, ekonomik ödül ve teşvik sistemi kurmalıdırlar. Ulubeyli' ye (2004) göre, verimliliği arttırmanın yolu; sorumluluk sahibi işçiler ile iş birliği yapmaktan geçmektedir. Azez vd. (2019) yaptıkları çalışmada, işgücü verimliliğini arttırmanın en önemli faktörün; işçilerin finansal ödüller ile teşvik edilmesi olduğunu belirtmişlerdir. Mesleki ödüller, işçileri motive etmek için, işçilerin istikrarlı bir şekilde çalışmalarında önemli bir rol oynar. Teşvik ve ödüller ile işçiler, günlük rutin çalışmalarından daha verimli çalışacağı ve üretim miktarını arttıracığı öngörülebilir bir gerçektir.

### 2.1.3 Fiziksel Faktörler

İnşaat şantiyeleri, işçilerin fiziksel olarak yoğun emek vererek çalıştıkları iş alanlarıdır. Fiziksel olarak yıpranan işçilerin, işgücü motivasyonu da düşme eğilimindedir. Literatür çalışmasında Ulubeyli (2004), fiziksel faktörleri; benzer işlerde çalışma, tasarımda detayların karmaşıklığı, hata payı sınırlarının çok dar olması, şantiyedeki hava şartları, işin kesilip tekrar devam etmesi, fazla mesai ve vardiyalı çalışma, şantiyenin kalabalık olması, zaman baskısı olarak sıralamış ve işgücü verimliliğini etkileyen en önemli faktörleri; benzer işlerde çalışma, tasarım detaylarının karmaşıklığı ve hata payı sınırlarının dar olması olarak belirlemiştir. Jarkas (2015), yaptığı çalışmada işgücü verimliliğini etkileyen en önemli faktörleri; işgücü becerileri, tasarım disiplinleri arasında koordinasyon, tasarım çizimlerinde hatalar ve eksiklikler, fazla mesai ve sert hava koşulları olarak belirlemiştir.

İnşaat projelerinin verimliliği, tecrübe ve beceri ile doğru orantılıdır. İşçiler, çalışacakları alanla ilgili deneyim ve bilgi sahibi olması gerekmektedir. Şantiyede tecrübe eksikliği bulunan işçiler, tecrübeli işçiler ile ekip oluşturularak deneyim sahibi olmaları sağlanmalıdır. Bunun yanında, bir işçi bir imalatı öğrenip defalarca tekrarladıktan sonra zamanla öğrenme eğrisi artacak, işi bitirme süresi kısalacak ve imalat sayısı artacaktır. Bundan dolayı, işçilerin aynı işleri aynı ekip ile yapmaları, işgücü verimliliğini olumlu yönde etkileyecektir.

Şantiyede uygulama sırasında, inşaat işçilerinin verimliliğini etkileyen bir başka önemli hususta proje çizimleridir. Proje çizimlerindeki hatalar, eksiklikler, detaylar ve karmaşıklıklar uygulama esnasında işçilerin imalatı anlamasını ve yapmasını zorlaştıracaktır. Ulubeyli' ye (2004) göre, iş içeriği arttıkça veya tasarım daha karmaşık hale geldikçe, verimlilik de bununla birlikte azalmaktadır. Faniran ve Caban (1998), inşaat projelerinin uygulanması sırasında tasarım değişikliklerinin minimumda tutulması halinde, şantiyedeki israfın azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Yanlış anlaşılabilir çizimler, kontrol eksikliği ile birleşirse yapılan imalatlar tekrar yapılmak zorunda kalabilir. Bu durum, işgücü motivasyonunu düşürür, maliyet ve zaman aşımına neden olur. Özellikle de endüstriyel projelerde, endüstriyel kalıp

sistemleri kullanılacağı için çizimlerin tam anlamıyla anlaşılır ve sade olunmasına dikkat edilmelidir.

#### **2.1.4 Sosyo-Psikolojik Faktörler**

Ulubeyli (2004) tez çalışmasında, sosyo-psikolojik faktörleri; şantiyedeki iş disiplini, şantiyedeki güvenlik ve sağlık şartları, işçinin yaptığı işten tatmin olması, işçiler ve ekipler arası rekabet yaratma, işçiler arası sosyal ilişkiler, işçilere sorumluluk verme, işçilerle sorun ve sonuçları paylaşma, şantiyedeki sosyal aktivite imkanları, işçiler arası kültürel farklılıklar, işçilerin karar mekanizmasında yer alması, işçinin evine olan uzaklık ve şantiyenin şehir merkezine olan uzaklığı olarak sıralamıştır. Ulubeyli (2004) uyguladığı anket sonucunda, işgücü verimliliğini en az etkileyen faktörleri; sosyo-psikolojik faktörler olarak belirlemiştir.

Yöneticilerin, şantiyede iş disiplinini sağlamaları; verimliliği arttırmak için gerekli bir yoldur. Toan vd. (2020) yaptıkları çalışmada, iş disiplini faktörünün, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli üçüncü faktör olduğunu tespit etmişlerdir. Toan vd.' e (2020) göre, yöneticilerin iş disiplinini sağlamak ve devam ettirmek için, şantiyede düzenlemeler ve kurallar geliştirmeleri gerekmektedir. İşçilerin, iş disiplinlerini sahada tutmak için teşvik programları (ödül ve ceza) düzenlenmelidir. İşçilerin, iş disiplininden kopmamaları için; yönetici ve teknik personelin sıkı takibi gerekmektedir. Ulubeyli (2004), işçilerde görev sorumluluğunun, yani; çalışma ahlak ve kurallarına bağlılık olmamasının, göz ardı edilemeyecek bir başarısızlık faktörü olduğunu belirtmiştir. Her bir teknik personel ve işçinin, işin ciddiyetine uygun olacak iş disiplini ile çalışması projeyi hızlandıracaktır.

Şantiyeler, kazaların her zaman yaşanabileceği tehlikeli alanlardır. Uluslararası Çalışma Örgütü'ne (ILO) göre, iş kazaları ve iş hastalıklarından dolayı her yıl 2,78 milyon işçi hayatını kaybetmektedir. Bu ölümlerin, yaklaşık 2,4 milyonu (yüzde 86,3) işe ilişkin hastalıklardan, 380 binin üzerinde ölüm (yüzde 13,7) ise iş kazalarından kaynaklanmaktadır (ILO, 2018). Acıkara (2016), iş sağlığı ve güvenliğini 6 kategoriye ayırmıştır. Bunlar; şantiyedeki iş sağlığı ve güvenliği şartları, yapım işlerine başlanılmadan önce faaliyet güvenliği analizlerinin yapılması, işçilerin sağlık kontrolünün yapılması, işçilere yönelik iş sağlığı ve güvenliği

eğitimleri verilmesi, şantiyedeki iş sağlığı ve güvenliği denetimi, işçilere yönelik olarak iş sağlığı ve güvenliği ihlali cezaları uygulanmasıdır. İşçiler, fiziksel olarak ağır şartlarda çalışmaktadır. Bu yüzden, işçi kendini güvende hissetmek ister. Şantiyede, iş güvenlik kurallarının sağlanması; işçilerin özgüvenli bir şekilde çalışmalarını teşvik eder. İş güvenliği endişesi taşımayan işçilerin, daha motive bir şekilde işe odaklanarak, işgücü verimliliğini arttıracakları muhtemeldir.

## 2.2 İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİ ÖLÇMEK İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER

İşgücü verimliliği sağlanması, inşaat firmaları için maliyet ve zaman açısından tasarruf edilmesi için çok önemlidir. Bu yüzden, firmalar işgücü verimliliğini iyileştirme ve artırmanın çarelerini aramaktadır. Moselhi ve Khan (2012), şirketlerin işgücü verimliliğini iyileştirmek için, strateji belirleyip uygulamadan önce; üretkenliği etkileyen faktörlerin, belirlenmesini sağlayan işgücü üretkenliği modeline ihtiyaç duyduklarını belirtmişlerdir. Yi ve Chan' a (2014) göre, bu tür model ve metotlar; inşaat projesi tahmininde, programlanmasında ve planlama kararlarında önemli bir rol oynamaktadır.

El-Gohary vd. (2017), inşaat işgücü verimliliğinin modellenmesi, geleneksel yöntemin öznellik ve ilgisizliğinden kaçınarak verimlilik tahminini daha doğru hale getirmek için çok önemli bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. İnşaat verimlilik modelleri, modellerde yer alan faktörlere göre verimlilik değişimini açıklar. İşgücü verimliliği modelleri; beklenti modeli, eylem-tepki modeli, uzman sistemler, eylem yanıt modeli, istatistiksel ve regresyon modelleri ve yapay sinir ağları (YSA) gibi pek çok model türü mevcuttur.

Tsehayae ve Fayek (2016) yaptıkları literatür çalışmasında, işgücü verimliliğini arttırmaya yönelik geliştirilen modelleri, faktör ve aktivite modelleri olarak kategorize etmişlerdir. Faktör model oluşturulurken; kritik parametreleri belirlemek için anket ve uzman görüşleriyle veri toplanır, sonrasında analizler yapılır. “Regresyon analizi, sinir ağları, bulanık mantık ve sistem dinamikleri dahil olmak üzere, farklı veri analizi yöntemlerine dayalı olarak işgücü verimliliği için çok sayıda faktör modelleme yaklaşımı geliştirilmiştir.” Faaliyet modelleri ise; iş örnekleme oranları gibi emek zamanı kullanım ölçülerini, işgücü verimliliği ile

ilişkilendirir. İş örneklemesinde, zanaatkâr anketleri ve ustabaşı gecikme anketleri kullanılır.

İşgücü verimliliği için yapılan modellerde, doğrusal olmayan ilişkinin modellenmesi için yapay sinir ağı (YSA), bulanık mantık (FL), destek vektör makinesi (SVM) ve rastgele orman (RF) gibi çok sayıda makine öğrenme yöntemi geliştirilmiştir (Momade vd., 2020).

Dozzi ve Abourizk (1993) yaptıkları çalışmada, inşaat projelerinde işgücü verimliliğini ölçmek için kullanılan yöntemleri aşağıdaki gibi sıralamışlardır:

- Alan değerlendirmesi,
- İş örnekleme yöntemi (Work Sampling),
- Beş dakikalık değerlendirme,
- Saha araştırmaları,
- Ustabaşı gecikme anketi,
- Zanaatkar anketi.

Aşağıda, işgücü verimliliğini ölçmek ve geliştirmek için oluşturulan 4 örnek model seçilmiş, incelenmiş ve açıklanmıştır. Bu modeller, aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine-SVM) ve Rastgele Orman (Random Forest-RF) Kullanarak İşgücü Üretkenliğinin Modellenmesi: Sınıflandırıcıların Performansı Üzerine Karşılaştırmalı Bir Çalışma (Momade vd., 2020),
- İşgücü Verimliliğini Tahmin Etmek İçin Yapay Sinir Ağı YSA (Artificial Neural Network-ANN) Tabanlı Tahmin Aralıkları (Nasirzadeh vd., 2020),
- Farklı Etkiler Altında İnşaat İşgücü Verimliliğini Arttırmak ve Tahmin Etmek İçin YSA (Artificial Neural Network-ANN) Kullanan Mühendislik Yaklaşımı (El-Gohary vd., 2017),
- Yönetim Politikalarının Geliştirilmesi ve Değişim Emirlerinin İnşaat Projelerinde İşgücü Verimliliği Üzerindeki Etkisinin Analiz Edilmesi (Kermanshachi vd., 2021).

## Destek Vektör Makinesi (SVM) ve Rastgele Orman (RF) Kullanarak İşgücü Üretkenliğinin Modellenmesi: Sınıflandırıcıların Performansı Üzerine Karşılaştırmalı Bir Çalışma (Momade vd., 2020)

Momade vd. (2020) Malezya’da yaptıkları çalışmada, işgücü verimliliğini önceden tahmin etmek için makine öğrenim tabanlı SVM ve RF modelleri önermektedirler.

SVM, doğrusal olmayan verilerin modellemesinin pratik bir şekilde yapılabilmesi için; çekirdek işlevinin verilerinin daha yüksek boyutlu bir alanla eşlemek için kullanıldığı, yaygın olarak kullanılan bir makine öğrenme algoritmasıdır (Vapnik 2013). RF, toplu öğrenme olarak bilinen bir prosedürü kullanarak, bir sınıflandırmayı yürütmek için toplu olarak kullanılan birkaç sınıflandırma ağacını oluşturan bir öğrenme metotları koleksiyonudur (Breiman 2001).



Şekil 2.1: Bu çalışmada kullanılan metodolojinin akış şeması (Momade, 2020)

Momade vd. (2020), işgücü verimliliğini etkileyen 103 tane faktörü literatür taramasıyla tespit etmişlerdir. Tespit ettikleri faktörleri, yöneticilerin görüşleri olarak işgücü faktörlerini toplam 19 faktöre kadar indirgemişlerdir. Belirlenen 19 tane faktör, Jenks Optimizasyon Yöntemi ile kategorize edilmiştir. Jenks Optimizasyon Yöntemi, grupları kategorize etmek ve faktörleri önem derecelerine göre sıralamak için kullanılmıştır. Malezya, Bangladeş ve Endonezya kökenli 220 tane işçiye anket uygulanmıştır. Böylelikle, modelleme amacıyla işgücü verimliliği ile ilgili faktörlerin

kategorik verileri sağlanmıştır. Bir sonraki adımda, elde edilen veriler kullanılarak işgücü verimliliğini tahmin etmek için; SVM ve RF olmak üzere iki veri madenciliği sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Çıktı olarak; maaş ve girdi olarak; yaş ve deneyim gibi diğer faktörler kullanılarak modeller geliştirilmiştir. Modeller, elde edilen verilerin %70'i kullanılarak doğruluğu sağlanmış ve verilerin geri kalanı SVM ve RF'nin tahmin yeteneklerini ölçmek için kullanılmıştır. SVM ve RF modellerinin, doğruluk performanslarını test etmek için beş tane istatistiksel endeks kullanılmıştır. “Değerlendirme ve ölçmek için kullanılan endeksler; doğruluk yüzdesi (PC), tespit olasılığı (POD), yanlış alarm oranı (FAR), heidke beceri puanı (HSS) ve peirce beceri puanı” (Momade vd. 2020).

Momade vd. (2020) yaptıkları çalışmanın sonucunda, SVM ve RF ile hazırladıkları işgücü verimliliği modellerinin, istatistiksel endekslere göre tespit olasılığını yüzde 90 oranında değerlendirmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar SVM ile yapılan model RF ile yapılan modele oranla daha doğru sonuçlar verdiğini gözlemlemektedirler. Bu nedenle, SVM modeli; inşaat işgücü verimliliğinin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi için kullanılabilir. Modeller, inşaat aşamaları öncesi ve sırasında gerçekçi bir bütçe, iş programı ve insan kaynaklarının hazırlanması için kullanılabilir ve bu da inşaat projelerinin optimum maliyetle daha hızlı teslim edilmesine yardımcı olabilir.

### **İşgücü Verimliliğini Tahmin Etmek İçin Yapay Sinir Ağı (YSA) Tabanlı Tahmin Aralıkları (Nasirzadeh vd., 2020)**

Nasirzadeh vd. (2020) yaptıkları çalışmada, tarihsel verileri kullanarak işgücü verimliliğinin daha güvenilir bir şekilde tahmin edilmesini sağlamak için, yapay sinir ağı (YSA) tabanlı tahmin aralıklarının (PI) benimsenmesini önermektedirler.

“Tahmin aralıkları (PI), geleneksel YSA tabanlı tek nokta tahminlerine kıyasla daha sağlam, güvenilir ve alternatif araç sunar” (Nasirzadeh vd., 2020). Önerilen (PI), bir alt ve üst sınırdan oluşur ve tahmin edilen değişkenin, yani; işgücü verimliliğinin, tanımlanmış bir güven seviyesi ile bu aralığa düşmesi beklenir. Önerilen yöntem kullanılarak, işgücü verimliliği daha uygun ve güvenilir bir şekilde tahmin edilebilir. Araştırmacılar, PI modelini önerirken bir alt ve üst sınır tahmin



(LUBE) yönteminin temel kavramlarını da modelde kullanmışlardır. Geleneksel YSA tabanlı tahmin modelleri, tahmin edilen değerlerin belirsizliğini tahmin etmede zorluklarla karşılaşılır. Nokta tahminleriyle; ilişkili belirsizlik, aralık tahminleri veya tahmin aralıkları oluşturularak aşılabılır. LUBE yöntemi, YSA tabanlı PI modeli oluşturmak için alt ve üst sınır belirlemede kullanılır.

Nasirzadeh vd. (2020), önerdikleri YSA tabanlı LUBE yöntemini, işgücü verimliliğini tahmin etmek için bir vaka çalışması projesinde geçerliliğini uygulamışlardır. İşgücü verimliliği, Kanada’da 17 katlı bir yapıda kalıp montajı için önerilen YSA tabanlı PI yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Araştırmacılar, ilk önce Kanada’da işgücü verimliliğini etkileyen faktörleri tespit etmişlerdir. Bu faktörler; sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, yağış, ekip sayısı, işgücü oranı, çalışma tipi, kat seviyesi/yüksekliği ve çalışma yöntemidir. Daha sonra, YSA tabanlı LUBE yöntemini işgücü verimliliğini tahmin edebilmek ve uygulamak için, veri örnekleri toplanmıştır. Toplanan veri örneklerinin %60’ı eğitim, %20’si test ve %20’si çapraz doğrulama için kullanılmıştır. “LUBE yönetimi kullanarak, işgücü verimliliği için PI’ların üst ve alt sınırları, %85, %90 ve %95’ lik üç güven düzeyinde bir dizi girdi değişkenine dayalı olarak tahmin edildi” (Nasirzadeh vd., 2020).

