

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 4 BOYUTLU (4D)
MODELLEMENİN UYGULANABİLİRLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre GÖKYİĞİT

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

OCAK 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 4 BOYUTLU (4D)
MODELLEMENİN UYGULANABİLİRLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Emre GÖKYİĞİT
(501121106)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

Tez Danışmanı: Öğr. Gör. Dr. Murat KURUOĞLU

OCAK 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121106 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Emre GÖKYİĞİT**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 4 BOYUTLU (4D) MODELLEMENİN UYGULANABİLİRLİĞİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Öğr. Gör. Dr. Murat KURUOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Deniz Artan İLTER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Zeynep IŞIK**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **16 Aralık 2013**
Savunma Tarihi : **21 Ocak 2014**

Aileme ve dostlarıma,

ÖNSÖZ

Çizdiği istikamet ve verdiği tavsiyelerle vücuda gelen bu çalışmaya sağladığı önemli katkılar dolayısıyla başta değerli tez danışmanım Murat Kuruoğlu'na, verdikleri her bir dersin sektörde net bir karşılığı bulunan Yapı İşletmesi hocalarıma, sundukları yazılım desteğiyle 4D teknolojisi hakkında yapılan çalışmaların önünü açan Synchro firmasına, üniversite ve sektör işbirliğinin güzel bir örneği olarak verdikleri mülakatlarla tezimi zenginleştiren Infotron'dan Aydın Özçekiç, Prone Proje'den Yasin Vural, Grid Teknoloji'den Cahit Hızlı'ya, anket sorularını cevaplayarak araştırmama veri sağlayan tüm katılımcılara, 24 saat sorularıma yanıt veren fahri danışmanım ve kıymetli meslektaşım babama, üzerimden dua ve güzel temennilerini eksik etmeyen değerli anneme şükranlarımı sunarım.

Aralık 2013

Emre Gökyiğit
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Çalışma Yöntemi.....	2
1.3 Tezin İçeriği	3
2. İNŞAAT PROJE YÖNETİMİ VE PLANLAMA.....	5
2.1 İnşaat Proje Yönetimi.....	5
2.1.1 Proje yönetiminin işlevleri	7
2.1.1.1 Proje yönetimi (genel).....	7
2.1.1.2 Maliyet yönetimi	7
2.1.1.3 Süre yönetimi	8
2.1.1.4 Kalite yönetimi.....	8
2.1.1.5 Sözleşme uygulaması	8
2.1.1.6 İş güvenliği yönetimi.....	8
2.1.2 Proje yönetiminin süreçleri	8
2.2 İnşaat Projelerinde Planlama	9
2.2.1 Genel kavramlar	9
2.2.2 Planlamanın amacı ve kapsamı	10
2.2.3 Planlamada kullanılan teknikler.....	11
2.2.3.1 Çubuk diyagram	11
2.2.3.2 Doğrusal planlama metodu (LSM)	12
2.2.3.3 Denge çizgisi metodu (LoB)	12
2.2.3.4 Kritik yörünge metodu (CPM).....	13
2.2.3.5 Değerlendirme.....	14
2.3 Bilgisayar Destekli Planlama	15
2.3.1 Temel kavramlar	15
2.3.2 Planlama süreci	16
2.3.3 Yazılım seçimi	19
2.3.3.1 Enformasyon sisteminin amaçlarına uygunluk	19
2.3.3.2 Software paketlerinin entegrasyonu açısından uygunluk.....	19
2.3.3.3 Hardware sistemi açısından uygunluk	19
2.3.3.4 Eğitim, öğretim ve kullanım olanak ve kolaylıkları.....	19
2.3.3.5 Ürünün sürekliliği	20
2.3.3.6 Fiyat performans ihtiyaç karşılaştırmaları	20
2.3.4 Örnek geleneksel planlama yazılımları.....	20

2.3.4.1 Microsoft Project.....	20
2.3.4.2 Primavera Project Planner	21
2.3.4.3 Asta Powerproject	21
2.3.4.4 Tilos.....	22
2.3.4.5 Değerlendirme	22
3. 4D KAVRAMSAL ÇERÇEVE	23
3.1 Giriş	23
3.2 4D Modelleme	23
3.2.1 Tanım	23
3.2.2 Tarihi arka plan	25
3.2.3 İhtiyaç sebepleri	25
3.2.4 Hedefleri.....	27
3.2.5 Hakkındaki çalışmalar.....	27
3.3 4D Kullanım Özellikleri	28
3.3.1 Kullanıcıları.....	28
3.3.2 Kullanım aşamaları	28
3.3.3 Uygulama alanları	29
3.3.3.1 Fotogerçekçi renderlar.....	29
3.3.3.2 Sanal tasarım teftişi	29
3.3.3.3 Tasarım seçeneklerinin analizi	30
3.3.3.4 Maliyet tahmini	30
3.3.3.5 İmalat analizi	30
3.3.3.6 İnşaat belge üretimi	30
3.3.3.7 Teklif dosyasının hazırlanması.....	30
3.4 4D Yazılımları	31
3.4.1 Navisworks.....	31
3.4.2 Synchro.....	32
3.4.3 Vico	33
4. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 4D UYGULAMALARI.....	35
4.1 İnşaat Sektörü ve 4D	35
4.1.1 4D modelleme üzerine yapılmış vaka analizleri	35
4.1.2 4D ile modellenmiş önemli projeler.....	35
4.1.2.1 The Shard	35
4.1.2.2 Pekin Ulusal Stadyumu	36
4.1.2.3 Canton Tower	37
4.2 4D'nin Firmaya Adaptasyonu ve Kullanılması	38
4.2.1 4D modellemenin kabulü	39
4.2.1.1 Sistem değerlendirme	39
4.2.1.2 Kullanılabilirlik çalışması	40
4.2.1.3 Yönetim planlaması.....	40
4.2.2 Tasarım koordinasyon süreci	42
4.2.2.1 3D modelin potansiyel kullanım alanlarını belirlemek	42
4.2.2.2 Modelleme ihtiyaçlarını belirlemek	42
4.2.2.3 Tasarım protokolü oluşturmak	42
4.2.2.4 Çakışma çözüm süreci oluşturmak.....	43
4.2.2.5 Tasarım sorularını yönlendirecek bir protokol geliştirmek.....	43
4.2.2.6 Disiplinlere has 3D modeller oluşturmak.....	43
4.2.2.7 Disiplinlere has 3D modelleri entegre etmek	44
4.2.2.8 Bileşen ve sistemler arası çakışmaları tespit etmek	44
4.2.2.9 Tespit edilen çakışmalar için çözümler geliştirmek.....	45

4.2.2.10 Çakışma ve çözümleri belgelemek.....	45
4.2.3 İnşaat koordinasyon süreci.....	46
4.2.3.1 Projeye ait alt kırım ve akışın oluşturulması.....	46
4.2.3.2 İmalat sırasının oluşturulması	47
4.2.3.3 3D modellerin yeniden organizasyonu.....	47
4.2.3.4 Planlamanın düzeltilmesi	47
4.2.3.5 3D cisimlerle aktivitelerin bağlanması	47
4.2.3.6 4D modelin düzeltilmesi	48
4.3 4D'nin Faydaları	48
4.3.1 Görselleştirme aracı olarak kullanım faydaları	48
4.3.1.1 İnşaat sırasını görselleştirme ve yorumlaması	48
4.3.1.2 Alansal proje kısıtlarını göstermesi.....	50
4.3.2 Entegrasyon aracı olarak kullanım faydaları	51
4.3.2.1 Tasarım ve yapım bilgisinin standardizasyonu	51
4.3.2.2 Proje katılımcıları arasındaki etkileşimi yükseltmesi	52
4.3.3 Analiz aracı olarak kullanım faydaları	53
4.3.3.1 Güvenlik tehlikelerini ön görmesi.....	54
4.3.3.2 Şantiye alanına göre kaynak ve ekipman tahsisi.....	54
4.3.3.3 İnşa edilebilirlik incelemesi	55
4.4 4D'nin Önündeki Engeller	56
4.4.1 Bilgisayar sistemi gereklilikleri	56
4.4.2 Yazılımın kullanılabilirliği.....	57
4.4.3 Firmanın organizasyonel iş akış yapısı	58
5. ANKET ve MÜLAKAT ÇALIŞMASI	59
5.1 Giriş.....	59
5.1.1 Önceki anket araştırmaları	59
5.1.2 Anketin içeriği.....	60
5.1.2.1 Demografik bilgiler	60
5.1.2.2 Planlama ve tasarım alışkanlıkları	60
5.1.2.3 4D'nin mevcut durumu, fayda ve engelleri	61
5.1.2.4 4D'ye dair sektör algısı ve gelecek projeksiyonu.....	61
5.2 Anket Sonuçları.....	61
5.2.1 Demografik bilgiler	62
5.2.1.1 Anketi dolduranın eğitim durumu	62
5.2.1.2 Katılımcının mezun olduğu lisans bölümü	62
5.2.1.3 Katılımcının sektör tecrübesi	63
5.2.1.4 Katılımcının pozisyonu	63
5.2.1.5 Firmaların verdiği hizmetler	65
5.2.1.6 Firmaların sektör tecrübesi.....	65
5.2.1.7 Firmaların faaliyet alanları.....	66
5.2.1.8 Firmaların 2012 yılı ciroları	67
5.2.2 Planlama ve tasarım alışkanlıkları	67
5.2.2.1 İş programının idaresi	67
5.2.2.2 İş programının takip sıklığı	68
5.2.2.3 Planlamanın detay seviyesi	68
5.2.2.4 Tasarımların boyutu	69
5.2.3 4D'nin mevcut durumu.....	69
5.2.3.1 4D hakkındaki bilgi düzeyi	69
5.2.3.2 4D'nin kullanım durumu	70
5.2.4 4D'ye dair sektör algısı ve gelecek projeksiyonu.....	70

5.2.4.1 4D modellemenin ülkemizde az kullanılıyor oluşu Türk inşaat sektörü adına bir eksiklikdir.....	71
5.2.4.2 Teknolojik gelişmelerin sektöre çabuk entegre edilememesi inşaat sektörünün doğasından kaynaklanmaktadır	71
5.2.4.3 Üniversitelerin ilgili bölümlerinde öğrencilere 4D eğitimleri verilmelidir.....	72
5.2.4.4 Bu teknolojinin yaygınlaşması için kamu ihalelerine başvuruda 4D modelleme zorunlu tutulmalıdır	73
5.2.4.5 4D modelleme uygulaması gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline gelecektir	73
5.2.5 4D'nin sağladığı faydaların önem sıralaması	74
5.2.6 4D'nin uygulanmasının önündeki engellerin önem sıralaması.....	75
5.3 Anket Sonuçlarının Çapraz Analizi.....	77
5.3.1 İş programı mesuliyeti.....	77
5.3.2 Detay seviyesi	78
5.3.3 Tasarım boyutu.....	79
5.3.4 İş programının takip sıklığı	81
5.3.5 4D hakkındaki bilgi düzeyi	82
5.3.6 4D'nin kullanım durumu	84
5.3.7 4D modellemenin ülkemizde az kullanılıyor oluşu Türk inşaat sektörü adına bir eksiklikdir.....	86
5.3.8 Teknolojik gelişmelerin sektöre çabuk entegre edilememesi inşaat sektörünün doğasından kaynaklanmaktadır	88
5.3.9 Üniversitelerin ilgili bölümlerinde öğrencilere 4D eğitimleri verilmelidir	90
5.3.10 Bu teknolojinin yaygınlaşması için kamu ihalelerine başvuruda 4D modelleme zorunlu tutulmalıdır	92
5.3.11 4D modelleme uygulaması gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline gelecektir	94
5.4 4D'nin Faydaları ve Önündeki Engellerin Önem Sıralamaları Analizi	95
5.4.1 4D'nin Faydaları	97
5.4.2 4D'nin Önündeki Engeller.....	103
5.5 Ara Sonuç	110
5.5.1 Planlama ve tasarım alışkanlıkları.....	110
5.5.2 4D'nin mevcut durumu	110
5.5.3 Fayda analizi sonuçları.....	111
5.5.4 Engel analizi sonuçları	112
5.5.5 Değerlendirme soruları sonuçları	113
5.6 Mülakatlar.....	115
5.6.1 Faydaların değerlendirilmesi.....	116
5.6.2 Engellerin değerlendirilmesi	119
5.6.3 Değişime karşı direnç.....	122
5.6.4 Teknolojik gelişmelerde kültürün etkisi.....	124
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	127
6.1 Sonuç Bulguları	127
6.2 Uygun Profiller.....	129
6.3 Öneriler.....	131
KAYNAKLAR.....	133
EKLER.....	139
ÖZGEÇMİŞ.....	147

KISALTMALAR

2D	: 2 Dimensional
3D	: 3 Dimensional
4D	: 4 Dimensional
BIM	: Building Information Modeling
CAD	: Computer Aided Design
CIFE	: Center for Integrated Facility Engineering
CMAA	: The Construction Management Association of America
CPM	: Critical Path Method
İMO	: İnşaat Mühendisleri Odası
LoB	: Line of Balance
LSM	: Linear Scheduling Method
PERT	: Program Evaluation and Review Technique

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Proje yönetim matrisi	9
Çizelge 2.2 : Farklı proje türleri için planlama teknikleri	15
Çizelge 5.1 : Pozisyon sınıflandırması	64
Çizelge 5.2 : Faydaların genel hesap tablosu.....	74
Çizelge 5.3 : Engellerin genel hesap tablosu	76
Çizelge 5.4 : Fayda ve engel listesi	96
Çizelge 5.5 : Fayda ve engel sıralaması.....	97
Çizelge 5.6 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (a).....	116
Çizelge 5.7 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (b)	116
Çizelge 5.8 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (c).....	117
Çizelge 5.9 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (d)	117
Çizelge 5.10 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (e).....	118
Çizelge 5.11 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (f)	118
Çizelge 5.12 : Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (a)	119
Çizelge 5.13 : Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (b).....	119
Çizelge 5.14 : Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (c)	120
Çizelge 5.15 : Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (d).....	120
Çizelge 5.16 : Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (e)	121
Çizelge 5.17 : Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (f).....	122
Çizelge 5.18 : Değişime karşı direnç	123
Çizelge 5.19 : Aşağıdan yukarı değişim	123
Çizelge 5.20 : Yukarıdan aşağı değişim	124
Çizelge 5.21 : Teknolojik gelişmelerde kültürün etkisi.....	125

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Çalışmanın ağ diyagramı.....	3
Şekil 2.1 : İnşaat yatırımı çevrimi.....	6
Şekil 2.2 : Proje yönetim üçgeni.....	7
Şekil 2.3 : Örnek CPM ağ diyagramı.....	14
Şekil 2.4 : Sistem yaklaşımıyla software analiz strüktürü.....	16
Şekil 2.5 : Planlama işleyiş şeması.....	18
Şekil 3.1 : 4D modelin geliştirilme süreci	24
Şekil 3.2 : 2D modelin yanlış anlaşılması sonucu oluşan farklı 3D görüntüler	26
Şekil 3.3 : Navisworks yazılımı ekran görüntüsü.....	32
Şekil 3.4 : Synchro yazılımı ekran görüntüsü.....	33
Şekil 3.5 : Vico yazılımı ekran görüntüsü	34
Şekil 4.1 : The Shard'ın 4D simülasyonundan bir kare	36
Şekil 4.2 : Pekin Ulusal Stadyumu yapım planının 4D ekran görüntüleri.....	37
Şekil 4.3 : Canton Tower'ın 4D simülasyonu	38
Şekil 4.4 : 4D'nin firmaya adaptasyonu ve kullanımı süreci	38
Şekil 4.5 : 4D aracının kabul sürecini temsil eden SKY (SUM) çerçevesi	39
Şekil 4.6 : 4D araçlarının uygulanması için tanımlanan iş akışı.....	41
Şekil 4.7 : Camino projesinde 3D koordinasyonu için kullanılan renk düzeni	43
Şekil 4.8 : Koordinasyon toplantısından bir kare	44
Şekil 4.9 : Çakışma tespit ve çözüm raporu	45
Şekil 4.10 : 4D model oluşturulmasında gerekli olan temel adımlar	46
Şekil 4.11 : 4D model için imalat sırasının oluşturulması.....	47
Şekil 4.12 : 2D ve 4D farklarını görsel olarak gösteren temsili bir çalışma.....	49
Şekil 4.13 : 4D ve 2D kullanımında ortalama model tamamlanma yüzdesi	50
Şekil 4.14 : Gerçekleşenle tahmin edilen verimlilik arasındaki yüzdesel fark.....	51
Şekil 4.15 : Birkaç disiplinin bir arada görülebileceği bir 4D hastane modeli.....	52
Şekil 4.16 : 4D model kullanımında bilgi iletim ve geliştirme süreci	53
Şekil 4.17 : Risk seviyesi, inşaat işleyişi ve etkilenen alan ilişkisine bir örnek	54
Şekil 4.18 : İnşa edilebilirlik analizi	55
Şekil 4.19 : Test katılımcılarının bağlama işlemi hakkındaki görüşleri	57
Şekil 5.1 : Anket katılımcılarının eğitim durumu.....	62
Şekil 5.2 : Anket katılımcılarının mezun olduğu lisans bölümü	62
Şekil 5.3 : Anket katılımcılarının inşaat sektörü tecrübesi	63
Şekil 5.4 : Anket katılımcılarının firmadaki pozisyonu.....	64
Şekil 5.5 : Firmaların verdiği hizmetler.....	65
Şekil 5.6 : Test Firmaların sektör tecrübesi	65
Şekil 5.7 : Firmanın faaliyet alanı	66
Şekil 5.8 : Test Firmaların 2012 yılı cirosu	67
Şekil 5.9 : İş programının idare mesuliyeti.....	67
Şekil 5.10 : Firmada uygulanan iş programının takip sıklığı	68
Şekil 5.11 : Firmada uygulanan planlamanın detay seviyesi.....	68

Şekil 5.12 : Firmaların tasarımda kullandıkları boyut	69
Şekil 5.13 : 4D hakkındaki bilgi düzeyi	69
Şekil 5.14 : 4D modellemenin kullanımı	70
Şekil 5.15 : 4D modellemenin ülkemizde az kullanılıyor oluşu Türk inşaat sektörü adına bir eksiklikler	71
Şekil 5.16 : Teknolojik gelişmelerin sektöre çabuk entegre edilememesi inşaat sektörünün doğasından kaynaklanmaktadır	71
Şekil 5.17 : Üniversitelerin ilgili bölümlerinde öğrencilere 4D eğitimleri verilmelidir	72
Şekil 5.18 : Bu teknolojinin yaygınlaşması için kamu ihalelerine başvuruda 4D modelleme zorunlu tutulmalıdır	73
Şekil 5.19 : 4D modelleme uygulaması gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline gelecektir	73
Şekil 5.20 : 4D'nin sağladığı faydaların önem sıralaması.....	75
Şekil 5.21 : 4D'nin uygulanmasının önündeki engellerin önem sıralaması	76
Şekil 5.22 : Cirolara göre iş programı mesuliyeti	77
Şekil 5.23 : Firma tecrübesine göre iş programı mesuliyeti	77
Şekil 5.24 : Cirolara göre detay seviyesi	78
Şekil 5.25 : Firma tecrübesine göre detay seviyesi.....	79
Şekil 5.26 : Cirolara göre tasarım boyutu	80
Şekil 5.27 : Firma tecrübesine göre tasarım boyutu	80
Şekil 5.28 : Cirolara göre takip sıklığı	81
Şekil 5.29 : Firma tecrübelerine göre takip sıklığı.....	81
Şekil 5.30 : Katılımcı tecrübesine göre 4D hakkında bilgi düzeyi	82
Şekil 5.31 : Mesleğe göre bilgi düzeyi	83
Şekil 5.32 : Katılımcı pozisyonuna göre 4D hakkında bilgi düzeyi	83
Şekil 5.33 : Pozisyonların tecrübe dağılımı	84
Şekil 5.34 : Ciroya göre 4D kullanım durumu.....	85
Şekil 5.35 : Firma tecrübesine göre 4D kullanımı	85
Şekil 5.36 : Katılımcı tecrübesine göre değerlendirme.....	86
Şekil 5.37 : Katılımcı mesleğine göre değerlendirme.....	87
Şekil 5.38 : Katılımcı pozisyonuna göre değerlendirme.....	87
Şekil 5.39 : Katılımcı tecrübesine göre değerlendirme.....	88
Şekil 5.40 : Katılımcı mesleğine göre değerlendirme.....	89
Şekil 5.41 : Katılımcı pozisyonuna göre değerlendirme.....	89
Şekil 5.42 : Katılımcı tecrübesine göre değerlendirme.....	90
Şekil 5.43 : Katılımcı mesleğine göre değerlendirme.....	91
Şekil 5.44 : Katılımcı pozisyonuna göre değerlendirme.....	91
Şekil 5.45 : Katılımcı tecrübesine göre değerlendirme.....	92
Şekil 5.46 : Katılımcı mesleğine göre değerlendirme.....	92
Şekil 5.47 : Katılımcı pozisyonuna göre değerlendirme.....	93
Şekil 5.48 : Katılımcı tecrübesine göre değerlendirme.....	94
Şekil 5.49 : Katılımcı mesleğine göre değerlendirme.....	94
Şekil 5.50 : Katılımcı pozisyonuna göre değerlendirme.....	95
Şekil 5.51 : Faydaların mesleğe göre sıralaması.....	98
Şekil 5.52 : Faydaların eğitim düzeyine göre sıralaması	99
Şekil 5.53 : Faydaların katılımcı tecrübesine göre sıralaması	99
Şekil 5.54 : Faydaların pozisyona göre sıralaması	100
Şekil 5.55 : Faydaların firma cirolarına göre sıralaması.....	101
Şekil 5.56 : Faydaların tasarım boyutuna göre sıralaması	102

Şekil 5.57 : Faydaların bilgi düzeyine göre sıralaması.....	102
Şekil 5.58 : Faydaların uygulanma durumuna göre sıralaması.....	103
Şekil 5.59 : Engellerin mesleğe göre sıralaması.....	104
Şekil 5.60 : Engellerin eğitim düzeyine göre sıralaması	104
Şekil 5.61 : Engellerin katılımcının sektör tecrübesine göre sıralaması.....	105
Şekil 5.62 : Engellerin pozisyona göre sıralaması.....	106
Şekil 5.63 : Engellerin ciroya göre sıralaması	107
Şekil 5.64 : Engellerin tasarım boyutuna göre sıralaması	107
Şekil 5.65 : Engellerin bilgi düzeyine göre sıralaması	108
Şekil 5.66 : Engellerin uygulanma durumuna göre sıralaması.....	109

TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 4 BOYUTLU (4D) MODELLEMENİN UYGULANABİLİRLİĞİ

ÖZET

İnşaat sektörü, her projede tekrar örgütlenmesi gereken tarafların ve gözden geçirilmesi gereken iş kalemlerinin çokluğundan kaynaklı karmaşık yapısı nedeniyle diğer sektörlerden ayrı bir konuma sahiptir. Projelerin başarılı bir şekilde tamamlanması için geliştirilen inşaat proje yönetim disiplini, hedeflere daha rahat erişebilmek için mühendislik ve işletmenin ortak çalışabileceği bir platform olarak ortaya çıkmıştır.

Yapının mal sahibinin hayalindeki halinden başlayarak işin tamamlanıp teslim edilmesi ile sonlanan süreç dahilinde süre, maliyet ve kalite kontrolü için hazırlanan prosedürlerin genel adı olan inşaat proje yönetimi, sektörün ülke ekonomisindeki yeri nedeniyle büyük önemi haizdir.

Projenin optimal süre ve maliyet koşulları içerisinde, kalite koşullarını yerine getirerek gerçekleştirilebilmesi için tüm taraf ve çalışanların süre, yer, kapasite ve maliyetler açısından iç ve dış sınır koşulları karşısında zamana bağlı olarak koordine edilmesine planlama denir. Planlamanın bir diğer tanımı ise imalatların fiziksel ve tercihi sıra göz önünde tutularak önem sırasına konma işidir.

Geleneksel proje planlama ve programlama yazılımları bugüne değin proje yöneticilerinin ihtiyacına cevap vermiş, ancak inşaat sektörünün gelişimi ve bununla birlikte artan beklentilere karşılık sağlama noktasında yetersiz kalmıştır. Proje yönetim uzmanlarının bu nedenle girmiş olduğu arayış, inşaat proje planlamasında 4. boyut teknolojisine kapı aralamıştır.

İnşaat sektörünün yapıları canlandırma talebine cevap veren çeşitli yaklaşımlar vardır. Bunlar üç boyutlu (3D) animasyon, sanal gerçeklik ve dört boyutlu (4D) modellemedir. Son yıllarda inşaat bilişiminde büyük değişimlere yol açan BIM yaklaşımı bu araçların özelliklerini bünyesinde barındırmaktadır.

4D CAD (Computer Aided Design) modeli, yapının üç boyutlu (3D) geometrisine dördüncü boyut olan zamanın entegre edilmesiyle oluşturulur. 4D modelde bulunan yapı bileşenleri, 3 boyutlu şekillerini tarif eden geometrik özelliklere sahiptir. Buna ek olarak, bileşenin inşaat başlangıç ve bitiş tarihlerini gösteren zamansal özellik de bileşene ilave edilmiştir. Bir yapının 4D modeli, projenin yapım aşamalarını grafiksel biçimde simüle ederek, proje yöneticisinin inşaat sürecini sanal ve görsel verilerle kavramasını sağlar.

4D modelleme altyapısının bir inşaat firmasına adaptasyonu ve aktif bir şekilde kullanımı süreci belirli aşamalar içerir. Bu aşamalar 4D modellemenin kabulü, tasarım koordinasyonu ve inşaat koordinasyonudur. Donanımsal sistem değerlendirme, kullanılabilirlik çalışmaları ve yönetim planı revizyonu konularının incelenmesinin ardından 4D'nin faydalarına ikna olan firmalar tasarım

koordinasyonu neticesinde 3D modeli oluşturur ve inşaat koordinasyonu ile 4D'nin takibini sağlar.

4D modellemenin proje yönetim disiplinine sunduğu başlıca katkılar en önemliden en az önemliye sıralanmış şekliyle şunlardır; sağladığı görsellikle planlamayı daha anlaşılabilir kılması, farklı disiplinlere ait tasarımları tek modelde birleştirerek çakışmaları tespit etme imkanı sunması, İnşa edilebilirlik analizi yapma fırsatı sunması, proje katılımcıları arası etkileşimi arttırması, proje üzerinde yapılan değişikliğin sonuca etkisini gösterebilmesi, iş güvenliği tehditlerini önceden belirleme imkanı sunması.

Tüm bu faydalarına rağmen 4D modellemenin ülkemizde yaygın biçimde kullanılmıyor oluşu incelemeye değer bir konudur. 4D'nin uygulanmasının önündeki başlıca engeller en önemliden en az önemliye sıralanmış şekliyle şunlardır; bilgi teknolojileri ve 4D alanında deneyim sahibi eleman eksikliği, modelin oluşturulması ve takibi için gerekli olan zaman ve insan kaynağı, sağlıklı analiz yapabilmek için tasarımda gerekli olan yüksek ayrıntı düzeyi, mevcut planlama (CPM) ve tasarım (2D) yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesi, firmanın organizasyonel iş akış yapısının revize edilmesini gerektirmesi, 4D için gerekli olan eğitim ve yazılım maliyeti.

4D'nin Türk inşaat sektöründeki uygulanabilirliğini ele alan anket ve mülakat çalışması neticesinde sektördeki farklı meslek, eğitim, tecrübe, alışkanlık, pozisyon ve firma cinslerine göre farklılık arz eden yönelimler saptanmıştır. Anket sonucuna göre %11 oranında kullanılan 4D'nin ülkemizde az tercih ediliyor oluşunun kültürel etkileri tartışılmış olup, değişim konusunda izlenecek yöntemler tartışılmıştır. 4D'nin gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline geleceği fikri sektör çalışanlarının büyük çoğunluğu tarafından kabul görmüştür.

Katılımcıların çoğunun haftada bir kontrol edilip güncellenen ayrıntılı bir iş programıyla çalışıyor olması başarılı bir 4D uygulamasının Türk inşaat sektöründe gerçekleştirilebilmesi adına olumlu bir alışkanlık olarak kaydedilmiştir. Tasarımda 3D modellemenin fazla tercih edilmediği görülmüş olup bu konuda alınması gereken önlemler dile getirilmiştir.

4D teknolojisini uygulama konusunda en az direnç göstererek en yüksek ihtimalle ikna olup uygulamaya koyacak olan profiller birey bazında "20 yıl ve üstü tecrübeliler", "Firma sahibi & Genel yönetici" olarak belirlenmiş olup firma bazında 4D'ye en yakın grup "500 Milyon TL'den fazla" ciroya sahip firmalar olarak belirlenmiştir.

Türk inşaat sektörünün 4D konusunda gelişmiş ülkelerin gerisinde kalan konumunu iyileştirmek ve bu teknolojiyi yaygın bir şekilde kullanılabilir hale getirip hem zaman, hem para, hem de itibar kazanmak adına yapılması tavsiye edilen müdahaleler; 3D çizimin üniversitelerde teşvik edilmesi, üniversitelerin lisans ve lisansüstü bölümlerinde 4D eğitiminin verilmesi, 4D teknolojisinin iyileştirilmesi üzerine lisansüstü ve doktora çalışmalarının yapılması, 4D danışmanlık firmalarından hizmet alınması, proje yönetim firmalarının kadrolarını 4D konusunda yetiştirip sektördeki değişimi sırtlaması, kamu ihalelerinde 4D modellemenin zorunlu kılınması ve İnşaat Mühendisleri Odası tarafından konu hakkında özellikle saha mühendislerine yönelik seminerler yapılması şeklinde sıralanmıştır.

APPLICABILITY OF 4D MODELING IN TURKISH CONSTRUCTION INDUSTRY

SUMMARY

Two-dimensional world imagination, which has been used by human beings for a long time, has changed significantly in recent years thanks to the accelerated technological developments. Many fields from topography to medicine have benefited from the sense of reality which is provided by 3rd dimension and revealed academic researches on this subject.

The reflection of this trend of change and transformation in the construction industry has occurred as development in visuality properties of design tools. In many complex projects, 3D solutions, which help to prevent various problems, are preferred by some of construction firms instead of the traditional 2D designs. Technological improvements introduce 4D modeling as the next step which comes out from the integration of 3D modeling and scheduling disciplines.

Turkish construction industry, which has a prominent domestic and overseas performance, hasn't shown sufficient interest in technological developments in the project management field despite its achievements on so many projects done by qualified managers and engineers. In order to fix the current stance and increase the use rate of 4D in Turkish construction industry, researchers should draw a road map based on realistic standards.

The construction industry is different from any other industry when it comes to the terms of each project that require revising and analyzing the completed work process individually. The construction project management - which developed for the projects to complete successfully - has emerged in order to gain better access to the targets of collective platform or engineering and management.

Starting with the project owner's dream until the completion of work and delivery procedure, the time, cost and quality control procedures are generally named "construction project management" – and this has a great importance due to its place in the national economy.

Within project optimal duration and cost conditions, the realization of quality requirements by performing of the all parties and employees in time, location, capacity, and cost in terms of internal and external limit conditions coordinated with time-dependent is called planning. Another definition of planning is placing the order of importance of manufacturing considering the physical and preferred options.

Traditional project planning and scheduling softwares have responded to the needs of project managers until today – however, the development of the construction industry and with that, providing a response of the growing expectations remained poor. The solution search for project management experts has opened the door to 4 dimension technology for construction project planning.

There are various responses for the animation of the structure need in the construction industry. These are three-dimensional (3D) animation, virtual reality , and four-dimensional (4D) modeling . The BIM approach, which helped major changes in construction informatics in recent years incorporates the features of these tools.

4D CAD (Computer Aided Design) model is created by integrating the fourth dimension of time to the structure of the three-dimensional (3D) geometry. The 4D components that exist in the model structure describe geometric characteristics of three-dimensional shapes. In addition to that, the start and end dates of the component are added as a timeline. The 4D model of a structure, the construction phase of the project in graphical form, by simulating the construction process by the project manager allows to grip with virtual and visual data .

Adaptation and active usage of the 4D modeling infrastructure for the construction company process involves certain stages. These stages are: recognition of 4D modeling, design coordination and construction coordination. Following the evaluation of hardware system, usability studies and management plan revisions examination, the companies that are convinced of the benefits of 4D create a 3D model as a result of design coordination and follow up with construction coordination for 4D.

According to results of the survey, the major contributions that 4D modeling has to offer to the project management discipline are ranked from the most important to the least important: makes planning more intelligible by providing visual, combines the various disciplines of design in a single model to identify the conflict, presents the opportunity of constructability analysis, increases the interaction between project participants, shows the effect of result changes made on the project, provides pre-determination work security threats.

Considering the wide range of benefits of 4D modeling, the reason why it is not widely used in our country is an issue that that requires attention. The major obstacles of 4D implementation are, ranked from the most important to least important: the lack of personnel in information technology and 4D, the time and human sources to follow up the model creation, availability of high level detail required for healthy analyzing, the opinion of the existing planning (CPM) and design (2D) methods are enough, the requirement of revision in the company's organizational structure, necessary costs of training and software for 4D.

The result of the survey and interview studies addressing the applicability of 4D in Turkish construction sector considering different occupations, education, experience, habits, positions and company type identify a different orientation. According to the survey results, the cultural effect of the current 4D usage ratio (11%) is proven to be less preferred in our country, therefore, the followed methods are discussed for changes. The idea that has been accepted by the majority of workers in the sector is that in the future 4D will become a tool that everyone should use.

According to the 4D experts that answered this survey, all industries show resistance to change. This resistance can be stronger for people who are from the older age group. Potential users are more likely to be convinced and show less resistance when the 4D software is represented in a softer approach. Resistance to change should be seen like a feedback mechanism that shows the lacking technology instead of seeing it as a negative concept.

In order to break the resistance, we can talk about 2 different change paths such as from down to up and from up to down. It will be better for bigger companies to have the change path from down to up and for small companies from up to down. The best approach is to impose the idea of change to the lower levels and get an approval from the higher level.

The reason of less usage of 4D in Turkey is not cultural. As shown in our interviews, this opinion is rejected by the experts. The culture concept can show different identities throughout history, since history is dynamic. Associating the lack of technology to culture will bring deadlock with it. The whole world is becoming a big village with 21st century and people's behavior is becoming closer to each other's every day. Some countries which can be considered less developed than Turkey are already becoming very successful in construction information.

The majority of participants checked and updated once a week with a detailed work program - this was considered a positive habit for a successful 4D applications that can be performed on behalf of the Turkish construction sector. 3D modeling has not been preferred for designing, so the actions that need to be taken have been expressed. The minimal resistance during implementation of 4D technology most likely convince and implemented which profiles of individuals on the basis of experienced "20 years and older", " Company owner & General Manager" is designated as a company basis the closest group for 4D has been determined the companies turnover more than "500 Million TL".

In order for Turkey to catch up in the 4D construction sector and to save time, money and earn credibility, the following solutions should be used; encouraging 3D drawing in universities, encouraging training of 4D for undergraduate and graduate departments, the graduate and doctoral work should be done in order to improve 4D technology, service procurement from the 4D consulting firms, the training of the staff of project management firms for 4D to shoulder the changes, making 4D mandatory for public tenders and giving seminars especially for field engineers by the Chamber of Civil Engineers.

1. GİRİŞ

Son yıllarda hız kazanan teknolojik gelişmelerle birlikte insanoğlunun uzun zamandır kullandığı 2 boyutlu dünya tasavvuru ciddi manada değişime uğramıştır. Topoğrafyadan, tıp bilimine kadar bir çok alanda 3. boyutun sağladığı gerçeklik hissinden istifade edilmiş ve bu konuda çalışmalar ortaya konmuştur.

Bu değişim ve dönüşüm dalgasının inşaat sektöründeki yansıması tasarım araçlarının artan görsellikle tamamlanması şeklinde oluşmuştur. Geleneksel 2 boyutlu proje çizimlerinin yetersiz kaldığı bir çok karmaşık projede 3 boyutlu çözümler tercih edilerek bir çok sorunun önüne geçmek mümkün olmuştur.

Projenin optimal süre ve maliyet koşulları içerisinde, kalite koşullarını yerine getirerek gerçekleştirilebilmesi tüm taraf ve çalışanların koordine edilmesi ve imalatların belirli bir sıraya konmasını hedefleyen planlama disiplininin, 3 boyutlu tasarım yaklaşımıyla kesişiminden oluşan küme 4 boyutlu (4D) modelleme kavramı ile doldurulmuştur.