Sonuç olarak, araştırmacılar için bu çalışma ile inşaat yönetiminde deterministik nokta tahminlerinden, aralık tahminlerine geçmeye yönelik ilk girişim olmuştur ve proje yöneticilerinin tahminlerin güvenilirliğinin artmasını sağlayabilir. Önerilen yöntem kullanılarak oluşturulan PI’ların, tahmin edilen değerlerdeki belirsizliğin tahmin edilmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

### **Farklı Etkiler Altında İnşaat İşgücü Verimliliğini Arttırmak ve Tahmin Etmek İçin YSA Kullanan Mühendislik Yaklaşımı (El-Gohary vd., 2017)**

El-Gohary vd. (2017) yaptıkları çalışmada, inşaat işgücü verimliliğini tahmin etmek, iyileştirme ve kontrol etmek için, konseptten detaya bir mühendislik yaklaşımını tanıtmış ve incelemişlerdir. Bu yaklaşım, etkileyen faktörler ile karşılık gelen verimlilik oranları arasındaki ilişkiyi haritalamak ve ölçmek için, YSA tekniği kullanmışlardır. Araştırmacılar tarafından, bu araştırmanın amacı doğrultusunda, konut ve ticari binaların farklı tipteki betonarme temelleri için iki ana inşaat işi, kalıp

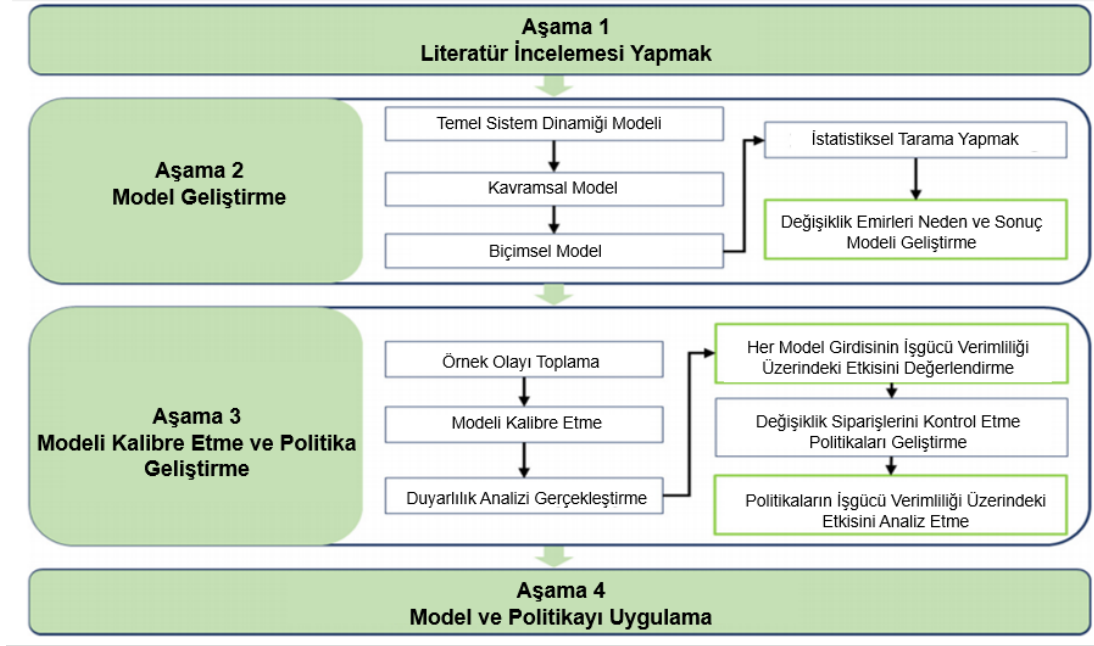
ve donatı çeliği sabitlemesi incelenmiştir. Araştırmacılar bu çalışma ile, inşaat işgücü verimliliğini etkileyen tanımlanmış faktörler ile ilgili; verimlilik oranları arasındaki ilişkiyi, sistematik bir mühendislik kavramı aracılığıyla belirlemeyi ve haritalamayı amaçlamaktadır. Bu araştırma, ekonomik boyut ve sosyal boyut olmak üzere iki ana sürdürülebilir inşaat ayağını desteklemektedir. Ekonomik boyut, inşaat projelerinin tüm yaşam maliyetine karşılık gelmesine odaklanır ve iyileştirilerek desteklenir. Sosyal boyut, istihdam imkanları oluşturulur ve iyileştirilerek desteklenir.

El-Gohary vd.' e (2017) göre, bir verimlilik modeli geliştirmek için, başlangıçta çok kapsamlı ve doğru tarihsel veriler elde etmek çok önemlidir. Bu yüzden araştırmacılar, nitel ve nicel veriler toplamışlardır. Seçilen bir yüklenicinin veri tabanı sistemini kullanarak, sekiz inşaat projesi incelemişlerdir. Nicel veriler için; YSA modellemesi için toplam sekiz konut ve ticari bina inşaat projeleri incelenmiştir. Model eğitimi için 6 binadan 480 veri noktası alınmış ve test etmek için 2 binadan 160 veri noktası alınmıştır. Nitel veriler ise; her projede çalışan 2 tane yönetici veya mühendis ile anketler yapılarak elde edilmiştir. Araştırmacılar, işgücü verimliliğini iyileştirme eğilimi amacıyla, işgücü verimliliği faktörlerinin ağ tahmini üzerindeki farklı etki derecelerini ve etkisini göstermek için bir duyarlılık analizi yapmışlardır.

Sonuç olarak, araştırmacıların önerdiği YSA tekniği, geleneksel yöntemlere kıyasla önemli ölçüde daha yüksek tahmin doğruluğuna sahip olduğu görülmüştür. YSA tekniği kullanılarak tanımlanan mühendislik kavramı, ihale aşamasında başlayacak ve inşaat projesinin tüm yaşam döngüsü boyunca devam edecek olan; kıyaslama, kontrol ve ardından yüklenicinin işgücü verimliliğini iyileştirmede iyi bir model olduğu kanıtlanmıştır.

### **Yönetim Politikalarının Geliştirilmesi ve Değişim Emirlerinin İnşaat Projelerinde İşgücü Verimliliği Üzerindeki Etkisinin Analiz Edilmesi (Kermanshachi vd., 2021)**

Kermanshachi vd. (2021) yaptıkları çalışmada, değişim emirlerinin işgücü verimliliği üzerindeki etkisini ölçebilecek ve etkilerini azaltacak politikaların oluşturmasıyla sonuçlanabilecek bir model geliştirmeyi amaçlamışlardır.

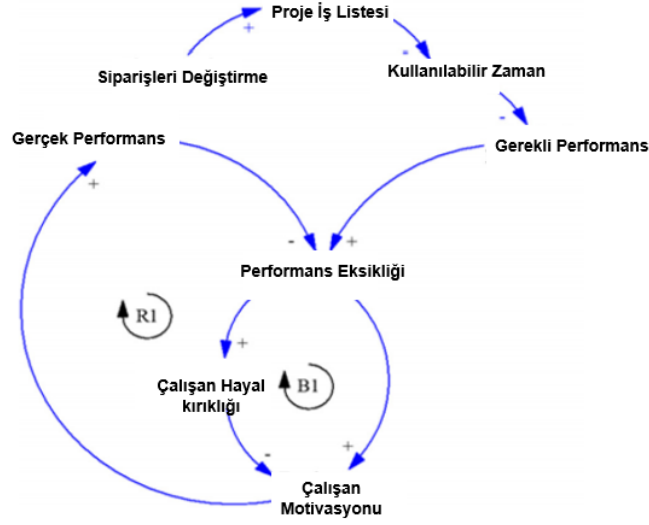


Şekil 2.2: Bu çalışmada kullanılan metodolojinin akış şeması (Kermanshachi vd. 2021)

Araştırmacılar ilk olarak, değişim emirlerine, işgücü verimliliğine ve bunların modellenmesi için uygulanan yöntemlere odaklanan, kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirmişlerdir. Kermanshachi vd. (2021) bir sonraki aşamada, değişim emirlerinin işgücü verimliliği ve program performansı üzerindeki etkilerini analiz etmek ve ölçmek için bir sistem dinamiği modeli geliştirmişlerdir. Modelleme süreci, birbirini izleyen adımlarla, birbiri üzerine inşa edilen üç modelin, yani; temel sistem dinamiği modeli, kavramsal model ve biçimsel modelin geliştirilmesini içermektedir.

“Temel sistem dinamiği modeli, Ford ve Taylor modeline göre geliştirilmiştir. Bu çalışma için model, değişiklik emirlerinin proje performansı üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini içerecek şekilde genişletilmiştir. Model, bir iş akışı sektörü, bir kaynak tahsisi sektörü ve bir programlı baskı sektörü olmak üzere üç ana sektörden oluşmaktadır” (Kermanshachi vd., 2021).

Kavramsal model, motivasyon ve hayal kırıklığı gibi faktörlerden kaynaklanan, değişim emirlerinin işgücü verimliliği üzerindeki etkilerini yakalar. Bir projenin, çizelgeleme performansındaki değişim emirleri ve tasarım tutarsızlıklarının neden olduğu değişiklikleri tespit eder ve değişim emirlerinin, motivasyon ve hayal kırıklığı açısından işgücü verimliliği üzerindeki etkisini belirler.



Şekil 2.3: Kavramsal Model

Biçimsel model, kavramsal modelden üç ardışık genişleme adımında yapılar eklenerek oluşturulmuştur. Bunlar; değişim emirlerinin etkilerinin analizi, program baskısının olumlu ve olumsuz etkilerinin analizi ve gecikmelerin etkilerinin analizidir. Gerçek sistemin davranışını yansıtmak için, model yapısına üç genişletmede birkaç stok ve akış eklenmiştir. Model girdilerinin önem düzeyini değerlendirmek için, biçimsel modelin geliştirilmesinin her aşamasından sonra istatistiksel ölçüm gerçekleştirilmiştir.

Araştırmacılar, Kaliforniya'daki bir tasarla-teklif et-inşa et su arıtma projesini; değişiklik emirlerinin proje performansı üzerindeki etkilerinin araştırılmasına temel teşkil etmesi için seçmiştir. Model kalibrasyonu için, tipik bir plan ve kötü durum davranışı olmak üzere iki koşul dikkate alınmıştır. Geliştirme sırasında kalibre edilen tipik plan için, proje performansının ve proje süresinin tepkisini değerlendirmek için bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Araştırmacılar, modeli test etmek için 5 farklı yönetim politikası belirlemiştir. Bu politikalar; değişim emirlerinin, işgücü verimliliği üzerindeki etkilerini ölçmek için geliştirilmiştir. En son aşamada araştırmacılar, belirledikleri şantiyede model ve politikaları uygulamıştır.

Politika 1; proje yöneticilerinin işgücü verimliliği düştüğünde, son teslim tarihini uzatmak için bir olasılık kullanmasını önermektedir. Politika 2; proje

yöneticilerinin, değişim emirleri oluştuğunda bir son tarih uzatmasını talep etmelerini gerektirir, çünkü; değişiklik emirleri yalnızca işgücü verimliliğini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda yeniden işleme oranını da arttırır. Politika 3; bir kontrol yöntemi olarak, program baskısının kullanılmasını önlemek için oluşturulmuştur. Politika 4; projede geç ortaya çıkan değişiklik emirlerini, projenin erken aşamalarında olduğu gibi sözleşmeye dahil etmek yerine, ayrı sözleşmeler olarak ele almak üzere tasarlanmıştır. Politika 5; değişiklik emri sayısının daha az olduğu varsayımıyla tasarım tam olarak tamamlandığında, mal sahibinin teklif paketleri talep etmesidir (Kermanshachi vd., 2021).

Araştırmacılar sunulan modelin, belirli bir görev türü için, verimlilik düzeyindeki düşüşün birincil nedenlerini tespit etmek için uygulanabilir olduğunu belirtmiştir. Model sonucunda, projelerin zamanında bitirilmesi için, çalışanlara uygulanan ek baskının başlangıçta üretkenliği arttırdığı gözlemlenirken; yeniden çalışma sayısı arttığında, hayal kırıklığına yol açtığı ve üretkenliğin azalmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Duyarlılık analizi sonucunda, projenin son tarihinin projenin süresi üzerinde en büyük etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Proje yöneticilerinin, değişiklik siparişleri oluştuğunda inşaat projelerinde işgücü verimliliğinin azalmasını önleme veya azaltma olasılığı en yüksek olanları belirlemek için, çeşitli politikaları değerlendirmelerine yardımcı olacağına inanılmaktadır.

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

### **3. ALAN ÇALIşMASI: İSKİ BALTALİMANI BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ İNşAATI'NIN İNCELENMESİ**

Yapılan literatür taraması doğrultusunda, bu alanla ilgili çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Bundan dolayı, literatüre bir katkı sağlamak amacıyla bu alan çalışması yapılmıştır. Bu alan çalışması için, proje inşaatı devam etmekte olan İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaat'ı incelenmiştir. Tesisin inşaatının tamamlanması için konulan hedef 2021 yılı yaz aylarıdır. Bu bölümde, ilk önce araştırmanın yöntemi açıklanmıştır. Daha sonra, biyolojik atıksu arıtma tesislerinin

önemi ve tesiste bulunan ünitelerin hangi amaçla inşa edildiği anlatılmıştır. Bir sonraki aşamada, İSKİ Baltalimanı Atıksu Ön Arıtma Tesisi ve İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi tanıtılmıştır. Son olarak, İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaat'ının işgücü verimliliği, literatür taraması ile tespit edilen on kritik başarı faktörüne göre değerlendirilmiştir. Literatür taraması sonucunda tespit edilen faktörler; benzer işlerde çalışma, işçi ücretlerinin miktarı ve zamanında ödenmesi, tasarım detaylarının karmaşıklığı, malzemenin aksamadan temin edilmesi, işin kesilip tekrar devam etmesi, fazla mesai ve vardiyalı çalışma, şantiyedeki iş disiplini, işçilerin çalışırken denetlenmesi ve kontrolü, şantiye yönetimi, şantiyedeki güvenlik ve sağlık şartları faktörleridir.

### 3.1 ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırmacı, İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaat projesinde ana yüklenici firmanın saha mühendisi olarak, Ocak 2020 ile Ekim 2020 tarihleri arasında görev yapmıştır. Araştırmanın alan çalışması için toplanan veriler, araştırmacının çalıştığı tarihler arasındaki gözlemleri, işçi ve yöneticiler ile olan görüşmeleri ve saha incelemelerinden elde edilmiştir. Ek olarak, incelenen inşaat projesine ait detaylı fotoğraflar, toplanan verilere eklenmiştir. Tesis inşaatının işgücü verimliliği, literatür taraması ve Ulubeyli'nin (2004) yapmış olduğu araştırmadan faydalanılarak seçilen en önemli on kritiğe göre incelenmiştir. Bu faktörlerin seçilmesindeki en büyük neden, alan çalışması sonucunda elde edilen veriler ile bu faktörlerin örtüşmesidir.

### 3.2 BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ

İnsan nüfusunun her geçen gün artması, su kullanımını arttırmaktadır. Sürekli kullanılan su, kirlenmekte ve tükenmeye başlamaktadır. Dünyadaki su kaynaklarının, sadece %3'ü içme ve kullanma suyu teminine elverişlidir (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi [MEGEP], 2013). Dünya üzerinde bulunan su kaynakları, insanların ihtiyaçlarına cevap vermemeye başlamıştır. İnsanların ihtiyaç duydukları içme ve kullanma suyunun, temin edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden, suların insan ihtiyacını karşılayabilecek bir şekilde artırılması gerekmektedir. Böylelikle, atıksu arıtma tesisleri inşa edilmeye başlanmıştır. Atıksu arıtma tesislerinin görevi; insanların kullandığı suları tekrar

arıtıp ya insanların kullanımına geri kazandırmak ya da kirlenen suyu temizleyerek, deniz ve akarsulara göndermektir. Bu tesislerin inşası ile; su kaynaklarının tükenmesini önlemek, ekolojik dengeye katkı sağlamak, çevre ve insan sağlığını korumak hedeflenmektedir.

Biyolojik atıksu arıtma tesislerinde bulunan üniteler, proses türlerine, ihtiyaç türüne ve yapıma amaçlarına göre farklılık göstermektedir. Biyolojik atıksu arıtma tesislerinde bulunan üniteler; kum ve taş tutucu ızgaralar, giriş terfi ünitesi, kum ve yağ tutucu (ince ızgara ve perfore ızgara), dağıtım yapısı, oksidasyon (havalandırma) havuzu, çöktürme (çökeltme) havuzları, deşarj rögarı, çamur çürütücü tanklar, biyogaz depolama yapısı, çamur kurutma yapısı, kojenarasyon binası, kontrol laboratuvarları, koku giderici havuzlar ve idari binalardan oluşmaktadır. Atıksu, her bir üniteye farklı işlemlere maruz kalarak, mümkün olduğunca arıtılıp en yakın deniz veya akarsuya taşınmaktadır. Atıksu arıtma tesisleri, yapılacağı bölgenin nüfusuna göre uzun vadeli inşa edilir. Yapılacak bölge nüfusunun, kirli suyunu arıtabilecek seviyede olması gerekir. Bu bölümde, Kırmızı M.'nin (2015) yapmış olduğu çalışmadan yararlanılarak, biyolojik arıtma tesis ünitelerinin işlev ve işleyişleri açıklanmaktadır.