Son yıllarda sergilediği yurt içi ve yurt dışı performansıyla öne çıkan Türk inşaat sektörü, sahip olduğu nitelikli yönetim ve eleman kadrolarıyla bir çok önemli projeye imza atmasına karşın proje yönetim alanındaki teknolojik yeniliklere karşı yeterli ilgiyi göstermemiştir. 4D kullanımının düşük seviyelerde olduğu Türk inşaat sektöründeki mevcut tablonun düzeltilmesi için neler yapılması gerektiği konusunda bir yol haritasına ihtiyaç duyulmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı 4D'nin Türk inşaat sektöründe yaygın bir kullanıma ulaşamamasının sebeplerini araştırmak ve bu verileri analiz ederek 4D'nin Türk inşaat sektöründeki uygulanabilirliğini tespit etmektir.

Bu gaye çerçevesinde sektördeki planlama alışkanlıkları belirlenmiş, 4D'nin bilinirliği ve sektördeki uygulamaları sorgulanmış, 4D'nin sağladığı faydalar ve önündeki engellerin sektör çalışanları gözündeki önem dereceleri belirlenmiş ve bu

çerçeve 4D'nin önündeki engellere getirilen çözüm önerileri paylaşarak 4D'ye adapte olmaya en uygun profiller belirlenmiştir.

1.2 Çalışma Yöntemi

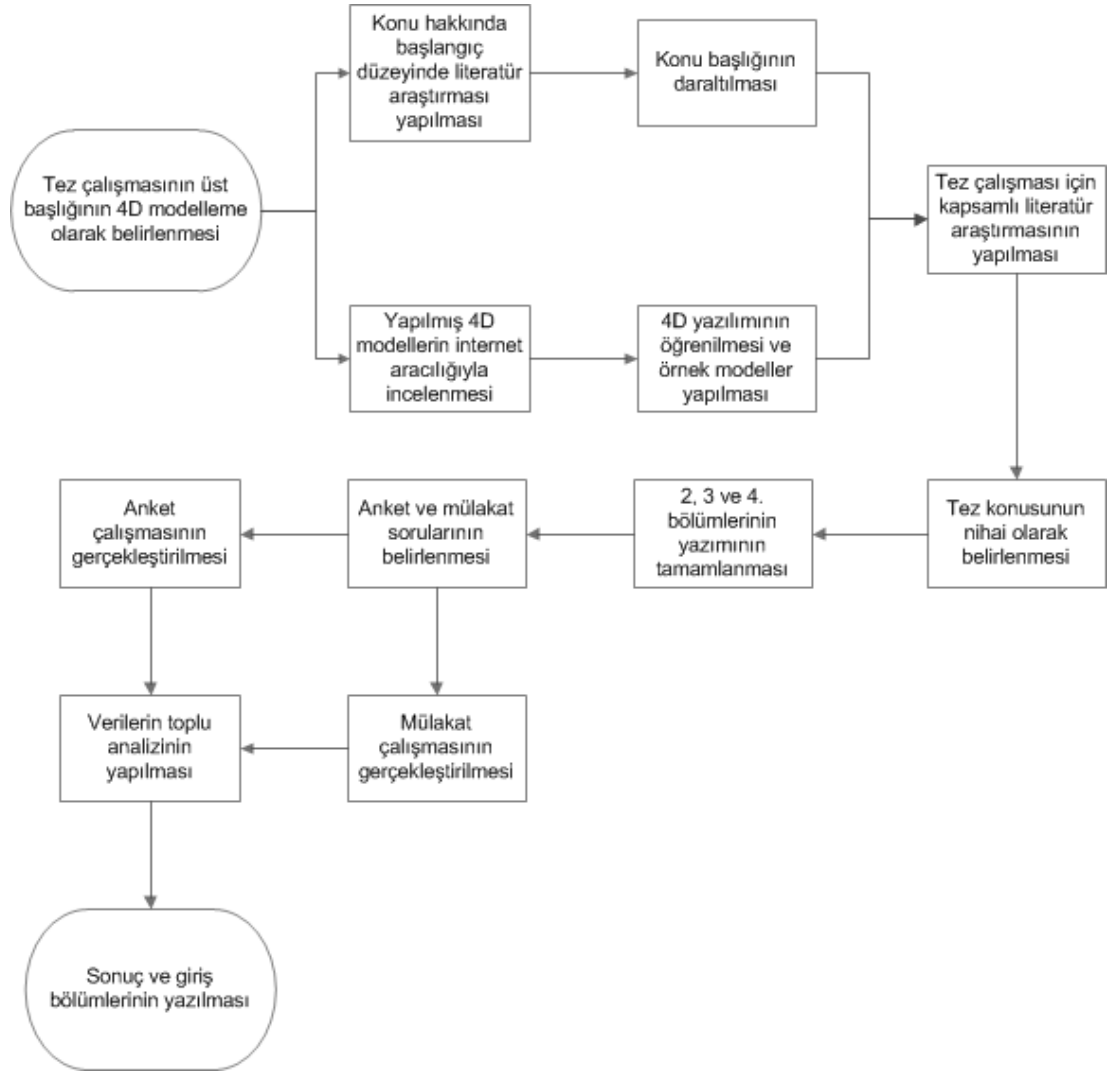
Tez çalışmasının üst başlığının 4D modelleme olması kararlaştırıldıktan sonra konu hakkında başlangıç düzeyinde bilgi edinmek ve konu başlığını daraltmak amacıyla literatür taraması yapıldı. Eş zamanlı olarak internette bulunan 4D modellerin simülasyonları izlenerek farklı bir çok proje türünde karşılaşılan koşullar gözlemlendi.

4D modellemeye daha iyi hakim olabilmek amacıyla Synchro yazılımı üzerine çalışmalar yapılarak örnek 4D modellemeler yapılacak bilgi düzeyine erişildi. Bu süreçte karşılaşılan yazılımsal problemler firmaya rapor edilerek kimi yapısal hataların güncellemelerle giderilmesi sağlandı.

Edinilen teorik ve pratik bilginin üzerine daha derin bir literatür araştırmasına başlandı. Araştırma neticesinde tez konusu nihai olarak belirlendi ve tümünden gelişimsel biçimde 2, 3 ve 4. bölümlerin yazımı tamamlandı. Ardından edinilen bilgi ve tecrübeler ışığında anket ve mülakat soruları belirlendi.

Anket ve mülakatın ele alındığı 5. bölüm veri akışının tamamlanmasını takiben yazılmaya başlandı. Anketten elde edilen veriler ham halleri ve çapraz analizleriyle yorumlandı. Mülakatlardan gelen bilgiler ayrı olarak ele alınarak anket verileriyle ilişkilendirildi.

Son olarak çalışma neticesinde erişilen bulgular, 4D'ye entegrasyon için uygun profiller ve 4D'nin yaygınlaşması için yapılan önerileri içeren sonuç bölümü kaleme alındı ve giriş bölümüyle birlikte tamamlandı.



Şekil 1.1 : Çalışmanın ağ diyagramı.

1.3 Tezin İçeriği

Tez çalışmasının giriş bölümünde çalışmanın amacı, izlenen yöntem ve tezin içeriği hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın 2. bölümünde proje yönetim disiplininin inşaat sektöründeki kavramsal çerçevesi çizilmiş ve proje yönetiminin bir parçası olan süresel planlama için bir parantez açılmıştır. Bu bağlamda bilgisayar destekli planlama ve yazılım seçimi konularına değinilerek bazı CPM yazılımları hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın 3. bölümünde 4D modelleme hakkında temel kavramsal çerçeve çizilerek bu teknolojinin hedefleri, uygulama alanları ve kullanım aşamalarından bahsedilmiştir. Aynı bölümün son kısmında piyasadaki bazı 4D yazılımları ele alınmıştır.

Çalışmanın 4. bölümünde 4D aracının inşaat sektöründe kullanımı konusu incelenmiş ve 4D'nin bir firmaya adaptasyonu ve aktif kullanımı süreci tarif edilmiştir. Bölümün devamında 4D'nin proje yönetimine sağladığı faydalar ve bu teknolojinin geniş anlamda kabul görmesinin önündeki engeller ele alınarak yapılacak araştırma için veri sağlanmıştır.

Çalışmanın 5. bölümünde Türk inşaat sektörünün 4D modellemeye yaklaşımını ölçmek ve bu teknolojinin önündeki engeller için çözüm önerileri geliştirmek maksadıyla yapılan anket ve mülakat çalışmalarından elde edilen bulguların analizi, sonuçları ve çapraz değerlendirmeleri yer almaktadır.

Çalışmanın 6. bölümünde Türk inşaat sektörünün 4D modellemeye yaklaşımını ölçmek ve bu teknolojinin önündeki engeller için çözüm önerileri geliştirmek maksadıyla yapılan araştırma çalışmasının sonuçları değerlendirilmiştir.

2. İNŞAAT PROJE YÖNETİMİ VE PLANLAMA

2.1 İnşaat Proje Yönetimi

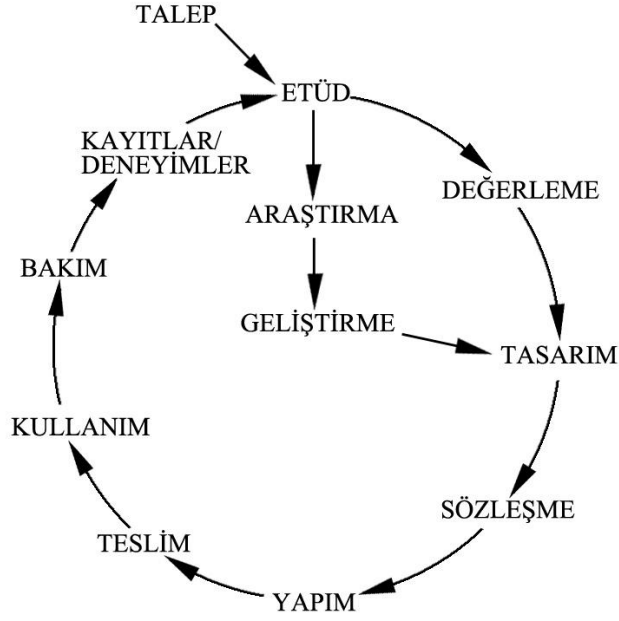
İnşaat sektörü gerek sahip olduğu karmaşık yapı gerekse de inşaat projelerinin tek ve tekrarlanamaz olma özelliği nedeniyle kendine özgü bir kimlik taşımaktadır. Her proje ile tekrardan örgütlenmek zorunda olan tarafların çokluğu (mal sahibi, proje müellifleri, yükleniciler, alt yükleniciler, malzeme üreticileri, kamu kuruluşları, çevre örgütleri v.b.) ve her projeyle yeniden ele alınması gereken bir çok safhayı (ön fizibilite, tasarım, ihale, imalat, işletme, bakım v.b.) içinde bulundurması nedeniyle inşaat sektörü karmaşık bir sektör olarak adlandırılmaktadır [1].

Projenin başarılı bir sonla noktalanması için sözü edilen mevcut yapının analitik yöntemlerle çözümlenmesi, aşamalar ve taraflar arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve buna göre bir örgütlenme modelinin ortaya konması gerekmektedir.

İnşaat sektörünün gün geçtikçe daha da karmaşık bir hal alan yapısını, amaçlara daha rahat erişme maksadıyla modelleyen disiplin olan İnşaat Yönetimi (Construction Management) bu ihtiyaca binaen mühendislik ve işletmenin ortak çalışması neticesinde ortaya çıkmıştır [1].

İnşaat proje yönetim disiplini, yapının mal sahibinin hayalindeki halinden başlayarak işin tamamlanıp teslim edilmesi ile sonlanan süreç dahilinde süre, maliyet ve kalite kontrolü için hazırlanmış olan prosedürlerin genel adıdır [2].

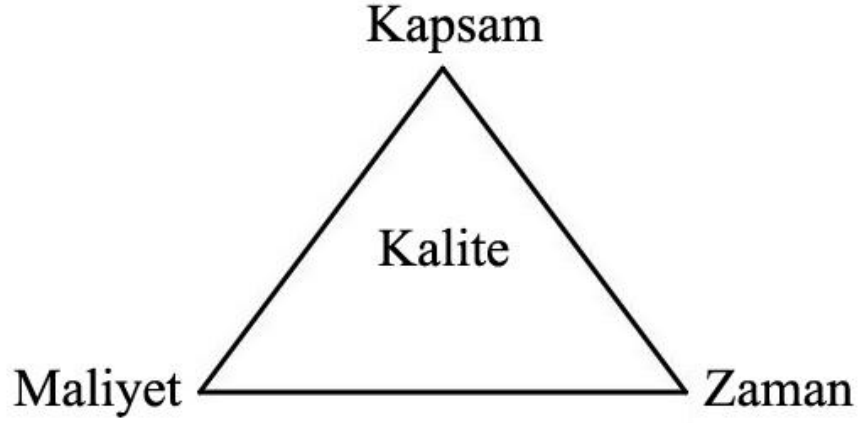
Proje yönetimini ilgilendiren süreç Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : İnşaat yatırımı çevrimi [3].

Temel manada zaman, para ve malzeme-makine-işçilik üçlüsünü temsilen kullanılan ve kaynak kavramının optimizasyonunu hedef alan proje yönetim disiplini insan faktörü belirleyici etkenlerden biri konumundadır. İnşaat sektörünün emek yoğun yapısı gereği insan faktörü göz ardı edilemeyecek bir önem taşımaktadır [1].

Proje yönetimin başarısı proje ekibinin beklenen sonucu, maliyet ve zamanı yöneterek gerçekleştirme kabiliyetiyle ölçülebilir. Başarılı belirleyen üç kısıt bütçe, kapsam ve zaman bir üçgen olarak resmedilebilir. Müşteriler devamlı proje kapsamı, zaman ve maliyet konularında şikayet sunduklarından müşteri memnuniyetini bu üçgenin merkezine yerleştirmek mümkündür. Böylece kaliteli bir ürün ortaya konabilmesi için söz verilen tüm kapsamın, söz verilen bütçe ve söz verilen zaman sınırları dahilinde tamamlanması yeterli olacaktır. Bu üçgen Şekil 2.2'de resmedilmiştir [4].



Şekil 2.2 : Proje yönetim üçgeni [5].

2.1.1 Proje yönetiminin işlevleri

İnşaat proje yönetiminin sahip olduğu işlevlerin birbirlerinden bağımsız oldukları söylenemez. Bu işlevler proje yönetim sürecinin birbirleriyle ilişkili ve birbirlerini tamamlayıcı unsurları olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu işlevler Amerika Proje Yöneticileri Birliği'nin(CMAA) kitapçığında proje yönetimi (genel), maliyet yönetimi, süre yönetimi, kalite yönetimi, sözleşme uygulaması, iş güvenliği yönetimi şeklinde sıralanmıştır [6].

2.1.1.1 Proje yönetimi (genel)

Bu kategori inşaat proje yönetimi ve organizasyonunu genel anlamda ele almaktadır. İnşaat proje yönetim planı ve bu planı oluşturan temel unsurların geliştirilme yolları üzerine yaklaşımlar ortaya koymaktadır. İnşaat projelerinde var olan işlevler arası koordinasyonu sağlama ve belirlenmiş hedeflere ulaşma noktasında yönetim felsefesini oluşturmaktadır [7].

2.1.1.2 Maliyet yönetimi

Maliyet yönetimi kategorisi proje yöneticisinin tüm projeyi kapsayan bir maliyet yönetim sistemi ve bu işe tahsis edilmiş proje ekibi ile gerçekleşen maliyetlerin proje süresi boyunca yönetilmesi, kontrol edilmesi ve takip edilmesi hususunda yapması gereken çalışmaların esaslarını teşkil etmektedir [7].

2.1.1.3 Süre yönetimi

İnşaat projelerinin en önemli bileşenleri olan işgücü, ekipman, malzeme, araçlar ve parayı proje süresince randımanlı şekilde kullanmak adına verimli çalışan bir zaman yönetim sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Projenin istenilen kalitede, zamanda ve öngörülen bütçe içinde tamamlanabilmesi için doğru planlama ve programlama işlemlerinin yapılması gerekliliği ortadadır [7].

Süre yönetiminin esas bileşenleri olan çizelgelerin geliştirilmesi, takip ve tatbik edilmesi ve tüm bunların düzenli bir şekilde raporlanması inşaat proje yönetiminin süre yönetimi işlevinin taşıdığı iş kalemleridir [7].

2.1.1.4 Kalite yönetimi

Projenin kalite hedefleri için düzenlenen prosedürler ve politikalar için planlanan, düzenlenen, tatbik ve takip edilen, dosyalanan sistemin yönetimi kalite yönetimi olarak adlandırılmaktadır. Kalite yönetimi projenin istenen standartlarda, şartnamelerde öngörüldüğü şekilde test edilip incelenmesi ve sertifikasyon işlemiyle derecelendirilmesidir [7].

2.1.1.5 Sözleşme uygulaması

Projenin yürürlükte olduğu süreç içerisinde yöneticinin üstlendiği görevlere açıklık getirme ve tüm yapım sözleşmelerinde gerekli olan raporlama işleminin gerçekleştirilmesi sözleşme uygulaması kategorisinde ele alınmaktadır [7].

2.1.1.6 İş güvenliği yönetimi

Mal sahibine güvenlik yönetimi hizmetlerinin sunulması ve bunların takip edilmesi iş güvenliği yönetiminin en temel görev alanıdır. Proje yöneticisinin güvenlik konusundaki sorumluluğu projelere göre farklılık arz edebilmektedir. Güvenlik yükümlülükleri proje yöneticisi ve mal sahibi arasındaki sözleşmede açıkça bildirilir [7].

2.1.2 Proje yönetiminin süreçleri

Proje yönetiminin zamansal sınırları, hayal halindeki proje ile gerçekleşmiş proje arasındaki süreç olarak belirlenmiştir. Sınırlar bu şekilde çizildikten sonra inşaat proje yönetiminin süreçleri ön tasarım, tasarım, ihale ve satın alma, yapım ve yapım sonrası olarak tasnif edilmiştir.

Proje yönetim işlevlerinin süreçlerle ilişkisini daha iyi görebilmek için düzenlenen inşaat proje yönetim matrisi bir inşaat projesindeki tüm yönetsel işlemlere ışık tutmaktadır.

Çizelge 2.1 : Proje yönetim matrisi [3].

Fonksiyon \ Süreç	Ön Tasarım	Tasarım	İhale ve Satınalma	Yapım	Yapım Sonrası
Proje Yönetimi					
Maliyet Yönetimi					
Süre Yönetimi					
Kalite Yönetimi					
Sözleşme Uygulaması					
İş Güvenliği Yönetimi					

Örnek olarak,

1-) Ön tasarım evresi ile maliyet yönetiminin kesişiminde yapılan işlemler; yapım maliyetlerinin araştırılması, proje keşfinin yapılması, tasarımcının konsept alternatiflerinin maliyete etkisinin incelenmesi.

2-) Tasarım evresi ile süre yönetiminin kesişiminde yapılan işlemler; tasarım iş programının takip edilmesi, yapımdaki işlem sıralarının belirlenmesi, yapım iş programının oluşturulması, teklif dosyası için projenin tahmini tamamlanma süresinin hesaplanması.

2.2 İnşaat Projelerinde Planlama

2.2.1 Genel kavramlar

Bir işin optimal süre ve maliyet sınırları içerisinde, kalite koşullarını yerine getirerek gerçekleştirilebilmesi için bütün taraf (mal sahibi, yüklenici, malzeme satıcıları, kamu kuruluşları vb.) ve çalışanların (mühendis, mimar, işçi vb.) süre, yer, kapasite

ve maliyetler açısından, iç ve dış sınır koşulları karşısında zamana bağlı olarak koordine edilmesine planlama denir. Planlamanın bir diğer tanımı ise imalatları fiziksel ve tercihi sıra göz önünde tutularak önem sırasına koyma işidir [8].

Bir imalatın başlayabilme imkanının diğer bir imalatın tamamlanmış olmasına bağlı olduğundan doğan sıraya fiziksel sıra denir. Fiziksel sıra inşaat planlamasında karşımıza çıkan en önemli kısıt olarak görülmektedir. Demir bağlandıktan sonra betonun dökülmesi, tuğla duvar örüldükten sonra sıvama işlemine geçilmesi örnekleri fiziksel sıraya verilebilecek örneklerdendir.

Bir imalatın başlayabilme imkanının fiziksel sıradaki gibi başka bir imalatın tamamlanmasına bağlı olmayışına rağmen özel nedenlere dayalı olarak yapılan, taşıdığı stratejik özellikle imalatın daha doğru ilerlemesini sağlayan sıraya tercihi sıra denir. Asma tavan imalatının tamamlanmasından sonra zemine mermer kaplama imalatının başlaması, yere halı serilmesinden önce boya imalatının tamamlanması örnekleri tercihi sıralamaya örnek teşkil edebilecek uygulamalardandır.

Günümüze dek proje planlama ve programlama konusunda farklı yöntemler kullanılmıştır. 19. yüzyılın başlarında endüstriyel sektörde çubuk grafik metodundan istifa edilmiştir. 20. yüzyılın başında Henry Gantt'ın ortaya koyduğu Gantt çizelgesi zamanla geliştirilerek proje planlamada kullanılmaya başlandı ve inşaat sektörü tarafından da benimsendi [9].

2.2.2 Planlamanın amacı ve kapsamı

İnşaat projelerinde planlama bir çok farklı amaca yönelik bina edilebilir. Gerçekleştirilen planlama çalışmasının amaçları planı oluşturan, kullanan ve takibini yapan planlamacı tarafından belirlenir. Ortaya konan amaçlar ölçüsünde planlama işlevinin kapsamı da genişlemekte yahut daralmaktadır.

Planlama sayısal verileri değerlendiren bir veri bankasıdır. Farklı disiplin ve departmanlardan topladığı bilgileri birbirleri ile kıyaslayarak farklı noktaları belirler ve hazırlanan raporlar aracılığıyla yöneticileri uyarır. Planlama departmanı bu sayede oluşturduğu arşivleme sistemi ile önceki projeleri analiz eder ve geleceğe yönelik tahminlerin daha isabetli olmasını sağlar [8].

Planlamanın en temel amaçlarından biri projenin tamamlanma süresini tahmin etmektir. Sözleşmede belirtilen süre zarfında tamamlanmayan projelerin para cezaları

ile gündeme geldiği bilinmektedir. Şirket bünyesinde yerleşik bir planlama sisteminin mevcudiyeti durumunda yükleniciler lüzum gördükleri anda imalatların hızını arttırmak yahut yavaşlatmak maksadıyla projede yer alan ekip sayısını, malzeme miktarını ve vardiyaları planlama sistemi üzerinden değiştirebilmektedir. İmalatlar için optimum süre, kaynak ve maliyet dengesini kurmaya yarayan inşaat planlaması ile projelerin tasarım ve yapım aşamasında izleyeceği yolu belirlemek amaçlanmaktadır [10] [8].

İş programları bazı özel aktivitelerin başlangıç ve bitiş tarihini belirlemek için de kullanılmaktadır. Tarihi belirlenen aktiviteler neticesinde projenin bileşeni olan genel yüklenici, alt yüklenici, malzeme tedarikçisi ve mal sahibi bilgilendirilerek hangi tarihlerde devreye girip sorumluluk alacakları belirlenmiş olur [10].

Proje planlamaları hem insan kaynağını hem de mali kaynakları zaman ekseninde görmek için kullanılabilmektedir. Planlama disiplini takvim hazırlamaktan ibaret görülmeyip birim imalat maliyetleri aktivitelere entegre edildiğinde projedeki beklenen maliyetler kolaylıkla ön görülebilmektedir.

Proje yönetimin tasarım evresinde yürütülen planlama çalışması varsayımlara dayanan bir takvim ortaya koymaktayken yapım evresine geçildiğinde planlanan ve gerçekleşen imalat farkı ortaya çıkmaktadır. Bu evredeki planlama çalışmaları mevcut imalatlara ilişkin verileri toplayarak planlanan ile gerçekleşen arasında karşılaştırmalar yaparak sonuçları yöneticilere raporlamayı da içermektedir. Bu sayede şantiyeler ile şirket merkezi arasında iletişim ve koordinasyon tesis edilmiş olur [8].

Planlama departmanının bir diğer amacı ise proje esnasında ortaya konan tasarım ve imalat çalışmalarına ait bütün verilerin depolanarak bir bilgi arşivi oluşturulmasıdır. Oluşturulan bu arşiv geride bırakılan proje için verim analizleri yapma imkanını sunduğu gibi gelecek projeler için güvenilir bir altyapı sağlamış olur [8].

2.2.3 Planlamada kullanılan teknikler

2.2.3.1 Çubuk diyagram

Çubuk diyagram yöntemi 1900 yılında Amerikalı bir mühendis olan Henry Gantt tarafından geliştirilmiş ve bu sebeple literatüre Gantt diyagramı şeklinde geçmiştir. Bu yöntemde işlemler zaman ölçeğine çizilen bir dizi yatay çubuk ile gösterilir. Her

ubuk, projedeki bir işlemin başlangıç tarihini, süresini ve bitişini gösterir. Geleneksel planlama metodu olarak bilinen çubuk diyagramları uzun yıllar yaygın bir biçimde kullanılmış olup bugün de bazı işlemlerde kullanılmaktadır [3].

ubuk diyagramın okunması ve yorumlanması kolaydır. Ancak ubuk diyagram çoklu aktivitelerin etkileşimini, kritik ve kritik olmayan işlemleri saptayamaz. Bu yetersizlik nedeniyle proje süresinin kısalmasıyla maliyet arasındaki bağıntının ne yönde değışeeğı sorusunu yanıtlayamamaktadır. Bu sebeple, çubuk diyagram karmaşık bir inşaat projesinin belirli aşamaları için hazırlanması mümkün olsa da bütün proje için tatbiki ciddi karmaşıklara sebep olabilir [10] [3].

2.2.3.2 Doğrusal planlama metodu (LSM)

Doğrusal planlama metodu (Linear Scheduling Method), doğrusal yapıda olan ve uzun süreli aktiviteler içeren projelerde kullanılmak üzere geliştirilmiş alternatif bir metottur. Doğrusal planlama yüksek katlı yapıların inşaatında da uygulanması nedeniyle dikey üretim metodu (VPM) olarak da bilinmektedir. Karayolu, demiryolu ve altyapı projeleri gibi aktivite tekrarlarının olduğu ya da aktivitelerin proje süresince devamlı gerçekleştirildiği projeleri planlamak ve bu aktivitelerdeki ilerlemelerin kaydını tutmak için kullanışlı bir yöntemdir [11].

2.2.3.3 Denge izgisi metodu (LoB)

Denge izgisi metodu (Line of Balance), 1950'de ABD Deniz Kuvvetleri tarafından geliştirilmiştir. LoB metodu bireysel aktiviteler için gerçek ilerleme oranına karşılık planlanmış oran üzerinde yoğunlaşır ve bu iki veri arasındaki farklılıkları tablo üzerinden sergileyen görsel bir sunum ortaya koyar [10].

LoB metodu; hedef tablosu, program tablosu ve ilerleme tablosu olmak üzere üç ana unsura sahiptir. Hedef tablosu, zamana karşılık tamamlanmış birimlerin artan sayısını gösteren birikmeli bir eğridir. Program tablosu tekrar eden birim için hazırlanmış bir ağ diyagramıdır. Proje kapsamındaki aktiviteler arasındaki süre ve ilişkileri gösterir. İlerleme tablosu, zaman içinde belli bir noktada bulunan tüm aktivitelerin üzerinden ilerleyen birimlerin sayısını gösteren bir çubuk grafiktir. LoB metodu aktivitelerin üretim oranlarını ayarlamayı mümkün kılması özelliği ile öne çıkmaktadır [10].

2.2.3.4 Kritik yörünge metodu (CPM)

Kritik yörünge metodu (CPM), ilk defa 1957 yılında Du Pont adlı kimya şirketi tarafından büyük bir yatırımın planlanmasında ve yürütülmesinde kullanılmıştır. Türkiye Cumhuriyeti'nin 1968 yılında yayınladığı İkinci 5 yıllık kalkınma planında bu yöntem teşvik edilmiştir. Boğaziçi Köprüsü, Atatürk Havaalanı ve Keban Barajı gibi önemli projeler CPM ile planlanmıştır [3].

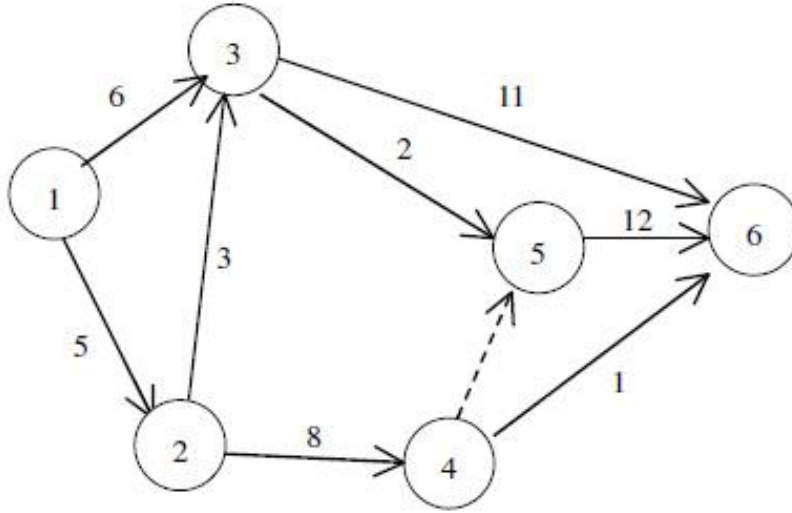
CPM, aktiviteler arasındaki mantıksal sırayı ve proje süresini belirleyen kritik yörüngeyi göstererek etkili bir proje yönetim denetimi sağladığından inşaat projelerinde yaygın olarak tercih edilmektedir. CPM, hazırlanan proje planlamasının güvenli bir şekilde idare edilebilmesi için aktiviteler arası mantık ağlarını, süre ve kaynakları içeren komple bir model sağlamaktadır. CPM ile hazırlanan planlar projeyi takip etme ve gerçekleşen iş ile planlanan iş arasındaki kıyaslama yapma imkanı sunar [10].

CPM, projenin kademesel veya bütün olarak süresinin hesaplanabilmesi amaçlı hazırlanan modelsel bir yaklaşımdır. Buna göre CPM;

- Modelseldir, şekillerle ifade edilir.
- Kademeseldir, aktiviteler arası ilişkilerle oluşur.
- Bütünseldir, tüm projeyi bir arada gösterir [1].

CPM uygulamaları, proje tekliflerini hazırlama safhasında proje idarecilerine hizmet etmekte, personel ve kaynakları idare etmekte, gecikme ve değişiklik emirlerini izlemekte, kaydedilen ilerlemeleri incelemekte ve alt yüklenicilerle müşterek bir proje takip imkanı sunmaktadır [12].

Örnek bir CPM ağ diyagramı Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3 : Örnek CPM ağ diyagramı [13].

CPM planı hazırlamak için projenin ayrıntılı bir analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Projeden sorumlu planlayıcı ve ya proje yöneticisi bu sayede projenin derinliklerine daha iyi vakıf olabilir. CPM'in gerektirdiği bu durum yanlış ve yanıltıcı planların hazırlanma ihtimalini aşağıya çeker [14].

CPM, yüksek teknolojiler ile geliştirilmiş proje süresi çizimi ve hesaplama teknikleriyle güvenilir ve kolay anlaşılır bir planlama tekniğidir. CPM tekniği, özellikle inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan ve benimsenen ortak bir dil gibidir [10].

2.2.3.5 Değerlendirme

Geleneksel proje planlama teknikleri arasındaki farklılık aktiviteler arası mantıksal ilişkinin kurulumunda görülmektedir. LSM, LoB, CPM ve Çubuk diyagram geleneksel proje planlama teknikleri olarak inşaat sektöründe kullanılsalar da projenin özelliklerine bağlı olarak bazı yönlerden eksiklikleri farklı yönlerden ise verimlilikleri bulunmaktadır. Çizelge 2.2'de planlama yöntemlerinin hangi proje türleriyle uyumlu olduğu gösterilmiştir [10].

Çizelge 2.2 : Farklı proje türleri için planlama teknikleri ve temel özellikleri [10].

Proje Türü	Planlama Metodu	Temel Özellikler
Doğrusal ve sürekli projeler (boru hatları, demiryolları, tüneller, otoyollar)	LSM	-Az sayıda aktivite -Doğrusal bir yol/alanda uygulamak -Zorlu sıra/zincir mantığı -Etkin bir performans için iş sürekliliği çok önemli
Çok üniteli tekrar eden projeler (siteler,binalar)	LoB	-Son ürün benzer üniteler grubudur. -Bütün projeler süresince aynı aktiviteler. -Üretimi gerçekleştirmek için farklı aktiviteler arası denge
Endüstri ve diğer kompleks binalar	CPM	-Çok fazla sayıda aktivite -Kompleks dizayn -Projeyi kritik yörüngede tutmak çok önemli
Basit projeler (her türden)	Çubuk diyagram	-Sadece süreyi gösterir. (aktivitelerin ne zaman başlayıp biteceğini) -Oldukça az aktivite

2.3 Bilgisayar Destekli Planlama

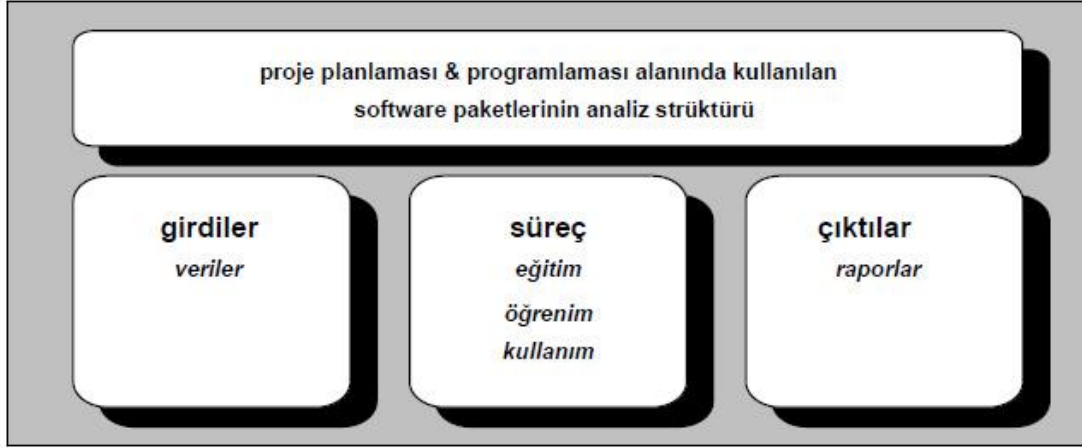
2.3.1 Temel kavramlar

20. yüzyılın son çeyreği ile içinde bulunduğumuz 21. yüzyılın başında teknoloji dünyasında cereyan eden önemli gelişmelere ekonomilerin başat faktörlerinden olan inşaat sektörü de kayıtsız kalmamıştır. Bu süreçte sektör alışkanlıkları yeni baştan sorgulanmış ve mühendislik hesabı alanında olduğu gibi planlama konusunda da bilgisayar destekli sistemlere duyulan ilgi artmıştır. İnşaat sektörünün karmaşık yapısını sistemli ve okunabilir hale getiren, çalışmaları genelden özele sınıflandırma ve detaylı olarak analiz etme fırsatı sunan yazılımlar proje yöneticilerinin vazgeçilmezi konumuna gelmiştir.

Bilgisayar destekli inşaat planlama sisteminin alt bileşenleri ekipman(hardware), yazılım(software) ve kullanıcıdır. Planlama işlevinin başarılı bir şekilde gerçekleşmesi için öncelikle gerekli ekipmana, sonra bu ekipmanla uyumlu bir

yazılıma ve bu yazılımı kullanabilecek yetenekte bir kullanıcıya ihtiyaç duyulmaktadır [15].

Şekil 2.4'teki gibi sistematize edilebilecek olan proje planlama yazılımları girdi, süreç ve çıktı bileşenlerinden oluşmaktadır.



Şekil 2.4 : Sistem yaklaşımıyla software analiz strüktürü [15].

Metraj, verim, kaynak gibi verilerin bilgisayara girilmesi ve aktiviteler arasındaki ilişkilerin belirlenmesiyle girdi aşaması tamamlanmış olur. Planlama sorumlusu, yazılımların bu verileri işlemesini sağlayabilecek bilgi düzeyine erişmiş olmalıdır. Bunun için yazılımın kullanımına ilişkin konularda eğitim öğrenim aşaması tamamlanmalı ve kullanım düzeyine gelmiş olmalıdır. Elde edilen sonuçların raporlanması çıktıları bileşeni dahilinde değerlendirilmektedir.

2.3.2 Planlama süreci

Proje yönetiminin sağlıklı bir şekilde sağlanabilmesi ve zaman, maliyet ve kapsam kısıtlarının dışına çıkılmaması adına yapılan bilgisayar destekli planlamanın kendisinin de planlanması gerektiği söylenebilir. Çıktıları planlamaya veri teşkil edecek olan bu çalışmalar bir dizi maliyet, kaynak ve ekip analizini ve bunların birbirleriyle koordinasyonunun sağlanması işlemini içermektedir.

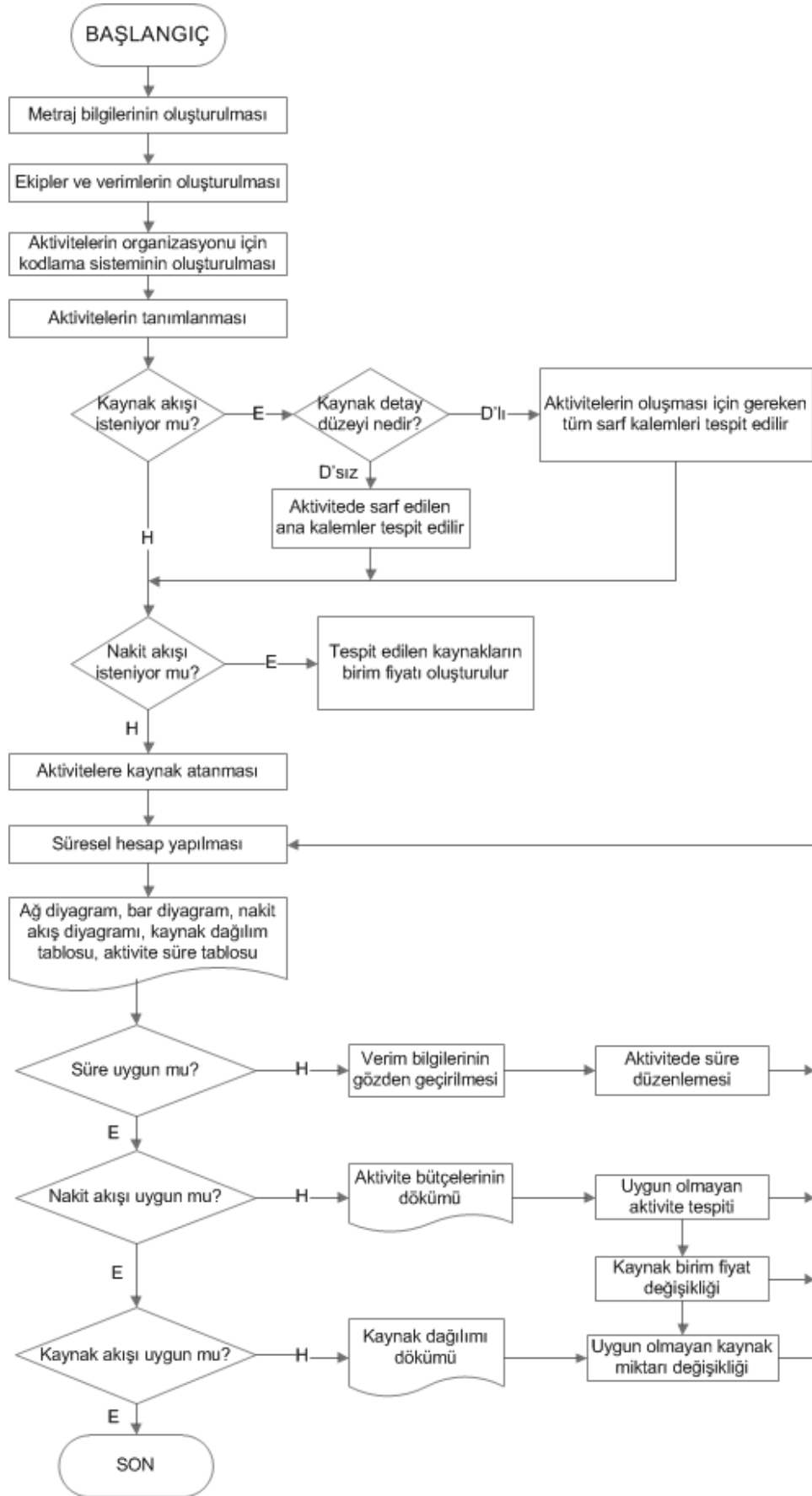
Projenin başlangıcından hemen sonra yapılacak işlem metraj bilgileri oluşturmaktır. Bunu takiben geçmiş tecrübelerle dayanarak ekip verimlilikleri tayin edilir. Aktivite sürelerinin belirlenmesi için adam saat değerleri temel teşkil etmektedir [1].

Bir sonraki adımda metraj özetlerinde bulunan aktivitelerin kodlanarak eşsiz birer isme sahip olmaları sağlanır. Bu işlemin tamamlanmasıyla planlamacının tüm teknik bilgi birikimi ve tecrübesini ortaya koyarak oluşturduğu aktiviteler arası ilişkileri gösteren tablo hazırlanır. Bu tablo ağ diyagramının sayısal ifadesidir [1].

Bu işlemi takiben kaynakların tanımlandığı tablo oluşturulur. Tanımlanan bu kaynakların hangi aktivitelerde kullanıldığını gösteren ilave bir tablo hazırlanarak kaynakların atanacağı aktiviteler net bir şekilde görülmüş olur [1].

Tüm bu aşamaların ardından süresel hesaplar CPM metoduyla yapılarak belirlenen kriterlere göre raporlar oluşturulur. Hazırlanan raporların incelenmesi sonrası süresel hesaplar tekrarlanır [1].

Planlama işleyiş şeması Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5 : Planlama işleyiş şeması [1].

2.3.3 Yazılım seçimi

Proje planlamasına yönelik yazılımlar bir mimarlık yahut mühendislik bürosundaki projelendirme sürecine ait zaman, kaynak ve maliyet planlaması amacıyla yönelik olarak kullanılabileceği gibi, bir çok projeyi bünyesinde bulunduran bir yüklenici firmanın merkez ve şantiyelerindeki planlama, yürütme ve denetleme işlevlerine kadar bir çok farklı amaç dahilinde kullanılabilir. Farklı amaçlar açısından yaklaşıldığında tercih edilen software konusunda da farklılıkların ortaya çıkacağı açıktır [16].

Girdileri istenildiği şekliyle sistem içerisine alabilen, süreci kolaylıkla yöneten ve çıktıları beklenildiği şekilde sunan yazılım, tercih edilmesi gereken yazılım olarak tanımlanmaktadır. Yazılım seçiminde dikkat edilecek başlıca hususlar Kanoğlu'nun (1996) çalışmasında aşağıdaki şekilde özetlenmiştir

2.3.3.1 Enformasyon sisteminin amaçlarına uygunluk

Proje planlama yazılımının hangi işlevsel modüllere yönelik ne tür veritabanlarına hangi çıktıları üretmesi gerektiği ve bu çıktıların üretilebilmesi için gerekli olan veri alanlarının yazılım tarafından sağlanma durumu ilk olarak belirlenmesi gereken husustur [16].

2.3.3.2 Software paketlerinin entegrasyonu açısından uygunluk

Yazılımların çeşitli veritabanı, hesap tablosu, sunum, yazı yazma gibi paketlerle veri alış verişinde bulunması, ve diğer programlara senkronizasyona müsait olması gerekmektedir [16].

2.3.3.3 Hardware sistemi açısından uygunluk

Planlama için kurulacak sistemin network ya da PC üzerinde, çok yahut tek kullanıcı olarak düşünülmesi ve enformasyon sisteminin bu doğrultuda dizayn edilmiş olması yazılım tercihini önemli ölçüde etkilemektedir [16].

2.3.3.4 Eğitim, öğretim ve kullanım olanak ve kolaylıkları

Planlama yazılımları gün geçtikçe grafik ara yüzü ağır basan şekilde tasarlanmakta ve giderek birbirlerine benzemektedir. Fakat firmaların müşterilerine sağladığı eğitim desteği, öğrenim ve kullanım kolaylığını konusunda büyük farklar ortaya

koymaktadır. Yazılımcı firmaların teknik destek yeterlilikleri bu noktada önemli bir kriter olarak ortaya çıkmaktadır [16].

2.3.3.5 Ürünün sürekliliği

Sektördeki mevcut rekabet anlayışı nedeniyle değişime adapte olamayıp kendini yenileyemeyen yazılımlar zamanla piyasadan silinmektedir. Planlama için seçilen ürünün sürekliliğinin sağlanamaması halinde bir başka yazılım programına geçişin doğuracağı külfetler yazılım seçiminde ön görülmelidir [16].

2.3.3.6 Fiyat performans ihtiyaç karşılaştırmaları

Planlama yazılımı seçimi için yukarıda belirtilen kriterleri sağlayan ve kabiliyet noktasında birbirine yakın olan yazılımlar arasında son tercihi yapabilmek için fiyat-performans-ihtiyaç dengesini gözetilerek karşılaştırmalar ortaya konmalıdır [16].

Bu sistematik yaklaşım çerçevesinde verilen nihai karar ile planlama departmanının ihtiyaçlarını en iyi performans ve en doğru fiyatla karşılayan yazılımın seçimi tamamlanmış olacaktır.

2.3.4 Örnek geleneksel planlama yazılımları

Bu bölümde inşaat sektörü piyasasında yaygın olarak kullanılmakta olan CPM ve LSM temelli planlama yazılımları kısaca tanıtılmıştır.

2.3.4.1 Microsoft Project

Microsoft Project (MSP) Microsoft şirketi tarafından geliştirilen, proje yöneticilerine plan oluşturma, kaynakların görevlere atanması, aşama takibi, bütçe yönetimi ve iş yükü analizi konularında destek sağlamak amacıyla oluşturulmuş bir proje planlama yazılımıdır [17].

Piyasadaki diğer planlama yazılımlarına göre daha basit bir ara yüz ve daha az özellikle donatılmıştır. Bir çok meslek grubu tarafından kullanılmakta olan Microsoft Project inşaat sektöründe daha çok detaylandırılmamış iş programları için tercih edilmektedir. Raporlama sisteminin detay düzeyi yetersiz olduğundan yüksek beklentilere yanıt verememektedir [18].

Risk yönetimi özelliğine sahip olmayan Microsoft Project; süreç, kaynak ve maliyet yönetimi alanlarında da zayıf kalmaktadır. Ucuz fiyatı ve uzmanlık gerektirmeyen

kolay anlaşılır ara yüzüyle büyük olmayan inşaat projelerinde tercih edilebilmektedir.

2.3.4.2 Primavera Project Planner

Primavera ilk olarak Primavera Systems şirketinin adıyla 1983 yılında bir çok yazılım paketini içinde barındıran bir proje portfolyo yönetim girişimi olarak piyasaya sürülmüştür. 2008 yılında Oracle'ın satın aldığı yazılım, inşaat sektöründeki bir çok firmanın kullandığı proje yönetim programı konumundadır [19].

Sahip olduğu karmaşık yapıya rağmen projeleri efektif biçimde yönetme imkanı sağlayan Primavera; raporlama, kaynak ve maliyet tanımlama seçenekleri ile Microsoft Office Project'e göre daha profesyonel bir görünüm sunduğundan daha çok tercih edilmiştir.

Ancak yazılımın el değiştirmesini takiben kurulum işleminin zorlaştırılması ve programın farklı sektörler için uyumlu hale getirilerek kullanım kolaylığı özelliğini büyük ölçüde kaybetmesi nedeniyle inşaat sektöründe yeni planlama yazılımları test edilmeye başlanmıştır.

2.3.4.3 Asta Powerproject

Asta Powerproject, İngiliz Elecosoft firması tarafından geliştirilen, farklı sektörler ve farklı büyüklüklerde projeler için kullanılabilen bir proje, portfolyo ve kaynak yönetimi programıdır. Son yıllarda Asta Powerproject yazılımında kaydedilen gelişmeler neticesinde program inşaat sektöründe artan bir kullanım oranına ulaşmıştır [20].

Asta Powerproject kullanıcı dostu ara yüzü sayesinde adaptasyon sorunu yaşatmayan ve taşıdığı bir çok özelliğe karşın kolay anlaşılabilir olan bir program sistematiğine sahiptir. Sadece kullanım kolaylığı alanında değil, maliyet yönetimi ve risk yönetimi alanlarında da Primavera'yı geride bıraktığı kullanıcı izlenimleriyle nakledilmiştir [21].

Asta Powerproject teknik bir takım üstünlüklerinin yanı sıra, aynı anda olmamak kaydıyla, farklı bilgisayardan kullanıma izin veren lisans yapısıyla fiyat anlamında da rekabetçi bir noktada durmaktadır.

2.3.4.4 Tilos

Asta Powerproject'in yapımcı firması tarafından piyasaya sürülen TILOS, doğrusal kimlik gösteren ulaştırma ve altyapı projeleri için tercih edilmekte olan bir lineer zaman ve konum planlama programıdır. Gantt cetveli, şantiye planı, kesitler ve seviye bilgileri gibi bir çok veriyi tek bir planlama dosyası içinde görmeyi sağlayan bir planlama yaklaşımı ortaya koymaktadır [22].

Bir çok uluslararası projede uygulanan ve başarı sağlayan TILOS yazılımı kolay kullanımı ve lineer projelerin kendine has planlama problemlerini rahatlıkla çözme araçlarını sunarak yenilikçi bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Otoyol, demiryolu, tünel, isale hattı ve köprü projelerinde uygulanmakta olan yazılımın en temel artısı bir çok görsel veriyi konum ve zaman parametreleri üzerinden tek plan üzerinde gösterebilme yetisidir. CPM planlarının analitik kimliği ve proje planıyla görsel bağlantı kuramayan yapısı nedeniyle bu tür projelerde Linear Scheduling Method (LSM) tercih edilmektedir [22].

2.3.4.5 Değerlendirme

Türk inşaat sektöründe yaygın olarak CPM temelli planlama yazılımları kullanılmaktadır. Sektörü Primavera domine ederken ufak ölçekli projelerde düşük maliyetinden ötürü MS Project kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda yaptığı atılımla adından söz ettiren Asta Powerproject Avrupa'da geniş bir taban bularak Türk inşaat sektörüne de giriş yapmıştır. Primavera'nın her güncellemeyle daha da karmaşıklaşması kullanıcıları memnun etmemiş ve bir çoğu eski versiyonları kullanmayı tercih etmiştir. Primavera'nın vaat ettikleri daha sistemli bir ara yüzle sunan Asta Powerproject, maliyet yönetimi, risk yönetimi, kullanım kolaylığı ve fiyat alanlarında daha iyi sonuçlar vermektedir.

Geleneksel proje planlama ve programlama yazılımları bugüne değin proje yöneticilerinin ihtiyacına cevap vermiş, ancak inşaat sektörünün gelişimi ve bununla birlikte artan beklentilere karşılık sağlama noktasında yetersiz kalmıştır. Proje yönetim uzmanlarının bu nedenle girmiş olduğu arayış, inşaat proje planlamasında 4. boyut teknolojisine kapı aralamıştır.

3. 4D KAVRAMSAL ÇERÇEVE

3.1 Giriş

İnşaat sektöründe son yıllarda kaydedilen büyük gelişmelerle birlikte altyapı, konut, ticari yapılar ve diğer tüm alanlarda proje kapsamlarının genişlediği görülmüştür. Sektördeki projelerin artan karmaşıklığı ve yaşanan kaynak darlığı nedeniyle inşaat proje yönetim ve planlama alanında daha gelişmiş araçlara duyulan ihtiyacı arttırmıştır [23].

Planlamayı gerçekçi kılmak için geliştirilen simülasyon tekniği, inşaat faaliyetlerindeki kaynaklar arasındaki etkileşimleri ve değişkenlikleri ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Simülasyon örnek bir sistemin performansını değerlendirmek ve tasarımını oluşturmak için kullanılabilir [24].

İnşaat sektörünün yapıları canlandırma talebine cevap veren çeşitli yaklaşımlar vardır. Bunlar 3D animasyon, sanal gerçeklik ve 4D modellemedir. Son yıllarda inşaat bilişiminde büyük değişimlere yol açan BIM yaklaşımı bu araçların özelliklerini bünyesinde barındırmaktadır.

Noktalar, çizgiler, 2D şekiller ve 3D hacimlerden oluşan klasik üç boyutlu tasarıma ek olarak Yapı Bilgi Sistemi (BIM) yaklaşımında bu geometrik bileşenler kendilerine has birer anlam taşımaktadırlar. Bu anlam içerisinde cins bilgisi, metraj bilgisi, birim fiyat bilgisi, tedarik bilgisi olabildiği gibi planlama bilgisi de bulunabilmektedir [25]. Son yıllarda güncellenen 4D yazılımları model bileşenlerine yüklenen planlama anlamına ilave olarak BIM yaklaşımının gerektirdiği şekilde ilave anlamlar eklemekte ve bu sebeple kendilerini 4D BIM yazılımı olarak tanıtmaktadırlar.

3.2 4D Modelleme

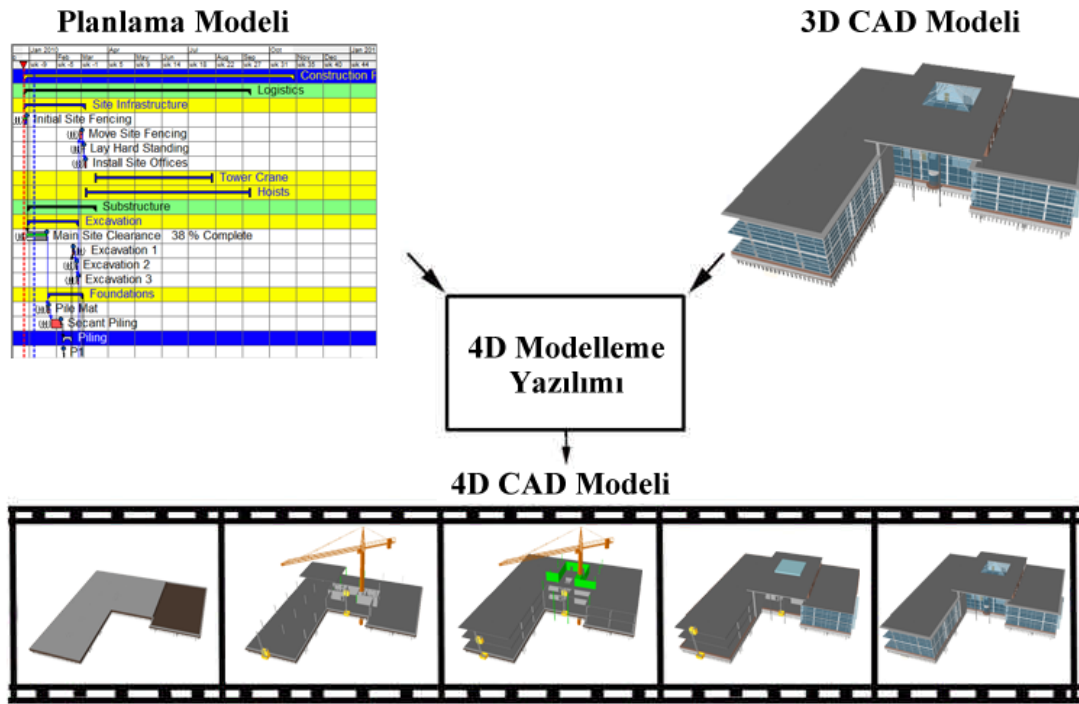
3.2.1 Tanım

4D CAD (Computer Aided Design) modeli, yapının üç boyutlu (3D) geometrisine dördüncü boyut olan zamanın entegre edilmesiyle oluşturulur [26]. 4D modelde

bulunan yapı bileşenleri, 3 boyutlu şekillerini tarif eden geometrik özelliklere sahiptir. Buna ek olarak, bileşenin inşaat başlangıç ve bitiş tarihlerini gösteren zamansal özellik de bileşene ilave edilmiştir. Bir yapının 4D modeli, projenin yapım aşamalarını grafiksel biçimde simüle ederek, proje yöneticisinin inşaat sürecini sanal ve görsel verilerle kavramasını sağlar [27].

4D model, 3D modele planlama bilgisinin bağlanmasıyla oluşturulur. 3D çizime imkan tanıyan bir CAD programı vasıtasıyla ilk olarak projenin katı kütlesi oluşturulur. 2D veya 3D çizimler üzerinde bulunan yapı elemanlarını CPM mantığıyla sıraya dizecek olan planlama dosyası hazırlanır. Eldeki bu iki veri bir 4D modelleme yazılımında, yapı elemanlarıyla aktivitelerin senkronize edilmesi suretiyle bağlanır.

Şekil 3.1'de 4D modelin oluşumundaki bağlanma işlemi gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : 4D modelin geliştirilme süreci.

4D görselleştirme aracının kullanımı geride bıraktığımız 15 yıl içerisinde artan bir seyir izlemiştir [28]. Bunun temel sebebi inşaat sektörünün 4D CAD uygulamalarının projelere sağladığı katkı ve faydaların farkına varıyor olmasıdır [29] [30]. 4D modelleme teknolojisinin geleneksel araçlarla kıyaslandığında sağladığı faydalar

proje içi üretimin artması, proje koordinasyon yeteneğinin gelişmesi ve şantiye kaynak kullanımının optimize edilmesi olarak özetlenebilir [31].

Gelişen teknolojiyle birlikte 4D yazılımları araçlarını geliştirerek yeni özellikleri kullanıcılarına sunmuştur. 4D modelleme anlayışına maliyet kontrolünün eklenmesiyle 5D, 5D anlayışının üzerine yaşam döngüsü yönetimi eklenerek 6D kavramları ortaya atılmıştır. Geline nokta tüm 4D programları bu ilave özelliklere sahip olmalarına karşın 4D ismini sayılarla arttırmak yerine BIM anlayışına dahil etme yolunu tercih ederek 4D BIM kavramını kullanmaktadır [32].

3.2.2 Tarihi arka plan

İnşaat planlamacılarının tipik olarak kullandığı CPM tabanlı ağ diyagramların bazı eksikliklerinden dolayı araştırmacılar inşaat yapım aşamalarını görsel olarak canlandırmak için proje planlama araçlarının 3D CAD modeli ile birleştirilmesi üzerine çalışmalar ortaya koymuşlardır. Bilgisayar grafiklerini kullanan önceki görsel simülasyonlar proje tasarımının iyileştirilmesi ile sınırlı kalmışken yapılan çalışmalar ile grafiksel çizimlerin planlamacılara süreç tasarımında yardımcı olacakları bir forma dönüştürülmesi üzerine gidilmiştir [26].

Örneğin Cleveland [33] inşaat işleyişini gerçek zamanlı görüntüleyen 3D bilgisayar modeli olan "Walkthru" sistemini geliştirmiştir. Retik [34] masaüstü VR (sanal gerçeklik) tekniklerini kullanarak imalat sürecini simüle etmiştir.

Bu gelişmeleri takiben 1994 yılında Stanford Üniversitesi'nde bulunan CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) laboratuvarında 4D CAD modelinin geliştirilmesi için çalışmalara başlandı. Collier ve Fischer [35] benzer teknikleri kullanarak geliştirdikleri 4D aracını bir inşaat projesinde kullandı. 1994'te gerçekleştirilen proje için hazırlanan 4D film proje yöneticilerini süresel ve alansal çakışmaların önüne geçilmesi noktasında uyarıcı etki yapmıştır [36].

CIFE'de gerçekleştirilen bir çok vaka çalışması ile, ortaya konulan 4D kavramının teorik ve pratik yönleri ele alınarak dünya çapında yürütülecek yeni araştırmalara temel teşkil edecek bilgiler sağlanmıştır.

3.2.3 İhtiyaç sebepleri

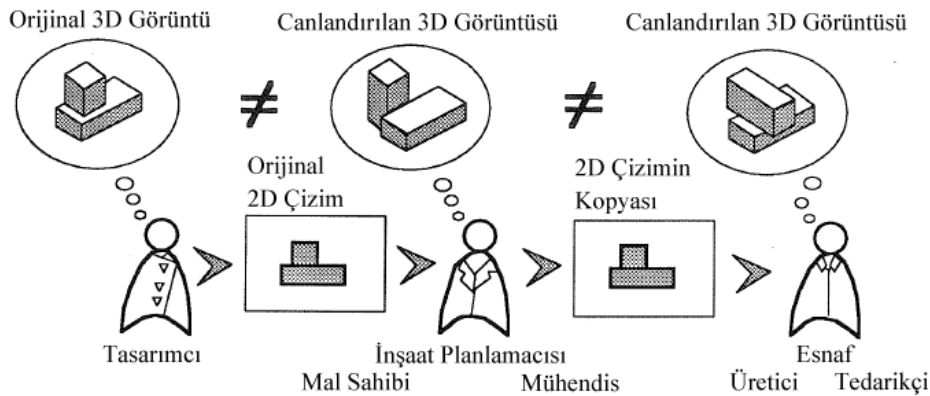
Günümüzün rekabetçi ortamında ayakta kalmak ve büyümek isteyen inşaat firmaları için yenilikçi proje yönetim anlayışları geliştirmek, operasyonel etkinliği arttıracak

araçlar üzerine odaklanmak temel iki sebepten ötürü artık bir zorunluluk haline gelmiştir. İlki, firmaların üstlenmiş olduğu büyük projelerde verimin artırılmasının tasarruf ve kâra büyük katkılar sağlayacak olmasıdır. Diğerisi ise bu çoklu ve karmaşık projeleri ciddi zaman ve kaynak kısıtları içerisinde idare edebilmenin gerekli oluşudur. Bu sebeple inşaat firmaları tüm projeleri zamanında, bütçe dahilinde ve kabul edilebilir kalite standartları ölçüsünde tamamlayabilmek için inşaatın yapım aşamalarını kolaylaştıracak gelişmiş ve çok yönlü planlama araçlarına ihtiyaç duymaktadır [37].

İnşaat planlamacılarının temel görevi inşaat aktivitelerinin sırasını belirlemek, kaynakları uygun bir şekilde tahsis etmek ve alt yüklenicilerin koordinasyonunu sağlamaktır. Proje yönetim alanında günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan yöntem, projenin tamamlanmasını zaman üzerinden takvimleyen CPM'dir. CPM ile yapılan planlama aktiviteler arasındaki bağları gösterirken, aktiviteler ile üç boyutlu cisimler arasında bir bağlantı sağlamaz. Ancak bu iki bilgi arasındaki karşılıklı bağıllık yapım sürecini planlama, değerlendirme, takip ve koordine etme noktasında kritik bir öneme sahiptir [37].

2 boyutlu (2D) çizimler inşaat projelerinde bilgi iletişimini sağlamak için kullanılan geleneksel görselleştirme araçlarıdır [38]. Ancak Hanlon ve Sanvido [39] tarafından sektördeki uzmanlar üzerine yapılan bir çalışma neticesinde proje süresince mühendislerin inşa edilebilirlik değerlendirmesi için kullandıkları bilginin %83'lük kısmının bireylerin zihninde yattığı ortaya konmuştur. Buradan hareketle 2D çizimlerin, mühendislerin projeye dair sahip olması gereken bilginin yalnızca küçük bir parçasını sağlamakta olduğu söylenebilir [40].

2D çizimlerin yanlış anlaşılmasına ilişkin bir örnek Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : 2D modelin yanlış anlaşılması sonucu oluşan farklı 3D görüntüler [35].

Birçok proje yöneticisi yılların vermiş olduğu tecrübe sayesinde planlama bilgisi ile binanın fiziksel yapısını zihinlerinde birleştirme ve canlandırma kabiliyetine sahiptir. Bu zihinsel 4D model, zaman ile mekanın birlikteliğini temsil eder. Kısıtlı sayıda kişinin zihninde oluşabilen bu 4D modelin görsel bir temsili olmadığı takdirde projenin diğer katılımcıları mevcut planlama ve çizim verilerini yalnızca kendi yetenekleri nispetinde yorumlayabilirler. 4D modelin oluşturulmadığı projelerin kapsamında gerçekleşen bir değişikliğin neden olacağı tasarım ve planlama revizyonlarının inşaatın genel seyrine yapacağı etkileri, tasarımcı ve planlamacılar düşünsel olarak ortaya koymak durumundadırlar. 4D CAD, planlama bilgisiyle tasarım bilgisinin arasındaki ilişkiyi açığa çıkararak bu soyutluğu ortadan kaldırır [29].

3.2.4 Hedefleri

4D modellerinin temel hedefi geleneksel planlama araçları olan 2D çizimleri ve CPM diyagramlarını geliştirmek ve bir entegrasyona tabi tutmaktır. Bu araçların sahip oldukları derin ayrıntıların sentez edilebilmeleri için uzman görüşünün gerekmesi nedeniyle projeyi yorumlama konusunda ağır kaldıkları gözlemlenmiştir [37].

4D görselleştirme araçları projeye dair bilgilerin ve gelişmelerin daha geniş bir katılımcı çerçevesi ile daha çeşitli yetenek ve tecrübe seviyelerine hitap edecek şekilde süre ve yapı bilgilerinin bir arada modellenmesini ve proje birimi içerisindeki iletişim koordinasyonunu arttırmayı hedeflemektedir [37].

4D modelleme yaklaşımı projenin katılımcı paydasını olabildiğince geniş tutarak riskleri optimize etme ve yönetme esnekliğini proje yöneticisine kazandırmayı hedefleri arasında bulundurmaktadır. Değişen şartlara çabuk cevap verebilme ve fırsatları değerlendirme noktasında kullanıcıya görsel bir veritabanı sunmaktadır [41].

3.2.5 Hakkındaki çalışmalar

4D modelleme uygulamaları bir dünya çapında bir çok bilim insanı tarafından analiz edilmiştir. Koo ve Fischer [26] veri hazırlama ve 4D modeli oluşturma arasındaki adımları ortaya koymuştur. Staub-French ve diğ. [42] CAD modeliyle planlama bilgisinin entegrasyon sürecini değerlendirmiştir. Wang ve diğ. [43] 4D uygulamalarının proje planlama ve kaynak kullanımı sürecinin dinamik yönetimi için

kullanılmasıyla ilgili bir araştırma yapmıştır. Maa ve diğ. [44] 4D uygulamasını dinamik şantiye yönetimi ve yapım sürecinin yönetimi için analiz etmiştir. Tantisevi ve Akıncı [45] alansal çakışmaları önlemek için mobil krenin çalışma alanı gereksinimini otomatik olarak değerlendirmek üzerine bir çalışma yapmıştır. Russel ve diğ. [46] yüksek katlı yapıların doğrusal planlama yöntemiyle 4D görselleştirilmesini sağlamıştır. Mahalingam ve diğ. [37] 4D modellemesinin inşaat projelerinde uygulanabilirliğini değerlendirmiştir.

4D modelleme konu başlığı Türkiye'de yeterli düzeyde analiz edilmemiş olup Türk inşaat sektöründe de yaygınca kullanılan bir pratik konumuna gelememiştir. Hakkında yapılan akademik çalışmalar kısıtlı olup vaka çalışmalarını temel almaktadır. Ergen ve diğ. [47] TEB Ümraniye Kampusu'nun 4D modellenmesi sürecini ele alıp, planlama verisiyle 3D modelin senkronizasyonu işlemini tarif ederek kullanım sonrası yapılan analizleri aktarmıştır. Erdoğan [48] ise Türk inşaat sektöründe 4D uygulamalarının kullanılabilirliğini, Aslantepe Stadyumu Projesi üzerinde geliştirdiği 4D model ve bu modelin firmada oluşturduğu geri bildirimleri ile test eden bir çalışma ortaya koymuştur.

3.3 4D Kullanım Özellikleri

3.3.1 Kullanıcıları

4D modelleme yaklaşımı tasarımla ilgili kararlar verebilmek için yapım sürecini analiz etme ve görselleştirme, yapım operasyonlarını planlama ve proje planının inşa edilebilirliğini analiz etme [49], 4D modelleme ile ayrıca maliyet tahminleri yapmak, kaynak gerekliliklerini yönetmek ve müşteriler ile diğer proje katılımcıları arasındaki iletişimi arttırmak için planlamacılar, tasarımcılar ve mühendisler tarafından kullanılmaktadır [50].

Planlamacı, tasarımcı ve ilgili disiplinlerin mühendislerinin koordinasyonu neticesinde ortaya konan 4D model projenin takibi için mal sahibi ve müşterilerin de kullanımına sunulabilmektedir [49].

3.3.2 Kullanım aşamaları

4D model uygulamaları kullanıldığı aşamaya göre üç temel bölüme ayrılır; şekillendirme aşaması, tasarım aşaması ve inşaat aşaması.

Şekillendirme aşaması fizibilitenin oluşturulduğu, finansman sağlandığı ve inşaatın gerçekleştirilmesi için devlet izninin alındığı evredir. Bu evrede geleneksel 2D çizimler veya eskizlerin yapamadığını 3D/4D modeller gerçekleştirerek başlangıçtaki tasarım fikirlerini görselleştirme konusunda destek olur. Bu durum mal sahiplerinin projeyi daha hızlı anlamasında kolaylık sağlamaktadır [51].

İkinci aşama tasarımcı ve mühendislerin projeye ait çizimleri geliştirdiği tasarım evresidir. Bu aşama boyunca temel görevler tesisin mimari, yapısal ve sistemsel tasarımlarının tamamlanmasıdır. Tasarım evresi genellikle farklı tasarım aktörlerinin eş zamanlığı ortaya koyduğu işler ve bu grupların karşılıklı bağımlılığı üzerinden karakterize edilir [52].

Projenin son aşaması planlanan tasarımın fiziksel olarak imal edildiği inşaat evresidir. Bu evrede planlama konusundaki kısıtlar göz önüne alınarak projenin belirlenen süre içinde, ön görülen bütçe ve talep edilen kalite şartları çerçevesinde tamamlanması hedeflenir. İnşaatın normal seyrinde gidebilmesi için yüklenici ve alt yükleniciler arasındaki koordinasyonun sağlanması büyük önem taşımaktadır [51].

3.3.3 Uygulama alanları

Bu bölümde 4D modellerin şimdiye kadar yapılmış çalışmalarda test edilmiş farklı uygulama alanlarına değinilecektir. Bu derleme aynı zamanda 4D modelleme yazılımlarının ulaşmış oldukları teknolojik mertebeyi görmemize de yardımcı olacaktır.

3.3.3.1 Fotogerçekçi renderlar

Geliştiriciler, tasarımcılar ve yükleniciler 3D modeli özel projelerde pazarlama, kamu projelerinde ise toplumu vakaya dahil etme maksadıyla kullanabilir. Görselleştirme uzmanları fotogerçekçi bilgisayar renderları oluşturarak mal sahibinin tesisi gözünde daha rahat canlandırmasını sağlayabilir. 3 boyutlu yürüyüşler ve kısa filmlerle yapılan sunumlar sonucunda önerilen tasarımın mal sahibine doğru şekilde yansıtılması mümkün olur [53].

3.3.3.2 Sanal tasarım teftişi

Uygulamacılar 2D çizimler kullanarak yeterli düzeyde sağlayamadıkları iletişimi, kompleks ancak rahat anlaşılır geometrilere sahip 3D model üzerinden yapacakları

toplantılar ile gerçekleştirebilirler [54]. Bu imkan tasarımıda gerçekleşmesi muhtemel çakışmaların önüne geçmeye yardımcı olduğu gibi proje süresince yönetime iletilecek bilgi isteme talebi sayısında da düşüş sağlamaktadır [55].

3.3.3.3 Tasarım seçeneklerinin analizi

Tasarımcılar 3D modelleri dizayn analizleri sağlayan simülasyon yazılımlarına girdi olarak dahil edebilirler. Bu yazılımlarda 3D model kullanarak elde edilen sonuçlar geleneksel 2D çizimlerininkine göre çok daha isabetlidir [56]. Bu analizlere örnek olarak bina içi ışıklandırma ve bina enerji tüketimi verilebilir.

3.3.3.4 Maliyet tahmini

3D modeller keşif tutarını elde edebilmek için maliyet tahminlerinde kullanılabilir. Maliyet hesabını yapan programla 3D model arasında doğrudan bir link kurmak da mümkündür. Böylece 3D model üzerinde yapılmış olan değişikliklerin maliyete yansması keşif tutarında otomatik olarak gözlemlenmiş olur [57].

3.3.3.5 İmalat analizi

Proje yöneticileri imalatın seyrini analiz etmek için 3D model ile planlama bilgisinin bağlanmasından oluşan 4D modeller kullanılabilir. Proje yöneticileri 4D modelleri belirlenen bir zamanda projenin tamamlanan kısmını görebilir, inşaatı belirli zaman sınırları içerisinde simüle edebilir ve sanal bir şekilde inşaat evrelerini görüntüleyebilirler [58]. Bu sayede 4D modeller şantiye stratejilerini belirlemek, alt yüklenicilerin koordinasyonunu sağlamak ve şantiyenin lojistik planlaması ile rota erişimini belirlemede proje yöneticilerine yardımcı olabilmektedir.

3.3.3.6 İnşaat belge üretimi

3D ve 4D modeller daha iyi tasarım ve yapım belgeleri geliştirmek için kullanılabilir. Buna ek olarak mimarlar 3D çizimin bileşenlerini belirli parametreler ile tanımlayarak, bileşenlere ait kütüphaneler oluşturma ve burada üretilen tecrübeyi sonraki projelere taşıma imkanına sahip olurlar [59].