### **Kum ve Taş Tutucu Izgaralar**

Atıksu, terfi ünitesine girmeden önce, kum ve taş tutucu ızgaralardan geçerek büyük kum ve taş parçalarının ayrıştığı yerdir. Atık suyun içerisindeki kum, çakıl ve taş gibi parçaların arıtılmasını sağlamaktadır. Büyük parçalardan arındırılan atıksu, buradan terfi ünitesine gönderilir.

### **Terfi Haznesi**

Atık suyun tesise ilk giriş yaptığı üniteye terfi haznesi, kanallarla tesise gelen suyun toplandığı ve büyük parçaların ayrıştığı bölümdür. Gelen atıksu, terfi haznesine yabancı cisimlerden ayrı bir şekilde girer ve buradan kanallar yardımı ile oksidasyon havuzuna iletilir.



Şekil 3.1: Terfi Haznesi (Kırmızı, 2015)

### **Kum ve Yağ Tutucu (İnce Izgara ve Perfore Izgara)**

Atık suyun, giriş terfi ünitesinden kanallar vasıtasıyla geldiği yapıdır. Atıksu, orta büyüklükteki atık maddelerden ayrıştırılmak üzere, öncelikle ince ızgara yapısına gönderilir. Atıksu, buradan kum ve yağ tutucu ünitesine geçer. Kum ve yağ tutucu ünitesinde, atık suyun içinde bulunan yağ maddesi çöktürülerek ayrıştırılır.

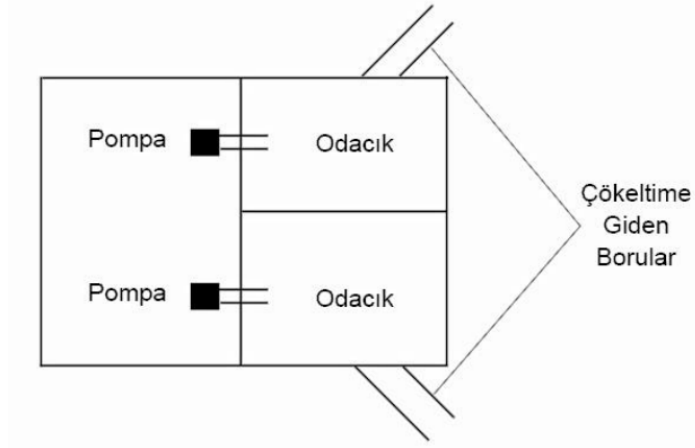
Buradaki işlem tamamlandığında, atıksu perfore ızgara bölümüne gönderilir. Perfore ızgara, en küçük elek sistemine sahip bölümdür. Atık suyun içinde bulunan, en küçük katı maddeler burada ayrıştırılır.

### **Dağıtım Yapısı**

Birden fazla çökeltme havuzu olan tesislerde, dağıtım yapısı yapılmaktadır. Oksidasyon (havalandırma) havuzlarından sonra, atıksu 3000'lik CTP boru yardımıyla dağıtım yapısına getirilmektedir. Dağıtım yapısında, çökeltme havuzu sayısınınca aktarma boşlukları vardır. Bu boşluklardan, çökeltme havuzuna borular uzanır. Dağıtım yapısı, atık suyun arıtılması için oksidasyon havuzlarından çökeltme havuzlarına aktarılması sağlayan ünedir. Dağıtım yapısı ile atık suyun aktarılması, enerji harcamadan gerçekleşir. Böylelikle, enerjiden tasarruf yapılmış olur. Dağıtım yapısı içerisinde, çökeltme havuzlarından bir fazla oda sayısı bulunmaktadır. Oksidasyon havuzundan gelen atıksu, dağıtım yapısındaki fazla yapılan odaya aktarılır ve oradan diğer odalara eşit miktarda dağıtılır. Bu dağıtım, pompalar



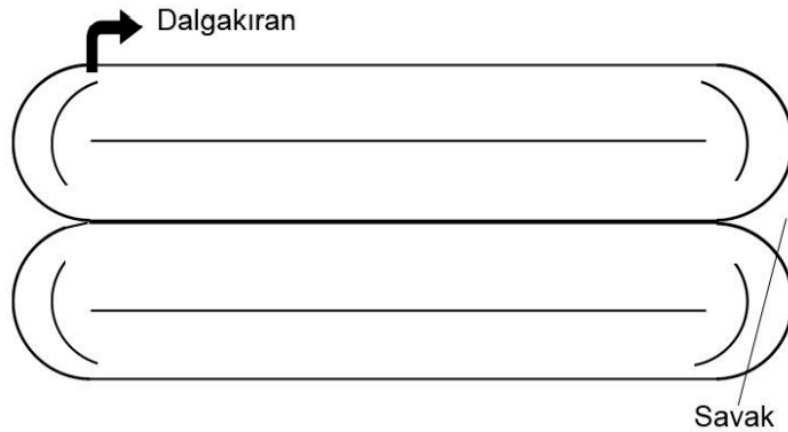
sayesinde gerçekleştirilir. Atıksu, dağıtım yapısındaki odalardan çökeltim havuzlarına gönderilir.



Şekil 3.2: Dağıtım Yapısı Sistematiği (Kırmızı, 2015)

### Oksidasyon (Havalandırma) Havuzu

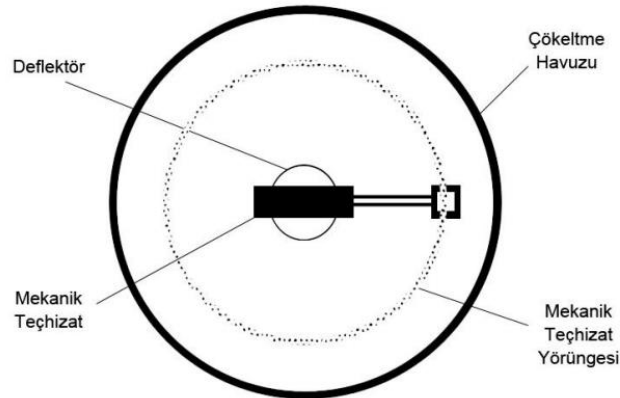
“Evsel kullanılmış sular, sığ havuzlarda doğal biyolojik işlemle stabilize edilebilir. Bu şekilde, ham veya bir ön işlemden geçmiş suyun okside olmak üzere bırakıldığı havuzlara oksidasyon havuzu adı verilir.” (MEGEP, 2013). Atık suya, kimyasal olarak ilk işlem oksidasyon havuzlarında uygulanır. Atıksu, oksidasyon havuzlarına 3000’lik CTP (Cam Elyaf Takviyeli Plastik) borular ile taşınır. Mekanik cihazlar sayesinde, atık suya kinetik enerji kazandırılır. Kinetik enerji sahibi atık suyun, dalgakıranlara çarparak potansiyel enerjiye dönüşümü sağlanır. Böylelikle, atıksuya havalandırma işlemi yapılmış olur.



Şekil 3.3: Oksidasyon (Havalandırma) Havuzu (Kırmızı, 2015)

### Çöktürme (Çökeltme) Havuzları

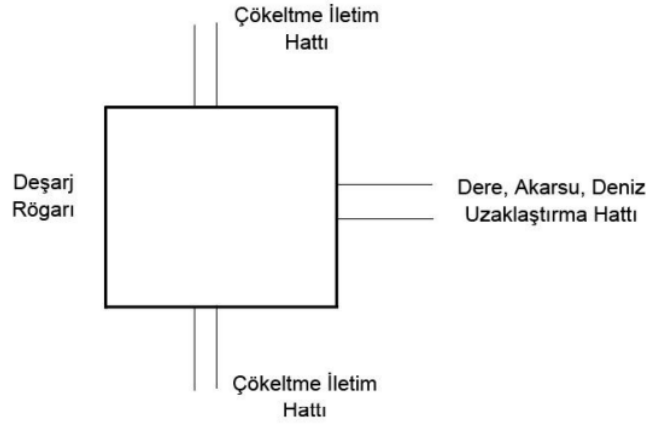
Atık suya, fiziksel olarak işlem yapıldığı ünedir. Arazi koşullarına göre, dikdörtgen ve çember şeklinde yapılabilmektedir. Çökeltme havuzunun tam ortasına deflektör yapılmaktadır. Deflektörün üstüne, mekanik teçhizatlar yapılmaktadır. Deflektör, mekanik teçhizatın çalışmasına yarayan yapıdır. Mekanik teçhizat, dairesel olarak dönmeye başlar. Dönüş esnasında, atık sudan parçacıklar çökmeye başlayacak ve çöken parçalar, mekanik teçhizatın çek pasları sayesinde bir odada toplanacak ve bu odadan çöken parçalar tesisten uzaklaştırılacaktır. Çökeltme havuzlarında, sadece iri parçacıklar ayrıştırılabilmektedir. Çökeltme havuzlarının boyutu, suyun debisi ile doğru orantılı inşa edilmektedir. Debi ne kadar fazla ise, çökeltme havuzlarının boyutu da o oranda büyümektedir. “Çökeltme havuzunun perdesine, bitişik parçacıkların üst bölümünü arıtmak amacıyla savaklar yapılır” (Kırmızı, 2015). Çökeltme havuzunun yanına çamur haznesi yapılır. İç savakta toplanan çamur ve çöken parçalar, çamur haznesinde toplanır. Dış savak ise, içinde mevcut bulunan suyu deşarj rögarı ünitesine iletmekle görevlidir. Suyun arıtılması, oksidasyon (havalandırma) ve çökeltme havuzlarındaki işlemler sonucunda tamamlanır. Arıtılan su, dış savaktan 3000’lik CTP borular aracılığıyla deşarj rögarına gönderilir.



Şekil 3.4: Çökeltme Havuzu (Kırmızı, 2015)

## Deşarj Rögari

Deşarj rögari, atıksu arıtma tesisinin son ünitesidir. Burada, kimyasal veya fiziksel ayrıştırma işlemleri gerçekleştirilmez. Suyun, atıksu arıtma tesisinden uzaklaştırıldığı ünite. Arıtılan su, 3000'lik CTP borular ile çökeltme havuzlarından buraya taşınır. Deşarj rögari, çökeltme havuz sayısından bir fazla boru girişine sahiptir. Bu fazla boru ile, arıtılan su en yakın akarsu veya denize iletilmektedir. Arıtılan suyun, deşarj ünitesinden çıkması ile tesis görevini tamamlamış olur.



Şekil 3.5: Deşarj Rögari ve İletim Hatları (Kırmızı, 2015)

## Çamur Çürütücü Tanklar

Arıtılan sudan sonra, ortaya çıkan çamurun toplandığı haznelerdir. Burada toplanan çamurdan, fiziksel ve kimyasal yollar ile biyogaz elde edilmektedir.

## Biyogaz Depolama Yapısı

Çamur çürütme tanklarında elde edilen biyogazın, toplanarak depolandığı yapıdır.

### **Kojenarasyon Binası**

Biyogaz depolama yapısında toplanan biyogaz, kojenerasyon binasına gönderilir. Kojenarasyon binasında, biyogaz yakılarak enerji elde edilir.

### **Çamur Kurutma Yapısı**

Çamur çürütücü tanklarda atık olarak kalan çamur, çamur kurutma yapısına gönderilir. Çamur kurutma yapısında, çamur kurutularak tesisten uzaklaştırılır.

### **Kontrol Laboratuvarları**

Tesise, suyun girmesiyle görevi başlar. Tesise giren suyun, kirlilik oranını ölçer. Arıtılan su, deşarj rögarından çıkarken kontrol laboratuvarları tekrardan kirlilik oranını ölçerek verimliliğin kaç olduğunu ortaya çıkarır. Kontrol laboratuvarlarında, sadece suyun kirlilik oranı ölçülmez, tesisteki bütün veriler burada toplanır.

### **Koku Giderici Havuzlar**

Arıtma tesisleri, çevreye kötü koku yaymaktadır. Özellikle de, büyük şehirlerde yapılan büyük çaplı arıtma tesisleri çevreye çok fazla koku yayabilir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için, tesislere koku giderici havuzlar inşa edilmektedir. Kötü kokuyu giderebilmek için, kimyasal yöntemler kullanılmaktadır.

### **İdari Binalar**

Tesisteki bütün işlemlerin idare ve kontrol edildiği yapılardır. Arıtma tesisleri mekanik, elektrik ve elektronik yapılardan oluşmuş sistemelerdir. Bunların kontrol edilmesi ve aksaklık durumunda müdahale edilmesi bu yapılar ile kumanda edilir. İçerisinde çok amaçlı salonların bulunduğu sosyal tesisler, tamir atölyelerinin bulunduğu atölye binası ve giriş kontrol binası gibi binaların bulunduğu yapılar topluluğudur.

## **3.3 İSKİ BALTALİMANI ATIKSU ÖN ARITMA TESİSİ**

Alan çalışmasına konu olan, İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaat'ı şantiye alanında, halihazırda bir ön arıtma atıksu tesisi bulunmaktadır. İşletmesi devam eden ön arıtma tesisi, 1997 yılında günlük 625.000 m<sup>3</sup> arıtma

kapasitesi hedeflenerek inşa edilmiştir. Tesis, şu anda Kağıthane, Beyoğlu, Şişli, Beşiktaş ve Sarıyer ilçelerinin atık sularını arıtmaktadır. Mevcut tesis, 20.000 m<sup>2</sup>'lik bir alana kurulmuş ve yaklaşık 3 milyon kişilik nüfustan kaynaklanan atık suları arıtmaktadır. Baltalimanı Atıksu Ön Arıtma Tesisi; kaba ızgara ünitesi, giriş terfi ünitesi, pompa holü, kum ve yağ tutucu ünitesi, koku kontrol ünitesi olmak üzere 4 ana ünitelerden oluşmaktadır (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi [İSKİ]).



**Resim 3.1:** Mevcut Çalışan Ön Arıtma Tesisi ve Üniteleri

#### 3.4 İSKİ BALTALİMANI BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ

Ana yüklenici firma, mevcut ön arıtma tesisini 1.296.000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli biyolojik atıksu arıtma tesisine dönüştürmek için 02 Ekim 2017 tarihinde, İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi inşasına başlamıştır. Ana yüklenici firma, inşaat projesinin uygulamasını alt taşeronları dağıtarak; şantiyede sadece teknik personel bulundurmaktadır. İSKİ; ana yüklenici müteahhite, ana yüklenici müteahhit ise, alt taşeron firmaya işveren konumundadır. Mevcut atıksu ön arıtma tesisi,

biyolojik atıksu arıtma tesisine dönüştürülecek ve ortaya çıkan çamur, çamur çürütücülerde yakılarak biyogaz elde edilecek ve elde edilen biyogaz ise tesisin elektriğinin bir kısmının karşılanmasında kullanılacaktır.

Tesise, sahil kuşaklama tüneline (-11,94 m) ve Cendere tünellerinden (-7,70 m) gelen atıksu, ön arıtma ünitelerinden geçerek; yüksek yüklü aktif çamur sistemi arıtılacaktır. Tesiste bulunan üniteler; trafo binası, giriş terfi ünitesi, atölye binası, kum ve köpük toplama ünitesi, blower binası, kum ve yağ tutucu ünitesi, sosyal tesis binası, dağıtım yapısı, havalandırma havuzu, havalandırma havuzu, son çöktürme havuzları, çamur kurutma binası, çürütücü tankları, biyogaz depolama ünitesi, kojenarasyon ünitesidir. Atık suyun tesiste arıtılma prensibi; atıksu ilk giriş terfi yapısına gelmektedir. Burada atıksu taş, çakıl ve kumlardan arındırılması için taş tutucu ve kaba ızgaradan geçmektedir. Ardından, giriş terfi ünitesinde bulunan pompalar ile atıksu kanala verilmektedir. Kanal vasıtasıyla atıksu, ince ızgaradan geçerek kum ve yağ tutucu ünitesine gelmektedir.

Atık suyun içerisindeki yağ, kum ve yağ tutucu ünitesinde çöktürülür ve ardından kum ve köpük toplama ünitesine gönderilmektedir. Daha sonra, geriye kalan atıksu perfore ızgaraya gönderilmektedir. Perfore ızgara, en ince eleklerin bulunduğu ızgaradır. Burada, belli bir miktar arıtılan atıksu, 3000'lik CTP boru ile dağıtım yapısına gönderilmektedir. Dağıtım yapısında 4 tane boru bulunmaktadır. Atıksu, dağıtım yapısından havalandırma havuzuna gönderilmektedir. Havalandırma havuzunda, difüzörler sayesinde atık suyun bulanıklaşması sağlanmaktadır. Havalandırmadaki atıksu, çöktürme 1 ve çöktürme 2 havuzlarına gönderilmektedir. Çöktürme havuzlarında, atıksu dinlendirilmeye bırakılmaktadır. Dinlendirilen atık suyun, çamur kısmı dibe çökmektedir. Bu sürecin sonunda, su ve çamurun birbirinden ayrışma işlemi tamamlanmaktadır. Arıtılmış su, bu iş kapsamında inşa edilen kara hattı vasıtasıyla, mevcuttaki derin deniz deşarj hattına iletilerek tesisten uzaklaştırılmaktadır. Ortaya çıkan çamur ise, pompalar yardımıyla çöktürme havuzunda bulunan kanallara aktarılır ve buradan da çürütücü tanklarına iletilmektedir. Burada, çamur çürütülerek gaz elde edilmektedir. Elde edilen gaz, biyogaz depolama ünitesine gönderilmektedir. Burada toplanan gazlar, kojenarasyon ünitesini gönderilerek elektrik elde edilmektedir. Çürütücü tanklarda kurumuş olan

çamur ise, çamur kurutma binasına gönderilmektedir. Çamur, burada kurumaya devam etmektedir. İstenilen derecede kuruyan çamur, tesisten uzaklaştırılmaktadır. Oluşan biyogaz ile, tesis elektriğinin üçte biri karşılanacaktır. 270.000 m<sup>2</sup>'lik bir alana inşa edilen tesis, 3 milyon kişilik nüfustan kaynaklanan atık suyu arıtmaktadır.



**Resim 3.2:** Terfi, Kum ve Yağ Tutucu, Havalandırma Havuzları, Çürütücü Tankları

### 3.5 İSKİ BALTALİMANI BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ İNŞAATI İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

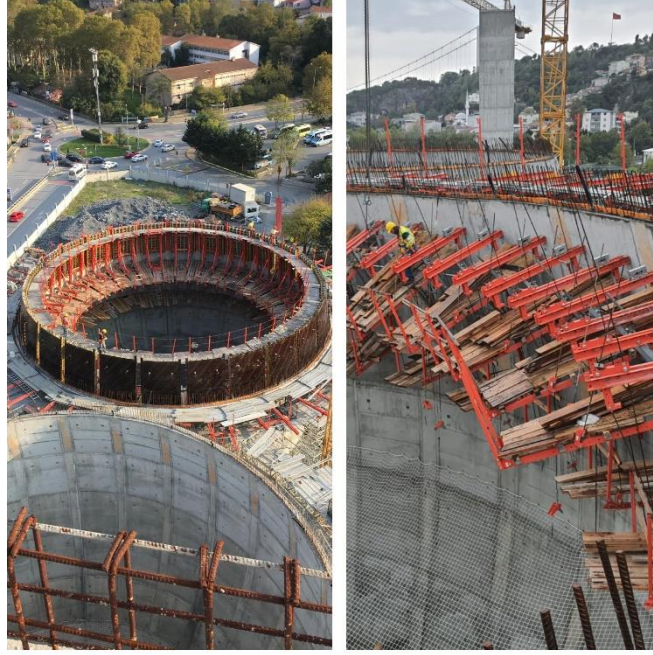
Arıtma tesisi inşaat proje uygulamasına, 02 Ekim 2017 tarihinde başlanmıştır. Çok büyük bir kısmı tamamlanan projenin, 2021 yılı yaz aylarında tamamlanması hedeflenmiştir. Büyük ölçekli, kompleks ve uzun süreli bir proje olduğu için, işgücü verimliliği süreç içinde değişiklikler göstermiştir. Bu bölümde, tesis inşaatı sırasında işgücü verimliliğini etkileyen; benzer işlerde çalışma, işçi ücretlerinin miktarı ve

zamanında ödenmesi, tasarım detaylarının karmaşıklığı, malzemenin aksamadan temin edilmesi, işin kesilip tekrar devam etmesi, fazla mesai ve vardiyalı çalışma, şantiyedeki iş disiplini, işçilerin çalışırken denetlenmesi ve kontrolü, şantiye yönetimi, şantiyedeki güvenlik ve sağlık şartları faktörleri üzerinden incelenmiştir.

### **3.5.1 Benzer İşlerde Çalışma**

Tecrübe, her iş kolunda başarı ve verimliliğin garantisidir (Ulubeyli, 2004). Yapılan arıtma tesisi, endüstriyel bir tesistir. Türkiye’de ilk defa uygulaması yapılan bu tesiste, yumurta kesitli 6 adet betonarme çürütme tankı inşa edilmiştir. Çürütme tankları; 42 m yüksekliğinde, 25,30 m çapında, 45 cm kalınlığa sahip betonarme yapılardır. Çürütme tankları, her kademesi farklı olan 15 aşamalı döküm yapılarak inşası tamamlanmıştır. Her aşamada, proje kalıp planına uygun özel kesilmiş ahşap dolgu takviyesi yapılarak; 26 adet iç ve dış endüstriyel kalıp modelleriyle döküm yapılmıştır. Her bir döküm için, ayrı projelendirme yapılarak işçilere anlatılmıştır. İşçiler, her döküm için kalıpları tekrardan kalıp projesine göre revize ederek ilerlemişlerdir. Daha önce böyle bir tecrübeye sahip olmayan işçilerin, işgücü verimliliğinden tam olarak yararlanılamamıştır. Her dökümde farklı model, kalıp ve farklı açılarla dökümler yapıldığı için; işçilerin öğrenme eğrisi de istenildiği gibi artmamıştır. İşçiler, ilk yaptıkları imalatta zorlansa da bir süre aynı imalatı tekrarladıktan sonra işi öğrenmiş, işgücü verimliliği artmış ve imalat süresi kısalmaya başlamıştır. İşgücü verimliliğini sürdürülebilir düzeyde tutmak için; kalfa, usta veya düz işçinin bir alanda uzmanlaşmasının, işgücü verimliliğine olumlu bir etkisi olduğu, incelenen şantiyede gözlemlenmiştir. İşçilerin uzmanlaşması için, aynı görevlerde tecrübe sahibi olmalarını sağlamak; işgücü verimliliğini arttıracak bir yöntemdir.





**Resim 3.3:** Çürütücü (Digester) İmalatı

### 3.5.2 İşçi Ücretlerinin Miktarı ve Zamanında Ödenmesi

Ücret; insanların, gereksinimlerini karşılamak için işgücü kullanımı karşılığında aldıkları bedeldir. Çalışanın, işe karşı olan bağlılığının sürmesinin en temel nedenidir (Ulubeyli, 2004). Literatür araştırmasından da elde edilen sonuçlara göre; işgücü verimliliğini ve işçi motivasyonunu arttıran en önemli faktörlerden birisinin, işçi ücretleri ve ücretlerin zamanında ödenmesi olduğu görülmektedir.

İncelemeye konu olan biyolojik arıtma tesisinde; teknik personel, ana yüklenici firma bünyesinde çalışırken, işçiler ise alt taşeron bünyesinde çalışmaktaydı. Bu yüzden, işçilere ödenen ücret alt taşeronun sorumluluğundaydı. Alt taşeronun ekonomik sorunları sebebiyle, işçi maaşlarında gecikmeler meydana gelmişti. Buna ek olarak, işçiler alt taşeron tarafından tam olarak kontrol edilememekte ve işçi maaşları kalfaların inisiyatifi doğrultusunda belirlenmekteydi. Alt taşeronun, iş planlaması zayıf olduğu için; kaç işçi, hangi işte, ne kadar süreyle çalışacağı kalfalar tarafından programlanmaktaydı. Ancak; denetimsiz kalan kalfa ve işçiler, bir işe gerektiğinden fazla işçi vererek; alt taşeron firmayı mali sıkıntıya sokmuştu. Dolayısıyla, ekonomik olarak sıkıntıya düşen alt taşeron, gelir ve gider

dengeğini bir süre sonra sağlayamamış ve işçilerin ücretlerinin ödenmesinde zorlanmıştı.

Ücretlerini alamayan veya geç alan işçilerde ise, motivasyon düşüklüğü ve işgücü verimliliğinde azalma gözlenmişti. Ücretleri noktasında sıkıntı yaşayan işçiler, belli zaman aralıklarında işi durdurma grevleri yapmışlardı. Bu durum, işçilerin işlerine ve firmaya olan bağlılık duygularını kaybetmelerine sebep olmuştur. Ayrıca, ücretlerini zamanında alamayan işçiler, başka bir iş bulduklarında işi bırakarak; şantiyede işçi sirkülasyonunun artmasına sebebiyet vermiştir. İş öğrenmiş ve öğrenme eğrisi artmış işçiler işten ayrılıyor, yerine daha tecrübesiz işçiler projeye dahil oluyordu. Bu olayların hepsi, inşaat projesinin zaman ve maliyet aşımına uğramasına sebep olmuştu.

Bunun çözümü olarak, ücretlendirme sisteminin adil bir şekilde, işçiyi teşvik edici, yani; tembel ve çalışkan işçiyi birbirinden ayırarak yapılması gerektiği konusu, belirgin şekilde ortaya çıkmaktaydı. İşine ve işyerine bağlılık duygusu olmayan işçilerden, özverili bir şekilde çalışma yapması beklenemez. İnşaat firmalarının gelir ve gider dengesini, doğru ve tutarlı bir şekilde koruması gerekmektedir. Kalfa veya işçiye inisiyatif bırakılmadan iş planlamasının yapılması, yani; hangi işi, kaç kişi, ne kadar süreyle tamamlaması gerektiğini, inşaat firmasının teknik personeli tarafından organize edilmesi gerekmektedir.

### **3.5.3 Tasarım Detaylarının Karmaşıklığı**

İş içeriği arttıkça veya tasarım daha karmaşık hale geldikçe, verimlilik de bununla birlikte azalmaktadır (Ulubeyli, 2004). Proje tasarımı, şantiyede işçiler tarafından uygulanacağı için, tasarım detaylarının uygulanabilirliği ve anlaşılabilirliği çok önemlidir.

İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı ile, Türkiye’de ilk kez yapılan ve tasarım detaylarının fazla olduğu kompleks yapılar inşa edilmiştir. Tesisteki her bir yapı, ayrı bir detay ve ayrı bir incelik içermekteydi. Giriş Terfi Ünitesi, yukarıdan aşağıya (topdown) yöntemiyle ikişer metre kazılarak; 33 metre derinliğe inildi ve kademe kademe perde duvarlar çekildi. İki metrelik beton perdelerin priz alma süresi tamamlandıktan sonra, bu imalat 16 kez tekrarlandı ve en

sonunda terfi ünitesinin temeli döküldü. Sadece terfi ünitesinin hafriyat çalışmaları, zemin sertliği ve değişkenliğinden dolayı bir buçuk sene sürdü. Kum ve yağ tutucu ünitesi, 35 derecelik açılarla eğimli betonarme perdelerden oluşmaktadır. Havalandırma havuzları, derinliği 7,7 metre olan, kokuyu önlemek amacıyla üstü kapalı bir şekilde yapılan ünitelerdi. Havalandırma havuzlarının zorluğu ise, prekast kirişlerin montajı olmuştur. Türkiye’de ilk kez yapılan yumurta kesitli çürütücü tankları ve tankların çevresi boyunca iskele sistemi kurulması ve üzerine kuşaklar ile özel platformlar yerleştirilmesi ayrı bir detay ve karmaşıklık içermektedir. Tankların çevresine yapılan iskele sisteminde, iç ve dış kısımlarında tırmanır platform ve kalıp sistemleri kullanılmıştır. Her döküm için ayrı ayrı projelendirilip, ayrı ayrı imalatlar gerçekleştirilmişti. Tüm ünitelerin, projelendirme ve uygulama detayları farklılık göstermekteydi. İşçilerin, öğrenmesi gereken çok detaylı bir işçilik vardı. Her bir detay, teknik personel tarafından işçilere anlatılmakta ve yapılacak işler tarif edilmekteydi. İşçiler tarafından yapılan imalatlar, saha mühendisleri ve şantiye şefi tarafından sürekli kontrol edilmekte ve imalatların yanlış veya eksik yapılmasını engellenmekteydi. Fakat bu kadar denetime rağmen, detayların çok olduğu kompleks yapılarda tam olarak işçi verimliliğinden faydalanmak mümkün olmamaktaydı. Buna çözüm olarak, “proje safhasında ürünlerin tasarım ve bileşimlerinin imalatı kolaylaştırıcı, üretim akışını hızlandırıcı nitelikte olmasına büyük özen gösterilmelidir” (Ulubeyli, 2004). Ayrıca, teknik personelin işçilerle iletişimi+ doğru ve eksiksiz olması gerekmektedir. İşçilere yeterli eğitim ve bilginin verilmesi gerekmektedir. Aynı işçilerin, aynı görevle görevlendirilerek tecrübe ve beceri kazanmaları sağlanmalıdır. Yeni gelen tecrübesiz işçiler, tecrübeli işçiler ile çalıştırılarak tecrübe kazanmaları sağlanmalıdır.



**Resim 3.4:** Terfi, Havalandırma Havuzları, Çürütücü ve Asansör Kulesi İmalatları



**Resim 3.5:** Trafo Kolon, Kum ve Yağ Tutucu Eğik Perde ve Yürüme Yolu, Kanal Perde İmalatları

### 3.5.4 Malzemenin Aksamadan Temin Edilmesi

Literatür çalışması sonucunda, malzeme yönetimi işgücü verimliliğini etkileyen önemli faktörler arasında gösterilmektedir. Şantiyede, malzeme mevcudiyetinin eksik olması veya depolama alanlarının yetersiz olması, işgücü verimliliğini büyük ölçüde azaltan faktörlerden birisidir.

İncelemeye konu olan İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı için; endüstriyel ve ahşap kalıp malzemeleri, peri iskele malzemeleri, donatı ve kalıp malzemeleri, ard-germe malzemeleri, mekanik ve elektrik malzemeleri gibi malzemeler kullanılmaktadır. Özellikle, çürütücü tankların yapımı için gerekli olan endüstriyel kalıp ve iskele malzemelerinin, sürekli şantiye alanında bulunması gerekmektedir. Şantiyede, işler sıralı bir şekilde ilerlemektedir. Çürütücü tanklarının inşası için sırasıyla yapılması gereken işler; iskele sisteminin kurulması, iskele sisteminin platformlarının kurulması, kalıpcılar tarafından dış kalıpların yerleştirilmesi, demir ustalarının demir donatılarını bağlaması, ard-germe ustalarının gerilmeye hazır halatlarını sarması ve kalıpcıların iç kalıp sistemini kurması ile organizasyon şeması tamamlanmaktaydı. Eğer bir malzeme şantiyede mevcut bulunmazsa, bütün organizasyonun durmasına sebep olmaktadır.

Şantiyede, malzeme temini sırasında aksaklıklar yaşanmıştır. Tedarikçi veya teknik personelden kaynaklanan bu sorunlar, işgücü verimliliğini azaltmıştır. Bazı zamanlarda, malzemeler önceden şantiyeye getirilmişti. Fakat işçiler inisiyatif alıp, iş planlamasının dışına çıkarak program dışı imalatlar yapabilmekteydiler. Bunun önüne geçilmesi için, malzemeler tükenmeden yeni malzeme siparişi verilmemeye karar verilmişti. Bu durum, malzemelerin zamanında gelmesine engel olabilmekteydi. Şantiye alanına çok fazla malzeme gelmekteydi. Ancak, malzemeleri depolayacak alanlar şantiyede mevcut değildi. Teknik personel, gelen malzemeleri boş alanlara indirmek zorunda kalıyordu. Bu yüzden şantiye alanı daralıyor, hareket imkânı kısıtlanıyordu. Gelen malzeme, ihtiyaç olan yerlere tekrardan dağıtılıyordu. Bu durum da ikinci bir işçilik maliyeti ve süresi ortaya çıkarıyordu. Bu olaylar, işçi çalışma performansını etkilemişti. İşçi motivasyonu ve işgücü verimliliğinde düşüşler meydana gelmişti. Bu olayların yaşanmaması için; malzeme yönetimi

organizasyonun iyi yapılması ve şantiye alanı kurulurken malzeme depo alanlarının doğru bir şekilde planlanması gerekmektedir.



**Resim 3.6:** Şantiye Alanına Malzemelerin İstiflenmesi

### **3.5.5 İşin Kesilip Tekrar Devam Etmesi**

Bir şantiyede, iş kesintisine sebep olan ne kadar çok faktör oluşursa ve iş kesintisinin süresi ne kadar uzarsa; tahmin edilen ve gerçekleşen işgücü verimliliği o kadar azalır. Şantiyelerde iş kesintisi yaşanması, öğrenme eğrisini durdurur hatta geriletebilir. Bu sebepten dolayı, şantiyede iş kesintisine sebep olacak faktörlerin önceden tahmin edilip iş planlaması yapılmalıdır.

İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı süresince, iş kesintileri meydana gelmiştir. Bunların sebepleri; şantiye alanını önceden kullanan

kişi veya firmaların çıkmak istememesi, kur farkının yükselmesi ile malzeme tedarikinde sorunlar yaşanması, ülkenin bulunduğu ekonomik ve politik sebepler, proje tasarımındaki değişiklikler, pandemi (salgın hastalık) dönemine girilmesi, alt taşeron değişikliği, iş makinelerinin arızalanması ve olumsuz hava şartlarından dolayı kısa veya uzun süreli iş kesintileri meydana gelmiştir. Bu sebepler, inşaat süresinin uzamasına ve öngörülen maliyetlerin artmasına neden olmuştur. İş kesintileri ile birlikte, işçilerin öğrenme eğrisi düşüşe geçmiş ve işgücü verimliliği de azalmıştır. Şantiyede, iş kesintilerine sebep olan faktörlerin bazıları öngörülüp kontrol edilebilen, bazıları ise öngörülemez ve kontrol edilemeyen faktörlerdir. Mümkün olduğunca kontrol edilebilen faktörler üzerine planlama yapılmalı ve bu faktörler en aza indirgenmeye çalışılmalıdır.

### **3.5.6 Fazla Mesai ve Vardiyalı Çalışma**

“İnşaat sektöründe fazla mesai genellikle, planlama aşamasında öngörülen sürenin iş programının gerisinde kaldığı projelerde, bahsedilen iş programını yakalamak için kullanılmaktadır” (Ulubeyli, 2004). Literatür çalışmasında araştırmacılar, uzun süreli fazla mesai yapılmasının işgücü verimliliğini düşüreceği görüşüne sahiptirler.