3.3.3.7 Teklif dosyasının hazırlanması

3D modellerin literatürde çok geniş tanımlanmamış olan bir diğer uygulaması da teklif dosyasının hazırlanmasıdır. Bir çok yüklenici ve alt yüklenicinin bulunduğu

inşaat projelerinde, mal sahibi ya da genel koordinatör her bir farklı sözleşmenin kapsamını planlamak ve ihale edilen dosyada sözü edilen işi açıkça tarif etmeli ve işin kapsamı ve kimliğini göstermelidir. Bazı vaka çalışmalarında 3D/4D modeller paketlerdeki farklı iş kapsamlarını belirlemede ve alt yükleniciler arasındaki muhtemel çakışma alanlarını saptamada proje yöneticilerine katkı sağlayarak başarı kaydetmiştir [51].

3.4 4D Yazılımları

İnşaat planlamasına yardımcı olma hedefiyle 4D CAD teknolojisinin ortaya çıkmasıyla bir çok yazılım paketi geliştirmiştir. Ancak bu yazılımların birçoğu proje üzerinde çok yönlü analiz yapmaya imkan tanımayıp yalnızca 4D modellemenin görselleştirme aracı gibi çalışmıştır. İnşaat sektöründe BIM yaklaşımının gelişmesiyle birlikte 4D yazılımlarının bir kısmı gelişmelere kayıtsız kalarak piyasadan kalkmış, bir kısmı ise niteliklerini arttırarak maliyetten risk analizine kadar bir çok konuda hizmet sunmaya başlamıştır. Sektörün göstermiş olduğu eğilimle birlikte bazı yazılımlar kendilerini 4D CAD değil 4D BIM yazılımı olarak takdim etmeye ve bu yönde bir pazarlama stratejisi takip etmeye başlamıştır.

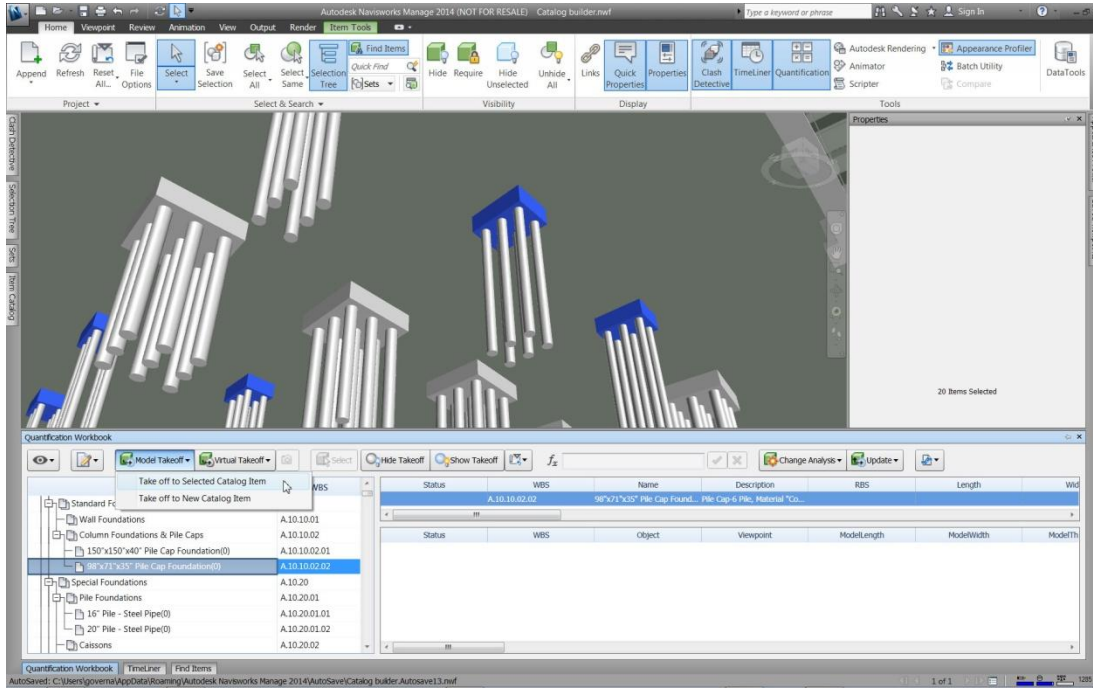
İnşaat sektörü piyasasında rekabet halinde olan başlıca 4D modelleme yazılımları alt başlıklar halinde sıralanmıştır.

3.4.1 Navisworks

Autodesk firması tarafından geliştirilen Navisworks proje tasarımı ve inşa edilebilirliğini analiz etmeye, simülasyonlar oluşturmaya ve proje taraflarına anlatmaya yardımcı olan bir yazılımdır. Navisworks'te BIM yelpazesinde oluşturulmuş çok disiplinli tasarım verilerini tek bir 3D modelde entegre etmek ve entegrasyon sonrası ortaya çıkan çakışmaları analiz etmek mümkündür [60].

Navisworks'ün 3D veri aktarımında desteklediği formatlar şunlardır; Autodesk Navisworks, Autodesk, AutoCAD, ACIS SAT, CIS/2, DWF, IFC, IGES, Informatix MicroGDS, Inventor, JTOpen, MicroStation, Parasolid, PDS Design Review, RVM, SketchUp, STEP, STL, VRML, 3D Studio. Navisworks'ün planlama verisi aktarımında desteklediği formatlar şunlardır; Microsoft Project, Primavera, Asta Powerproject, CSV [61].

Navisworks yazılımının ekran görüntüsü Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



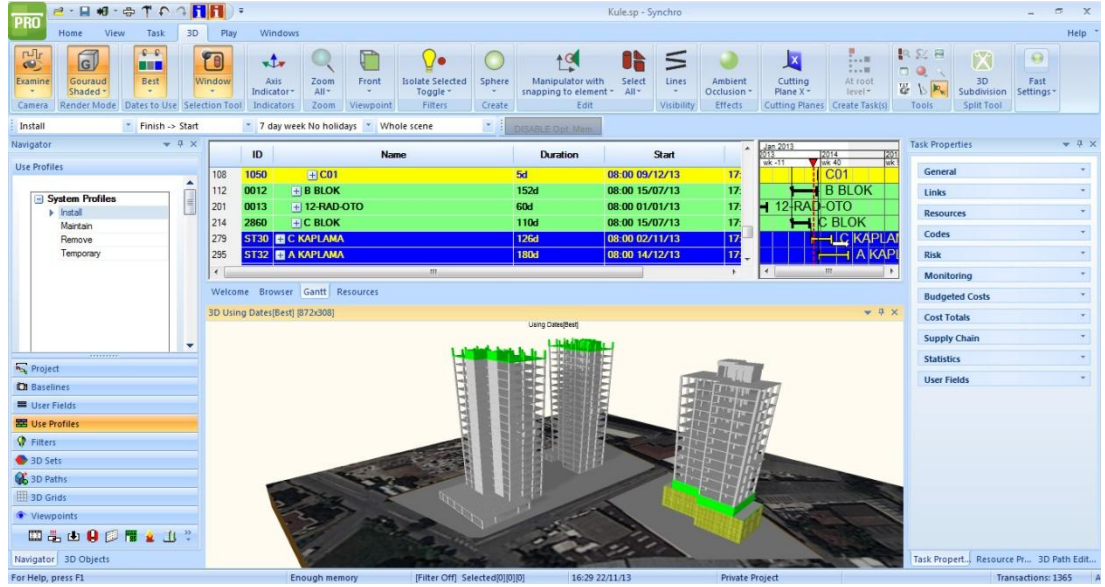
Şekil 3.3 : Navisworks yazılımı ekran görüntüsü [60]

3.4.2 Synchro

Synchro yazılımı İngiltere merkezli Synchro Ltd. firması tarafından çıkarılan, modeli BIM sistemlerine ve ilgili CPM aktivitelerine bağlamaya olanak tanıyan ve bu sayede simülasyonlar oluşturup ilerleme takibi yapmayı sağlayan bir sanal gerçeklik ve simülasyon programıdır. Şantiye alansal koordinasyonu ve çakışma analizi araçlarıyla proje yönetiminin bu yöndeki beklentilerini karşılamaktadır [62].

Synchro'nun 3D veri aktarımında desteklediği formatlar şunlardır; AutoCAD, Autodesk, Collada DAE, UGS, HOOPS Stream, SketchUp, MicroStation, Parasolid, ACIS, Catia V4, Catia V5, ProE, SolidWorks, Unigraphics, STEP, VDA-FS, IGES, ISO-15926. Synchro'nun planlama verisi aktarımında desteklediği formatlar şunlardır; Microsoft Project, Primavera, Asta Powerproject, CSV [62].

Synchro yazılımının ekran görüntüsü Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



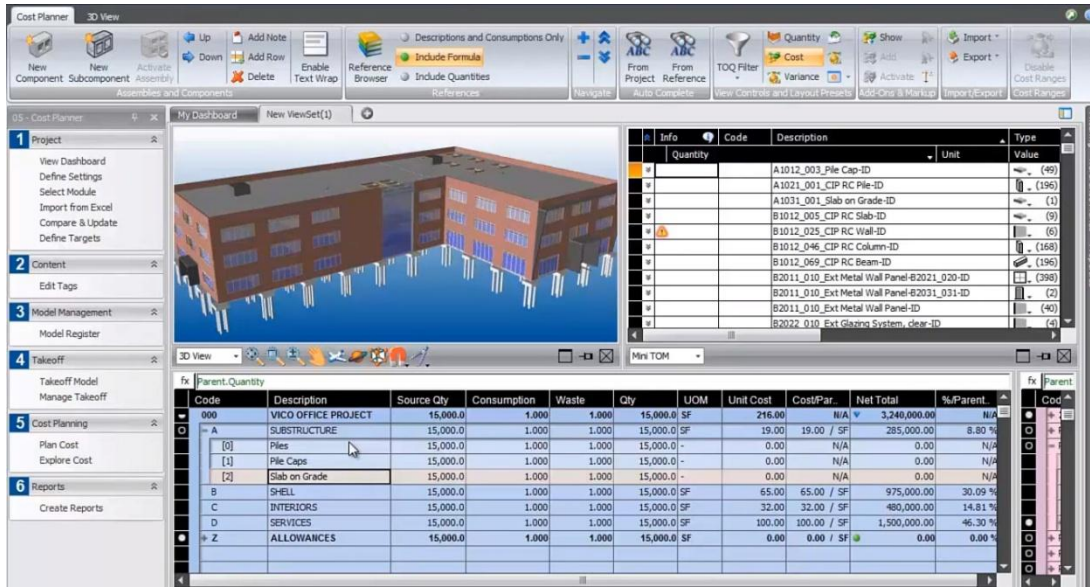
Şekil 3.4 : Synchro yazılımı ekran görüntüsü.

3.4.3 Vico

Vico yazılımı riski azaltmak, maliyeti yönetmek ve planlamayı optimize etmek için inşaat sektöründe bulunan taraflara destek sağlamaktadır. 2012 yılında Trimble tarafından satın alınan Vico metraj, maliyet tahmini, planlama ve üretim kontrolü gibi alanlarda BIM'in gereklerini yerine getirmektedir [63].

Vico'nun 3D veri aktarımında desteklediği formatlar şunlardır; Autocad, Sketchup, CAD-Duct. Vico'nun planlama verisi aktarımında desteklediği formatlar şunlardır; Microsoft Project, Primavera, Asta Powerproject, CSV [64].

Vico yazılımının ekran görüntüsü Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : Vico yazılımı ekran görüntüsü [65].

4. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 4D UYGULAMALARI

4.1 İnşaat Sektörü ve 4D

Bu bölümde şimdiye kadar 4D üzerine yapılmış akademik araştırma ve uygulamalar gösterilerek inşaat sektörüyle 4D konseptinin güncel ilişkisi ortaya konmuştur.

4.1.1 4D modelleme üzerine yapılmış vaka analizleri

4D modeller üzerine yapılan çalışmaların bir çoğu çeşitli 4D model uygulamalarının teknik kavramsallaştırılmasını konu almaktadır. Çalışmalar genel olarak bu teknolojinin kolay ve kullanışlı uygulamalarından daha çok 4D'nin sofistike uygulamaları üzerine yoğunlaşmıştır. Sayıca az olan, 4D'nin kolay ve kullanışlı uygulamalarını konu alan vaka çalışmalarından bazıları sıralanacak olursa, Collier ve Fischer [35]; Haymaker ve Fischer [66]; Kam ve Fischer [67]; Eul-Bum ve Thomas [68]; Woksepp ve Olofsson [69]; Hartman ve Fischer [40]; Russell ve diğ. [70]; Mahalingam ve diğ. [37]; Pitake ve Patil [23] şeklinde bir derleme yapmak mümkündür.

Söz konusu çalışmalar uygulamacıların 3D ve 4D modellerin hayata nasıl geçirilebileceği konusunu daha iyi anlamalarına olanak tanıyan birer başlangıç noktası olarak değerlendirilmektedir.

4.1.2 4D ile modellenmiş önemli projeler

4D uygulamaları araştırmacıların çalışmaları neticesinde inşaat sektörünün kullanımına sunulduğu günden bu yana farklı ölçek ve tipteki bir çok projede kullanılmıştır. Bu bölümde 4D modellemesi yapılmış önemli projelere yer verilecektir.

4.1.2.1 The Shard

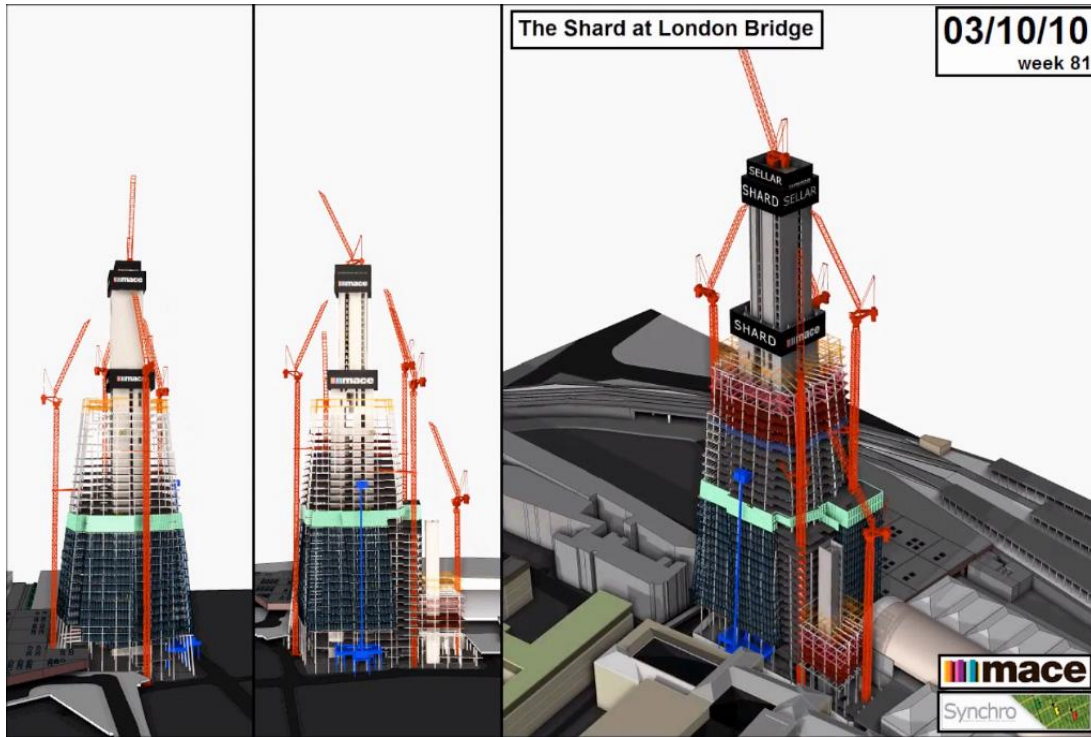
Türkçe'de çömlek kırığı manasına gelen Shard, inşaatına 2009'da başlanıp 2012'de bitirilen ve Londra'nın yeni simgelerinden biri haline gelen, 306 metre uzunluğunda

ve 87 katlı bir gökdeldir. Avrupa Birliği sınırları dahilindeki en yüksek yapı konumunda olan gökdelen tamamen cam kaplı ve piramidal formdadır [71].

Projenin yükleniciliğini üstlenen firma, binanın özgün tasarımının yol açabileceği lojistik engeller ve binanın bulunduğu noktanın şehrin ulaşım kanallarının kesişiminde bulunmasından dolayı projeyi zamanında ve ön görülen bütçe dahilinde bitirebilmek için yenilikçi planlama yöntemlerini yönelmiştir [72].

4D modelleme için Synchro yazılımını kullanan proje yöneticileri geleneksel planlama yöntemleriyle genellikle ıskalanan bir çok problemi önceden tanımlayarak lojistik yönetimini başarıyla gerçekleştirmiştir. Yüzlerce bileşen 4D simülasyonu üzerinde yapılan incelemeler sonucu değiştirilmiş ve bunun inşaat sürecinde gerçekleşmesinden doğacak zararları ortadan kaldırmıştır [72].

The Shard'ın 4D simülasyonundan bir kare Şekil 4.1'de sunulmuştur.



Şekil 4.1 : The Shard'ın 4D simülasyonundan bir kare [72].

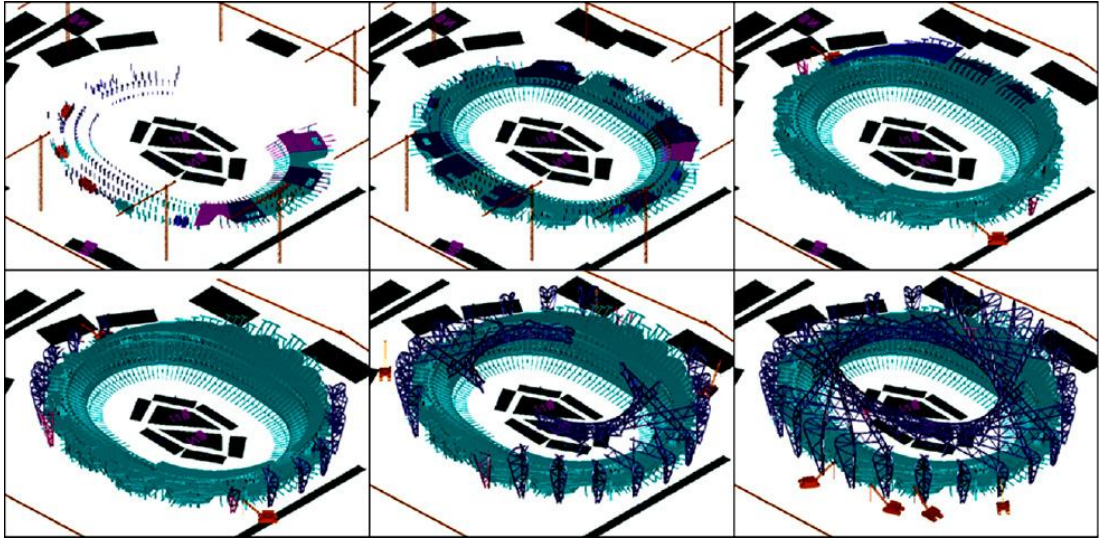
4.1.2.2 Pekin Ulusal Stadyumu

2008 Pekin Olimpiyatları için ana stadyum olarak inşa edilen ve Çin'in başkentinin sembol yapılarından biri konumuna gelen Ulusal Stadyum, Pekin Olimpiyat Parkı'ndaki 258.000 m² alana oturmaktadır. Açılış ve kapanış seremonileri, atletizm

ve futbol maçları için hizmet vermekte olan stadyum 91.000 koltuk kapasitelidir. 333 metre uzunluk ve 294 metre genişlikte olan ve yüksekliği 40 metre ile 69 metre arasında değişen çatısı binlerce çelik bileşenin birleşiminden oluşmakta ve kuş yuvasını andırmaktadır [73].

Proje 2003 yılında başlayıp 2008 yılında tamamlanmıştır. Bu büyüklükte bir kompleksin proje yönetim ihtiyaçlarını karşılayabilmek için sadece yenilikçi yapım teknikleri değil aynı zamanda yenilikçi yönetim teknikleri de uygulanmıştır. Proje dahilinde Tsinghua Üniversitesi tarafından geliştirilmiş olan 4D-GCPSU uygulaması kullanılmış ve araştırmacıların vaka çalışmasına konu olarak aldığı kısımda %16'lık bir zaman tasarrufu sağlanmıştır [73].

Şekil 4.2'de Pekin Ulusal Stadyumu'nun yapım evrelerini gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Pekin Ulusal Stadyumu yapım planının 4D ekran görüntüleri [73].

4.1.2.3 Canton Tower

Guangzhou TV ve Seyir Kulesi olarak da bilinen 600 metrelik yapı, Çin'in 4. kalabalık şehri olan Guangzhou kentinin merkezinde inşa edilmiştir. Kule 450 metrelik ana yapının üstünde yükselen 150 metrelik anteniyle Çin'in en yüksek, dünyanın en yüksek 3. yapısı konumundadır. İnşaatına 2005'te başlanan kule 2010'da tamamlanmış ve 6. Asya Oyunları'nın açılışında ışık ve havai fişek gösterileriyle dünyaya tanıtılmıştır [74].

Canton Tower projesinin yöneticileri, binanın inşa edilebilirlik analizini yapmak ve yapım tekniklerini daha iyi anlayabilmek için 4D modelleme yazılımlarından

Navisworks'ü kullanarak bir 4D model oluşturmıştır. Modelin yardımıyla alansal sorunlar önceden görülerek çözüm yolları geliştirilmiştir [75].

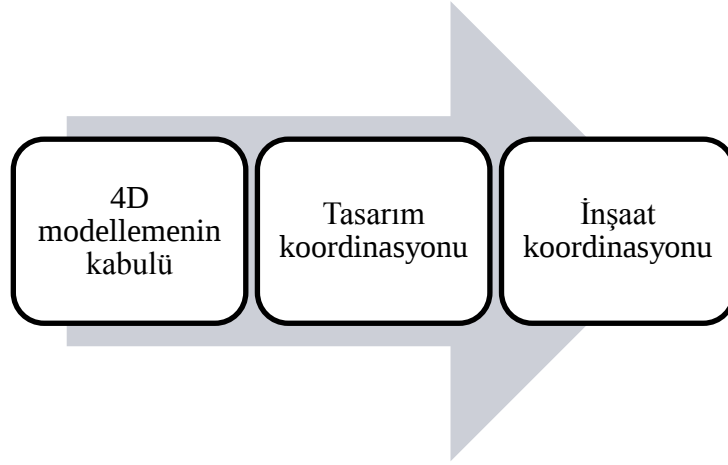
Canton Tower'ın 4D simülasyonundan bir kare Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : Canton Tower'ın 4D simülasyonundan bir kare [75].

4.2 4D'nin Firmaya Adaptasyonu ve Kullanılması

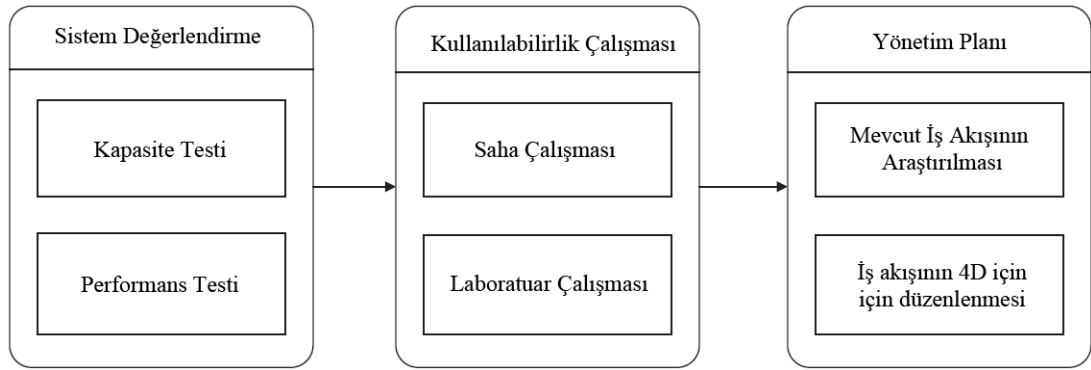
Bu bölümde 4D modellemenin bir inşaat firması tarafından uygulanmak üzere kabul edilme süreci anlatılarak sonraki aşamada tasarım koordinasyonu ve planlama koordinasyonu hakkında bilgi verilmiştir. Şekil 4.4 bu süreci özetlemektedir.



Şekil 4.4 : 4D'nin firmaya adaptasyonu ve kullanımı süreci.

4.2.1 4D modellemenin kabulü

4D modelleme altyapısının bir inşaat firması tarafından kullanımına karar verilme süreci belirli aşamalar içerir. Bu aşamaları Tsai ve diğ. [31] sistem değerlendirme, kullanılabilirlik çalışması, yönetim planı şeklinde üç parçaya ayırarak mevcut sistemi system evaluation, usability study, management plan üçlüsünün baş harflerinden oluşan SUM sözcüğüyle tanımlamıştır. 4D araçlarının özellikleri ve uygulama metotları göz önünde bulundurularak oluşturulan bu çerçeve Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5 : 4D aracının kabul sürecini temsil eden SKY (SUM) çerçevesi [31].

4.2.1.1 Sistem değerlendirme

SUM çerçevesinin birinci basamağı kapasite ve performans testlerini içeren sistem değerlendirmesidir. Kapasite testinde her biri farklı donanımlara sahip bilgisayarların başarıyla hesaplayıp görüntüleyebileceği maksimum eleman sayısı tespit edilir. Bu test etkin çalışmayı engelleyen donanım bileşenlerini ortaya çıkarmaya yardımcı

olur. Performans testinde ise inşaat simülasyonu çalışmaktayken ekran yenilememe hızı analiz edilir. Böylece donanım ekipmanı ve model görüntüleme performansı için ideal konfigürasyon sağlanmış olur [31].

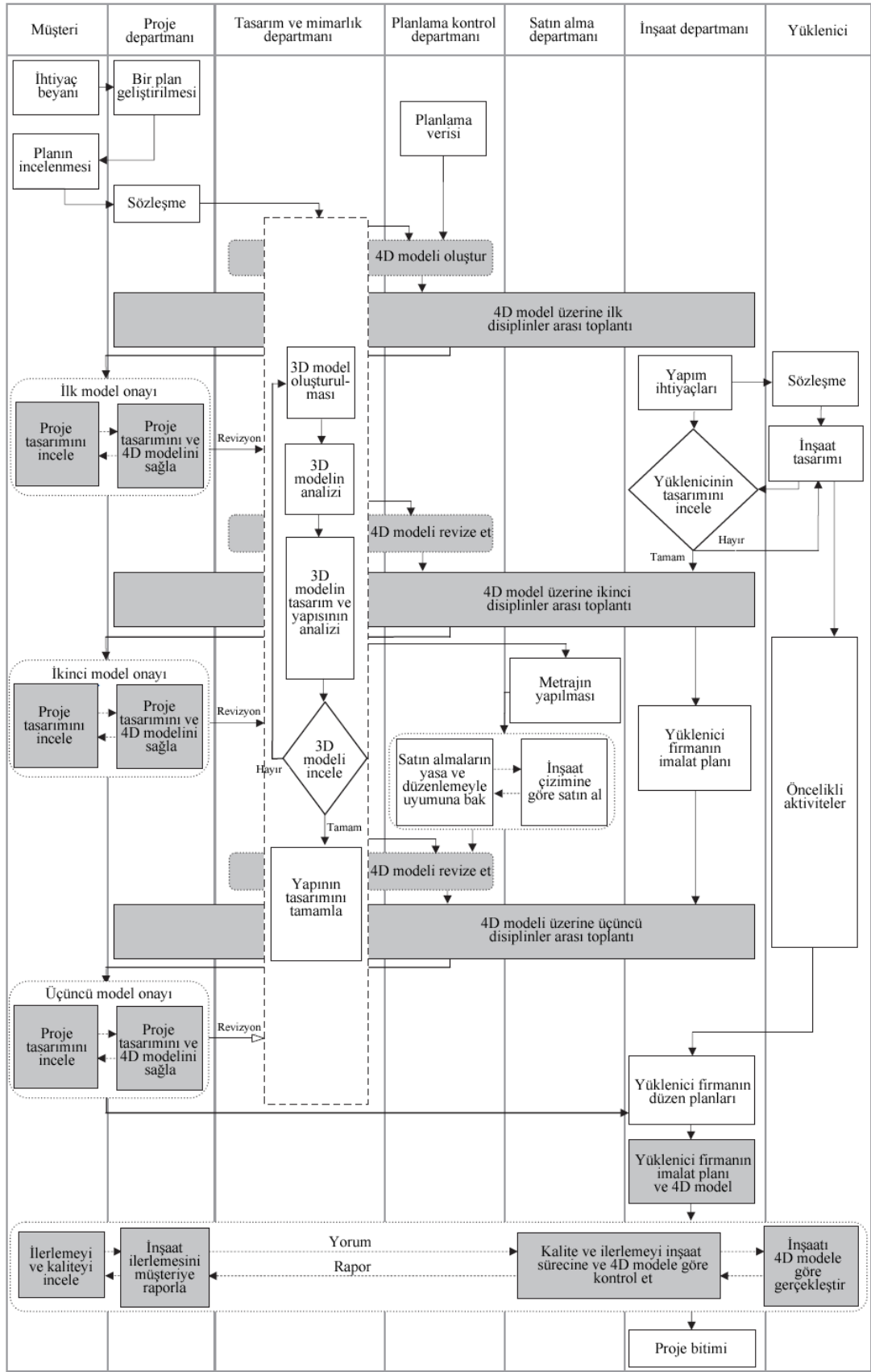
4.2.1.2 Kullanılabilirlik çalışması

İkinci basamak olan kullanılabilirlik çalışması iki temel görev içerir; saha çalışması ve laboratuvar testi. Saha çalışmasında yer alan üç alt deney kullanıcılara 4D modelin oluşturulma metodu konusunda yardımcı olmaktadır. Bununla hedeflenenler; gerekli zaman, gerekli modelleme görevleri ve gerek duyulan insan kaynaklarının belirlenmesidir. Laboratuvar testleriyle kullanılabilirlik gereklilikleri tanımlanır ve üç alt deney esnasındaki kullanıcı performansı değerlendirilir. 4D araçlarındaki kullanıcı kaynaklı eksikliklerin giderilmesi kullanılabilirlik çalışması neticesinde başarılabılır [31].

4.2.1.3 Yönetim planlaması

Sistem değerlendirme ve kullanılabilirlik çalışmasının tamamlanmasının ardından geçilen yönetim planlaması aşamasında bu yeni aracın şirketin kullanageldiği mevcut iş akışına dahil edilmesi ve bunun geliştirilmesi hedeflenmektedir [31].

İş akışının güncellenmesi için öncelikle firma dahilinde kullanılan iş akışının tespit edilmesi gerekmektedir. 4D ile birlikte iş akışına dahil olacak aktiviteler belirlendikten sonra entegrasyon gerçekleştirilir. 4D araçlarının bir inşaat firmasına entegrasyonunu konu alan bir vaka çalışmasında Şekil 4.6'daki iş akışı oluşturulmuştur.



Şekil 4.6 : 4D araçlarının uygulanması için tanımlanan iş akışı [31].

4.2.2 Tasarım koordinasyon süreci

4D araçlarının firma bünyesinde uygulanacağı kararı verilmesinin ardından 3D tasarımın oluşturulma sürecini kolaylaştıracak bir dizi düzenleme yapılması gerekmektedir. 2D'den 3D'ye geçiş, 3D'nin tüm faydalarından yararlanabilmek için ciddi bir koordinasyonu gerektiren karmaşık bir süreçtir. Staub-French ve Khanzode [30] 3D tasarım esnasında deneyimlenen zorlukları önlemek ve süreci optimize etmek için 10 adım tanımlamıştır.

4.2.2.1 3D modelin potansiyel kullanım alanlarını belirlemek

Proje ekibi, çalışmaya konu olan projeye ait 3D modelin potansiyel kullanım alanlarını tartışmalı ve uygulamada geçerli olan kullanım alanını spesifik olarak belirlemelidir. Örneğin, 3D modeller termal simülasyon, maliyet tahmini, fabrikasyon, uygulama projesi vb. amaçlarla kullanılabilir. Modelin kullanım alanının tayin edilmesi tercih edilecek ayrıntı seviyesi ve modelleme tekniğinin belirlenmesi için büyük önem taşımaktadır [30].

4.2.2.2 Modelleme ihtiyaçlarını belirlemek

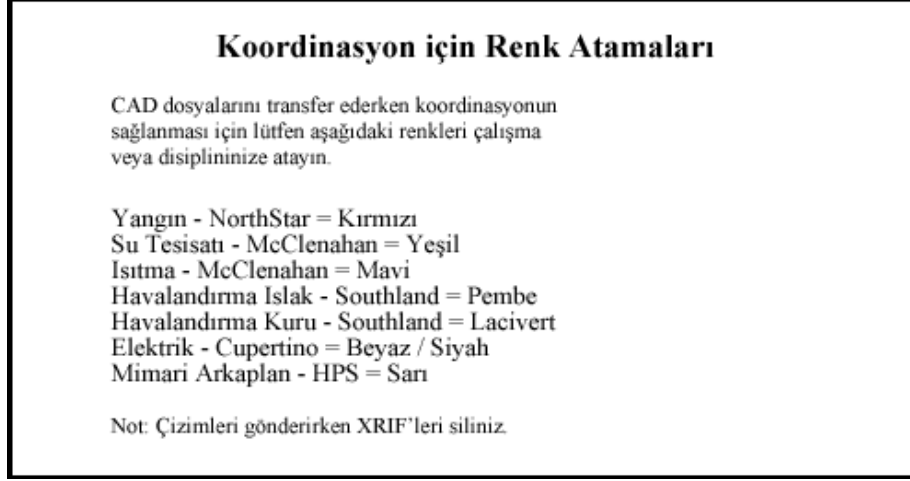
Proje ekibi 3D modellerin kim tarafından, ne zaman ve nasıl oluşturulacağını mutlaka belirlemelidir. Çizimlerde sorumlu grupların belirlenmesi ve gerekli görünen yerlerde ortak çalışmalarının sağlanması 3D modelin başarısı açısından önemlidir. Hazırlanacak 3D modelin kapsamı ve detay seviyesi önceden belirlenerek zaman kaybının önüne geçilebilir. Modelleme işleminin yapımını kolaylaştırmak için bir iş alt kırılım yapısı oluşturulmalı ve proje yönetilebilir parçalara ayrılmalıdır. Ayrıca bu aşamada modelleme sürecinin planlaması yapılarak modelin oluşturulması, çakışmaların tespiti, çakışmaların çözümü, tasarımın yapıma hazır hale gelişi gibi dönüm noktaları belirlenmelidir [30].

4.2.2.3 Tasarım protokolü oluşturmak

Proje ekibi 3D modellerin elektronik olarak entegre ve koordine olmasını sağlamak için çizim kodlama ve düzenini açıkça belirleyen, tüm gruplar tarafından benimsenen bir protokol oluşturmalıdır. Proje referans noktasının analitik olarak belirlenmesi, dosya isimlendirme kuralının belirlenmesi, dosya versiyonunun kontrol edilmesi, layer oluşturma kurallarının belirlenmesi, farklı sistemler için kullanılan renk

seçimlerinin belirlenmesi tasarım protokolünde bulunması gereken başlıklar olarak sayılabilir [30].

Bir projede kullanılmış olan renk dzenini şekil 4.7'de gsterilmiştir.



şekil 4.7 : Camino projesinde 3D koordinasyonu için kullanılan renk dzenini [30].

4.2.2.4 Çakışma özüm süreci oluşturmak

Proje ekibinin sorunsuz ve devamlı bir çakışma çözüm performansı gerçekleştirebilmesi için çakışmaları tanımlama ve çözme sürecini düzenlemek oldukça önemlidir. Bunu gerçekleştirmek için bileşenler arası çakışmaları tespit eden, ilgili çakışmayı ve sorumlu grubu raporlayan ve çakışmayı çözen bir sistem inşa edilmelidir [30].

4.2.2.5 Tasarım sorularını yönlendirecek bir protokol geliştirmek

Yüklenicinin 3D modelden sorumlu olduğu projelerde bu adım üzerinde mutlaka durulmalıdır. Modelin geliştirilmesiyle meşgul olan alt yüklenici ve detay tasarımcılarının sorularını tasarım ekibine yöneltebileceği ve kolayca yanıtını alabileceği, anlaşılabilir ve belirsizlik taşımayan mekanizmaların kurulması gereklidir [30].

4.2.2.6 Disiplinlere has 3D modeller oluşturmak

Projenin bileşeni olan her bir disiplin, kendi disiplinine has tasarım yazılımlarını kullanarak kendi perspektiflerinden 3D modeller oluştururlar. Genellikle mimarın oluşturduğu mimari model ilk olarak tamamlandıktan sonra diğer tasarımlar bunu esas alarak yapılır. Sonrasında yapılan ilk koordinasyon toplantısında tüm takım

üyeleri kendi tasarımlarını paylaşabilir ve birbirlerinin tasarımlarını arka plan olarak kullanabilirler [30].

4.2.2.7 Disiplinlere has 3D modelleri entegre etmek

Sorumlu grup farklı disiplinlere göre hazırlanmış 3D modelleri entegre edip koordinasyon toplantıları için hazırlamalıdır. Bu sayede disiplinler arası çakışmaları görebilmek için uygun görsel zemin elde edilmiş olur [30].

4.2.2.8 Bileşen ve sistemler arası çakışmaları tespit etmek

Koordinasyon toplantılarında harcanan zamanın büyük kısmı çakışmaları tespit etmek ve tasarım çakışmalarına çözüm üretmek üzerine yapılan çalışmalara ayrılmaktadır. Çakışmalar, fiziksel etkileşimde bulunan bileşenlerin oluşturduğu "hard" çakışmalar ve erişim alanlarında yapılan mesafe ihlallerini konu alan "soft" çakışmalar olarak ikiye ayrılır.

Çakışmaların tespit edildiği koordinasyon toplantısından bir kare Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



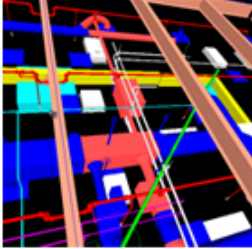
Şekil 4.8 : Koordinasyon toplantısından bir kare [30].

4.2.2.9 Tespit edilen çakışmalar için çözümler geliştirmek

Proje ekibi çakışmaları tespit ettikten sonra tüm katılımcı gruplar için uygun olacak çözümler üzerine tartışmalar gerçekleştirir. Üzerinde mutabık kalınan öneri uygulanarak mevcut tasarımlar güncellenir [30].

4.2.2.10 Çakışma ve çözümleri belgelemek

Koordinasyon toplantısında ele alınan çakışmalar belgelenirken şu verilerin belge içinde bulunması gerekmektedir; çakışmanın görseli, önerilen çözüm, sorumlu zümre, koordine edilen sistemler, çizim dosyası, toplantı günü, koordinasyon sürecinde bulunan katılımcılar [30]. Bir çakışmaya ait hazırlanan rapor Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

	<table><tr><td>Ad</td><td>Catisma235</td></tr><tr><td>Uzunluk</td><td>-0.0972523177</td></tr><tr><td>Tanım</td><td>Hard</td></tr><tr><td>Durum</td><td>Aktif</td></tr><tr><td>X</td><td>348.9539831127</td></tr><tr><td>Y</td><td>85.9089561028</td></tr><tr><td>Z</td><td>10.4630416667</td></tr><tr><td>Tarih</td><td>2013/8/29</td></tr></table>	Ad	Catisma235	Uzunluk	-0.0972523177	Tanım	Hard	Durum	Aktif	X	348.9539831127	Y	85.9089561028	Z	10.4630416667	Tarih	2013/8/29
Ad	Catisma235																
Uzunluk	-0.0972523177																
Tanım	Hard																
Durum	Aktif																
X	348.9539831127																
Y	85.9089561028																
Z	10.4630416667																
Tarih	2013/8/29																
Onaylayan																	
Varlık Kolu	1B63																
Layer	M214si MH-HVAC-RETN-AC-7																
Yol	SW-1.dwg -> M214si MH-HVAC-RETN-AC-7 -> Insert -> M2134 -1 Straight																
Varlık Kolu	36																
Layer	J-HangersSW-1 J-Hanger																
Yol	SW-1.dwg -> J-HangerSW-1 J-Hanger -> Insert -> J-HangerSW-1 -> Insert -> J_Hanger-3d -> 3D Solid																

Yorum 23

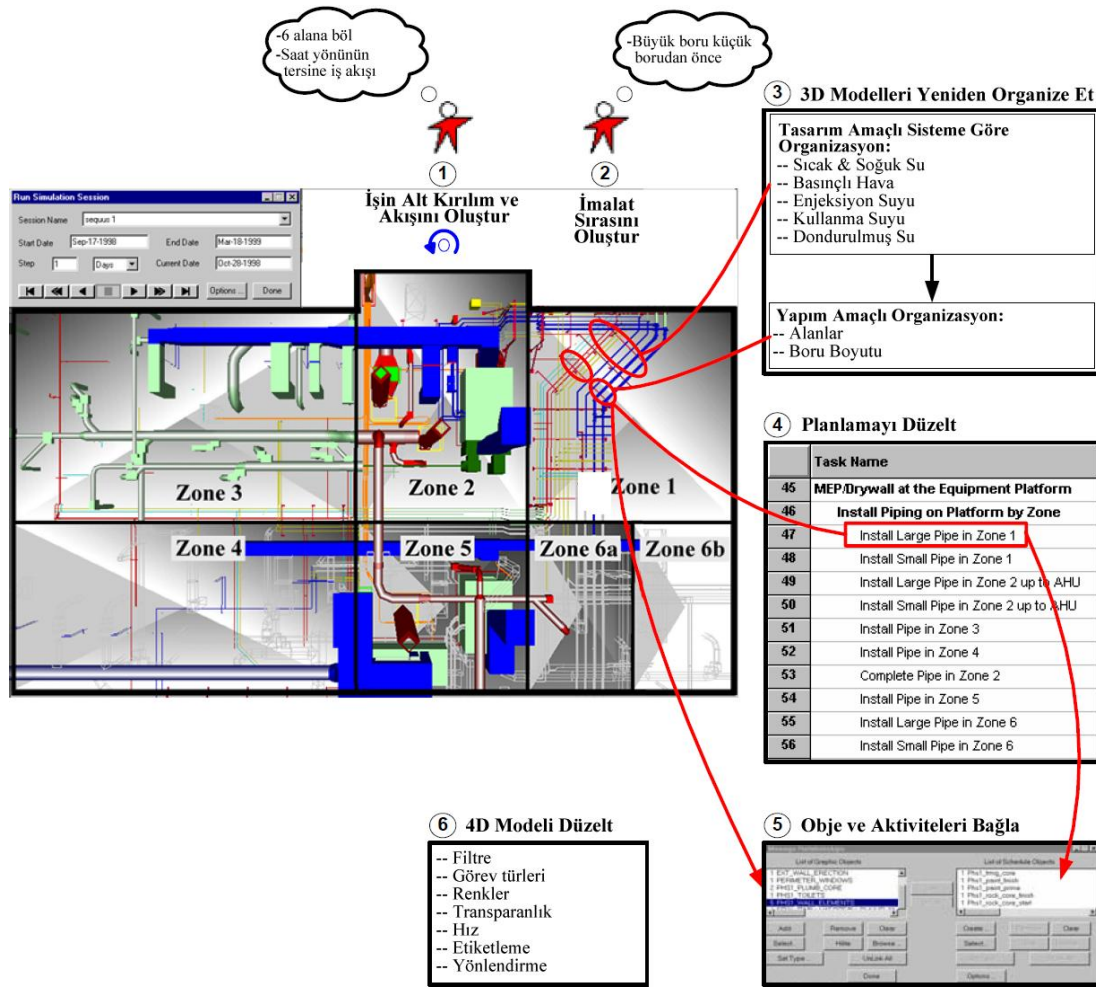
Durum	Aktif
Kullanıcı	AtulK
Yazı	CEI'nin boruya değmemesi için asılması gerek
Tarih	2013/8/29

Şekil 4.9 : Çakışma tespit ve çözüm raporu [30].

4.2.3 İnşaat koordinasyon süreci

Önceki bölümde 3D modelin geliştirilmesi ve 4D'ye hazır hale getirilme süreci olan tasarım koordinasyon sürecinden bahsedilmişti. Bu bölümde ise 4D modelinin geliştirilme sürecine ilişkin başlıklara değinilecektir. İnşaatın koordinasyonunun sağlanması ve detaylı bir 4D model geliştirmek için Staub-French ve diğ. [30] altı basamak belirlemiştir.

Bu altı basamak Şekil 4.10'da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.10 : 4D model oluşturulmasında gerekli olan temel adımlar [30].

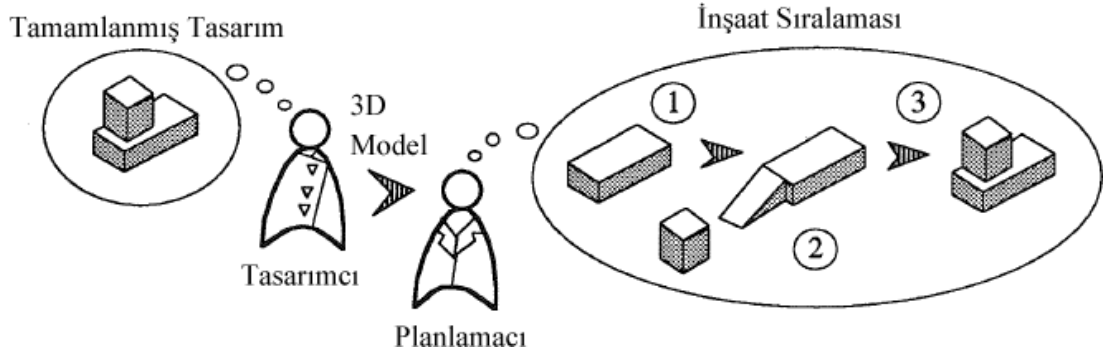
4.2.3.1 Projeye ait alt kırılım ve akışın oluşturulması

4D model oluşturma işleminin ilk adımı işin nasıl alt dallara ayrılacağı ve bu dalların farklı alt yükleniciler tarafından hangi akışla icra edileceği sorularına cevap verilerek atılır. Bu aşamada alt yüklenicilerin planlama görevlileriyle birlikte çalışma yürütülerek aktivitelerin öncelikleri, işin sıralaması ve projenin akışı belirlenir [30].

4.2.3.2 İmalat sırasının oluşturulması

Alt kırılım ve akışın belirlenmesinin ardından daha küçük çalışma alanları için imalat sıralaması belirlenir. İmalat sırasının oluşturulması sırasında farklı disiplinler tarafından icra edilecek aktiviteleri tanımlamak ve aktiviteler arasındaki ilişkiyi belirlemek için alt yükleniciler ve proje planlamacısına danışılır [30].

İmalat sırasının belirlenmesini şematik olarak gösteren Şekil 4.11 aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4.11 : 4D model için imalat sırasının oluşturulması [35].

4.2.3.3 3D modellerin yeniden organizasyonu

İnşaat koordinasyon sürecinin üçüncü basamağı, bir önceki aşamada hazırlanan aktivitelerin kolayca modeldeki 3D bileşene bağlanabilmesi için mevcut 3D modelin tekrar gözden geçirilmesidir. Bunun temel sebebi 3D modelin tasarım perspektifini temsil ederken 4D modelin yapım perspektifini temsil etmesidir. Bu aşama 4D model geliştirme sürecinin genellikle en çok zaman kısmıdır [30].

4.2.3.4 Planlamanın düzeltilmesi

İmalat sıralamasına karar verildikten sonra projenin iş planı her bir aktivitenin her bir çalışma alanındaki gerçek sırasına göre düzeltilir. Daha fazla ya da daha az detaylı bir 4D çalışması için iş planındaki son değişiklikler bu safhada yapılır [30].

4.2.3.5 3D cisimlerle aktivitelerin bağlanması

4D modeli oluşturmak için yapılan son işlem 3D cisimlerle aktivitelerin birbirlerine bağlanmasıdır. Bu aşamaya kadarki basamaklar bağlama işleminin sağlıklı bir şekilde oluşturulmasının temelini teşkil etmiştir. Planlandığı şekliyle alt kırılımlarına ayrılmış 3D model bileşeni ile bileşenin ilgili olduğu aktivitenin isimlerinin

eşleştirilmeleri halinde otomatik ve hızlı bağlantı yapılarak zamandan tasarruf sağlanabilir [76].

4.2.3.6 4D modelin düzeltilmesi

Son basamak 4D simülasyonun görünümünün düzeltilmesi işlemini kapsamaktadır. Bir çok 4D yazılımı renk seçme, transparanlık, zamanlama, filtreleme, hız belirleme, etiketleme, yönlendirme gibi seçeneklerle kullanıcıya 4D simülasyonun görüntüsünü kontrol etmek için imkan tanımaktadır. Bu durum farklı perspektifler (iç işler, dış işler vb.) için yapılan veya farklı taraflara (mal sahibi, alt yüklenici vb.) sunulmak üzere hazırlanan simülasyonun ihtiyaca dönük forma sokulmasına olanak tanır [30].

4.3 4D'nin Faydaları

Bu bölüm 4D modelleme üzerine yapılmış vaka çalışmalarından elde edilen verilere dayanarak 4D modelin inşaat planlamasında kullanılmasının getirdiği faydaları ortaya koymaktadır. Yapılmış olan tasnif 4D modelin planlama bilgisini iletme (görselleştirme aracı), proje katılımcıları arasında ortak çalışmayı artırma (entegrasyon aracı) ve kullanıcılarını ilave analizleri yönetmede destekleme (analiz aracı) alanında gösterdiği faydalar üzerinden üç başlıkta gerçekleştirilmiştir [26].

4D modellemenin sunduğu faydaların ortak çıktısı proje kapsamının eksiksiz olarak, daha az zamansal ve maddi kayıpla tamamlanmasına sunulan destek olarak özetlenebilir.

4.3.1 Görselleştirme aracı olarak kullanım faydaları

4D model, planlamayı anlayabilmek adına bileşenler ile aktiviteler arasında ilişkiyi akılda canlandırma ihtiyacını kaldırmaktadır. 4D modeller ayrıca bileşenler arasındaki alansal kısıtları da göstererek kullanıcıların alanla ilişkili çakışmaları tespit etmelerine olanak tanımaktadır.

4.3.1.1 İnşaat sırasını görselleştirme ve yorumlaması

İnşaat planlamasının yorumlanmasıyla ortaya çıkan tutarsızlıklar katılımcılar arasında iletişim sorunları doğurabilir. 4D model gerçekte yapılacak olan projeyi görsel olarak sunduğu ve yapım sırasını en iyi şekilde göstermesi nedeniyle bu tutarsızlıkları ortadan kaldırdığı ve başka bir planlama metoduna ihtiyaç bırakmadığı

gözlemlenmiştir. 4D model sunduğu görsel verilerle, iki ayrı dosya üzerinden yürütülen planlama anlayışını ortadan kaldırarak planlamayı yorumlama sürecini kısaltmaktadır [70].

4D'nin getirdiği görsel katkılar Şekil 4.12'de temsili bir şekilde gösterilmiştir.

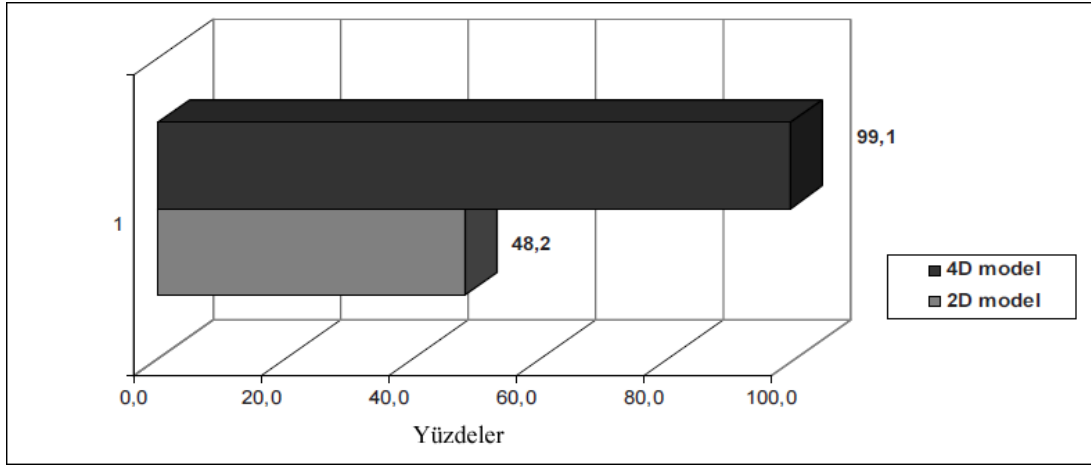


Şekil 4.12 : 2D ve 4D farkını görsel olarak gösteren temsili bir çalışma [77].

Tüm katılımcıların tek ve görsel bir model üzerinden yaptıkları çalışmalarda tecrübe ve bilgi düzeyinin daha az önem taşıdığı ve farklı yorumların oldukça azaldığı gözlemlenmiştir. Proje ekibinin birlikte iş yapma yeteneğini arttıran bu durum potansiyel problemleri inşaat öncesinde önlemeyi de sağlamaktadır [30].

Reizgevicius ve diğ. [78] tarafından gerçekleştirilen bir kıyaslama çalışmasında 4D yaklaşımının sağladığı görselliğin projenin anlaşılabilirliğine yaptığı katkı Lego deneyi üzerinden ortaya konmuştur. Bilgi düzeyleri eşit iki gruptan ilkinde minyatür evin 4D modeli üzerinden basamak basamak yapım sırasını gösteren ekran görüntüleri, diğerine ise CPM ile yapılmış planlamasını ve 2D çizimleri paket olarak verilmiştir [78].

Belirlenen süre içerisinde grupların evi tamamlama yüzdeleri Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13 : 4D ve 2D kullanımında ortalama model tamamlanma yüzdesi [78].

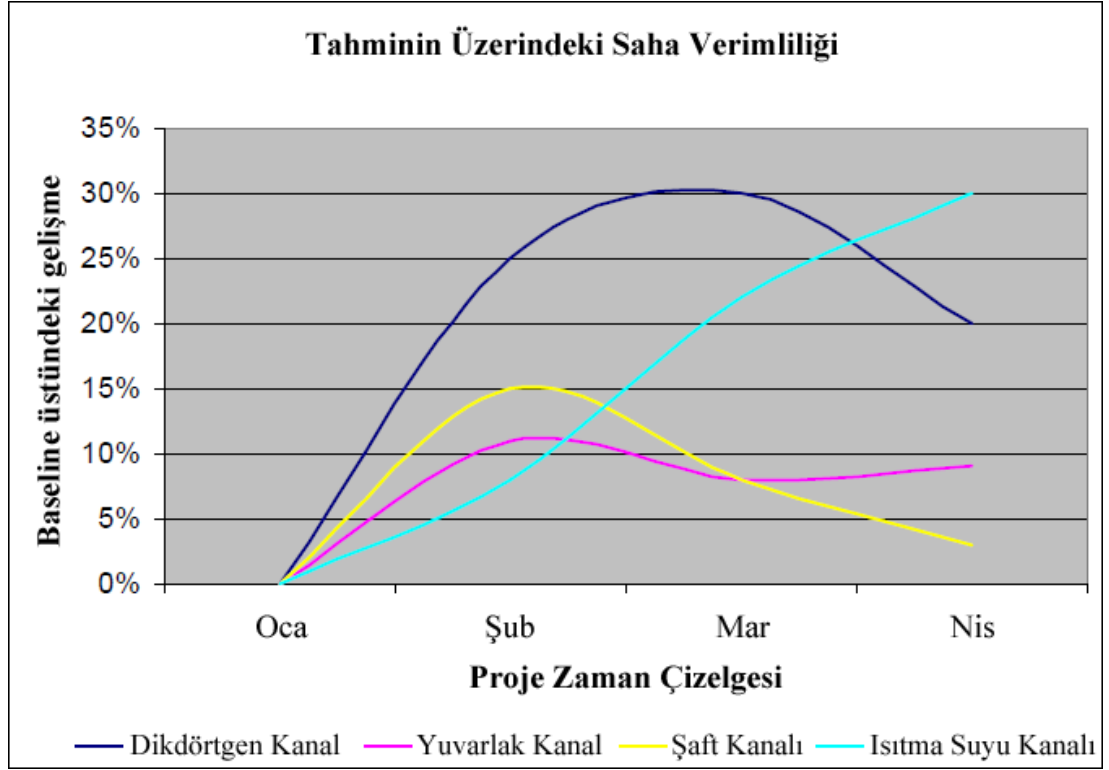
Çalışmanın ortaya koyduğu veriler arasındaki yüksek düzeydeki farkın inşaat sahasında aynen gözlemlenemeyeceği gerçeğini kabul etmek gerekirken, sonucun ifade ettiği nihai anlam nedeniyle önem taşıdığı belirtilmelidir. Aynı çalışmanın bulgularına göre 4D grubu bir Lego parçasına 8.5 saniye harcarken 2D grubu 26.4 saniye harcamıştır. 2D grubunda yanlış yere konan Lego parçası sayısı 4D grubunun yaklaşık üç katıdır [78].

4.3.1.2 Alansal proje kısıtlarını göstermesi

4D model geleneksel planlama yöntemlerinin aksine şantiye ve binadaki alansal kısıtları görsel olarak sunmaktadır. Bu durum neticesinde bir bileşenin bir mekanda fiziksel olarak konumlanabilme veya işçi gruplarının belirli bir mekanda çalışabilme olanağını program kullanıcılarına gösterilmiş olur. 4D modelleme ile zaman-mekan çakışmaları ve şantiye içindeki potansiyel ulaşım sorunları önceden tespit edilip zaman kaybının önüne geçilmektedir [27].

Yapılan verimlilik araştırmalarında ortaya konduğu gibi farklı uzmanlıklardaki işçi gruplarının aynı çalışma alanını eşzamanlı olarak paylaşmaları durumunda verimlilikleri azalabilmektedir. 4D bu ve bunun gibi zaman-mekan çakışmalarının önüne geçecek verileri kullanıcılarına sağlayarak işçi gruplarının verimlerini yüksek tutmalarını sağlamıştır [50].

Staub-French ve Khanzode [30] tarafından yapılan bir vaka çalışmasında 4D modellemenin çalışma gruplarının verimlerine yaptığı etki tahmin edilen değerler üzerinden yüzdeyle Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14 : Gerçekleşenle tahmin edilen verimlilik arasındaki yüzdesel fark [30].

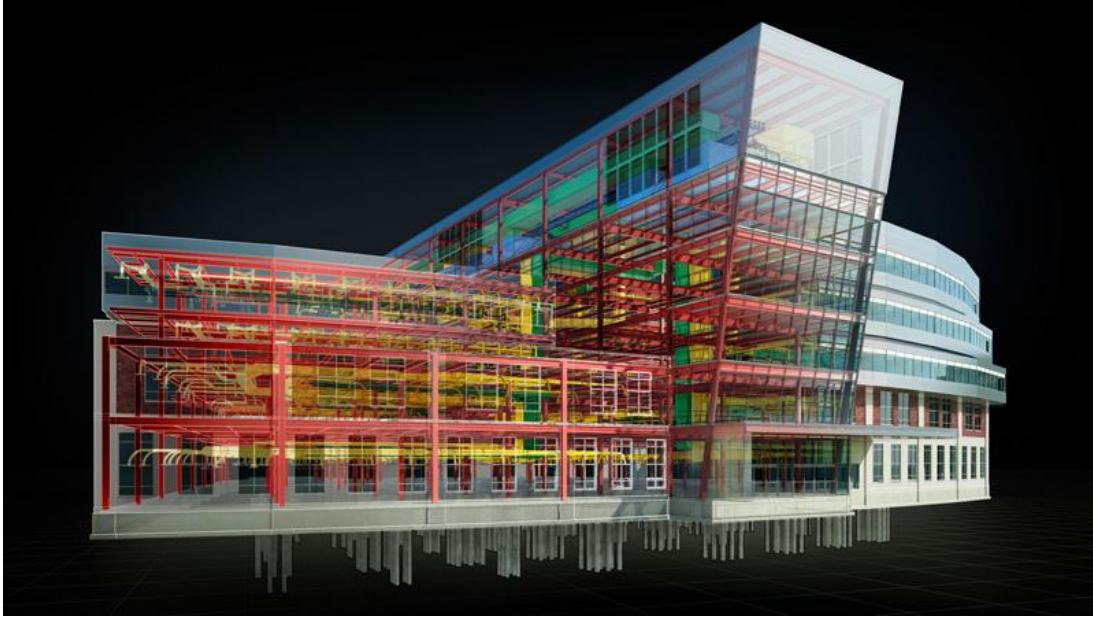
4.3.2 Entegrasyon aracı olarak kullanım faydaları

Tasarım ve inşaatın birbirine entegrasyonu proje katılımcılarının paylaştıkları bilgilerin standart bir forma dönüştürülmesi ve proje ekibinin etkileşiminin artırılmasıyla başarılabilir. Bu bölümde 4D modelin iş birliğini teşvik ederek tasarım ve bilgi paylaşımına sağladığı katkılar üzerinde durulacaktır.

4.3.2.1 Tasarım ve yapım bilgisinin standardizasyonu

Projenin tasarımı oluşturan disiplinlerin ortaya koydukları çizimlerin standart yapıda olmayışı koordinasyonun önündeki en büyük engellerden biridir. 4D farklı disiplinlere göre ve farklı tür yazılımlarda hazırlanmış bu tasarımları birbirine entegre ederek topyekun bir proje simülasyonu sağlamış olur. Tasarımcılar tek bir model üzerinden çalışmalarını sürdürerek ihtilafları en aza indirmiş olurlar [79].

Entegrasyonu tamamlanmış ve farklı disiplinleri farklı renklerle temsil edilen bir örnek Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.15 : Birkaç disiplinin bir arada görülebileceği bir 4D hastane modeli [80].

Bu şekilde belli bir standart ve standart kazanan tasarımlar planlama için kolay sınıflandırılabilir forma sokulabilir. Aynı zamanda yapı elemanlarının sağlamış olduğu toplu ve uyumlu görüntü ile bunun ortaya koyduğu anlaşılabilir tasarım sayesinde prefabrikasyon fırsatı değerlendirilerek inşaat süresi kısaltılabilir [51].

Belirli bir referans noktasını esas alarak çizilen ve farklı disiplinlerin elemanlarını içeren tasarımların standart bir platformda entegrasyonu ile çakışmalar ve hatalı tasarımlar ortaya çıkmış olur. Bunların grup toplantılarıyla tespit edilip giderilmesi halinde projenin imalat safhasındaki yeniden yapım ve revizyonlar azaltılıp doğacak ilave maliyetler önlenmiş olur [81].

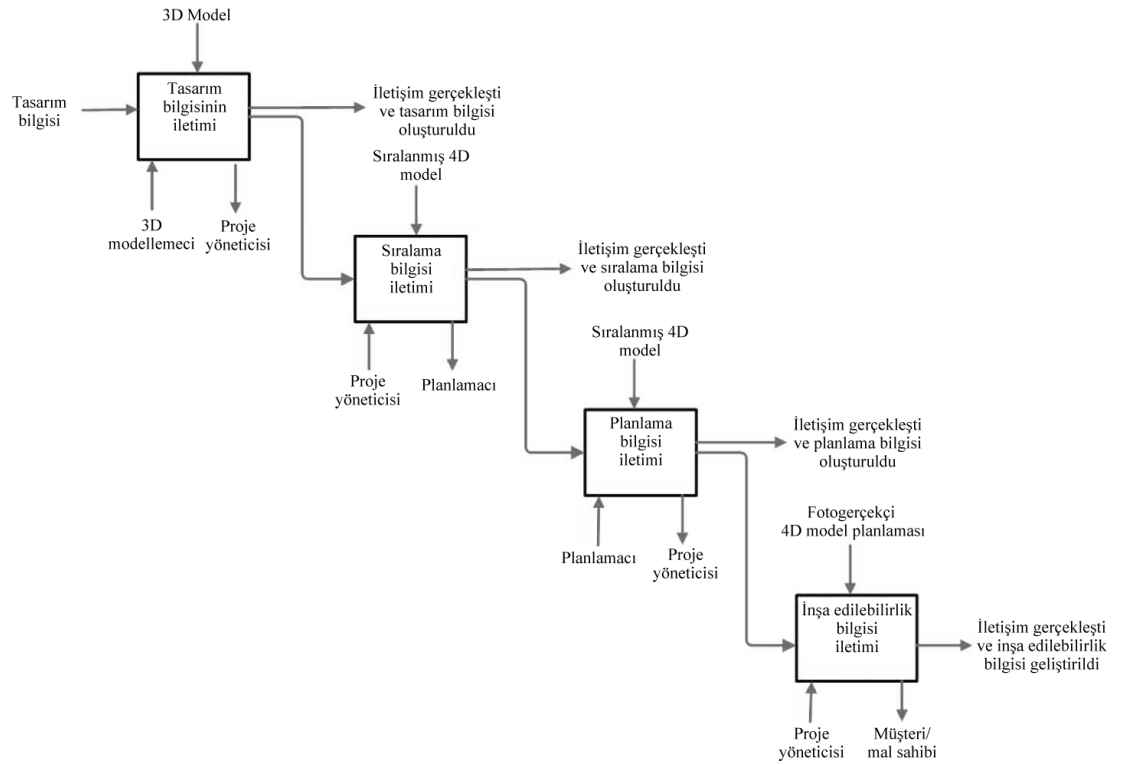
4.3.2.2 Proje katılımcıları arasındaki etkileşimi yükseltmesi

4D modellemenin tasarımcı, planlamacı ve imalatçı arasındaki etkileşimi artırıcı teşviki sayesinde inşaat sırasında ortaya çıkabilecek problemler, modelleme esnasında öngörülerek büyük zaman ve kaynak kayıplarının önüne geçilebilmektedir. 4D özellikle proje tasarımını inşaat perspektifinden değerlendirilip geri bildirimler oluşturulması noktasında proje yöneticilerine önemli katkılar sağlamaktadır [82].

Yapım sürecinden önce hazırlanmış bir 4D model ile zamandan tasarruf sağlayan ve düşük maliyetli alternatif senaryolar değerlendirilebilmektedir. Proje yöneticisinin bu model üzerinden tasarımcıya getireceği geri bildirimler ile seçilen yapım metodu için hangi tasarımın daha uygulanabilir olduğu belirlenebilir [83].

4D modelleme tekniği uygulanan projelerde imalat esnasında taşeronlardan sıklıkla gelen "bilgi talebi" sayısında kayda değer bir azalma görülmüştür. Aynı şekilde mal sahibi tarafından imalatın tasarım veya sözleşmeyle bağdaşmaması halinde gönderilen "değişiklik emri" sayısında da azalma yaşanmıştır. Tarafların belirli periyotlarla 4D model üzerinden yaptıkları koordinasyon toplantıları ile artan etkileşim inşaat sürecinin seyrini büyük ölçüde iyileştirmiştir. [51]

4D model kullanımında gerçekleşen bilgi iletim ve geliştirme süreci Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16 : 4D model kullanımında bilgi iletim ve geliştirme süreci [40].

4D modelin oluşturulmasıyla planlama sırasını etkileyecek bazı tasarım kısıtlamaları da kullanıcılar tarafından değerlendirilmiş olur. Planlamacılar tasarım kaynaklı oluşacak planlama sorunlarını ortadan kaldırmak için tasarımcıları 4D model üzerinden uyarabilmekte ve bu sayede revizyonlar inşaat başlamadan gerçekleştirebilmektedir [44].

4.3.3 Analiz aracı olarak kullanım faydaları

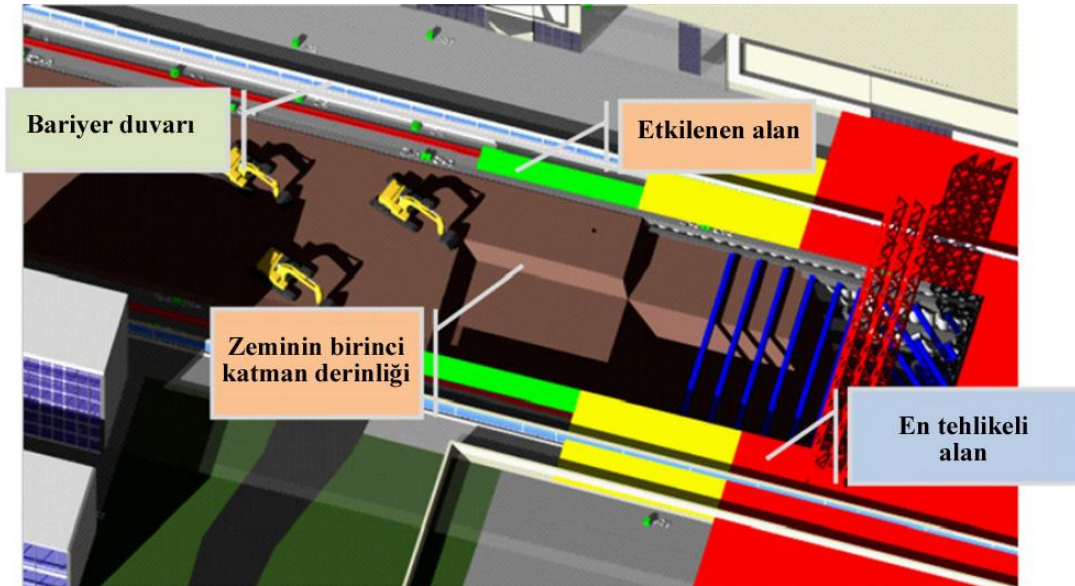
4D modelleme mekansal çakışmalar, iş güvenliği, şantiye çalışma alanı kısıtları gibi problemleri erken teşhise yardım etmesi nedeniyle proje maliyetinin düşmesini

sağlamaktadır. Böylece proje öncesi daha gerçekçi iş planı ve daha isabetli bir maliyet tahmini gerçekleştirebilir. 4D ayrıca bir çok yapım senaryosu alternatifi türeterek en uygun yapım metodu hakkında verilecek karara katkı sağlamaktadır.

4.3.3.1 Güvenlik tehlikelerini ön görmesi

İş kazaları ön görülemeyen ilave maliyetlerin önemli sebeplerinden biridir. Gerçekleşecek bir kaza, azalan kar marjları nedeniyle projenin tüm karlılığını yok edebilir. Bu sebeple günümüzde inşaat firmaları iş güvenliği kavramının üzerinde ciddiyle durmaktadır. Proje yöneticileri 4D modeli gözlemleyerek kazaların oluşabileceği alanları tespit ederek koruyucu önlemler (uyarı işaretleri, ulaşım kısıtlaması, güvenlik personeli vb.) alabilir. Ayrıca farklı işçi gruplarının birbirlerini nasıl etkileyebilecekleri ve olası tehlike durumları da gözlemlenebilir [84].

Zhou ve diğ. [85] tarafından gerçekleştirilen ve iş güvenliği yönetimi için 4D uygulamalarının kullanıldığı vaka çalışmasında elde edilmiş bir risk analizi Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17 : Risk seviyesi, inşaat işleyişi ve etkilenen alan ilişkisine bir örnek [85].

4.3.3.2 Şantiye alanına göre kaynak ve ekipman tahsisi

Özellikle şehir içinde gerçekleştirilen projelerde çalışma alanının darlığı önemli bir problemdir. Şantiye içindeki materyallerin konumu bazı ekipmanların manevra kabiliyetini azaltıp işin aksamasına sebebiyet verebilir. 4D model ilgili tüm çalışma

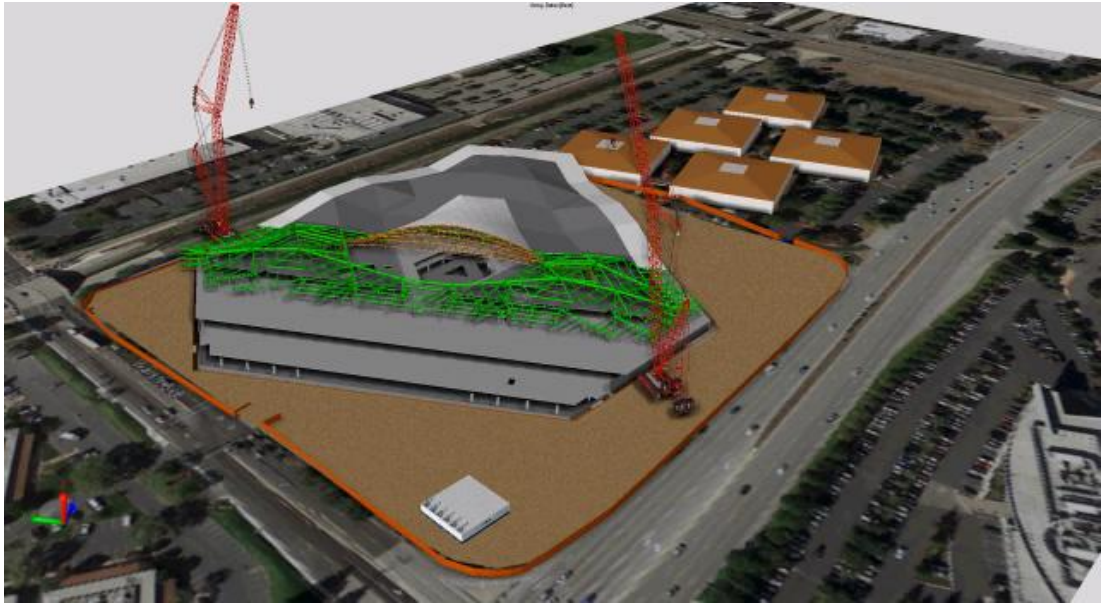
gruplarına hangi materyalin ne zaman gelip ne zaman gideceğini açıkça gösterebilmektedir [50].