Arıtma tesisi inşaatı, çok yoğun mesai harcanan bir inşaat projesidir. Aynı anda birçok ekibin birlikte çalıştığı, yoğun iş programının olduğu bir şantiyedir. İş programının yoğunluğundan dolayı, zaman zaman iş programı aksamakta ve programın gerisinde kalınmaması için işçilere fazladan mesai yaptırılmaktaydı. Çok fazla mesai yapmak zorunda kalan ve ertesi gün işe çıkan işçiler için, motivasyon kaybı ve işgücü verimliliğinde düşmeler meydana gelebilmekteydi. Fakat, bazı özel ve belirli amaçlarla işçilerin mesaiye bırakılmasının faydalı olduğu ve işçilerin performansının arttığı gözlemlenmiştir. Bazı durumlarda, işçilerin ek gelir kazanma zorunluluğu ortaya çıkmakta ve fazla mesaiye kalma istekleri bulunmaktaydı. Yöneticiler tarafından, bu durumdaki işçilerin hem motivasyonunu arttırmak hem de ek gelir kaynağı oluşturmak adına mesaiye çıkmalarına izin verilmekteydi. Böyle durumlarda işçinin motivasyonunun, işe olan bağlılığının ve işgücü verimliliğinin arttığı gözlemlenmekteydi.

Yöneticiler, iş programının aksamaması için işçilerin vardiyalı çalışma sistemine geçmesi üzerine programlar yaptılar. Fakat, yeterince işgücü verimliliğinden yararlanılamayacağı, işçilerin denetlenmesinin ve kontrolünün zor olacağı ve işçilerinin güvenliğinden endişelendikleri için bu şekilde bir sistem uygulamaktan vazgeçtiler.

### **3.5.7 Şantiyedeki İş Disiplini**

Bir inşaat projesinin başarılı olmasının en temel şartı; şantiyede çalışan teknik personel ve işçilerin iş disiplinine uygun hareket etmesinden geçmektedir. İş disiplini sağlanamayan şantiyelerde, istenilen verimin alınamayacağı ve başarıya ulaşamayacağı yadsınamaz bir gerçektir. Şantiyelerde çalışan teknik personel ve işçilerin her biri, ayrı bir karaktere ve çalışma disiplinine sahiptir. Çalışanları, iş disiplinine uygun çalıştırmak ve bu olayı sürdürülebilir bir şekilde devam ettirmek yöneticiler için zorlu bir iştir.

İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaat'ında, çok fazla işçi grubu çalışmaktaydı. Türkiye'nin her bölgesinden işçi şantiyede bulunmaktaydı. Karakter ve mizaçları farklı olan işçilerin, disiplinli bir şekilde çalışmalarını sağlamak; yoğun emek isteyen zorlu bir işti. Ayrıca işçiler, ana yüklenici firma bünyesinde bulunmadığı ve alt taşeron firmaya bağlı olduğu için; işçilerin disiplinli bir şekilde çalışmalarını sağlamak daha zorlu bir hale gelmekteydi. İşçilerin kontrolü alt taşerona ait olmasına rağmen, işçiler her zaman ana yüklenici firmanın teknik personeli tarafından denetlenip kontrol edilmekteydi. İşçiler, bazı zamanlarda sıkı denetleme ve kontrolden dolayı "Biz alt taşeron firmanın çalışanlarıyız; bizimle değil, firma yetkililerimizle görüşün" şeklinde üslup kullanabilmekteydi. İşçilere verilecek en ufak bir tavizin, iş disiplininden kopmalarını sağlayacağını farkında olan ana yüklenici firmanın proje müdürü ve şantiye şefi; iş disiplininden hiçbir zaman taviz vermeden projeyi yürütmeye çalıştılar. İş disiplinini, ilk başta ana yüklenici firmanın teknik personeline sağlayarak başladılar. Saha mühendisleri, şantiye alanına işçiden önce çıkıp; son işçi şantiye alanından ayrılıncaya kadar durmakta ve son imalatları kontrol ederek paydos etmekteydi. Her zaman, işçilerin kontrol ve denetlemeleri yeterince ve zamanında yapılmaktaydı. İşçilerin, iş



disiplininden uzaklaşmalarına izin verilmemekteydi. Şantiyede, iş disiplini her zaman sağlanabildiği için, şantiye bu alanda başarılı bir şekilde ilerlemekteydi.

### **3.5.8 İşçilerin Çalışırken Denetlenmesi ve Kontrolü**

İşçilerin çalışırken denetlenme ve kontrolü, işçilerin; iş disiplininin kopmalarını engellemek, özverili çalışmalarını için teşvik etmek, işlerin doğru yapılmasını sağlamak ve işgücü verimliliklerini tam olarak işlerini aktarmak için çok önemli bir faktördür. Literatür çalışması, işçilerin yeterince sıklıkla denetlenmesinin işgücü verimliliğini arttırdığını göstermiştir. İnşaat projelerinin başarıyla devam edilebilmesi, işçilerin denetlenmesi ve kontrolünün, zamanında ve yeterince yapılmasına bağlıdır.

Arıtma tesisi şantiyesinde, işçilerin sürekli denetim ve kontrolü sağlanıyordu. Saha mühendisleri ve şantiye şefi, işçilerin yaptıkları her işi detaylıca denetliyor ve var ise hatalar düzeltiliyordu. İşçilere, yapacakları işler günlük ve haftalık periyotlar halinde anlatılıyordu. Her akşam, ertesi gün yapılacak işler hakkında saha mühendisleri ve şantiye şefi tarafından toplantılar yapılarak, yapılacak işler belirleniyordu. Saha mühendisleri, işçilerden önce sahada bulunuyor, işçiler sahaya geldiğinde yapılacak işler tarif ediliyor ve işçiler programda olan işleri bitirdikten sonra kontrolleri edilip teslim alınıyordu. Şantiye şefi, günde iki kez sahanın tümünü kontrol ederek, işlerin gidişatını inceliyordu. Saha mühendisleri, son işçi sahadan ayrılmadan ve yapılan işlerin kontrolü tamamlanmadan paydos etmiyorlardı. Böyle sıkı kontrol sayesinde işçilerin, iş disiplinine bağlı ve özverili çalışmalarını sağlanıyordu. İmalatlarda hatalar veya eksikler bulunduğunda, hemen müdahale ediliyor ve işçilerin tekrar aynı imalatı yapmasının önüne geçiliyordu. Bu durum, işçilerin motivasyonunun düşmesini engellerken, işgücü verimliliğinin de yüksek tutulmasını sağlıyordu.

### **3.5.9 Şantiye Yönetimi**

Şantiye yönetimi, işgücü verimliliğini etkileyen en temel faktörlerden birisidir. Etkili bir şantiye yönetimi, projenin başarılı olabilmesinin anahtarıdır. Yöneticilerin, doğru ve etkili bir şantiye yönetimi sağlamaları ve işgücü verimliliğini arttırmaları için gerekli olan unsurlar; iş programını ve planlamasını doğru ve tutarlı

yapabilmek, işçi kontrol ve denetimini sağlamak, malzeme ve ekipman yönetimini doğru bir şekilde organize edebilmek, çalışanlarla sağlıklı bir şekilde iletişim kurabilmek ve yapılan iş için tecrübe ve bilgi birikimi yeterli teknik personel seçimi yapmaktır.

İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı için hiyerarşik düzen; İSKİ işveren, teknik personel ile proje yönetimini sağlayan ana yüklenici firma ve uygulama işini yapmak için görevlendirilen alt yüklenici firmalar şeklindedir. Ana yüklenici firma, şantiyede teknik personel ve birkaç tane düz işçi dışında işçi veya başka bir çalışan grubu çalıştırmamaktaydı. İnşaat, elektrik ve mekanik işleri alt taşeronlara dağıtıp, sadece kontrol ve denetleme görevini yaparak; işin zamanında, tahmin edilen maliyet çerçevesinde ve işin kaliteli bir şekilde bitmesini sağlamaktaydı. İş programını, malzeme ve ekipman teminini ana yüklenici firma yöneticileri sağlarken, uygulama kısmını alt taşeron firmaların çalışanları sağlamaktaydı. Şantiye yönetimi, ana yüklenici firmanın teknik personeli tarafından sağlanırken; işçiler alt taşeron firmalara ait olduğu için yönetsel faaliyetlerde aksamalar meydana gelebilmekteydi. İnşaat projesinde, ana yüklenici firma için maliyet, zaman ve kalite ön planda tutulurken; alt taşeronlar için maliyet daha ön planda olmaktadır. Alt taşeron firmanın önceliği; maliyet giderlerini azaltmak için, işi kısa zamanda bitirmektir. Hedefleri bu yönde olduğu için, kaliteden ödün vermek zorunda kalılabiliyordu. İşçiler, kendileri inisiyatif almaya çalışıyor ve programın dışına çıkıyorlardı. Bu olaylar, yöneticiler tarafından şantiye yönetimini zorlaştıran faktörlerdi.

Zaman baskısının olması, hata payı sınırlarının dar olması, şantiyenin kalabalık olması, iş programını yetiştirme çabasının bulunması; şantiye ortamlarının gergin olmasına sebep olmaktadır. Yöneticiler ve teknik personel, işçilere yapılacak işleri ve ne zaman yapılması gerektiğini anlatma gayreti içerisindeydi. Fakat işçilerin, iş programı dışında başka bir iş yapmaları veya işleri zamanında yetiştirememeleri; işçiler ile teknik personel arasında gergin ortamlar oluşturabilmekteydi. Böyle durumlarda, işçiler ile sağlıklı bir iletişim kurmak pek mümkün olmamaktaydı. Bazı işçiler, ana firma çalışanlarına karşı yükümlülüklerinin olmadığı inancına sahiptiler ve bu yüzden fevri hareketler sergileyebilmekteydiler.

Bu durum ise, işçiler ile teknik personel arasında iletişim kopukluğuna neden olabilmekteydi.

Malzeme ve ekipman tedariki, ana yüklenici firma yöneticileri tarafından planlanan zamanlarda gerçekleşmekteydi. Malzeme ve ekipman eksikliğinin, şantiyede işlerin durmasına ve işgücü verimliliğinin azalmasına sebep olacağını bilen yöneticiler; malzeme ve ekipman teminini zamanından önce planlamaya gayret gösteriyorlardı. Fakat kalfalar, işçilerin boş durmasından şikâyet ederek iş programı dışında önceden gelen malzemeyi kullanarak farklı işler yapmaya çalışıyorlardı. Bu durum ise, yapılması gereken işlerin aksamasına sebep olarak, işgücü verimliliğini azaltmaktaydı. Bunu fark eden yöneticiler, malzeme yönetimi programını değiştirdiler. Önceki malzemeler ve önceden programlanan işler tamamlanmadan, yeni malzeme siparişi verilmedi. Malzeme siparişleri, önceki malzemelerin tükenmesine yakın verilmeye başlandı. Malzemelerin, tedarikçinin gecikmesi ve aksaklıklar sebebiyle zamanında şantiyeye ulaşamadığı zamanlar oluyordu. Bu sebeple, işgücü verimliliği zayıflıyor ve işlerde aksamalar meydana gelebilmekteydi.

Şantiyede, üç tane saha mühendisi bulunmaktaydı. Bir tanesi çok tecrübeli, diğer ikisi ise az tecrübeli mühendislerdi. İşçilerin, tecrübeli mühendise olan tutumları ile tecrübesiz mühendislere olan tutumları farklıydı. Tecrübesiz mühendislerle karşı, lakayt ve bilmiş tavırlar sergileyerek işlerini zorlaştırmaktaydı. Bu olaylar ise, yöneticilerin etkin bir şantiye yönetimi sağlamasını zorlaştırmaktaydı. Yöneticilerin, yapılan işe uygun tecrübe ve bilgi birikimi olan teknik personel seçimi yapmaları, bu şantiye örneğinde olduğu gibi çok önemli ve şantiye yönetimini kolaylaştıran bir faktördür.

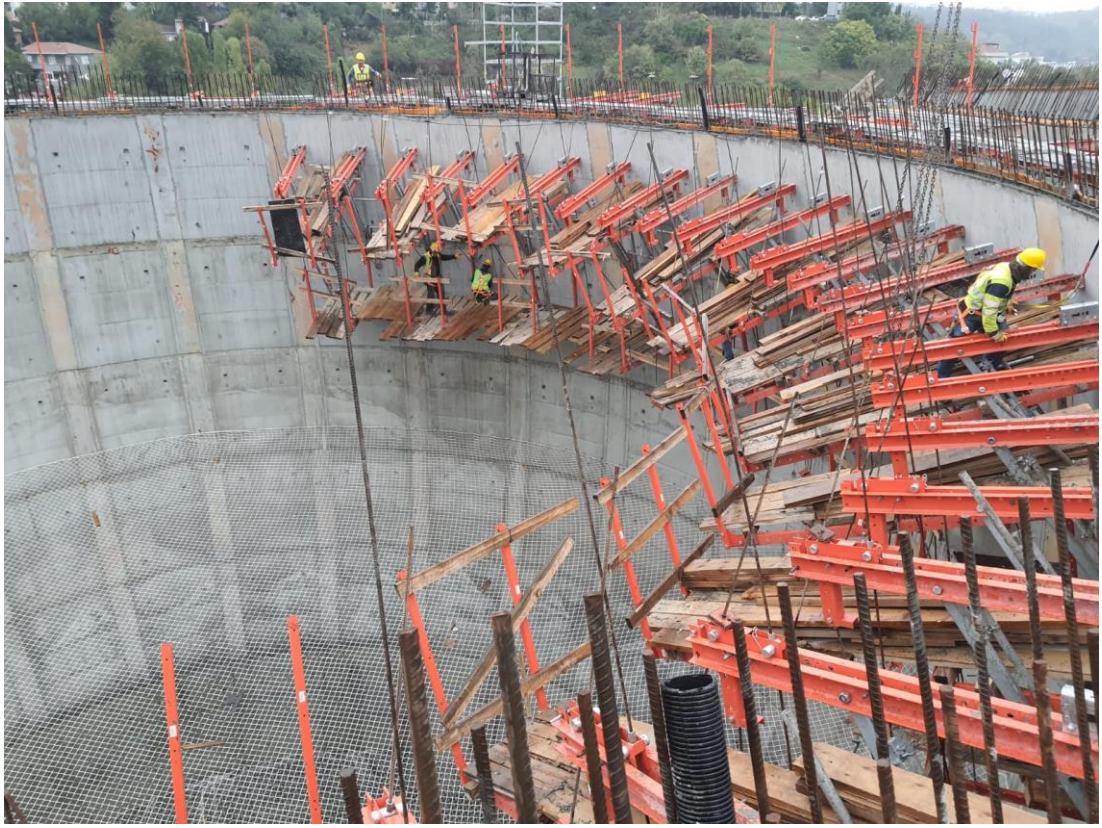
### **3.5.10 Şantiyedeki Güvenlik ve Sağlık Şartları**

İnşaat sektörü, kazaların en çok yaşandığı iş alanlarından birisidir. Fiziksel olarak yıpratıcı olan bu sektörde, şantiye ve iş güvenliğini sağlamak çok önemlidir. İş güvenliğini dikkate almayan firmalar veya işçiler, kazaların oluşmasına sebebiyet verirken; kazalar sonucunda maddi ve manevi büyük hasarlar meydana gelebilmektedir. Kazaların nedenleri; firmadan veya işçiden kaynaklı olabilmektedir. Firmadan kaynaklı sebepler; yöneticilerin iş sağlığı ve güvenliği kurallarını

önemsememesi, araç ve gereçlerin bakımlarının tam yapılamamasından kaynaklı olabilmektedir. İşçiden kaynaklı sebepler; fizyolojik, bireysel ve psikolojik faktörler olabilmektedir.

İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı, büyük ölçekli endüstriyel bir proje olduğu için; şantiye alanı çok tehlikeli ve kaza olma ihtimali yüksek bir çalışma ortamı içeriyordu. İşçiler, Terfi Ünitesi'ni yaparken, yerin 33 metre aşağısında çalışırken; çürütücü tankları yaparken ise, 42 metre yükseklikte çalışmak zorunda kalabilmekteydi. İşçilerin, çok tehlikeli ortamlarda çalışmak zorunda kaldığının farkında olan yöneticiler, iş güvenliğine çok önem veriyorlardı. Şantiyede uygulanan iş güvenlikleri; yüksekte çalışanların emniyet kemeri takma zorunluluğu, kaynakçıların koruyucu gözlük kullanma zorunluluğunun olmasıydı. Çürütücü tanklar, 42 metreye kadar yükseldiği için, her 15 metrede bir tankların içine file sistemleri ve dışına yaşam halatları kuruluyordu. Çürütücü tankların etrafına yapılan iskele sisteminin, sağlamlığı kontrol edilip teslim alınmadan önce, üzerinde işçi çalıştırılmasına izin verilmemekteydi. İş güvenlik uzmanları, her gün işçileri sahada çalışırken denetliyor, iş güvenliğine uygun çalışmayan işçileri sözlü bir şekilde uyarıyorlardı. İşçiler, iş güvenliği ekipmanları olmadan şantiyede çalıştırılmıyordu. Özellikle, şantiyenin güvenliğinden birinci dereceden sorumlu şantiye şefi; işten önce, iş güvenliğini hassasiyetle kontrol ediyordu. Genellikle, işçilerin çalışma prensibi; günlük verilen işi tamamladıkları zaman paydos etme üzerine kuruluydu. Erken paydos etmek isteyen işçiler, işi daha kısa sürede bitirmek için iş güvenlik kurallarına dikkat etmiyorlardı. Çünkü, emniyet kemeri vb. iş ekipmanları işçileri yavaşlatabiliyordu. Şantiye yönetimi bu duruma izin vermediği için, zaman zaman işçiler ile sağlıksız bir iletişim ortamı oluşuyordu. Yöneticilerin bu kadar sıkı takibi sayesinde, büyük çaplı bir proje olmasına ve çok kalabalık işçi grupları çalışmasına rağmen; işçilerin suiistimalinden kaynaklanan birkaç ufak kazadan başka, hiçbir ölümcül veya ağır hasarlı kaza şantiyede görülmemiştir. İş güvenliği önlemlerine uymak, işçilere zor gelmektedir. Fakat işçilerin zihinleri güvenlik problemi ile meşgul olmadığı için, işgücü verimliliği her daim yüksek olmaktadır.