4D model şantiye çalışma alanı yönetimi ve materyal geliş gidiş tarihlerini planlama konusunda kullanıcıya yardımcı olmaktadır. Böylece proje yöneticileri hangi alanın ne zaman müsait ne zaman meşgul olacağını 4D model üzerinden gözlemleyip uygun alan seçimini gerçekleştirebilmektedir [50].

4.3.3.3 İnşa edilebilirlik incelemesi

4D modellemenin zaman-mekan çakışmaları, iş güvenliği, şantiye alan yönetimi gibi konularda analiz için sağladığı temel önceki bölümlerde anlatılmıştır. Projelerin inşa edilebilirliğinin analizi ise ayrıca ele alınacak bir analiz konusu olmayıp bu sayılan analizlerin hepsinin bileşkesi ile değerlendirebilecek bir husustur. Zira bu konuların hepsi birbirine bağlıdır. Örneğin, zaman-mekan çakışmasını çözmek için planlamada yapılan bir revizyon bir işçi grubu veya ekipmanın çalışma alanını azaltma ihtimalini taşımaktadır. Tüm bu faktörleri görsel olarak incelemeyi sağlayan 4D modeli projenin inşa edilebilirliğine dair önemli verileri proje yöneticisine sunmaktadır [26].

Şekil 4.18'de gösterilen 4D modelde çelik çatının montajı için iki adet hareketli vinç kullanılmıştır. Fakat bu yapım metodunun soldaki vinci saha dışında bıraktığı, sağdaki vinci ise dar bir alana sürüklediği görülmüştür.



Şekil 4.18 : İnşa edilebilirlik analizi [86].

Kullanıcılar mevcut durumu düzeltecek muhtemel yaklaşımlar için çeşitli senaryolar geliştirip görüntüleyerek analizlerini güçlendirebilirler. 4D'nin bu özelliği proje yöneticilerine doğruluğu şüpheli zihinsel canlandırmalar yerine kararlarının gerçek etkilerini görecekleri bir platform sunmaktadır [37].

4.4 4D'nin Önündeki Engeller

İnşaat firmaları 4D modelleme araçlarının fayda ve yeteneklerinin farkına varmaya başlamıştır. Gelişen teknoloji ile düzenli olarak güncellenen ticari 4D yazılımları pazarda çokça mevcuttur. Buna rağmen 4D modelleme teknolojisi günümüz inşaat sektöründe geniş bir şekilde benimsenmiş değildir [87]. Hartmann ve diğ. [51] çeşitli 3D/4D uygulamalarının pratikte niçin yaygın olarak kullanılmadığının sorgulanması ve sebeplerin açıklığa kavuşturulması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Mevcut vaziyet bir çok sebebe dayandırılmaktadır. Khanzode ve Staub-French [30] 4D modellemenin bir projede uygulanabilmesi için gereken koordineli çabanın altını çizmiştir. Taylor [88] yeni teknolojilerin hızla ve topluca yayılmasının önündeki engel olarak inşaat sektörünün parçalı doğasını göstermiştir. Barrett [89] ise inşaat sektörünün reaktif karakterinin 4D gibi gelişmiş teknolojileri benimseyecek proaktif girişimlere engel teşkil ettiğini iddia etmiştir.

4D ile ilgili yapılmış çalışmalarda bu teknolojinin uygulanmasına mani olduğu öne sürülen şüpheler üç kategoride ele alınabilir: bilgisayar sistemi gereklilikleri, yazılımın kullanılabilirliği ve şirketin organizasyonel iş akışı.

4.4.1 Bilgisayar sistemi gereklilikleri

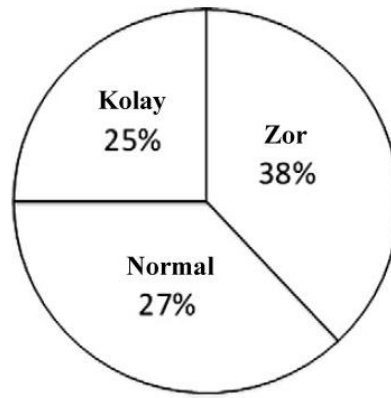
Yazılım ve donanımın gerektirdiği bilgisayar sistemi özellikleri özellikle büyük ölçekteki firmalar için önemli bir sorundur. Yazılımın maliyeti, geçerlilik durumu ve mevcut düzenle uyumu şirketin uygulamaya geçmeden önce değerlendirdiği anahtar faktörlerdir. 4D modeller genellikle büyük ve karmaşık olduklarından ötürü hesaplama verimliliği ve sistem kapasitesi sorunları şirketlerin karar verme aşamasında duydukları şüpheler arasındadır [90].

4.4.2 Yazılımın kullanılabilirliği

4D araçlarının kullanımı üzerine yıllardır araştırma yapılan bir konudur. Şirketler genellikle yerleşik pratiklerinin yerine yeni ürünleri kolaylıkla kabul etmezler. 4D yazılımları şirket bünyesinde planlama işlevini gören CPM programlarıyla kıyaslandığında daha pahalı olması nedeniyle çekinceler oluşmaktadır.

Yazılımın kullanılabilirliğini etkileyen bir diğer kaygı ise 4D araçlarını kullanacak çalışanların eğitim masraflarıdır. Ayrıca firmalar sıkı zaman kısıtları içerisinde çalışan mühendislerine uzun eğitim programları için zaman ayırmayı zorlayıcı bulmaktadır [91]. Firmalar bilgi teknolojileri alanında donanımlı ve 4D hakkında bilgi sahibi eleman bulma noktasında güçlük çekmektedirler. Buna ek olarak özel bilgisayar işlemlerine uzak olan bazı mühendislerin kompleks bir ara yüze sahip yazılıma alışmasında da zorluklar tespit edilmiştir [31].

Tsai ve diğ. [31] tarafından yapılan araştırmada teste tabi tutulan bir grup mühendisin 3D model ile planlama verisinin bağlanması işlemine dair yaptıkları değerlendirme Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.19 : Test katılımcılarının bağlama işlemi hakkındaki görüşleri [31].

Literatür 4D teknolojilerinin uygulamasında iki temel konu olarak kullanılabilirlik ve öğrenilebilirliği belirlemiştir. Bazı araştırmalar bu teknolojinin faydaları ile kullanıcı alışkanlıklarını değiştirmeyi hedeflemiş olsa da günümüzde 4D araçlarını kabul ettirebilmek hala önemli bir sorun olarak durmaktadır. Mevcut araçların yeterli olduğu düşüncesi bu noktada önemli bir etkidir [51].

4D yazılımının kullanılabilirliğini etkileyen bir diğer faktör de modelin ayrıntı seviyesidir. Birleşim noktalarındaki bulonlarına varıncaya kadar ayrıntılı hazırlanmış

bir elik konstrüksiyon tasarımı 4D modelin akıcılığını engelleyebileceği gibi detayları önemsenmeden hazırlanmış tasarımlar da modelin gerçekçiliğini ve üzerinde yapılacak analizlerin sağlığını azaltabilir [66].

4.4.3 Firmanın organizasyonel iş akış yapısı

4D modelleme uygulamalarının önündeki üçüncü engel firmanın mevcut organizasyonel iş akışına dahil edilmesi noktasında ortaya çıkan şüphelerden oluşmaktadır. 4D uygulamalarının detaylı ve planlı bir şekilde sisteme dahil edilmemesi aracın işlevini ortadan kaldıracağından, tam bir entegrasyon sağlanabilmesi için iş akış alışkanlıklarının baştan ele almasını gerektirmektedir [31].

Şirket yönetimleri genellikle iş akış standartlarında sık değişiklikler yapmak istememektedirler. Yönetimlerin bu tür toplu bir revizyon sürecinin ortaya çıkaracağı zamansal ve parasal riskleri üstlenmekten kaçınma isteği nedeniyle 4D teknolojisi değişime karşı bir direnç ile karşılaşmaktadır [31].

5. ANKET ve MÜLAKAT ÇALIŞMASI

5.1 Giriş

4D uygulamaları farklı ülkelerde farklı kabul düzeylerine erişmiştir. Ancak getirdiği tüm faydalara rağmen dünya ölçeğinde beklenen kullanım düzeyini yakalayamamıştır. 4D'nin öncülerinden kabul edilen Stanford Üniversitesi bünyesindeki CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) çatısı altında yapılan bir araştırmada bu durum kabul edilmiş ve 4D'nin yaygın kullanımını engelleyen nedenlerinin araştırılması gerektiği belirtilmiştir [51].

Geride bıraktığımız beş yıl içerisinde ülkemizde 4D üzerine gerçekleştirilen çalışmalara [47] [18] rağmen inşaat sektörümüzde bu teknolojiye ilişkin belirli bir yönelimin doğmayışı bu çalışmanın temel motivasyonlarından birini oluşturmaktadır.

4D'nin fayda ve engellerinin tespitine yönelik çalışmalar vaka analizleri temelinden gerçekleştirilmiştir. Araştırmacıların vaka çalışmalarına konu olan uygulamanın süreç içerisinde ortaya koyduğu tecrübeler başlıklar altında yayınlanarak bu alanda bir literatür oluşumu sağlanmıştır.

Yapmış olduğumuz bu çalışma ise, önceden gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde oluşan bu veri havuzunu sistematik biçimde ele alıp, 4D'nin fayda ve engellerinin kullanıcı gözündeki önem derecesini tespit etme gayesi taşımaktadır. Ortaya konan anket çalışmasıyla, 4D modellemenin geniş kullanım alanına erişebilmesi adına kullanıcı tercihlerini açıklayan verilerin elde edilmesi sağlanarak teşvik edici ve direngen kuvvetlerin ağırlıklarıyla belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu doğrultuda bir anket çalışması gerçekleştirilmiş ve buna ek olarak 4D modellemeye ilgili kişilerle mülakatlar gerçekleştirilmiştir.

5.1.1 Önceki anket araştırmaları

Planlama, 4D ve daha genel başlığıyla BIM üzerine yapılmış anket çalışmaları dünya ölçeğinde taranarak çalışmamızda kullanılacak soruların belirlenmesi sağlanmıştır. Konakçı [10] tarafından hazırlanan "CPM değerlendirme anketi", Ganah ve Ezzat

[49] tarafından yayınlanan "4D'nin fayda ve engellerini değerlendirme anketi", Lippai'nin [92] gerçekleştirdiği "4D analizi anketi" ve son olarak Mahalingam ve diğ. [37] tarafından ortaya konan "4D'nin uygulanabilirliği anketi" bu alanda yapılmış çalışmaların öne çıkanlarını teşkil etmektedir.

Anket çalışmasının geliştirilmesi adına, literatür anlamında oldukça zengin bir saha olan BIM çalışmalarından da faydalanılmıştır. Kassem ve diğ. [93] tarafından yapılan "BIM ve 4D'nin geniş çaplı kullanımına karşı engeller anketi", Yan ve Damian'ın [25] gerçekleştirdiği "BIM'in fayda ve engelleri anketi" ile Kumar ve Mukherjee'nin [94] hazırlamış olduğu "BIM'in kapsamı anketi" bu maksatla gözden geçirilmiştir.

5.1.2 Anketin içeriği

Anket çalışması;

- Demografik bilgiler
- Planlama ve tasarım alışkanlıkları
- 4D'nin mevcut durumu, fayda ve engelleri
- 4D'ye dair sektör algısı ve gelecek projeksiyonu

şeklinde olmak üzere 4 bölümden oluşmaktadır.

5.1.2.1 Demografik bilgiler

Bu bölümün anketi dolduran kişinin eğitim düzeyi, sektör tecrübesi ve firmadaki pozisyonuna ilişkin sorular yöneltilmiştir. Devamında 4D modellemeye bakış açısını ölçeceğimiz firmaya ilişkin bazı bilgilerin girilmesi istenmiştir. Burada; firmanın hangi alanlarda hizmet verdiği, inşaat sektöründe kaç yıldır var olduğu, hangi tür projeler üzerine faaliyet gösterdiği ve geçtiğimiz yılki cirosunun kaç milyon TL olduğu soruları yöneltilmiştir.

5.1.2.2 Planlama ve tasarım alışkanlıkları

Anketin bu bölümünde Türk inşaat sektörünün, 4D modellemenin iki temel bileşeni olan planlama ve tasarıma ilişkin alışkanlıkları tespit edilmek istenmiştir. Bu doğrultuda; iş programının idaresinden kimin mesul olduğu, oluşturulan iş programının ne sıklıkla takip edildiği, süre planlamasının hangi detay seviyesinde

kullanıldığı ve proje tasarımlarının 2D mi yoksa 3D olarak mı hazırlandığı soruları katılımcılara yöneltilmiştir.

Bu bölümde ayrıca formu dolduran kişinin 4D modellemeyi bilme düzeyi ölçülerek mensubu olduğu firmanın daha önce 4D yaklaşımını kullanıp kullanmadığı sorulmuştur.

5.1.2.3 4D'nin mevcut durumu, fayda ve engelleri

Anketin bu kısmında 4D'nin Türkiye'deki bilinirliği sorgulanmış olup daha önce yapılmış çalışmalardan derlenen, 4D'nin sağladığı faydalar ve 4D uygulamalarının önündeki engellerin kullanıcı nazarındaki önem sıralamasını elde etmek hedeflenmiştir. Takdim edilen 6'şar fayda ve engel birbirleriyle kıyaslanıp 1'den 6'ya sıralanmak suretiyle hangi fayda ve engelin ne kadar önem taşıdığı tespit edilmiştir.

5.1.2.4 4D'ye dair sektör algısı ve gelecek projeksiyonu

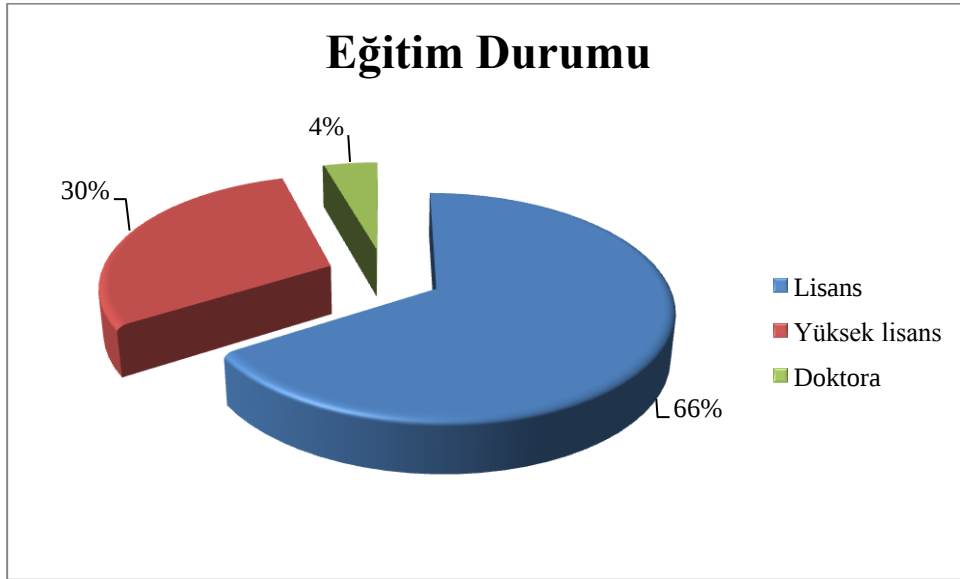
Anketin son bölümünde 4D uygulamalarının Türk inşaat sektöründeki durumu, inşaat sektörü doğasının teknolojiyle ilişkisi, üniversitelerin bu noktadaki işlevi, kamu düzenlemelerinin 4D'ye katkısı ve 4D modellemenin gelecekteki konumuna ilişkin sorular yöneltilmiştir.

5.2 Anket Sonuçları

4D modellemenin sektördeki kullanım analizini yapmak maksadıyla gerçekleştirilen çalışma inşaat sektöründe çalışan toplamda 112 kişinin katılımıyla gerçekleşmiştir. Anketler İnşaat Mühendisleri Odası ve Mimarlar Odası yetkililerine gönderilmiş olup çalışmanın daha fazla kişiye ulaşabilmesi adına inşaat sektörünü buluşturan diğer internet ağları da kullanılmıştır. Ayrıca bazı anketler mülakat yöntemiyle doldurularak katılımcıların konu hakkındaki yorumları da kaydedilmiştir.

5.2.1 Demografik bilgiler

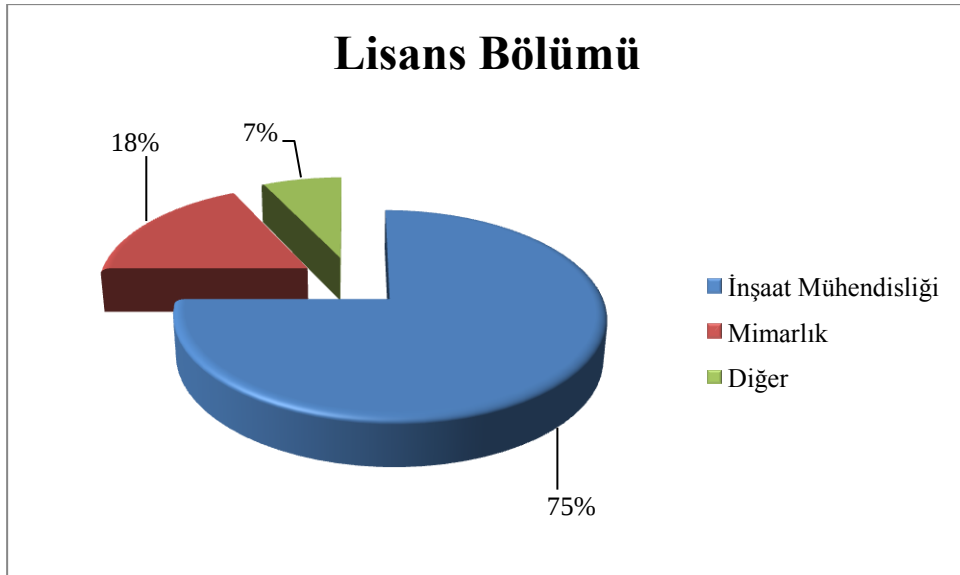
5.2.1.1 Anketi dolduranın eğitim durumu



Şekil 5.1 : Anket katılımcılarının eğitim durumu.

Şekil 5.1'de görüldüğü üzere anket katılımcılarının %66'sı lisans, %30'u yüksek lisans, %4'ü ise doktora seviyesinde mezuniyet derecesine sahiptir.

5.2.1.2 Katılımcının mezun olduğu lisans bölümü

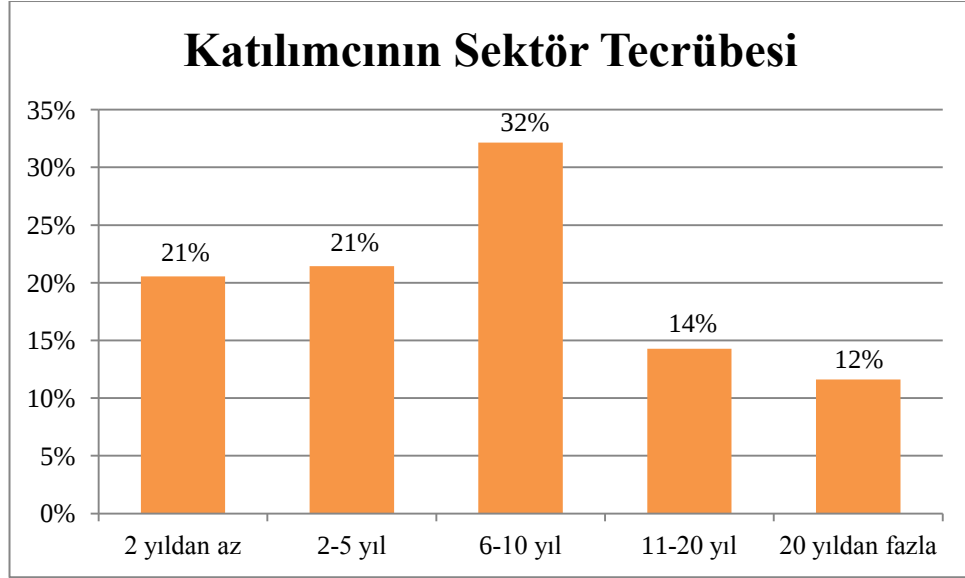


Şekil 5.2 : Anket katılımcılarının mezun olduğu lisans bölümü.

Anketi dolduranların mezun oldukları lisans bölümleri Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Buna göre anket katılımcılarının %75'i inşaat mühendisliği, %18'i mimarlık ve %7'si

üniversitelerin diğer bölümlerinden mezun olmuştur. Diğer bölümler olarak adlandırılan grupta iç mimarlık, peyzaj mimarlığı, endüstri mühendisliği, jeofizik mühendisliği gibi meslekler bulunmaktadır.

5.2.1.3 Katılımcının sektör tecrübesi



Şekil 5.3 : Anket katılımcılarının inşaat sektörü tecrübesi.

Şekil 5.3'te görüldüğü üzere anket katılımcılarının %21'i 2 yıldan az, %21'i 2-5 yıl arası, %32'si 6-10 yıl, %14'ü 11-20 yıl, %12'si ise 20 yıldan fazla sektör tecrübesine sahiptir.

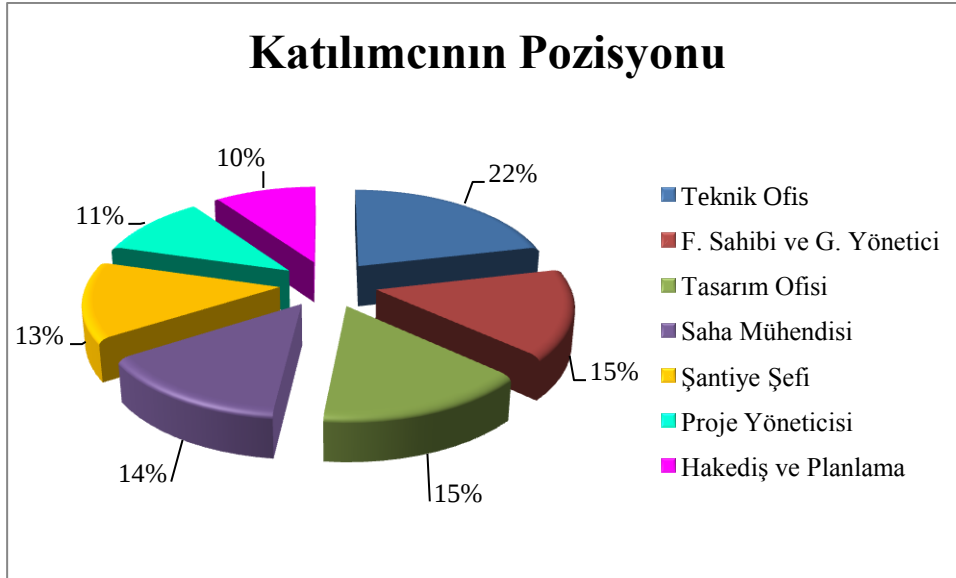
5.2.1.4 Katılımcının pozisyonu

Bu soruya verilen yanıtların büyük farklılıklar arz etmesi nedeniyle bir sınıflandırma yapma yoluna gidilmiştir. Yapılan sınıflandırma Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 : Pozisyon sınıflandırması.

Sınıf	Pozisyon
Teknik Ofis	Teknik ofis şefi, teknik ofis müdürü, teknik ofis mühendisi, QA/QC mühendisi, teknik müdür, sözleşme yöneticisi, teklif müdürü, iş geliştirme müdürü, ihale mühendisi
F. Sahibi ve G. Yönetici	Patron, kurucu ortak, yönetim kurulu başkanı, firma sahibi, CEO, şirket ortağı, yönetici, genel koordinatör
Tasarım Ofisi	Tasarım yöneticisi, tasarım koordinatörü, proje tasarım müdürü, proje mühendisi, yapı mühendisi, tasarım mühendisi, Mimar, mimari ofis şefi,
Saha Mühendisi	Kontrol mühendisi, saha mühendisi, şantiye mühendisi, inşaat mühendisi
Şantiye Şefi	Şantiye şefi, çelik yapı şefi, baş mühendis, proje şefi
Proje Yöneticisi	Proje yöneticisi, proje müdürü, proje bölüm müdürü, proje yöneticisi yardımcısı, müdür
Hakediş ve Planlama	Planlama mühendisi, planlama ve bütçe kontrol mühendisi, planlama ve maliyet kontrol mühendisi, planlama şefi, hakediş ve kesin hesap mühendisi, hakediş ve planlama mühendisi, hakediş ve proje mühendisi, hakediş mühendisi, hakediş ve planlama şefi

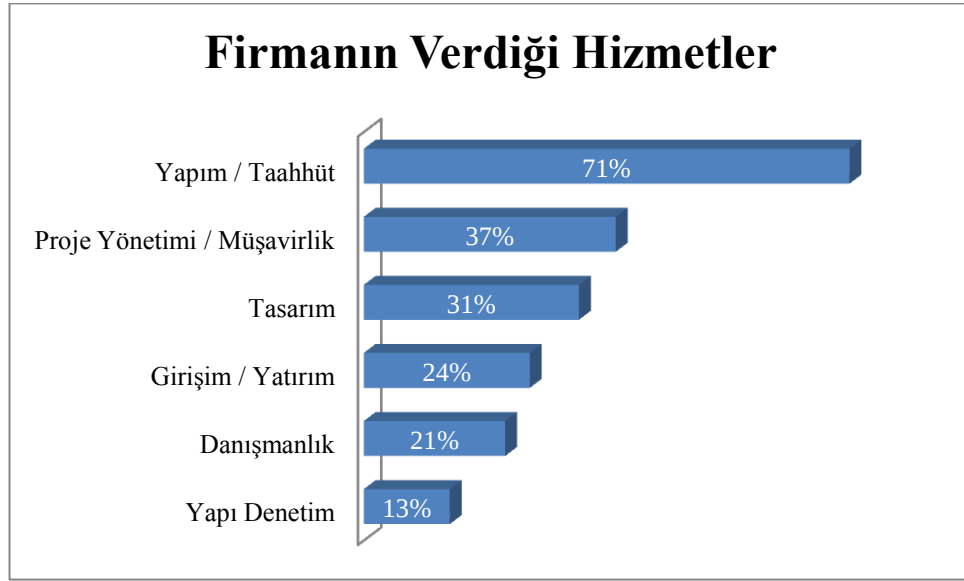
Bu sınıflandırma ışığında aşağıdaki pasta ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.4 : Anket katılımcılarının firmadaki pozisyonu.

Ankete katılanların mensubu oldukları firmalardaki pozisyonları Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Buna göre katılımcıların %22'si teknik ofis çalışanı, %15'i firma sahibi ve firma genel yöneticisi, %15'i tasarım ofisi çalışanı, %14'ü saha mühendisi, %15'i şantiye şefi, %11'i proje yöneticisi ve %10'u hakediş ve planlama mühendisi pozisyonundadır.

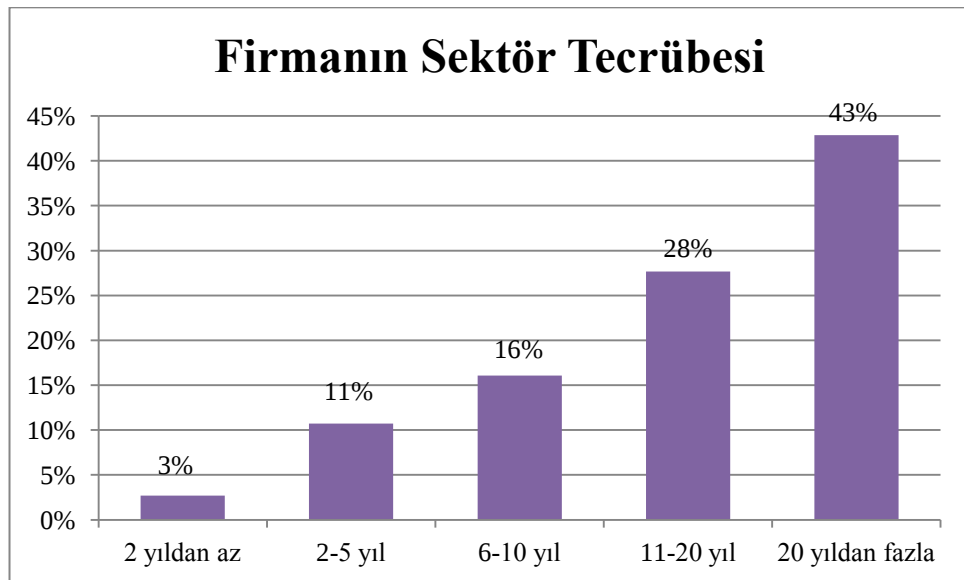
5.2.1.5 Firmaların verdiği hizmetler



Şekil 5.5 : Firmaların verdiği hizmetler.

Ankete katılımcılarının mensubu oldukları firmaların inşaat sektöründe verdiği hizmet tipleri Şekil 5.5'te sıralanmıştır. Bu sıralamaya göre katılımcı firmaların %71'i yapım ve taahhüt, %37'si proje yönetimi ve müşavirlik, %31'i tasarım, %24'ü girişim ve yatırım, %21'i danışmanlık ve %13'ü yapı denetim hizmeti vermektedir.

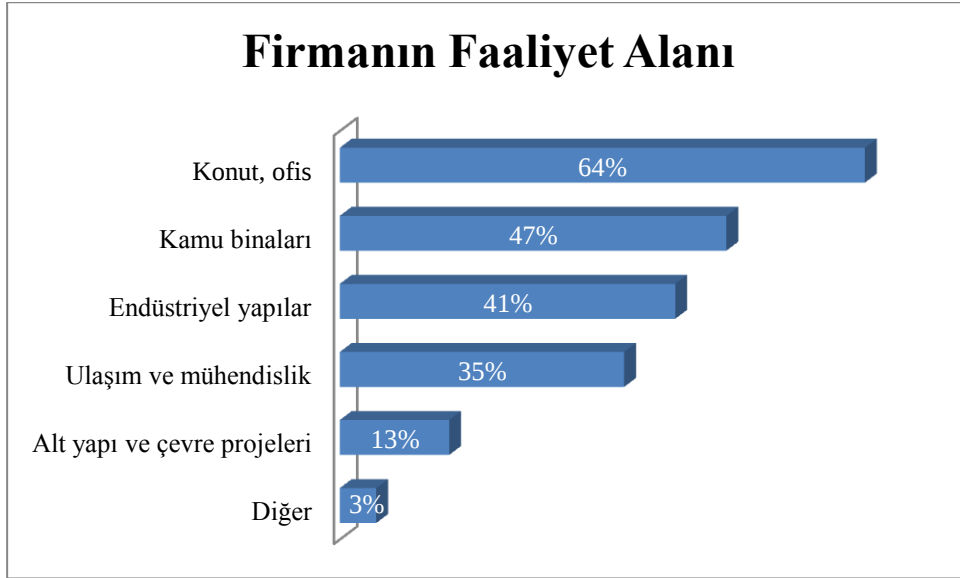
5.2.1.6 Firmaların sektör tecrübesi



Şekil 5.6 : Firmaların sektör tecrübesi.

Şekil 5.6 anket katılımcılarının mensubu oldukları firmanın sektör tecrübesini göstermektedir. Buna göre firmaların %3'ü 2 yıldan az, %11'i 2-5 yıl arası, %16'sı 6-10 yıl arası, %28'i 11-20 yıl arası, %43'ü ise 20 yıldan fazla sektör tecrübesine sahiptir.

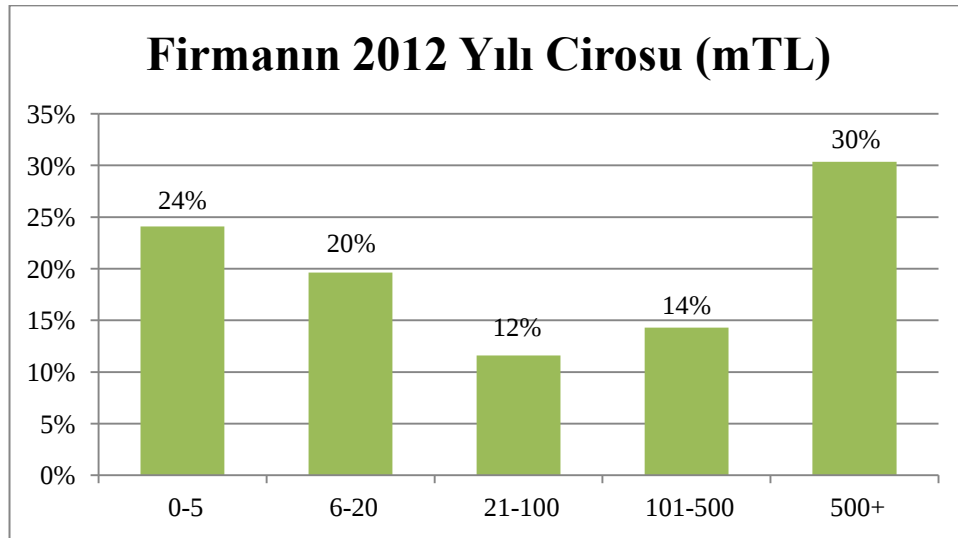
5.2.1.7 Firmaların faaliyet alanları



Şekil 5.7 : Firmanın faaliyet alanı.

Ankete katılım gösteren sektör çalışanlarının mensup oldukları firmaların faaliyet gösterdikleri alanlar Şekil 5.7'de gösterilmiştir. Anket verilerine göre firmaların %64'ü konut ve ofis projeleri, %47'si kamu binaları, %41'i endüstriyel yapılar, %35'i ulaşım ve mühendislik projeleri, %13'ü çevre ve altyapı projeleri, %3'lük kısmı ise diğer türde projeler üzerinde faaliyet yürütmektedir.

5.2.1.8 Firmaların 2012 yılı ciroları

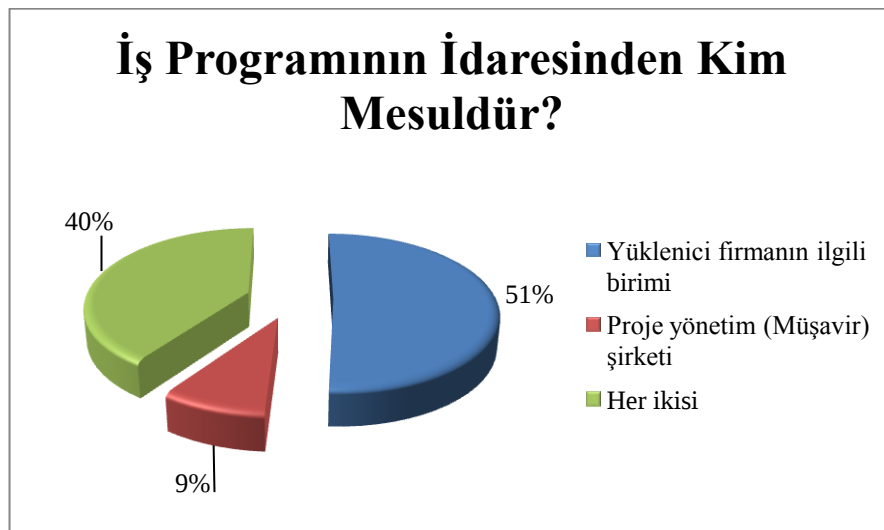


Şekil 5.8 : Firmaların 2012 yılı cirosu.

Şekil 5.8'de firmaların geride bıraktığımız yıl içerisinde elde ettikleri ciro değerleri gösterilmiştir. Buna göre 2012 yılında firmaların %24'ü 0-5 milyon TL, %20'si 6-20 milyon TL, %12'si 21-100 milyon TL, %14'ü 101-500 milyon TL ve %30'u 500 milyon TL'den fazla ciro elde etmiştir. Anket sonuçlarında 500 milyon TL'den fazla ciroya sahip firmaların yüksek oranda oluşu, bir çok iştiraki bulunan holdinglerin genel cirolarının alınmış olmasından kaynaklanmaktadır.

5.2.2 Planlama ve tasarım alışkanlıkları

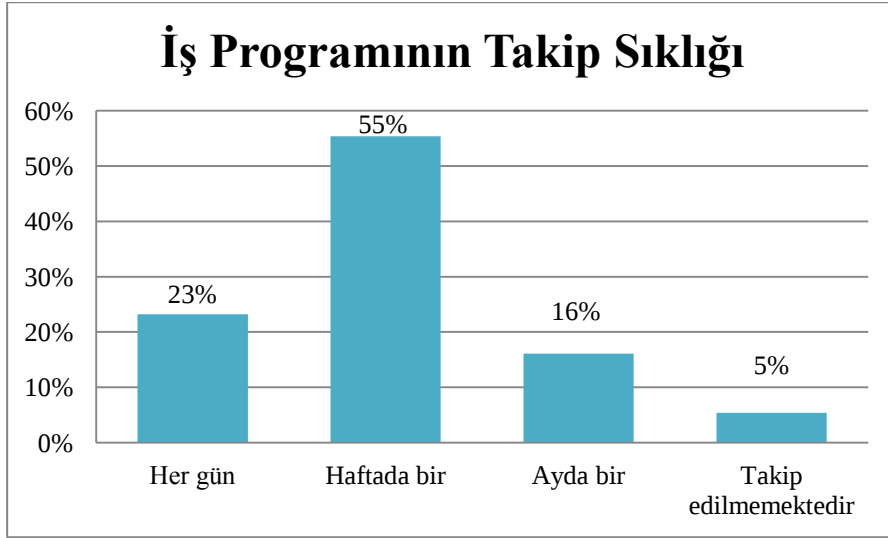
5.2.2.1 İş programının idaresi



Şekil 5.9 : İş programının idare mesuliyeti.

Ankete katılan firmaların iş programının idaresinden kimi sorumlu tuttuğu sorusuna verilen yanıtlar Şekil 5.9'da gösterilmiştir. Buna göre iş programı idaresi işlemi %51 oranında yüklenici firmanın ilgili birimi, %9 oranında proje yönetim şirketi ve %40 oranında her iki kuruluş tarafından üstlenilmektedir.

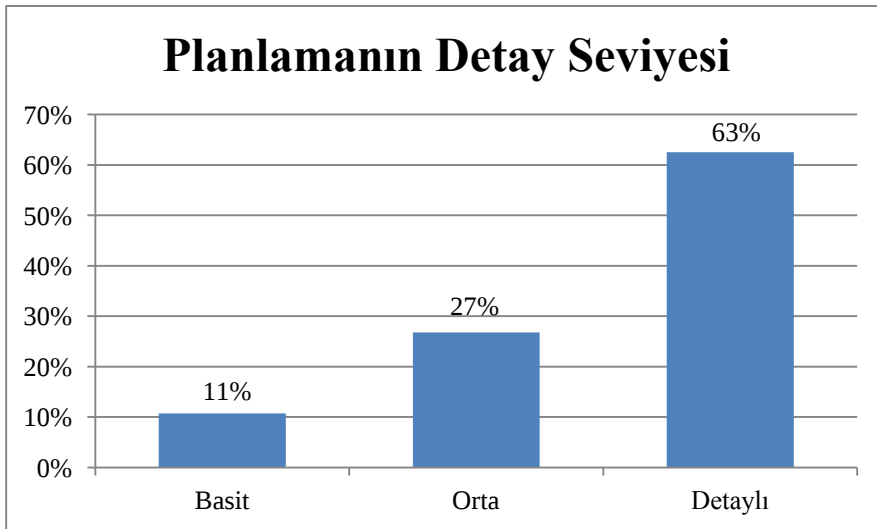
5.2.2.2 İş programının takip sıklığı



Şekil 5.10 : Firmada uygulanan iş programının takip sıklığı.

Şekil 5.10'da ankete katılım sağlayan firmaların oluşturdukları iş programını takip sıklıkları gösterilmiştir. Buna göre firmaların %23'ü her gün, %55'i haftada bir, %16'sı ayda bir olarak programı takip edip güncellerken %5'i takip etmemektedir.

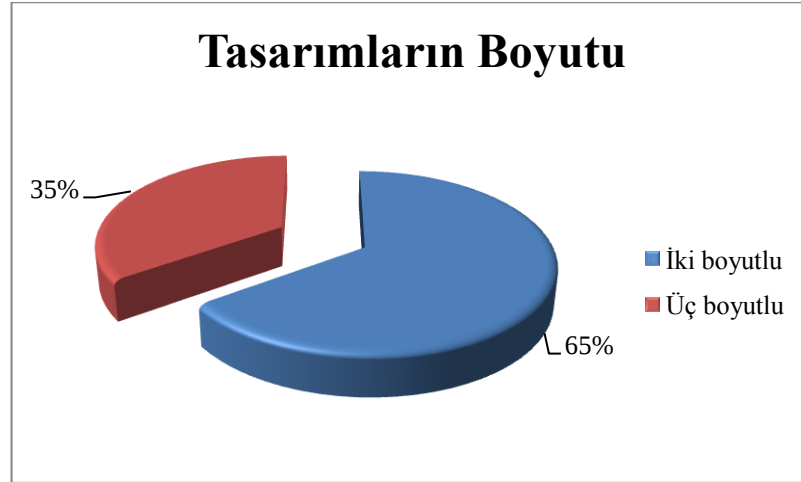
5.2.2.3 Planlamanın detay seviyesi



Şekil 5.11 : Firmada uygulanan planlamanın detay seviyesi.

Ankete katılan firmaların planlamada uyguladıkları detay seviyesi oranları Şekil 5.11'de verilmiştir. Buna göre firmaların %11'i basit [ör: 2. kat (1 aktivite)], %27'si orta [ör: 2. kat kolonları ve döşemesi (2 aktivite)], %63'ü detaylı [ör: 2. kat döşeme kalıpları, donatısı, betonu, vb. (2'den fazla aktivite)] düzeyde planlama yapmaktadır.

5.2.2.4 Tasarımların boyutu

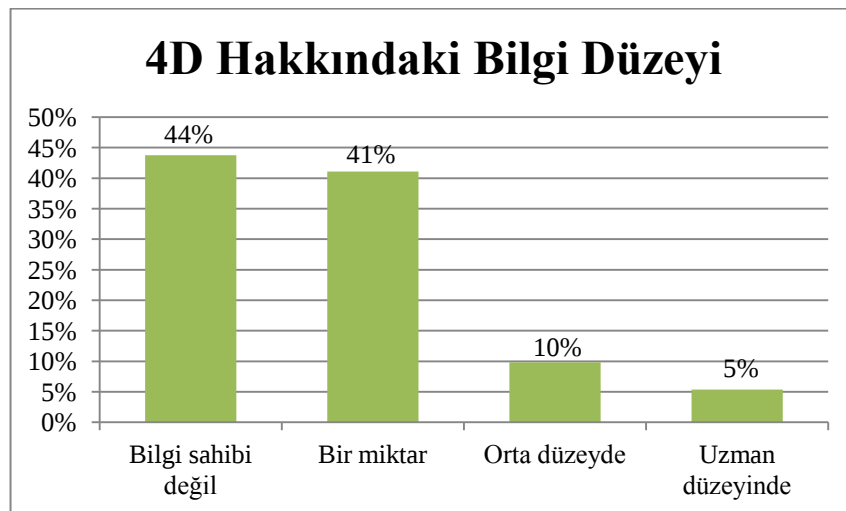


Şekil 5.12 : Firmaların tasarımda kullandıkları boyut.

Şekil 5.12'de firmaların tasarımda kullandıkları boyut oranları gösterilmiştir. Buna göre firmaların %65'i iki boyutlu tasarım yaparken geri kalan %35'i üç boyutlu tasarım yapmaktadır.

5.2.3 4D'nin mevcut durumu

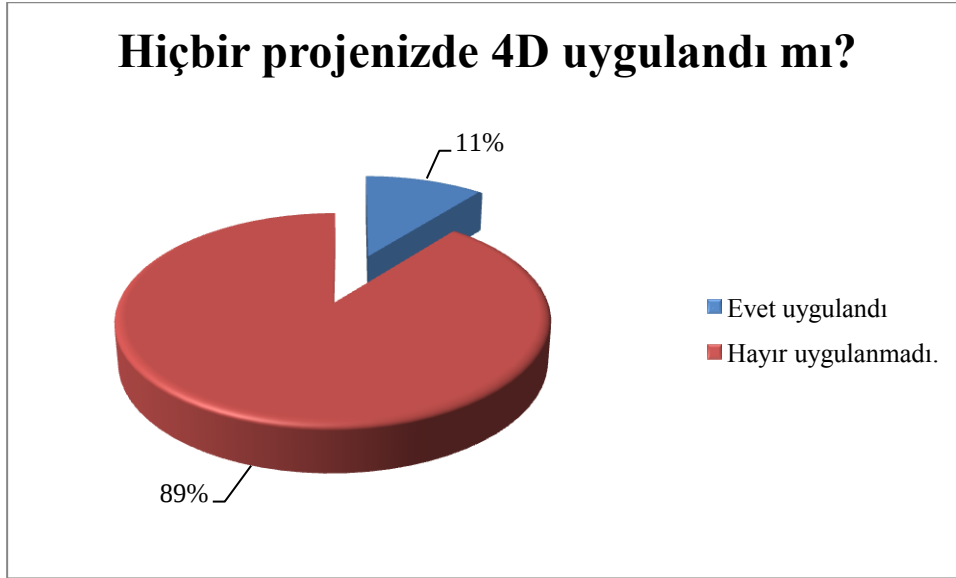
5.2.3.1 4D hakkındaki bilgi düzeyi



Şekil 5.13 : 4D hakkındaki bilgi düzeyi.

Anket katılımcılarının 4D modelleme hakkındaki bilgi düzeyleri Şekil 5.13'te gösterilmiştir. Katılımcıların %44'ü bilgi sahibi olmadığını, %41'i bir miktar bilgi sahibi olduğunu, %10'u orta düzeyde bilgi sahibi olduğunu ve %5'lik dilimi ise uzman düzeyinde bilgi sahibi olduğunu belirtmiştir.

5.2.3.2 4D'nin kullanım durumu



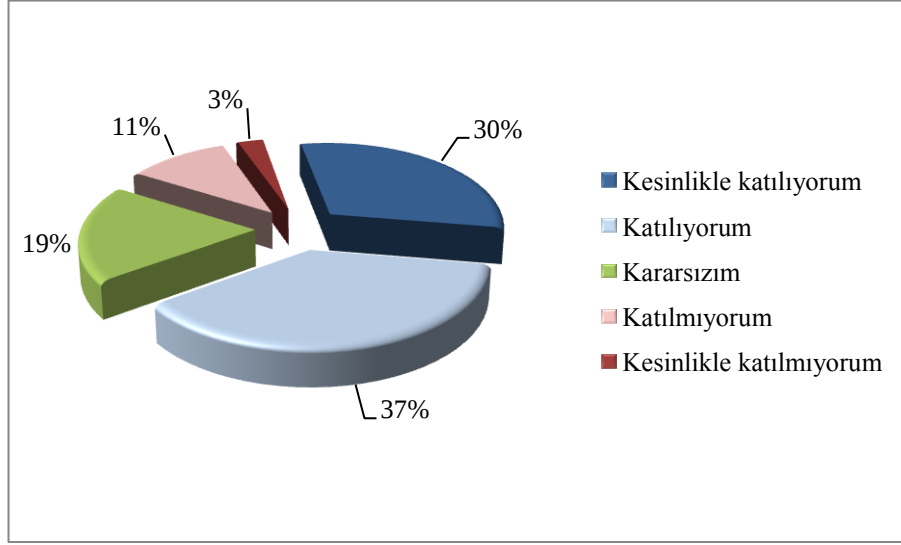
Şekil 5.14 : 4D modellemenin kullanımı.

Şekil 5.14'te ankete katılan firmaların daha önce hiçbir projede 4D modelleme araçlarını kullanıp kullanmadığı sorusuna verilen yanıtlar gösterilmiştir. Sonuçların ortaya koyduğu üzere 4D modellemeyi sadece %11'lik bir kesim uygularken %89 hiç uygulamamıştır.

5.2.4 4D'ye dair sektör algısı ve gelecek projeksiyonu

Anketin son bölümünde 4D'ye dair sektör algısını ölçmek ve gelecek projeksiyonunu elde etmek için katılımcılara 5 yargı yöneltilmiştir.

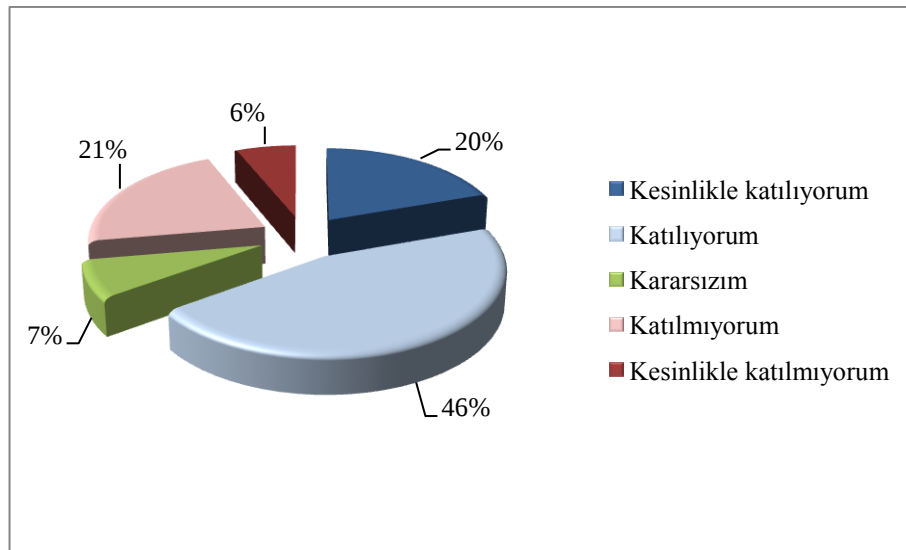
5.2.4.1 4D modellemenin ülkemizde az kullanılıyor oluşu Türk inşaat sektörü adına bir eksikliktir



Şekil 5.15 : 4D modellemenin ülkemizde az kullanılıyor oluşu Türk inşaat sektörü adına bir eksikliktir.

Şekil 5.15'de ilk soruya verilen cevaplar gösterilmiştir. Katılımcıların çoğu 4D modellemenin ülkemizdeki uygulamalarının kısıtlı oluşunun sektörümüz adına bir eksiklik olduğunu belirtmiştir.

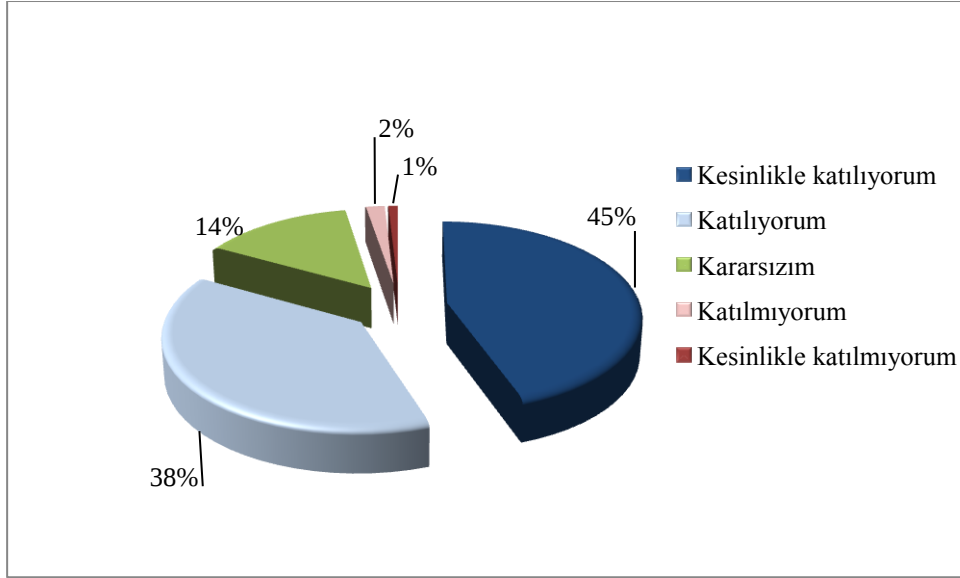
5.2.4.2 Teknolojik gelişmelerin sektöre çabuk entegre edilememesi inşaat sektörünün doğasından kaynaklanmaktadır



Şekil 5.16 : Teknolojik gelişmelerin sektöre çabuk entegre edilememesi inşaat sektörünün doğasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.16'da ikinci soruya verilen cevaplar gösterilmiştir. Katılımcıların büyük çoğunluğu inşaat sektörünün yapısı gereği teknolojik gelişmelere zor uyum sağlayan bir sektör olduğunu dile getirmiştir.

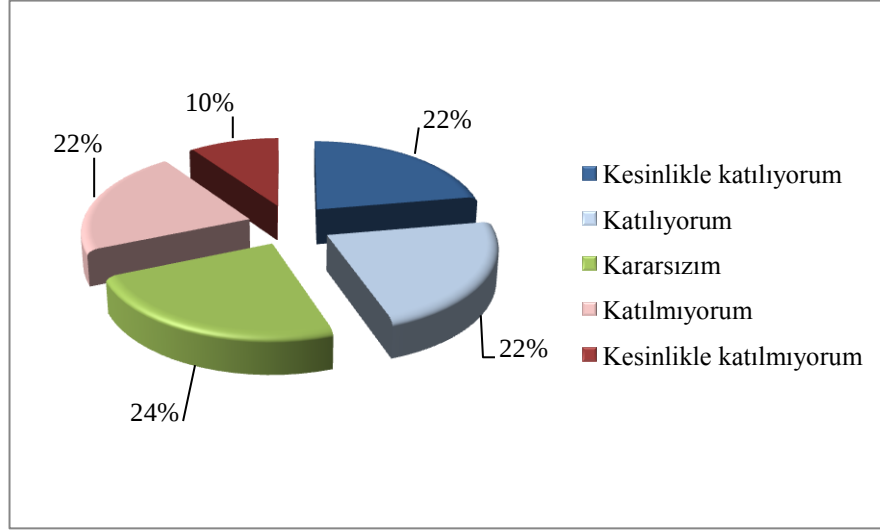
5.2.4.3 Üniversitelerin ilgili bölümlerinde öğrencilere 4D eğitimleri verilmelidir



Şekil 5.17 : Üniversitelerin ilgili bölümlerinde öğrencilere 4D eğitimleri verilmelidir.

Şekil 5.17'de üçüncü soruya verilen cevaplar gösterilmiştir. Katılımcıların tamamına yakını üniversitelerin ilgili bölümlerinde 4D eğitimleri verilmesine sıcak bakmaktadır.

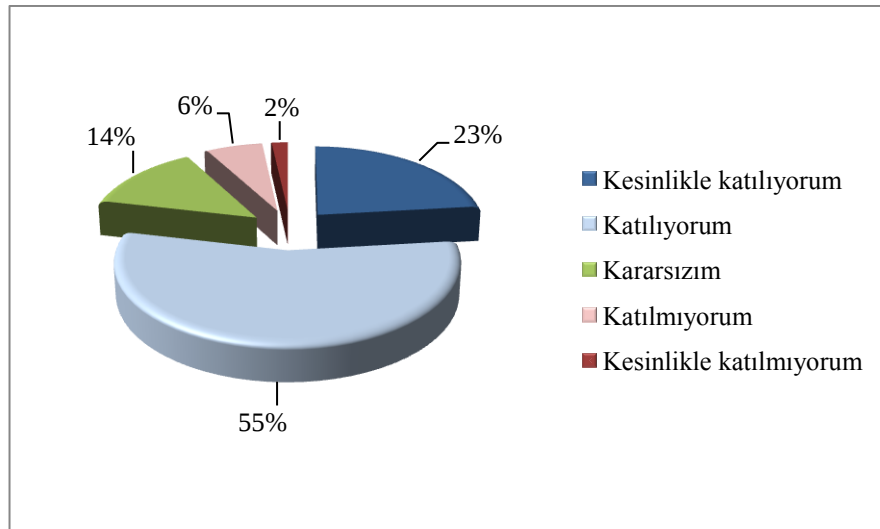
5.2.4.4 Bu teknolojinin yaygınlaşması için kamu ihalelerine başvuruda 4D modelleme zorunlu tutulmalıdır



Şekil 5.18 : Bu teknolojinin yaygınlaşması için kamu ihalelerine başvuruda 4D modelleme zorunlu tutulmalıdır.

Şekil 5.18'de dördüncü soruya verilen cevaplar gösterilmiştir. 4D modellemenin kamu ihalelerinde zorunlu kılınması önerisine karşın katılımcıların önemli bir kısmı kararsız kalmıştır. Öneriye katılmayanların oranı az olmamasına karşın katılanların oranı daha fazladır.

5.2.4.5 4D modelleme uygulaması gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline gelecektir



Şekil 5.19 : 4D modelleme uygulaması gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline gelecektir.

Şekil 5.19'da dördüncü soruya verilen cevaplar gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre 4D modellemenin gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline geleceği fikri büyük oranda kabul görmüştür.

5.2.5 4D'nin sağladığı faydaların önem sıralaması

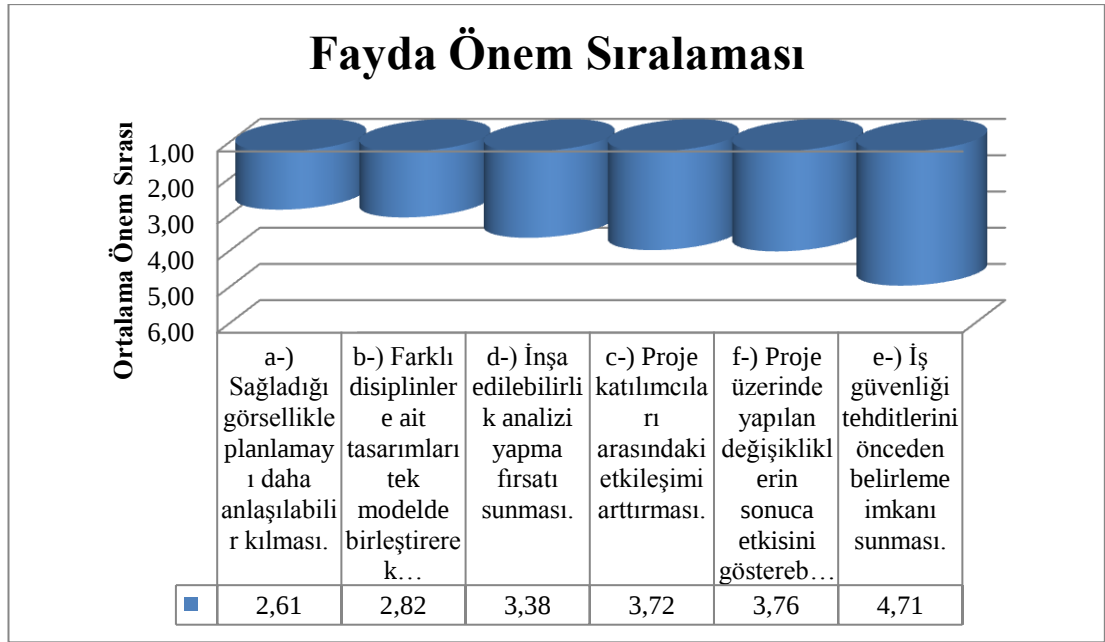
Ankete katılanlara 4D modellemenin proje yönetimine sağladığı 6 temel katkı sunulmuş olup a, b, c, d, e, f olarak kodlanan bu faydaların katılımcı tarafından 1'den 6'ya kadar önem sıralamasına tabi tutulması istenmiştir. Bu cetvelde en önemli "1", en az önemli ise "6" rakamıyla temsil edilmiştir.

Elde edilen sıralama verileri aşağıdaki gibi düzenlenerek, her bir faydanın kaçınıcı sırada kaç defa bulunduğu Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. Bir satırda bulunan veriler sütun başına karşılık gelen önem derecesiyle çarpılarak satır boyunca toplanmış ve son olarak toplam katılımcı sayısına bölünerek ortalama önem skoru elde edilmiştir.

Çizelge 5.2 : Faydaların genel hesap tablosu.

Faydalar	Önem dereceleri						Toplam	Skor
	1	2	3	4	5	6		
a	43	22	15	9	14	12	112	2,607
b	26	30	23	14	9	10	112	2,821
c	11	16	23	25	17	20	112	3,723
d	12	22	26	20	27	50	112	3,384
e	6	6	9	18	28	45	112	4,705
f	14	16	16	26	17	23	112	3,759

Faydalara karşılık gelen ortalama önem skorlarının küçükten büyüğe sıralanmasıyla oluşan dizilim grafiksel olarak Şekil 5.20'de gösterilmiştir. Bu grafikte 1'e yakınlık önem düzeyinin yüksekliğini, 6'ya yakınlık ise önem düzeyin düşüklüğünü göstermektedir.



Şekil 5.20 : 4D'nin sağladığı faydaların önem sıralaması.

Buna göre aşağıdaki sıralama oluşmuştur;

- 1- Sağladığı görsellik planlamayı daha anlaşılabilir kılması. (2.61)
- 2- Farklı disiplinlere ait tasarımları tek modelde birleştirerek çakışmaları tespit etme imkanı sunması. (2.82)
- 3- İnşa edilebilirlik analizi yapma fırsatı sunması. (3.38)
- 4- Proje katılımcıları arası etkileşimi artırması. (3.72)
- 5- Proje üzerinde yapılan değişikliğin sonuca etkisini gösterebilmesi. (3.76)
- 6- İş güvenliği tehditlerini önceden belirleme imkanı sunması. (4.71)

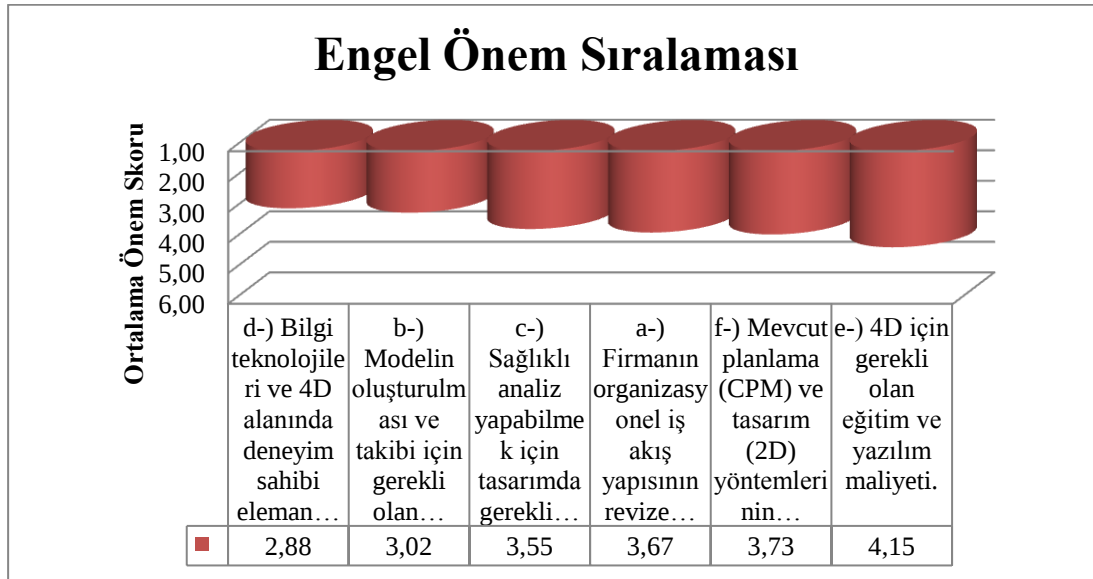
5.2.6 4D'nin uygulanmasının önündeki engellerin önem sıralaması

Faydalar sıralamasında yapıldığı gibi, anket katılımcılarına bu kez 4D'nin uygulanmasının önündeki 6 temel engel a, b, c, d, e, f kodlarıyla sunulmuştur. Çizelge 5.2'de görüldüğü üzere faydalar kısmında uygulanan yöntemin aynısı izlenerek ağırlıklı ortalamalar ile ortalama önem skoru elde edilmiştir.

Çizelge 5.3 : Engellerin genel hesap tablosu.

Engeller	Önem dereceleri						Toplam	Skor
	1	2	3	4	5	6		
a	22	12	14	18	25	21	112	3,670
b	22	21	30	18	14	7	112	3,018
c	14	18	18	28	22	12	112	3,554
d	21	31	24	19	11	6	112	2,875
e	8	21	9	15	26	33	112	4,152
f	25	9	17	14	14	33	112	3,732

Oluşan sıralamanın grafiksel gösterimi Şekil 5.21'de sunulmuştur.



Şekil 5.21 : 4D'nin uygulanmasının önündeki engellerin önem sıralaması.

Buna göre aşağıdaki sıralama oluşmuştur;

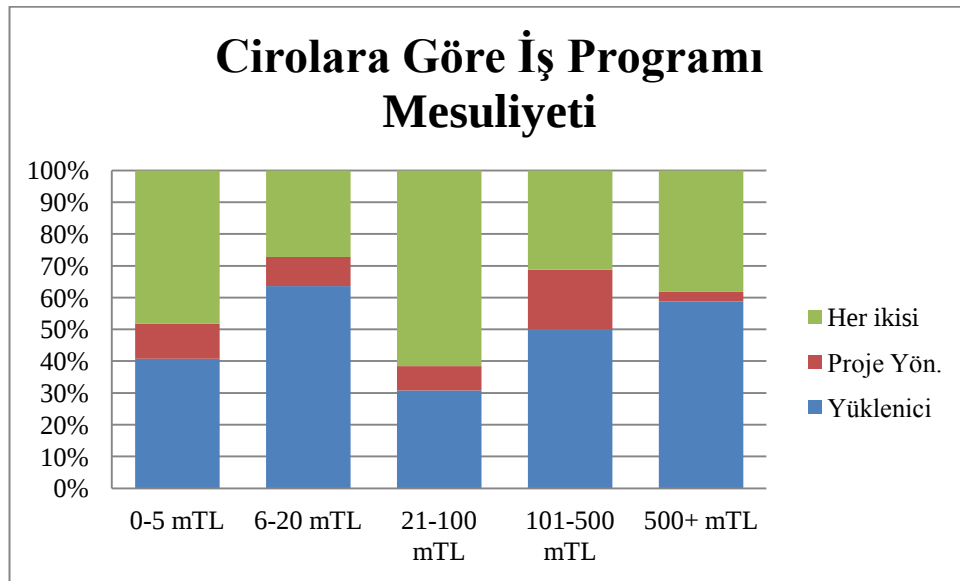
- 1-) Bilgi teknolojileri ve 4D alanında deneyim sahibi eleman eksikliği. (2.88)
- 2-) Modelin oluşturulması ve takibi için gerekli olan zaman ve insan kaynağı. (3.02)
- 3-) Sağlıklı analiz yapabilmek için tasarımda gerekli olan yüksek ayrıntı düzeyi. (3.55)
- 4-) Mevcut planlama (CPM) ve tasarım (2D) yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesi. (3.67)
- 5-) Firmanın organizasyonel iş akış yapısının revize edilmesini gerektirmesi. (3.73)
- 6-) 4D için gerekli olan eğitim ve yazılım maliyeti. (4.15)

5.3 Anket Sonuçlarının Çapraz Analizi

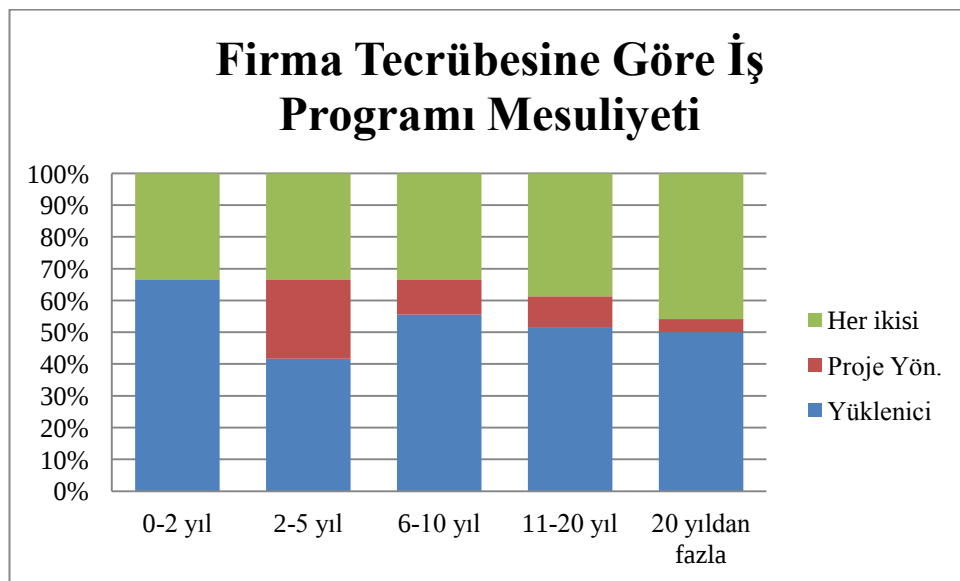
Bu bölümde, anket sonuçlarından elde edilen verilerin birbirleriyle karşılaştırmalı olarak çapraz analize tabi tutulması gerçekleştirilmiştir.

5.3.1 İş programı mesuliyeti

İş programı mesuliyeti konusunda elde edilen veriler cirolara göre bir sınıflandırma yapıldığı takdirde Şekil 5.22'deki, firma tecrübelerine göre sınıflandırıldığında ise Şekil 5.23'teki dağılım ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.22 : Cirolara göre iş programı mesuliyeti.



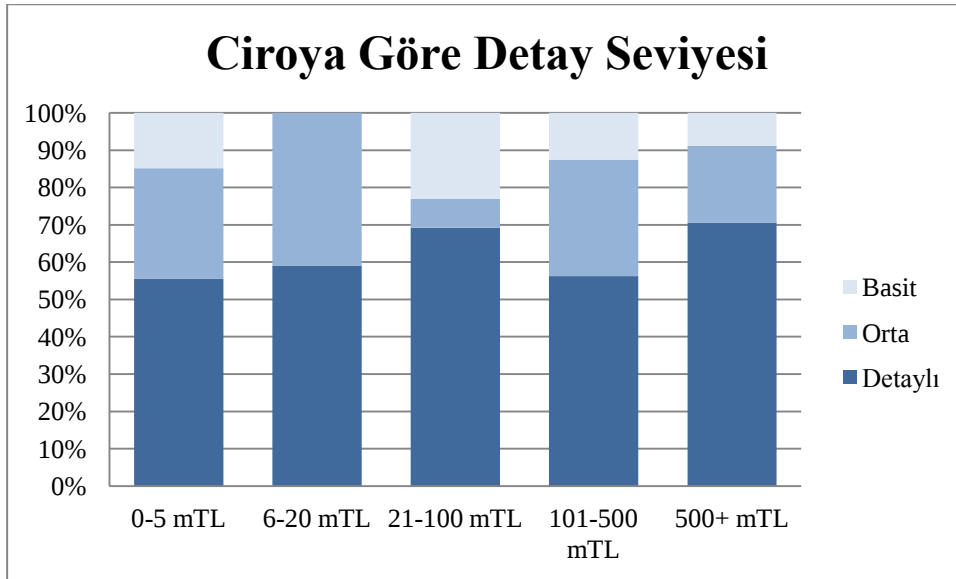
Şekil 5.23 : Firma tecrübesine göre iş programı mesuliyeti.

Anket sonuçlarına göre dışarıdan proje yönetim hizmeti almak Türk inşaat sektöründe sıkça rastlanan bir durum haline gelmiştir. Firma ciroları ile iş programı mesuliyeti arasında net bir ilişki tespit edilememiş olsa da 21-100 milyon TL aralığında bulunan şirketlerin yoğun bir şekilde proje yönetim hizmeti aldığı görülmüştür.

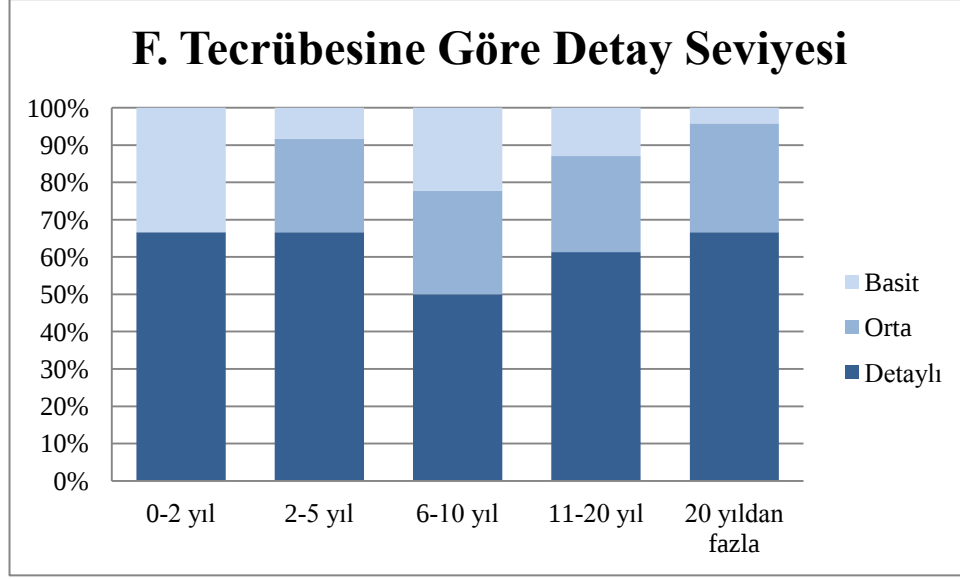
İş programının mesuliyetini firmaların sektör tecrübelerine göre sınıflandırılmış hali göstermektedir ki firma tecrübesi arttıkça proje yönetimde yüklenicinin sorumluluğu azalmaktadır. Genel olarak bakıldığında Türk inşaat sektöründe iş programı mesuliyetinin doğrudan proje yönetim şirketine bağlanmak yerine yüklenici firmanın ilgili birimi ile koordineli biçimde yürütüldüğü saptanmıştır.