Şantiyede, işçi sağlığına özen gösterilmekteydi. Şantiyede iş hekimi mevcuttu. İşçilerin sağlığı için, yatakhaneler ve yemekhaneler her zaman dezenfekte edilmekteydi. Özellikle pandemi döneminde, şantiyeye giriş ve çıkışlarda sağlık taraması yapılmaktaydı. Dışarıdan gelen işçiler, tedbir amaçlı izne çıkarıldı. Teknik personelin, şantiyede kalması için imkanlar oluşturuldu. Fizyolojik ve psikolojik sıkıntısı olan işçiler ile, teknik personel özel olarak ilgilenilmekteydi. Bu olaylar, işçilerin motivasyonunun ve işgücü verimliliklerinin artmasına sebep olmaktadır.



**Resim 3.7:** Çürütücü Tanklarda File Uygulaması ve İş Güvenliği Ekipmanları ile Çalışan İşçiler

### **Çizelge 3.1:** İSKİ Baltalımanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı İşgücü Verimliliğini Etkileyen Faktörler

Benzer İşlerde Çalışma	<ul style="list-style-type: none"><li>• İncelenen inşaat projesi, endüstriyel bir yapı olduğu ve Türkiye’de ilk defa yapılan yapılar bulunduğu için; işçilerin tecrübe ve deneyimleri bulunmamaktaydı.</li><li>• Tecrübe ve deneyim sahibi olmayan</li></ul>
------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>işçilerin, işgücü verimlilikleri düşüktü.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zamanla aynı işi yapan işçilerin, öğrenme eğrisi ve işgücü verimliliği artmaktaydı.</li> </ul>
İşçi Ücretlerinin Miktarı ve Zamanında Ödenmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alt taşeron, ekonomik sıkıntıya girmişti ve işçilerin maaşlarının ödenmesinde aksaklıklar yaşanmıştır.</li> <li>• Maaşlarını zamanında alamayan işçiler, zaman zaman iş bırakma grevleri yapmıştır.</li> <li>• Maaşlarındaki aksaklık sebebiyle, işçilerin motivasyonu düşmüş ve işgücü verimliliği zayıflamıştır.</li> </ul>
Tasarım Detaylarının Karmaşıklığı	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İncelenen inşaat projesi, detayların çok olduğu kompleks bir uygulamaydı.</li> <li>• Teknik personel tarafından, işçilere her bir detay anlatılmakta ve yapılacak işler tarif edilmekteydi.</li> <li>• Detayların çok olduğu inşaat projesinde, işgücü verimliliğinden tam olarak yararlanılamıyordu.</li> </ul>
Malzemenin Aksamadan Temin Edilmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malzeme temininde, tedarikçi veya teknik personelden kaynaklı aksaklıklar yaşanabiliyordu.</li> <li>• Malzemelerin depolanması için, şantiyede alanlar mevcut değildi. Malzemeler, boş alanlara indiriliyor ve şantiyede hareket alanı kısıtlanıyordu.</li> </ul>
İşin Kesilip Tekrar Devam Etmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İnşaat projesinde, proje başlamadan önce şantiye alanını kullanan şahıs veya firmaların, proje başladıktan sonra şantiye alanını kullanmaya devam etmesi, kur farkının oluşmasından kaynaklı malzeme tedarikinde sorunların yaşanması, ülkenin içinde bulunduğu ekonomik ve politik durumlar, proje tasarımındaki değişiklikler, pandemi dönemine girilmesi, alt taşeron değişikliği, iş makinelerinin arızalanması ve</li> </ul>

	<p>olumsuz hava şartlarından dolayı; kısa veya uzun süreli iş kesintileri meydana gelmiştir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• İş kesintilerinin meydana gelmesi, işçilerin öğrenme eğrisini düşürmekteydi.</li> </ul>
Fazla Mesai ve Vardiyalı Çalışma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İş programının aksamından dolayı, belli zamanlar da işçiler mesaiye kalmaktaydı.</li> <li>• Mesaiye kalan işçilerin, ertesi gün işe çıkması halinde işgücü verimlilikleri azalmaktaydı.</li> <li>• İşçilerin bazıları, ek gelir kazanmak için mesaiye kalmak istiyordu ve yöneticiler işçi motivasyonunun artması için bu duruma izin vermektedir..</li> </ul>
Şantiyede İş Disiplini	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Şantiyede iş disiplini, yöneticiler tarafından sağlanmaktaydı.</li> <li>• İş disiplini ile çalışan işçiler, özverili bir şekilde çalışmakta ve işgücü verimlilikleri artmaktaydı.</li> </ul>
İşçilerin Çalışırken Denetlenmesi ve Kontrolü	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İşçiler, şantiye yönetimi ve teknik personel tarafından yeterince ve zamanında kontrol edilip denetlenmekteydi.</li> <li>• Böylece, işçilerin hata yapma oranı azalmakta ve verimli bir şekilde çalışmalarını sağlanmaktaydı.</li> </ul>
Şantiye Yönetimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proje yöneticileri, her gün iş programı yapmakta, işçileri zamanında ve yeterince denetlemekte, malzeme ve ekipman yönetimini doğru bir şekilde organize etmekte ve çalışanlarla sağlıklı bir iletişim kurma çabasında idiler.</li> <li>• İşçiler, alt taşerona bağlı olduğu için inisiyatif alarak; iş programının dışına çıkabilmekteydi. Böyle durumlarda, proje yöneticileri ile işçiler arasında sağlıklı bir iletişim kurulamamaktaydı.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İşçiler, tecrübeli ve tecrübesiz teknik personele karşı farklı tavırlar sergileyebilmekteydi.</li> </ul>
Şantiyedeki Güvenlik ve Sağlık Şartları	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sahada kazaların yaşanmaması için yöneticiler, şantiye güvenliğine çok önem vermekte ve şantiyede bütün güvenlik önlemleri alınmaktaydı.</li> <li>• İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uymayan işçiler çalıştırılmamaktaydı.</li> <li>• İşçilerin sağlık şartları düşünülerek, şantiyede iş hekimi bulundurulmakta, işçi yemekhane ve yatakhaneleri sürekli dezenfekte edilmekteydi.</li> <li>• Yöneticiler, fizyolojik ve psikolojik sıkıntısı olan işçilerle özel olarak ilgilenilmekteydi.</li> </ul>

### 3.6 BULGULARIN TARTIŞILMASI

Bu çalışmada, inşaat projelerinin başarılı veya başarısız olmasına neden olan faktörler incelenmiştir. Literatür taraması sonucunda, inşaat projelerinin başarılı veya başarısız olmasının; maliyet, zaman ve kalite kriterlerine uygun yapılmasına bağlı olduğu tespit edilmiştir. Literatür araştırmasında maliyet, zaman ve kalite kriterlerini etkileyen en önemli faktörün; işgücü verimliliği olduğu ortaya çıkmıştır.

Alan çalışması kapsamında, İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaat'ının işgücü verimliliğini etkileyen faktörler incelenmiştir. Şantiyede, işgücü verimliliğini etkileyen birçok faktör vardır. Tez çalışması için, literatür taraması sonucunda işgücü verimliliğini etkileyen en önemli 10 faktör; benzer işlerde çalışma, işçi ücretlerinin miktarı ve zamanında ödenmesi, tasarım detaylarının karmaşıklığı, malzemenin aksamadan temin edilmesi, işin kesilip tekrar devam etmesi, fazla mesai ve vardiyalı çalışma, şantiyedeki iş disiplini, işçilerin çalışırken denetlenmesi ve kontrolü, şantiye yönetimi ve şantiyedeki güvenlik ve sağlık şartları olarak seçilmiştir.



Benzer işlerde çalışma: İncelenen şantiyede, ilk defa uygulanan imalatlar mevcuttu. Ayrıca, inşaat projesi endüstriyel bir yapı olmasından dolayı, işçilerin tecrübe ve bilgisinin az olduğu bir uygulama projesidir. Alinaitwe vd. (2007) yaptıkları çalışmada, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli başarısızlık kriterleri arasında; işçilerin tecrübe ve bilgi eksikliklerinin olduğunu tespit etmişlerdir. İncelenen şantiyede, işçilerin ilk defa yapacakları bir iş olmasından dolayı verimlilik düşük olmaktadır. Zamanla, yapılan imalatlar tekrarlamaya başladıkça; işçiler tecrübe ve bilgi sahibi olmakta ve öğrenme eğrisi artmaktadır. Böylece, zamanla işgücü verimliliği artmakta ve imalat süresi kısalmaktadır. Bu durum, işçilerin yapılacak iş hakkında tecrübe ve bilgisinin olması halinde, işgücü verimliliğinin yüksek olacağını ve buna bağlı olarak zaman ve maliyet aşımalarının yaşanmayacağını ve kaliteli bir projenin ortaya çıkacağını göstermektedir. Pelegrino vd. (2012) yapıları çalışmada, inşaat ekibinin tecrübe ve beceri faktörünün, üretim verimliliğini etkileyen en önemli faktörlerden birisi olduğunu vurgulamışlardır. Bu çerçevede, mevcut çalışmanın bulguları ile Pelegrino vd. 'nin (2012) elde ettiği bulgular örtüşmektedir.

İşçi ücretlerinin miktarı ve zamanında ödenmesi: İncelenen şantiyede işçilerin ücretleri, alt taşeron tarafından ödenmekteydi. Alt taşeron, ekonomik sıkıntı yaşadığı zamanlarda, işçilerin ücretlerinde aksamalar söz konusu olmaktadır. Ayrıca, işçiler arasında ücret dağılımının adil olmadığı düşüncesi mevcuttu. Ücretlerini zamanında alamayan işçilerin, zihinleri maddi sıkıntılar ile meşgul olduğu için, işgücü verimliliği zayıfladı ve işçilerin işe ve çalıştıkları firmaya karşı bağlılıkları zayıfladı. Kazaz ve Acıkara (2015) Türk inşaat sektöründe yaptıkları çalışmada, işçi ücretlerinin zamanında ödenmesinin, işçilere ödenen ücrete göre verimliliği daha fazla etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. İşçilerin, kendilerini tamamen işe adapte etmeleri için, zihinlerinde maddi ve manevi sıkıntıların bulunmaması gereklidir. İşçiler, ücretlerini tam ve zamanında alamadığında; fizyolojik ve psikolojik ihtiyaçlarını tam olarak karşılayamayacak ve işe odaklanmada problemler yaşayacaktır. Bu doğrultuda, işlerini özverili bir şekilde yapamayacaklardır. Parkin vd. (2009) araştırmalarında, Türkiye'deki işçileri en çok motive eden ve işgücü verimliliğini arttıran faktörün; yeterli miktarda ücret almak olduğunu tespit

etmişlerdir. Çalıştıkları firmada ücret sıkıntısı yaşayan işçilerin, işten ayrılma oranı daha fazla olmaktadır. Bu durum ise, tecrübeli işçilerin ayrılmasına ve yerine tecrübesiz işçilerin gelmesine sebebiyet vermektedir. Bu durumdan dolayı, işçilerin öğrenme eğrisi zayıflamakta ve işgücü verimliliği düşmektedir.

Tasarım detaylarının karmaşıklığı: İncelenen inşaat projesi, endüstriyel bir tesis olması sebebiyle; kompleks ve detayların çok olduğu bir uygulama projesiydi. Yöneticiler, bütün detayları ve yapılacak işleri; işçilere günlük anlatmakta ve imalatlar yerinde ve zamanında kontrol edilmekteydi. Buna rağmen, işçiler uygulama sırasında imalatlarda istenilen kaliteyi sağlamakta zorlanmaktaydı. İşçiler, detayların fazla olmasında dolayı işgücü verimliliklerini sahaya tam olarak yansıtamamaktaydı. Ulubeyli (2004) çalışmasında, mevcut çalışmaya paralel olarak iş içeriği arttıkça veya tasarım daha karmaşık hale geldikçe, verimliliğin de bununla birlikte azalmakta olduğunu tespit etmiştir. Detayların karmaşık olduğu kompleks projelerde, işçi verimliliğinden tam olarak yararlanabilmek mümkün değildir. Mümkün olduğu kadar, detayları daha basite indirgemeli, işçilere her iş detaylıca anlatılmalı ve kontrol edilmelidir.

Malzemelerin aksamadan temin edilmesi: Alan çalışmasına konu olan şantiyede, malzeme mevcudiyeti işin sürdürülebilirliği açısından çok önemli bir etkendi. İşçilerin, işlerine devam edebilmesi için, gerekli malzemelerin şantiyede mevcut bulunması gerekmektedir. Yöneticiler, malzeme yönetimini planlamasına rağmen; tedarikçi, işçi ve teknik personelden kaynaklı malzeme temininde aksamlar yaşanabilmekteydi. Malzeme teminindeki aksamlar, işgücü verimliliğini azaltmakta ve işlerin yavaşlamasına sebep olmaktaydı. Enshassi vd. (2009) yaptıkları çalışmada, inşaat projelerinin en önemli başarısızlık faktörleri arasında, malzeme teminindeki aksaklıkların olduğunu vurgulamışlardır. Bu problemi aşmak için; yöneticilerin malzeme aksamasına sebep olan faktörleri öngörüp, malzeme yönetimi planlamasını ona göre yapmaları gerekmektedir.

İşin kesilip tekrar devam etmesi: İncelenen şantiyede, bazı sebeplerden dolayı işin sürdürülebilirliği sağlanamamıştır. Bu sebepler; uygulama sahasını daha önceden kullanan firmaların çıkmak istememesi, kur farkından dolayı malzeme tedarikçisinin

aksaması, ülkenin içinde bulunduğu ekonomik ve politik durumlar, proje tasarımıındaki değişiklikler, pandemi dönemine girilmesi, alt taşeron değişikliği yaşanması, iş makinelerinin arızalanması ve kötü hava koşullarıdır. İş kesintilerinin meydana gelmesi, işçilerin öğrenme eğrisini ve işgücü verimliliğini düşürmektedir. Pelegrino vd. (2012) çalışmalarında, bir iş durdurulduğunda; öğrenme kaybının yaşandığını ve öğrenme eğrisinin düştüğünü tespit etmişlerdir. Yöneticiler, projenin ön hazırlık aşamasında; iş kesintilerine sebep olan faktörleri göz önünde bulundurarak, maliyet ve zaman analizi yapmaları gerekmektedir.

Fazla mesai ve vardiyalı çalışma: İncelenen şantiye, yoğun bir çalışma programına sahipti. İş programının aksamaması için, belli zamanlarda işçilere mesai yaptırılmak zorunda kalınıyordu. Sürekli mesai yapan işçilerde, işgücü verimliliği düşüklüğü meydana gelmekteydi. Sherif (2014) yapmış olduğu araştırmada, fazla mesai yapma faktörünü; düşük işgücü verimliliğinin en önemli sebepleri arasında göstermiştir. Yöneticiler, işçilerin her zaman mesaiye kalmalarına izin vermemelidir. Fakat gerekli zamanlarda, nadiren işçilerin mesaiye bırakılması; işçilere ek gelir kaynağı olmakta ve işçilerin motivasyonu ve işgücü verimlilikleri yükseltmektedir.

Şantiyedeki iş disiplini: Alan çalışmasına konu olan inşaat projesinde, iş disiplinini sağlamak zorlu bir işti. Çünkü; işçiler alt taşerona bağlıydı, her bir çalışanın mizacı ve karakteri farklıydı ve şantiyede fazla sayıda işçi ekibi çalışmaktaydı. Ana yüklenici firma yöneticileri, iş disiplininden hiçbir zaman taviz vermemeye çalıştılar. İşçiler ve teknik personel, iş disiplinine uygun çalışmalarını için her zaman denetleniyordu. Saha mühendisleri, işçilerden önce sahaya çıkıp işçilerden sonra paydos etmekteydi. Yöneticilerin iş disiplinini sağlama çabası, çalışanların işgücü verimliliğini arttırmaktaydı. Toan vd. (2020) araştırmalarında, iş disiplini faktörünü; işgücü verimliliğini etkileyen en önemli üçüncü faktör olduğunu tespit etmişlerdir.

İşçilerin çalışırken denetlenmesi ve kontrolü: İncelenen inşaat projesinin, büyük ölçekli bir uygulama projesi olmasından dolayı; yapıların inşası sırasında, işçiler her zaman denetlenmekte ve kontrol edilmekteydi. İşçilere, yapacakları işler sabah mesaiye çıkmadan önce anlatılmakta ve nasıl yapacakları tarif edilmekteydi.

İşçiler, imalat süresi boyunca mühendisler tarafından takip ediliyordu. İşçilerin yapamadıkları imalatlar, mühendisler tarafından tarif ediliyordu. Böylece, işçilerin imalatları yanlış veya eksik yapmalarının önüne geçiliyordu. Eğer, şantiyede sıkı bir denetim olmazsa; imalatların eksik veya hatalı yapılma oranı artacağından, işçiler imalatları tekrar yapmak zorunda kalabilir. Bu süreç hem işçilerin işgücü verimliliğini azaltır hem de inşaat süresinin uzamasına sebep olabilir.

Şantiye yönetimi: Şantiyede, yöneticiler günlük ve haftalık iş programları oluşturmakta, malzeme ve ekipman yönetimini doğru sağlamaya çalışmakta ve çalışanlar ile doğru bir iletişim kurmaya gayret göstermekteydi. Thomas ve Sudhakumar (2013), Hindistan'da yaptıkları çalışmada, şantiye yönetimi ve iletişim eksikliği faktörlerini; işgücü verimliliğini en çok etkileyen faktörler arasında sıralamışlardır. Yöneticilerin amacı; projenin maliyet ve zaman aşımına uğramadan kaliteli bir şekilde bitirmektir. Ancak işçiler, alt taşeron firma için çalışmaktaydı. Bu yüzden, işçiler işi erken bitirmek için veya kalfalar işçilere fazla iş verebilmek için iş programının dışına çıkabilmekteydi. Ayrıca işçilerin, tecrübeli ve tecrübesiz teknik personele karşı tavırları farklı olmaktadır. Böyle durumlarda, yöneticiler ile işçiler sağlıklı bir iletişim kuramamaktaydı. Sağlıksız iletişim, işçilerin işgücü verimliliklerini azaltmaktaydı. Mahamid (2013), Filistin'de yaptığı çalışmada, iletişim eksikliği faktörünü; işgücü verimliliğini düşüren önemli faktörler arasında sıralamaktadır.

Şantiyedeki güvenlik ve sağlık şartları: Şantiyede, büyük ölçekli ve tehlikeli işler yapılmaktaydı. İş kazalarının yaşanmaması için, yöneticiler şantiyede iş güvenliğine çok dikkat etmekteydi. İş güvenliği için, bütün tedbirler şantiyede alınmaktaydı. İş güvenliğine uymayan işçiler, ikaz ediliyor ve çalıştırılmıyordu. İşçiler, her zaman iş güvenlik ekipmanları ile çalışmaktaydı. Yöneticiler, şantiyede yaşanacak kazaların firmaya ve işçilere maddi ve manevi zararlar vereceğinin farkındaydı. Bu yüzden, yöneticiler işten önce iş güvenliği önlemlerine önem vermekteydiler. Tmeemy vd. (2010) Malezya inşaat projeleri üzerinde yaptıkları çalışmada, projeleri etkileyen en önemli başarı faktörleri arasında; güvenlik faktörünün bulunduğunu tespit etmişlerdir. İşçilerin sağlığı için, şantiyede iş hekimi bulunmaktaydı. İşçi yatakhane ve yemekhaneleri, her zaman dezenfekte

edilmekteydi. İşçilerin zihinleri, iş güvenliği ve sağlığı açısından meşgul olmadıklarından dolayı, motivasyonları ve işgücü verimlilikleri yüksek olmaktadır. Maslow, ihtiyaçlar hiyerarşisi çalışmasında güvenlik ihtiyaçları faktörünü; işçilerin motivasyonunu arttıran en önemli 5 faktör arasında ikinci sırada olduğunu tespit etmiştir. Enshassi vd. (2009) Gazze’de yaptıkları çalışmada, sağlık ve güvenlik faktörünün; inşaat projelerinin başarılı olması için en önemli 10 faktörden birisi olduğunu tespit ettiler.

İlerleyen teknoloji ve yazılım programları ile projelerin; maliyet, zaman ve kalite faktörlerini etkileyen risk etmenlerini analiz etmeye olanak sağlamaktadır. Firmalar ve yöneticiler, inşaat projelerinin hazırlık aşamasında; maliyet, zaman ve kalite faktörlerini, daha doğru ve tutarlı tahminlerde bulunabilmeleri için, yazılım programları ile analiz yapmaları gerekmektedir.

Literatür taraması sonucunda araştırmacıların; maliyet, zaman ve kalite faktörlerini etkileyen etmenleri belirleyebilmek ve iyileştirebilmek için model çalışmaları yaptıkları tespit edilmiştir. Firma ve yöneticiler; maliyet, zaman ve kalite faktörlerini belirlemek ve işgücü verimliliğini arttırabilmek için aşağıda sunulan ve literatür taramasında detaylıca açıklanan model çalışmalarını örnek alarak, inşaat projelerine uygun modeller üretmeleri gerekmektedir.

Alan çalışması için incelenen inşaat projesi, kamuya ait bir yapım işi olduğu için; belirlenen süre aralığında tamamlanması gerekmektedir. Ana yüklenici firma, mücbir bir sebep olmaksızın, inşaat projesini belirlenen süre içerisinde tamamlayamadığı takdirde; maddi yaptırımlara maruz kalacaktır. Süre kısıtlaması olan ana yüklenici firma, inşaat projesini hızlı bir şekilde tamamlaması gerekmektedir.

Ana yüklenici firma yöneticileri, zaman ve maliyet aşımalarını önlemek için; şantiyede işgücü verimliliğini arttırmaları gerekmektedir. Ana yüklenici firma, zaman ve maliyet aşımalarına engel olabilmek için; Rasul vd.’nin (2019) ortaya koydukları nedensel döngü diyagramlarını kullanarak, zaman ve maliyet faktörlerini etkileyen faktörleri tespit ederek geliştirebilirler. Rasul vd. (2019) yaptıkları çalışmada, gelişmekte olan ülkelere özel bir bakış açısı ile hızlı ilerleyen projelerin

sistem tabanlı risk değerlendirme modelini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, nedensel döngü diyagramları (CLD'ler) ile risk etkileşimlerinin, gelişmiş dinamik yapısının ortaya çıkardığı risk etki yollarına odaklanan bütünsel bir analiz yapmaktadırlar.

Alan çalışması için incelenen şantiyede, maliyet ve zaman aşımalarını etkileyen en önemli faktörlerden birinin; işgücü verimliliği olduğu tespit edilmiştir. İşgücü verimliliğinin yüksek olması, zaman ve maliyet aşımalarına engel olacaktır. Yöneticilerin, işgücü verimliliğini arttırabilmek için; Pellegrino vd.'nin (2019) ortaya koydukları “Öğrenme Eğrisi Teorisi'ni” işçiler üzerinde uygulamalarının, El-Gohary vd.'nin (2017) ve Nasirzadeh vd.'nin (2020), işgücü verimliliğini etkileyen faktörleri belirlemek ve geliştirmek için ortaya koyduğu “Yapay Sinir Ağı” tabanlı modellerin uygulanmasının ve Momade vd.'nin (2020), işgücü verimliliğini önceden tahmin etmek için geliştirdiği; “Destek Vektör Makinesi” ve “Rastgele Orman” modellerinin kullanılmasının faydalı yöntemler olduğu öngörülmektedir.

Pellegrino vd. (2012), Güney İtalya'daki çok katlı beton yapıların verimlilik düzeylerini “Öğrenme Eğrisi Teorisi” kullanarak incelemişlerdir. Araştırmacılar, yaptıkları analizler ile işin tekrar etme sayısı arttıkça, işçilerin öğrenme eğrisinin arttığını gözlemlemişlerdir.

El-Gohary vd. (2017) ve Nasirzadeh vd. (2020) çalışmalarında, işgücü verimliliğini etkileyen faktörleri belirlemek ve iyileştirmek için “Yapay Sinir Ağı” (YSA) tabanlı modeller ortaya koymuşlardır.

Momade vd. (2020) yaptıkları çalışmada, işgücü verimliliğini önceden tahmin etmek için; makine öğrenim sistemine dayalı “Destek Vektör Makinesi” (SVM) ve “Rastgele Orman” (RF) modellerini ortaya koymuştur.

## SONUÇ

Bu çalışmada, inşaat projelerinin başarılı veya başarısız olmasına sebep olan faktörler ve araştırmacıların projelerin başarılı olabilmesi için ortaya koydukları model ve metod çalışmaları, literatür taraması ile incelenmiştir. Literatür çalışması sonucunda, inşaat projelerinin başarılı sayılabilmesi için maliyet, zaman ve kalite standartlarına uygun inşa edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Maliyet, zaman ve kalite kriterlerini en çok etkileyen faktörün; işgücü verimliliği faktörü olduğu tespit edilmiştir. Literatür çalışması, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli faktörlerin ve işgücünü arttırmak için geliştirilen modellerin incelenmesi ve açıklanmasıyla devam etmiştir. Literatür çalışmasında, araştırmacıların farklı ülkelerde, farklı yöntemleri kullanarak belirledikleri işgücü verimliliğini etkileyen faktörler taranmıştır.

Araştırmanın ikinci kısmı, alan çalışması ile devam etmektedir. Alan çalışması için, İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı'nın işgücü verimliliği incelenmiştir. Literatür taraması ile, işgücü verimliliğini etkileyen en önemli 10 faktör belirlenmiş ve belirlenen faktörler üzerinden, seçilen inşaat projesinin işgücü verimliliği değerlendirilmiştir. İşgücü verimliliğini etkileyen faktörler; benzer işlerde çalışma, işçi ücretlerinin miktarı ve zamanında ödenmesi, tasarım detaylarının karmaşıklığı, malzemenin aksamadan temin edilmesi, işin kesilip tekrar devam etmesi, fazla mesai ve vardiyalı çalışma, şantiyedeki iş disiplini, işçilerin çalışırken denetlenmesi ve kontrolü, şantiye yönetimi ve şantiyedeki güvenlik ve sağlık şartları olarak belirlenmiştir.

Benzer işlerde çalışma: İşçilerin ilk defa çalıştıkları yapılarda, işgücü verimliliğinin düşük olduğu görülmektedir. İmalatların tekrarlanması ile, işçilerin öğrenme eğrisinin yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu durumda aynı işçilerin, aynı işlerde çalışması önerilmektedir.

İşçi ücretlerinin miktarı ve zamanında ödenmesi: İşçiler, aldıkları ücretler ile maddi ve manevi ihtiyaçlarını karşılayamadıklarında, çalışma performansları düşmektedir. Bu yüzden yöneticiler, işçilere verilen ücretlerde adil olmalı ve ücretlerin zamanında ödenmesine özen gösterilmelidir.

Tasarım detaylarının karmaşıklığı: Proje tasarımının detaylı ve karmaşık olması, işçilerin uygulayabilme olasılığını düşürmektedir. Yöneticiler, proje tasarım aşamasında; çizim detaylarının anlaşılır şekilde çizilmesini sağlamalıdır. Ayrıca proje detaylarının, şantiye teknik personeli tarafından işçilere anlatılması gerekmektedir.

Malzemenin aksamadan temin edilmesi: Malzeme temini sırasında aksamaların yaşanması, işçilerin çalışmasına engel olmaktadır. Bu duruma paralel olarak, işgücü verimliliğinin de düştüğü gözlemlenmiştir. İşgücü verimliliğinin düşmemesi için, şantiye yöneticilerinin malzeme yönetimi programı yaparken; malzeme temini sırasında gerçekleşebilecek olumsuz faktörleri dikkate alması gerekmektedir.

İşin kesilip tekrar devam etmesi: Alan çalışmasına konu olan şantiyede, belli sebeplerden dolayı iş kesintileri meydana gelmiştir. İş kesintilerinden dolayı, işçilerin öğrenme eğrisi ve işgücü verimliliklerinin düştüğü tespit edilmiştir. Bu problemin önüne geçilmesi için; iş programı, maliyet ve zaman analizleri yapılırken iş kesintilerine sebep olan faktörler göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Fazla mesai ve vardiyalı çalışma: İşçilerin fazla mesai yaptığı zamanlarda, işgücü verimliliklerinin düştüğü fark edilmiştir. Şantiye yönetimi tarafından, işçilerin işgücü verimliliğini ve motivasyonunu arttırmak için; işçileri fiziksel olarak yıpratmayacak kadar mesaiye kalmalarına izin verilmesi gerekmektedir.

Şantiyedeki iş disiplini: Yöneticilerin, şantiyede iş disiplinini sıkı bir şekilde korumasından dolayı, işçiler ve teknik personelin özverili bir şekilde çalıştığı görülmektedir.

İşçilerin çalışırken denetlenmesi ve kontrolü: İşçiler, imalatları yaparken yöneticiler ve teknik personel tarafından her zaman kontrol edilmekteydi. Bu sayede, imalatların yanlış yapılması engellenmekte ve zaman kaybının önüne geçilmekteydi.

Şantiye yönetimi: İncelenen inşaat projesinde yöneticilerin, şantiyeyi yönetme metotları doğru ve sağlıklı olduğu için, işçilerin ve teknik personelin motivasyonunun ve performansının yükseldiği görülmektedir. Bu durum, inşaat projesinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlanması açısından önemlidir.



Şantiyedeki güvenlik ve sağlık şartları: Şantiye alanında, iş güvenliği ve sağlığı tedbirleri tam olarak sağlanabildiği için; ölümcül veya büyük hasarlı bir kazanın yaşanması engellenmiştir. İşçilerin zihinleri, güvenlik ve sağlık problemleri ile meşgul olmadığı için, işgücü verimlilikleri yüksek bir çalışma performansı sergilediği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, işgücü verimliliği; inşaat projelerinde maliyet, zaman ve kalite faktörlerini doğrudan etkileyen en önemli başarı faktörüdür. Fakat, inşaat projelerinde işgücü verimliliği dinamik bir faktör olduğu için, her zaman değişkenlik gösterebilmektedir. İnşaat projelerinin başarılı olabilmesi için, yöneticilerin şantiyedeki işgücü verimliliğini her zaman takip etmesi ve olumlu veya olumsuz etkileyen faktörler üzerinde çalışma yapması gerekmektedir. Alan çalışması için incelenen, İSKİ Baltalimanı Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İnşaat Projesi'nin ana firmanın yöneticileri, şantiye şefi ve teknik personelinin tecrübe ve deneyimi, disiplinli bir şekilde iş takibi, doğru iş programları ve yönetimi sayesinde başarılı bir şekilde devam ettiği, literatür çalışması ve araştırmacının topladığı veriler ile analiz edilerek tespit edilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Abi Shdid, C., Andary, E., Gan Chowdhury, A., & Ahmad, I. U. (2019). Project Performance Rating Model for Water and Wastewater Treatment Plant Public Projects. *Journal of Management in Engineering*, 35(2), 04018064. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000678](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000678)
- Acıkara, T. (2016). *Türk inşaat sektöründe verimlilik faktörleri uygulamalarının değerlendirilmesi: en iyi verimlilik uygulamaları endeksi*. (Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi.
- Akintoye, A. (2000). Analysis of factors influencing project cost estimating practice. *Constr Manage Econ*, 18(1):77–89. doi: <https://doi.org/10.1080/014461900370979>
- Akintoye, A. (2000). Proje maliyet tahmini uygulamasını etkileyen faktörlerin analizi. *İnşaat Yönetimi ve Ekonomisi*, 18 (1), 77-89. doi: <https://doi.org/10.1080/014461900370979>
- Al-Tmeemy, S. M. H. M., Abdul-Rahman, H., & Harun, Z. (2010). Future criteria for success of building projects in Malaysia. *International Journal of Project Management*, In Press, Corrected Proof. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.03.003>
- Alinaitwe, H.M., Mwakali, J.A. and Hansson, B. (2007). Factors affecting the productivity of building craftsmen-studies of Uganda, *Journal of Civil Engineering and Management*, 13 (3), 169-176. doi: <https://doi.org/10.1080/13923730.2007.9636434>
- Alzahrani, J.I., Emsley, M.W. (2013), The impact of contractors' attributes on construction project success: a post construction evaluation, *International*

*Journal of Project Management*, 31(2), 313-322. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.06.006>

Andary, E. G., Abi Shdid, C., Chowdhury, A., & Ahmad, I. (2019). Integrated project delivery implementation framework for water and wastewater treatment plant projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(3), 609–633. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2019-0075>

Arditi, D., Akan, GT ve Gürdamar, S. (1985). Türkiye'deki kamu projelerinde yaşanan gecikmelerin nedenleri. *İnşaat yönetimi ve ekonomisi*, 3 (2), 171-181. doi: <https://doi.org/10.1080/01446198500000013>

Ashley, D.B., Lurie, C.S. and Jaselskis, E.J. (1987), Determinants of construction project success, *Project Management Journal*, 18 (2), 69-79.

Atkinson, R. (1999). Proje yönetimi: maliyet, zaman ve kalite, en iyi iki tahmin ve bir fenomen, diğer başarı kriterlerini kabul etme zamanı. *Uluslararası proje yönetimi dergisi*, 17 (6), 337-342. doi: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00069-6)

Azeez, M., Gambatese, J., & Hernandez, S. (2019). What do construction workers really want? A study about representation, importance, and perception of US construction occupational rewards. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(7), 04019040. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001669](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001669)

Barnes, M. (1988). Construction Project Management. *International Journal of Project Management*, 6(2): 69- 79. doi: [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(88\)90028-2](https://doi.org/10.1016/0263-7863(88)90028-2)

Berssaneti, F. T., & Carvalho, M. M. (2015). Identification of variables that impact project success in Brazilian companies. *International journal of project management*, 33(3), 638-649. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.07.002>

- Borcherding, J.D., Sebastian, S.J., ve Samelson, N.M. (1980). Büyük projelerde motivasyonu ve verimliliği artırmak. *İnşaat Bölümü Dergisi* , 106 (1), 73-89. doi:<https://doi.org/10.1061/JCCEAZ.0000865>
- Borcherding, J., ve Garner, F. (1981), Work force motivation and productivity on large jobs, *J. Constr. Div., ASCE*, 107(3), 443–453. doi: <https://doi.org/10.1061/JCCEAZ.0000978>
- Braglia, M., Dallasega, P. ve Marrazzini, L. (2020). Genel İnşaat Üretkenliği: Siparişe Göre Üretilen inşaat tedarik zincirlerinde inşaat kayıplarını belirlemek ve nedenlerini analiz etmek için yeni bir yalın metrik. *Üretim Planlama ve Kontrol* , 1-18. doi: <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1837931>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Carvalho, M.M.D., Patah, L.A. and Bido, D.D.S. (2015), Project management and its effects on project success: cross-country and cross-industry comparisons, *International Journal of Project Management*, 33(7), 1509-1522. doi:
- Chan, A.P.C., Ho, D.C.K. and Tam, C.M. (2001), Design and build project success factors multivariate analysis, *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(5), 93-100. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2001\)127:2\(93\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2001)127:2(93))
- Chan, A.P.C. and Chan, A.P. (2004), Key performance indicators for measuring construction success, *Benchmarking: An International Journal*, 11(2), 203-221. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2004\)130:2\(188\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:2(188))
- Chan, A.P.C., Scott, D. and Chan, A.P.L. (2004), Factors affecting the success of a construction project, *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(1), 153-155. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2004\)130:1\(153\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:1(153))
- Chiang, F. F., & Birtch, T. A. (2008). Achieving task and extra-task-related behaviors: A case of gender and position differences in the perceived role of

- rewards in the hotel industry. *International Journal of Hospitality Management*, 27(4), 491-503. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2007.08.009>
- Doloi, H. (2008). Application of AHP in improving construction productivity from a management perspective. *Construction Management and Economics*, 26(8), 841-854. doi:
- Dozzi, S. P., & AbouRizk, S. M. (1993). *Productivity in construction*. Ottawa: Institute for Research in Construction, National Research Council.
- El-Gohary, K. M., & Aziz, R. F. (2014). Factors influencing construction labor productivity in Egypt. *Journal of management in engineering*, 30(1), 1-9. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000168](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000168)
- El-Gohary, K. M., Aziz, R. F., & Abdel-Khalek, H. A. (2017). Engineering approach using ANN to improve and predict construction labor productivity under different influences. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(8), 04017045. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001340](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001340)
- Enshassi, A., Mohamed, S. ve Abushaban, S. (2009). Gazze şeridindeki inşaat projelerinin performansını etkileyen faktörler. *İnşaat Mühendisliği ve Yönetimi Dergisi*, 15 (3), 269-280. doi: <https://doi.org/10.3846/1392-3730.2009.15.269-280>
- European Construction Industry Federation, (2021). European Construction Industry Federation. Overall Construction Activity. <https://fiec-statistical-report.eu/european-union>
- Faniran, O. O., & Caban, G. (1998). Minimizing waste on construction project sites. *Engineering, construction and architectural management*. 5 (2), 182-188. doi: <https://doi.org/10.1108/eb021073>
- Gao, T., Ergan, S., Akinci, B., and Garrett, J. (2014), Understanding Characteristics of Assumptions Made for Construction Processes during Planning Based on

- Case Studies and Interview, *J. Constr. Eng. Manage., ASCE*, (140). doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000816](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000816)
- Ghoddousi, P. and Hosseini, M.R. (2012), A survey of the factors affecting the productivity of construction projects in Iran, *Technological and Economic Development of Economy*, 18 (1), 99-116. doi: <https://doi.org/10.3846/20294913.2012.661203>
- Gudienė, N., Banaitis, A., Podvezko, V. ve Banaitienė, N. (2014). Litvanya'daki inşaat projeleri için kritik başarı faktörlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi: AHP yaklaşımı. *İnşaat Mühendisliği ve Yönetimi Dergisi* , 20 (3), 350-359. doi: <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.914082>
- Hammad A, AbouRizk S, Mohamed Y. (2014). Application of KDD techniques to extract useful knowledge from labor resources data in industrial construction projects. *J Manage Eng.* 30(6):5014011. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000280](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000280)
- Hamouda, H., & Abu-Shaabn, N. (2014). A Path to Sustainability: Biogas Recovery towards Energy Self Sufficiency Wastewater Treatment Plant. *health*, 6(6), 1-9.
- Hasan, A., Baroudi, B., Elmualim, A., & Rameezdeen, R. (2018). Factors affecting construction productivity: a 30 year systematic review. *Engineering, Construction and Architectural Management.* 25(7), 916-937. doi: <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2017-0035>
- Heisler, S. (1990). Project quality and the project manager. *International Journal of Project Management*, 8(3): 133-137. doi: [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(90\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0263-7863(90)90013-2)
- Hollyforde, S., & Whiddett, S. (2002). *The motivation handbook*. CIPD Publishing.

- Ika, L. (2009). Project success as a topic in project management journals. *Project Management Journal*, 40(4): 6–19. doi: <https://doi.org/10.1002%2Fpmj.20137>
- International Labour Organization (ILO), (2018). *Genç İşçilerin Sağlık ve Güvenliğinin İyileştirilmesi*. International Labour Office, Geneva.
- Iyer, K.C. and Jha, K.N. (2005), Factors affecting cost performance: evidence from Indian construction projects, *International Journal of Project Management*, 23 (4), 283-295. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.10.003>
- İSKİ, “Baltalimanı Atıksu Arıtma Tesisi” [Çevrimiçi]. <https://www.iski.istanbul/web/tr-TR/kurumsal/iski-hakkinda1/aritma-tesisleri11/atik-su-aritma-tesisleri3/baltalimani-atik-su-aritma-tesisi1>
- Jarkas, A. M., & Bitar, C. G. (2012). Factors affecting construction labor productivity in Kuwait. *Journal of construction engineering and management*, 138(7), 811-820. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000501](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000501)
- Johari, S., & Jha, K. N. (2020). How the aptitude of workers affects construction labor productivity. *Journal of Management in Engineering*, 36(5), 04020055. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000826](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000826)
- Johnson, R. M., & Babu, R. I. I. (2020). Time and cost overruns in the UAE construction industry: a critical analysis. *International Journal of Construction Management*, 20(5), 402-411. do: <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1484864>
- Kermanshachi, S., Rouhanizadeh, B., & Govan, P. (2021). Developing management policies and analyzing impact of change orders on labor productivity in construction projects. *Journal of Engineering, Design and Technology*. doi: <https://doi.org/10.1108/JEDT-10-2020-0428>
- Kırmızı, M. (2015). *Biyolojik Arıtma Tesisi Projeleri Proje Yönetim Metodolojisi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi.

- Kog, Y. C., & Loh, P. K. (2012). Critical success factors for different components of construction projects. *Journal of construction engineering and management*, 138(4), 520-528. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000464](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000464)
- Lam, E. W., Chan, A. P., & Chan, D. W. (2008). Determinants of successful design-build projects. *Journal of Construction Engineering and management*, 134(5), 333-341. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:5\(333\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:5(333))
- Le-Hoai, L., Dai Lee, Y., & Lee, J. Y. (2008). Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: A comparison with other selected countries. *KSCE journal of civil engineering*, 12(6), 367-377. doi: [10.1007/s12205-008-0367-7](https://doi.org/10.1007/s12205-008-0367-7)
- Lingard, H. (2013). Occupational health and safety in the construction industry. *Construction management and economics*, 31(6), 505-514.
- Maghsoodi, A. I., & Khalilzadeh, M. (2017). Identification and evaluation of construction projects' critical success factors employing fuzzy-TOPSIS approach. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(5), 1593-1605. doi: [10.1007/s12205-017-1970-2](https://doi.org/10.1007/s12205-017-1970-2)
- Mahamid, I. (2013). Principal factors impacting labor productivity of public construction projects in Palestine: contractors' perspective. *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*, 2(3), 194-202. doi: <http://dx.doi.org/10.7492/IJAEC.2013.018>
- Mahamid, I. (2013). Contractors perspective toward factors affecting labor productivity in building construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 20(5), 446-460. doi: <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2011-0074>
- Makulsawatudom, A., Emsley, M., & Akintoye, A. (2001, September). Factors affecting the productivity of the construction industry in Thailand: The



project managers' perception. In *17th Annual ARCOM conference* 1, 281-290.

Maronati, G., & Petrovic, B. (2021). Making Construction Cost Estimate of Nuclear Power Plants Credible: Assessing Impact of Unknown Unknowns. *Nuclear Technology*, 207(1), 1-18. doi: <https://doi.org/10.1080/00295450.2020.1738829>

Maslow, A. H. (1943). Preface to motivation theory. *Psychosomatic medicine*.

Maylor, H., Brady, T., Cooke-Davies, T., & Hodgson, D. (2006). From projectification to programmification. *International Journal of Project Management*, 24(8), 663-674. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.09.014>

Mbachu, J., & Nkado, R. (2007). Factors constraining successful building project implementation in South Africa. *Construction Management and Economics*, 25(1), 39-54. doi: <https://doi.org/10.1080/01446190600601297>

MEGEP. (2013). Kimya Teknolojisi. *Su Aritma*. Ankara. s. 32.

Mir, F.A. & Pinnington, A.H. (2014). Exploring the value of project management: linking project management performance and project success, *International Journal of Project Management*, 32 (2), 202-217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.05.012>

Mojahed, S., & Aghazadeh, F. (2008). Major factors influencing productivity of water and wastewater treatment plant construction: Evidence from the deep south USA. *International journal of project management*, 26(2), 195-202. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.06.003>

Mokoena, T. S., Pretorius, J. H. C., & Van Wyngaard, C. J. (2013). Triple constraint considerations in the management of construction projects. In *2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (p. 813-817). IEEE. doi: <https://doi.org/10.1109/IEEM.2013.6962524>

- Momade, M. H., Shahid, S., Hainin, M. R. B., Nashwan, M. S., & Tahir Umar, A. (2020). Modelling labour productivity using SVM and RF: a comparative study on classifiers performance. *International Journal of Construction Management*, 1-11.
- Moselhi, O. & Khan, Z., (2012). Significance ranking of parameters impacting construction labor productivity. *Construction Innovation: Information, Process, Management*. 12(3), 272-296. doi: <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1744799>
- Naoum, SG. (2016). Şantiyelerde işgücü verimliliğini etkileyen faktörler. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 65(3), 401-421. doi: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-03-2015-0045>
- Naoum, S., & Hackman, J. O. N. (1996). Do site managers and the head office perceive productivity factors differently?. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Norizam, A. & Malek, M.A. (2013), Developing critical success factors (CSFs) for effective construction management in Malaysia industry, *Asian Social Science*, 9(9), 211-218. doi: <http://dx.doi.org/10.5539/ass.v9n9p211>
- On Cheung, S., Zhu, L., & Wai Lee, K. (2018). Incentivization and interdependency in construction contracting. *Journal of Management in Engineering*, 34(3), 04018010. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000601](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000601)
- Pakseresht, A., & Asgari, G. (2012). Determining the critical success factors in construction projects: AHP approach. *Interdisciplinary journal of contemporary research in business*, 4(8), 383-393.
- Parkin, A. B., Tutesigensi, A., & Büyükalp, A. I. (2009). Motivation among construction workers in Turkey. In *Proceedings 25th Annual Conference. ARCOM*.

- Pellegrino, R., Costantino, N., Pietroforte, R., & Sancilio, S. (2012). Construction of multi-storey concrete structures in Italy: patterns of productivity and learning curves. *Construction Management and Economics*, 30(2), 103-115. doi: <https://doi.org/10.1080/01446193.2012.660776>
- Rad, K. G., & Kim, S. Y. (2018). Factors affecting construction labor productivity: Iran case study. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 42(2), 165-180. doi: [https://doi.org/10.1007/s40996-018-0095-2\(0123456789\(\).,-volV\)\(012](https://doi.org/10.1007/s40996-018-0095-2(0123456789().,-volV)(012)
- Rasul, N., Malik, M. S. A., Bakhtawar, B., & Thaheem, M. J. (2019). Risk assessment of fast-track projects: a systems-based approach. *International Journal of Construction Management*, 1-16. doi: <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1602587>
- Raydugin, Y., & Eng, P. (2010). Unknown Unknowns in Project Probabilistic Cost and Schedule Risk Models. *Risk Services & Solutions Inc., Calgary, Canada*.
- Rivas, R. A., Borcharding, J. D., González, V., & Alarcón, L. F. (2011). Analysis of factors influencing productivity using craftsmen questionnaires: case study in a Chilean construction company. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(4), 312-320. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000274](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000274)
- Saeed, S. A. A. (2009). *Delay to Projects-cause, effect and measures to reduce/eliminate delay by mitigation/acceleration* (Doctoral dissertation, British University in Dubai).
- Saqib, M., Farooqui, R. U., & Lodi, S. H. (2008). Assessment of critical success factors for construction projects in Pakistan. In *First International Conference on Construction in Developing Countries* (p. 392-404).

- Sanvido, V. E. (1988). Conceptual construction process model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 114(2), 294-310. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1988\)114:2\(294\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1988)114:2(294))
- Shahata, K., & Zayed, T. (2013). Simulation-based life cycle cost modeling and maintenance plan for water mains. *Structure and Infrastructure Engineering*, 9(5), 403-415. doi: <https://doi.org/10.1080/15732479.2011.552509>
- Shane, J., Molenaar, K., Anderson, S., Schexnayder, C. (2009). Construction project cost escalation factors. *J Manage Eng.* 25(4):221–229. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2009\)25:4\(221\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2009)25:4(221))
- Hafez, S. M., Aziz, R. F., Morgan, E. S., Abdullah, M. M., & Ahmed, E. K. (2014). Critical factors affecting construction labor productivity in Egypt. *American journal of civil engineering*, 2(2), 35-40. doi: [10.11648/j.ajce.20140202.14](https://doi.org/10.11648/j.ajce.20140202.14)
- Siriwardana, C. S., & Ruwanpura, J. Y. (2012). A conceptual model to develop a worker performance measurement tool to improve construction productivity. In *Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World* (p. 179-188).
- Albert, M., Balve, P., & Spang, K. (2017). Evaluation of project success: a structured literature review. *International Journal of Managing Projects in Business.* 10 (4), 796-821. doi: <https://doi.org/10.1108/IJMPB-01-2017-0004>
- Sunjka, B. P., & Jacob, U. (2013). Significant causes and effects of project delays in the Niger delta region, Nigeria. *Southern African Institute of Industrial Engineering*.
- Tabish, S. Z. S., & Jha, K. N. (2011). Identification and evaluation of success factors for public construction projects. *Construction Management and Economics*, 29(8), 809-823. doi: <https://doi.org/10.1080/01446193.2011.611152>

- Takim, R. ve Akintoye, A. (2002). Performance indicators for successful construction project performance. *18th Annual ARCOM Conference*, 2(4).
- Thi, C. H., & Swierczek, F. W. (2010). Critical success factors in project management: implication from Vietnam. *Asia Pacific Business Review*, 16(4), 567-589. doi: <https://doi.org/10.1080/13602380903322957>
- Thomas, H. R., Maloney, W. F., Horner, R. M. W., Smith, G. R., Handa, V. K., & Sanders, S. R. (1990). Modeling construction labor productivity. *Journal of construction engineering and management*, 116(4), 705-726. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1990\)116:4\(705\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1990)116:4(705))
- Thomas, H. R., & Sanvido, V. E. (2000). Role of the fabricator in labor productivity. *Journal of construction engineering and management*, 126(5), 358-365. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2000\)126:5\(358\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2000)126:5(358))
- Thomas, A. V., & Sudhakumar, J. (2013). Critical analysis of the key factors affecting construction labour productivity—An Indian Perspective. *International Journal of Construction Management*, 13(4), 103-125. doi: <https://doi.org/10.1080/15623599.2013.10878231>
- Thomas, H. R., & Napolitan, C. L. (1995). Quantitative effects of construction changes on labor productivity. *Journal of construction engineering and management*, 121(3), 290-296. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1995\)121:3\(290\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1995)121:3(290))
- Toan, N. Q., Van Tam, N., Hai, D. T., & Quy, N. L. D. (2020). Critical factors affecting labor productivity within construction project implementation: a project manager's perspective. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 8(2), 751-763. doi: 10.9770/jesi.2020.8.2(45)
- Turner, R. (2002). Managing Quality. In Turner, R. and Simister, S. (Eds.), *Gower Handbook of Project management*. Gower Publishing.
- Tsehayae, A. A., & Fayek, A. R. (2016). System model for analysing construction labour productivity. *Construction Innovation*.

- Ulubeyli, S. (2004). *İnşaat sektöründeki işgücü verimliliğinin proje süresine etkisi ve maliyet analizi*, Akdeniz Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Vapnik, V. (2013). *The nature of statistical learning theory*. Springer science & business media.
- Yi, W., & Chan, A. P. (2014). Critical review of labor productivity research in construction journals. *Journal of management in engineering*, 30(2), 214-225. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000194](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000194)
- Yu, A. T., Shen, Q., Kelly, J., & Hunter, K. (2006). Investigation of critical success factors in construction project briefing by way of content analysis. *Journal of Construction Engineering and management*, 132(11), 1178-1186. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2006\)132:11\(1178\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:11(1178))