5.3.2 Detay seviyesi

Anketin detay seviyesi sorusundan elde edilen veriler firma cirosuna göre tasnif edildiğinde Şekil 5.24'teki, firma tecrübesine göre tasnif edildiğinde ise Şekil 5.25'teki dağılım ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.24 : Cirolara göre detay seviyesi.



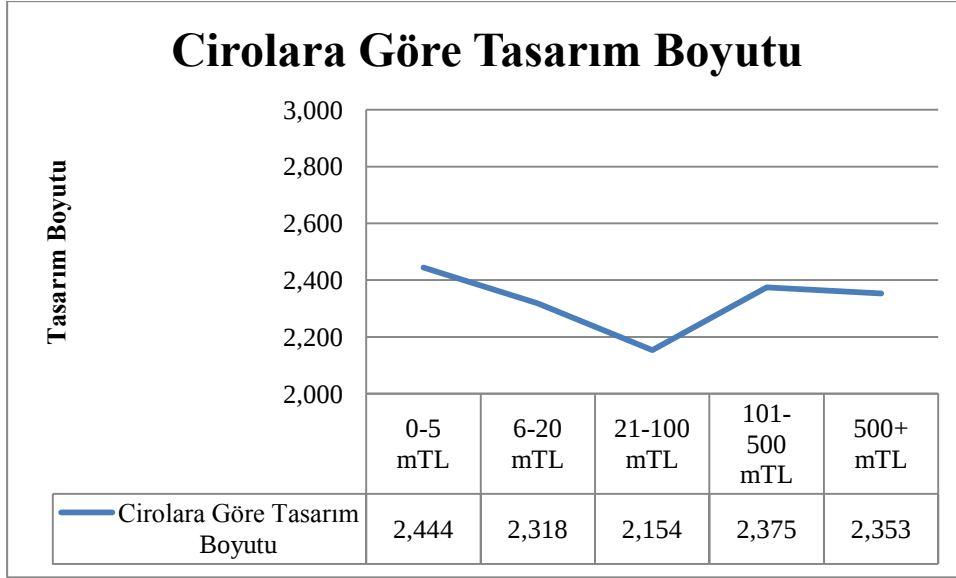
Şekil 5.25 : Firma tecrübesine göre detay seviyesi.

Bu soruya verilen yanıtlara bakıldığında Türk inşaat sektöründe detaylı sayılabilecek ölçüde çok aktivite içeren bir iş programı alışkanlığının varlığından söz edilebilmektedir. Bu verilere dayanarak yüksek ciro lu firmalarda düşük cirolulara nazaran iş programı uygulamalarının daha detaylı gerçekleştirildiği söylenebilmektedir.

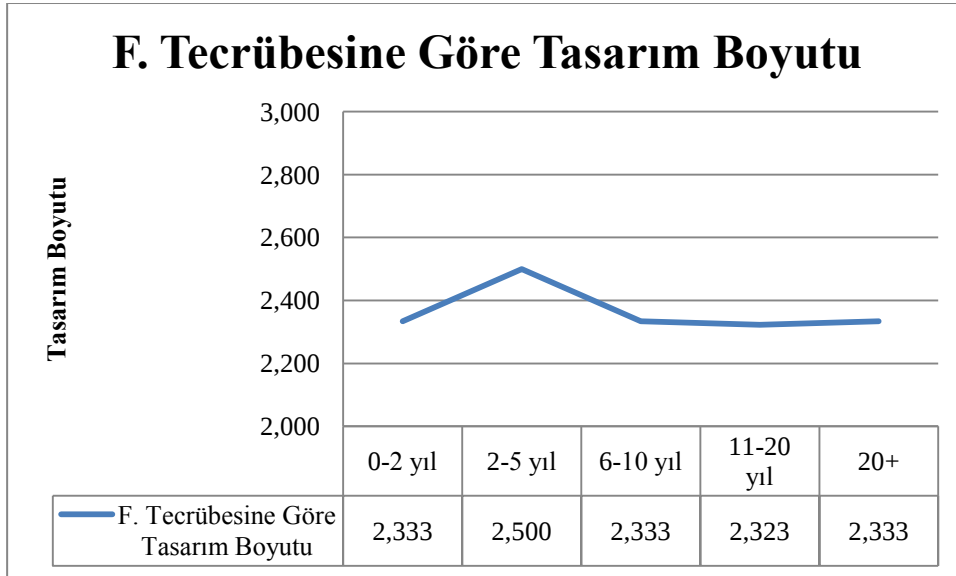
Aynı verilerden hareketle firmanın inşaat sektöründeki tecrübesinin artmasına paralel olarak iş programında uygulanan detay seviyesinin de artış eğilimi gösterdiği gözlemlenebilmektedir.

5.3.3 Tasarım boyutu

Anket kapsamında elde edilen ve katılımcıların tasarım alışkanlıkları gösteren veriler Şekil 5.26'da firmanın cirosuna göre tasnif edilmiştir. Şekil 5.27 ise firma tecrübesine göre tasnifi temsil etmektedir.



Şekil 5.26 : Cirolara göre tasarım boyutu



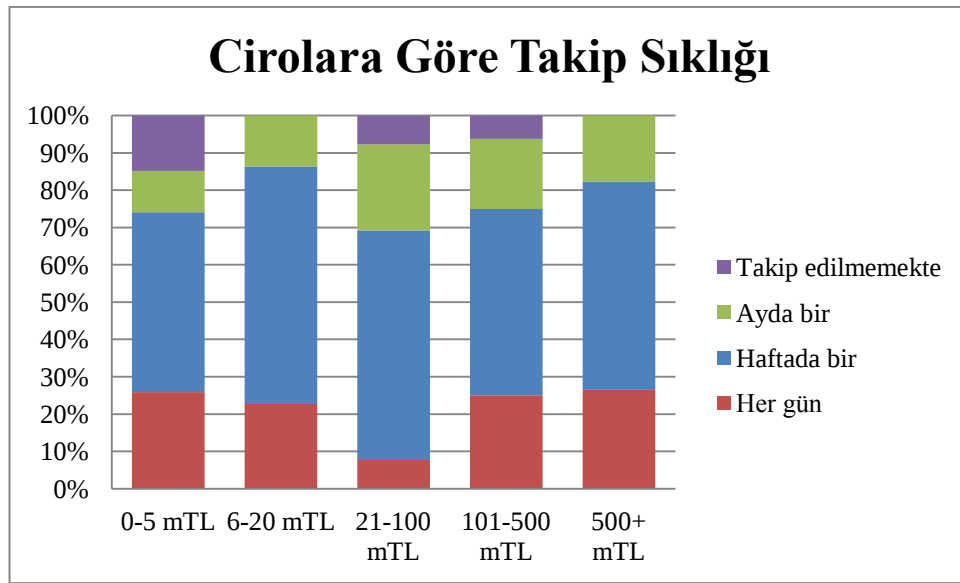
Şekil 5.27 : Firma tecrübesine göre tasarım boyutu.

Yapılan anket çalışmasının tasarım boyutuyla ilgili kısmında Türk inşaat sektöründe 3 boyutlu modellemenin henüz geniş kabul görmüş bir tasarım anlayışı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen veriler firma cirolarına göre sınıflandırıldığında alt ciro grubu ve üst ciro grubunun 3D modellemeye yakın düzeyde ilgi gösterdiği görülmektedir. Üst ciro grubunun bu tercihi profesyonelliğin getirisi olarak değerlendirilebilir. 3D modelleme yapmakta olan alt ciro grubunun ise çoğunluğunun tasarım hizmeti veren şirketler olduğu saptanmıştır.

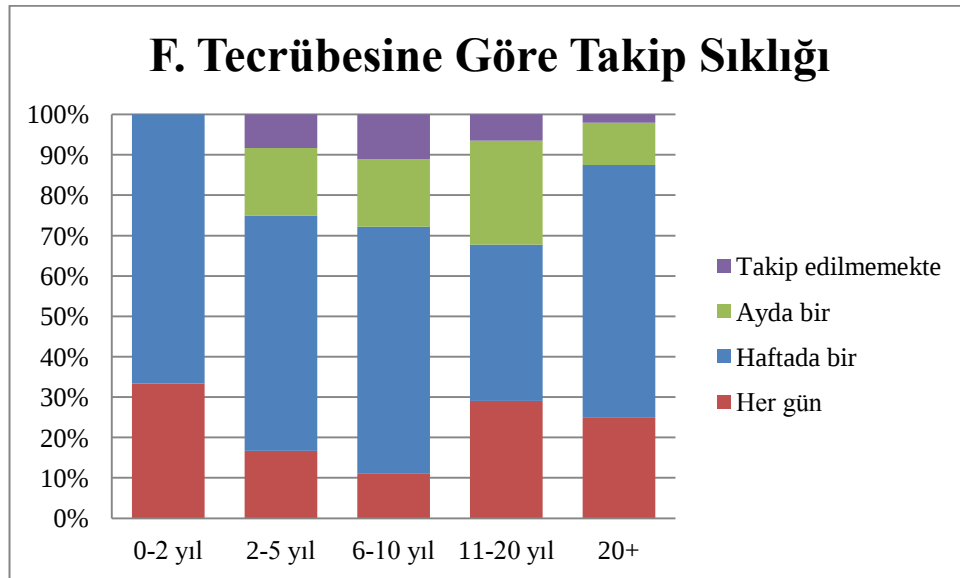
Anket verileri firmaların sektör tecrübelerine göre sınıflandırıldığında 2-5 yıl arası tecrübeye sahip firmaların 2.5 değerindeki verisi göze çarpmaktadır. Bu değer ankete katılım sağlayan 2-5 yıl arasında tecrübeye sahip firmaların %50'sinin 3D modelleme uygulamalarını gerçekleştiriyor olduğu anlamına gelmektedir.

5.3.4 İş programının takip sıklığı

Katılımcıların projeleri için oluşturdukları iş programlarının takip sıklıkları cirolarına göre sınıflandırılarak Şekil 5.28'de, firma tecrübelerine göre sınıflandırılarak ise Şekil 5.29'da gösterilmiştir.



Şekil 5.28 : Cirolara göre takip sıklığı.

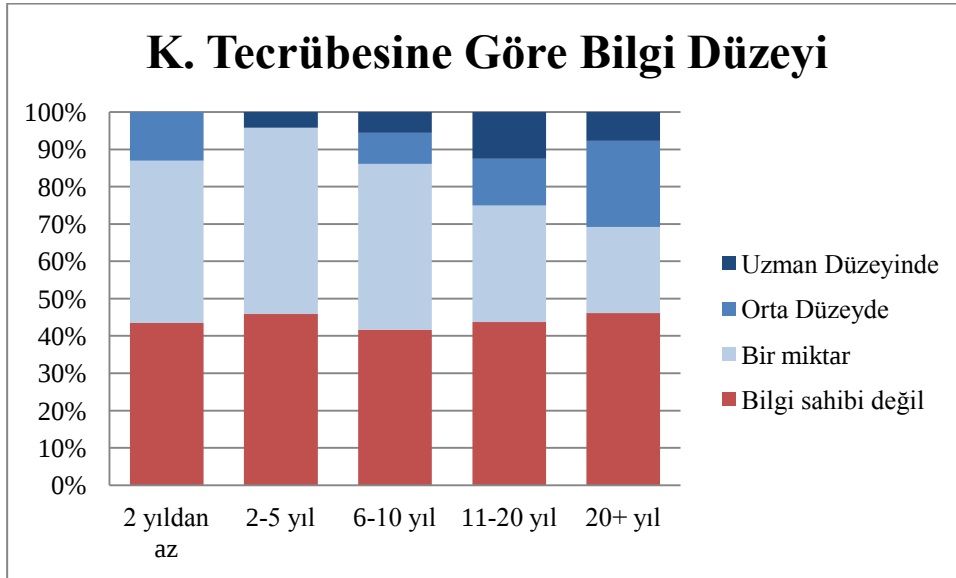


Şekil 5.29 : Firma tecrübelerine göre takip sıklığı.

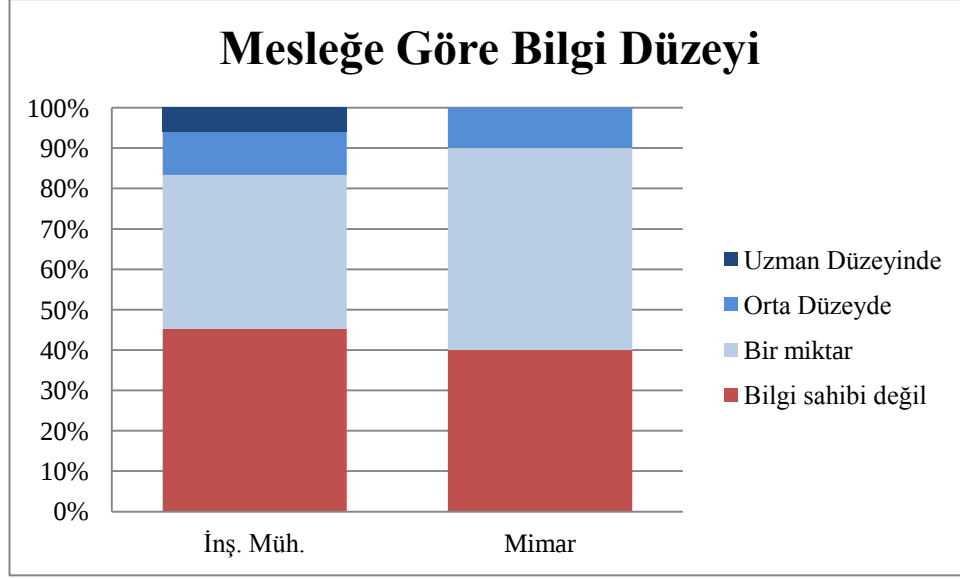
Araştırmanın sonuçlarına bakıldığında firmaların çoğu haftada bir sıklıkla takip işlemini gerçekleştirmektedir. Hazırlanan iş programının takip edilmemesi alışkanlığı firma ciroları yükseldikçe azalmaktadır. Benzer gözlem firma tecrübesine göre takip sıklığı grafiğinde de yapılabilmektedir. Yeni kurulan firmalar yapılan programı en fazla 1 haftalık periyotlarla takip etmektedirler. Bu durum yapılan yatırımların zayı olmaması için gösterilen azami hassasiyetle açıklanabilmektedir.

5.3.5 4D hakkındaki bilgi düzeyi

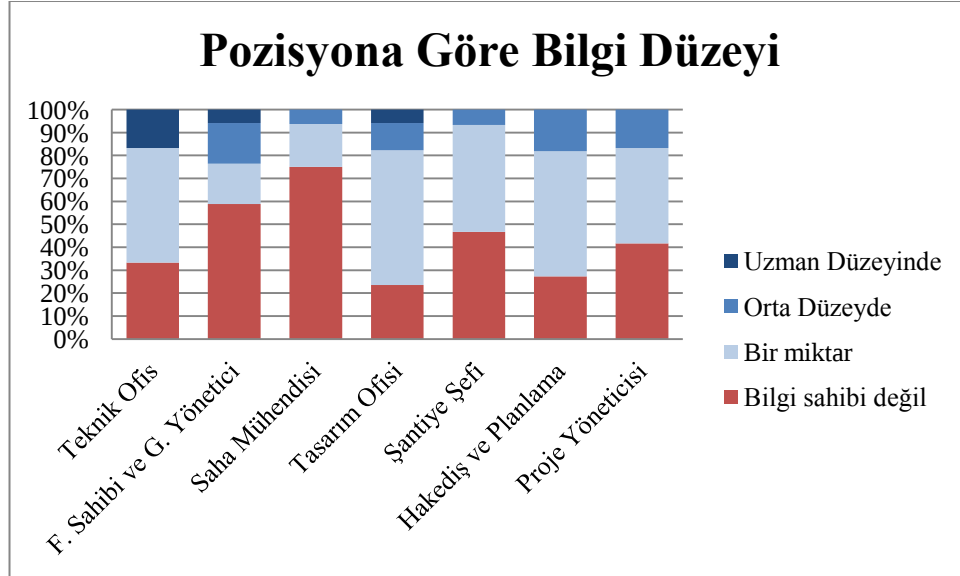
Araştırma kapsamında katılımcıların 4D hakkında bilgi düzeyleri belirlenmiş ve bu veriler katılımcının sektör tecrübesine göre sınıflandırılarak Şekil 5.30'da, katılımcının mesleğine göre sınıflandırılarak Şekil 5.31'de ve katılımcının pozisyonuna göre sınıflandırılarak Şekil 5.32'de gösterilmiştir.



Şekil 5.30 : Katılımcı tecrübesine göre 4D hakkında bilgi düzeyi.



Şekil 5.31 : Mesleğe göre bilgi düzeyi.



Şekil 5.32 : Katılımcı pozisyonuna göre 4D hakkında bilgi düzeyi.

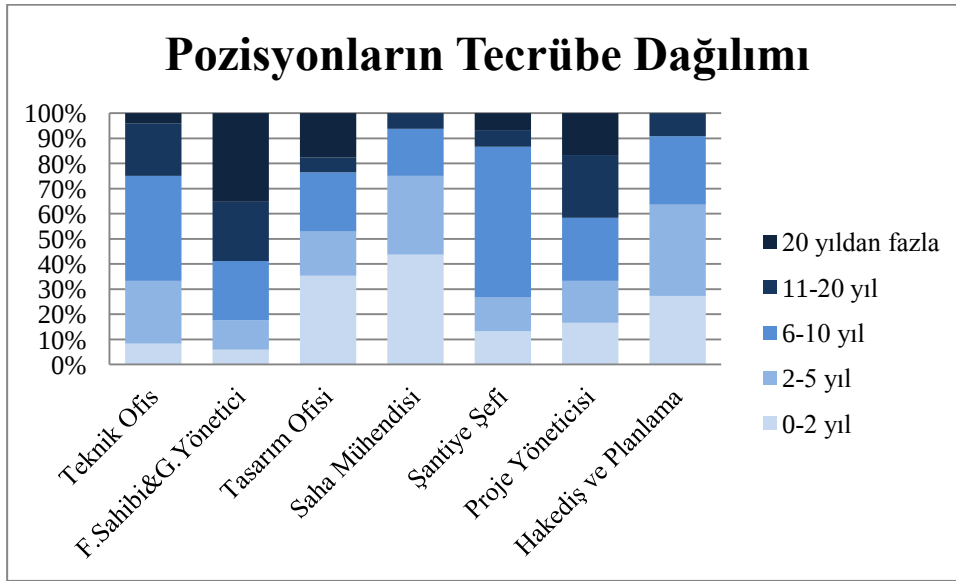
Türk inşaat sektöründe çalışmakta olan katılımcıların yarısına yakını 4D hakkında bilgi sahibi değildir. Veriler katılımcı tecrübesine göre tasnif edildiğinde bilgi sahibi olmama durumunda bir eşitlik gözlenmektedir. Ancak 4D hakkında bilgi sahibi olan katılımcıların bilgi düzeyleri irdelendiğinde sektör tecrübesi yükseldikçe niteliğin arttığı gözlemlenmektedir.

Genç neslin teknolojiyle daha iç içe olduğu gerçeği bilinse de bilgisayar yeteneklerini profesyonel yaşamda tatbik etme konusunda iyi olmadıkları söylenebilir. Sektörün tecrübeli çalışanları karar verme mekanizmalarında

bulunduklarından bu mevzuda daha istekli oldukları ve kendi gayretleri yeni teknolojileri araştırdıkları görülmektedir.

4D modelleme konusundaki bilgi düzeyinin veri olarak kabul edildiği bu analizde katılımcı pozisyonlarına göre bir sınıflandırmaya gidildiğinde ortaya oldukça değişken bir tablo çıkmaktadır. Saha mühendisleri ve firma genel yöneticilerinin çoğunun 4D uygulamaları hakkında bilgi sahibi olmadığı görülmektedir.

Farklı pozisyonların tecrübe dağılımları Şekil 5.33'te gösterilmiştir.



Şekil 5.33 : Pozisyonların tecrübe dağılımı.

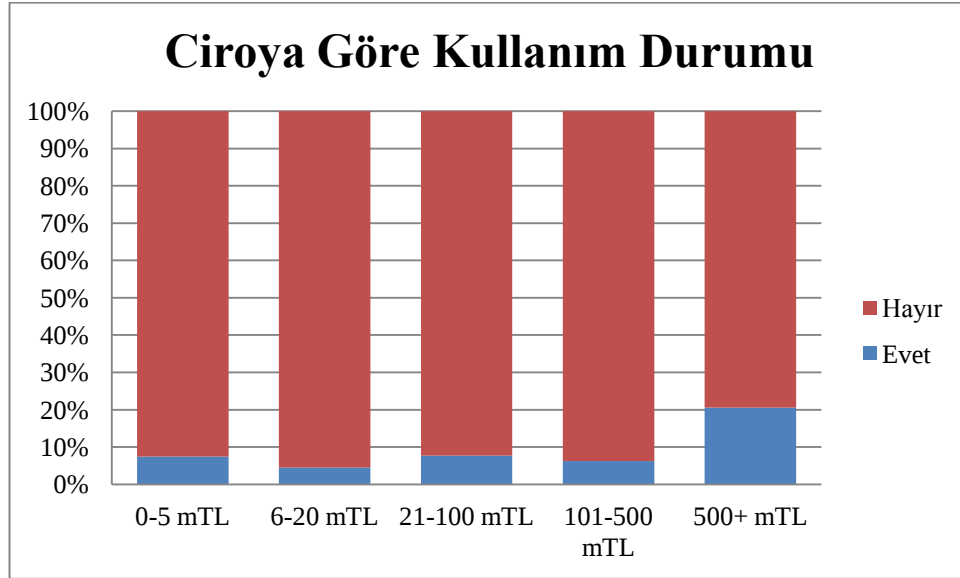
Firma sahiplerinin genellikle tecrübeli oluşuna rağmen 4D hakkında düşük düzeyde bilgi sahibi olmaları dikkat çekmektedir. Bu durumdan 4D hakkında bilgi sahibi olan firma sahibi ve genel yöneticilerin genç nesilden oldukları söylenebilir.

4D hakkındaki en geniş bilinçli katılımcı oranını taşıyan pozisyonlar ise tasarım ofisi çalışanı, hakediş ve planlama mühendisi ve teknik ofis mühendisidir. Bilginin niteliğine bakıldığında teknik ofis ve tasarım ofisi çalışanlarının iyi durumda olduğu görülebilmektedir. Bunda söz konusu pozisyonlarda çalışan katılımcıların teknolojiyle daha çok alakalı çalışmalar yapmasından kaynaklanıyor olabilir.

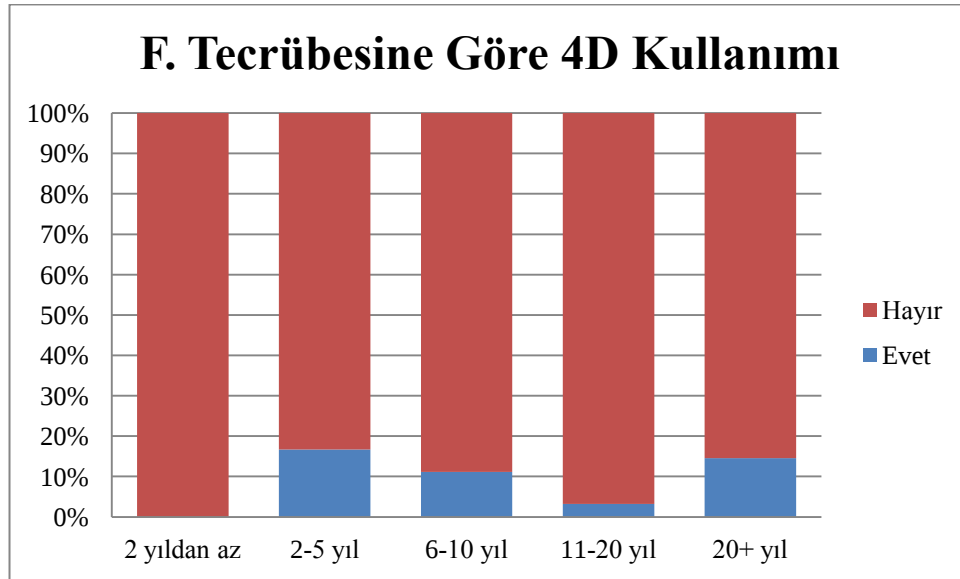
5.3.6 4D'nin kullanım durumu

4D'nin kullanım durumu anket çalışması içerisinde ölçülmüş ve Türk inşaat sektöründe düşük bir paya sahip olduğu görülmüştür. Mevcut verilerin firma

cirolarına göre tasnif edilmiş hali Şekil 5.34'te, firma tecrübesine göre tasnif edilmiş hali ise Şekil 5.35'de gösterilmiştir.



Şekil 5.34 : Ciroya göre 4D kullanım durumu.



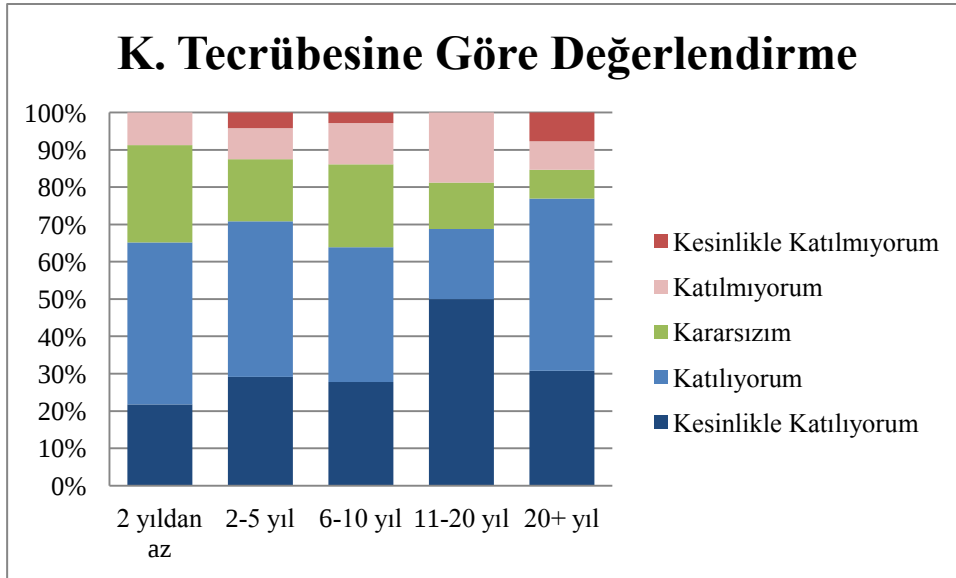
Şekil 5.35 : Firma tecrübesine göre 4D kullanımı.

4D uygulamalarının Türk inşaat sektöründeki kullanım oranı anket sonucumuza göre oldukça düşüktür. Bu veriler firmaların cirolarına göre sınıflandırıldığında 500 milyon TL ve daha fazla ciroya sahip olan firmaların 4D kullanımındaki ağırlıkları göze çarpmaktadır. Bu durumun 4D modellemenin uygulanabilmesi için verilmesi gereken karar öncesinde ekonomik yeterlilik arandığına bir işaret oluşturduğu söylenebilir.

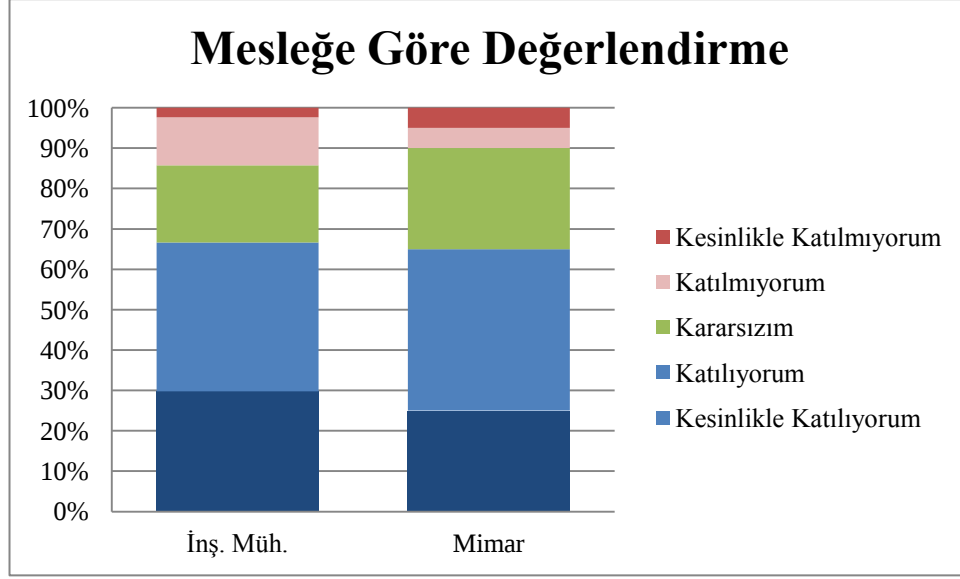
4D kullanım verileri firmaların sektör tecrübesine göre tasnif edildiğinde ortaya çıkan görüntü yeni kurulan firmaların 4D'yi uygulamayı tercih etmediğini göstermektedir. 4D'yi daha çok kullanan gruplara bakıldığında 2-5 yıl arası tecrübe ve 20'den fazla yıl tecrübe taşıyan firmalar öne çıkmaktadır. Tecrübeli firmalar sahip oldukları kurumsallıkla 4D'ye adapte olurken, 2-5 yıllık genç firmalar ise çağın gereklerini yerine getirerek rekabet düzleminde öne geçmeyi hedeflemiş olabilir. Buna ek olarak 4D danışmanlık hizmeti veren firmaların bu ciro grubunda yer aldıkları gözlenmiştir.

5.3.7 4D modellemenin ülkemizde az kullanılıyor oluşu Türk inşaat sektörü adına bir eksiklik

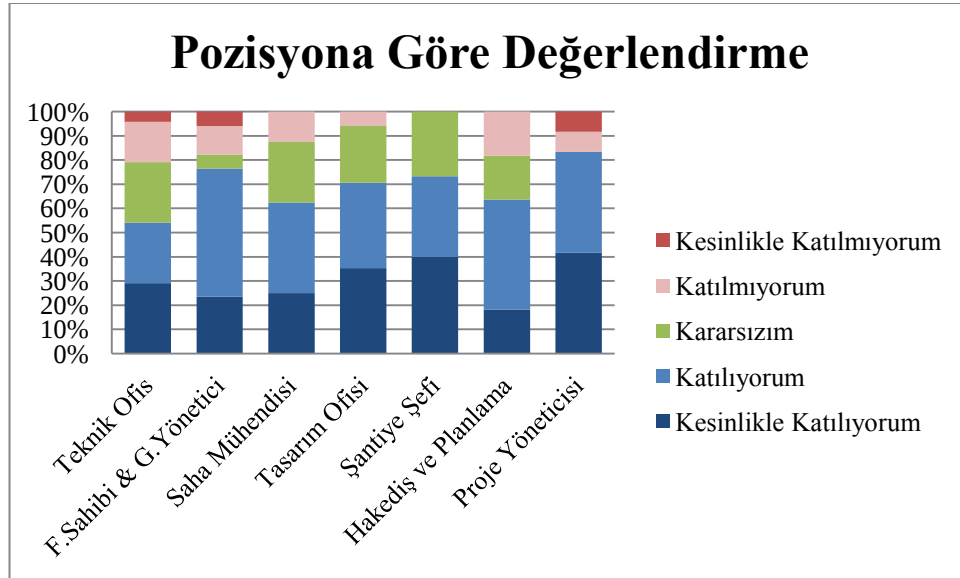
İlk değerlendirme sorusunun kullanıcı tecrübesine göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.36'da, katılımcı mesleğine göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.37'de, katılımcının pozisyonuna göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.38'de gösterilmiştir.



Şekil 5.36 : Katılımcı tecrübesine göre değerlendirme.



Şekil 5.37 : Katılımcı mesleğine göre değerlendirme.



Şekil 5.38 : Katılımcı pozisyonuna göre değerlendirme.

4D modellemenin ülkemizde az kullanılıyor oluşunun Türk inşaat sektörü için bir eksiklik olup olmadığı konusunda verilen yanıtlar katılımcı tecrübesine göre tasnif edildiğinde tecrübe arttıkça eksikliğin kabul oranı artmıştır denebilmektedir. En tecrübeli grup eksikliği en çok hisseden grup olmasına karşın "kesinlikle katılmıyorum" seçeneği de yine bu grupta en yüksek orana ulaşmıştır.

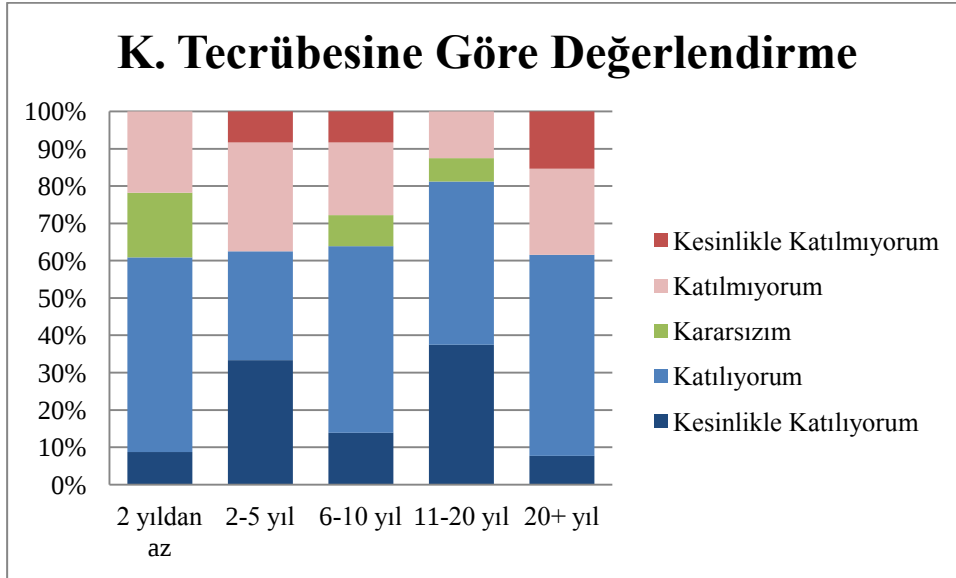
Aynı soruya verilmiş cevaplar meslek ayrımına tabi tutulduğunda inşaat mühendisi ve mimarların neredeyse aynı fikirde oldukları gözlemlenmiştir. İnşaat mühendisleri

"kesinlikle katılıyorum" seçeneğindeki üstünlükle bu eksikliğin biraz daha fazla altını çiziyor denebilir.

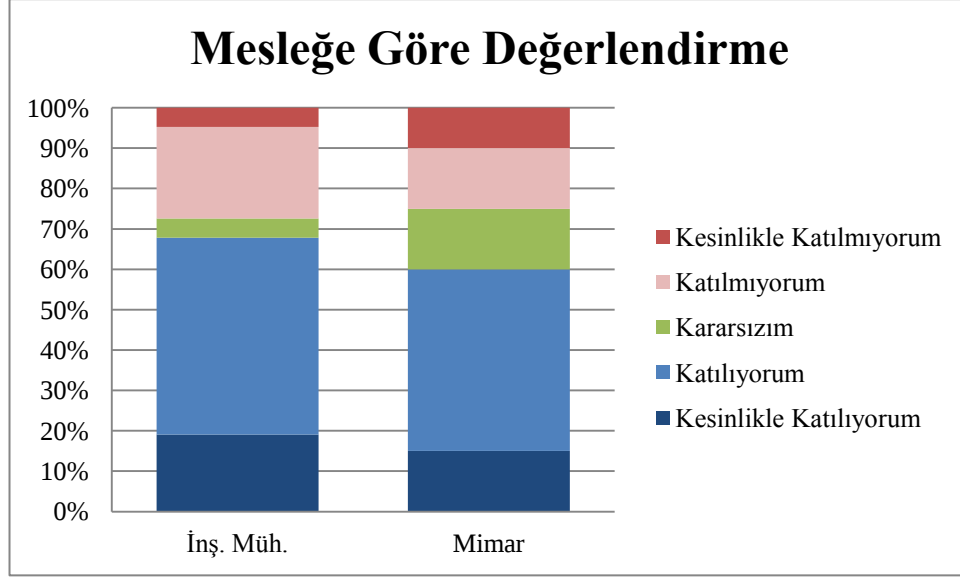
Katılımcıların firmalarında üstlendikleri görevlere göre yapılan sınıflandırmada ise 4D'nin az kullanılıyor oluşunun bir eksiklik olduğunu en yüksek oranda ifade eden proje yöneticisi, firma sahibi & genel yönetici, şantiye şefi ve tasarım ofisi çalışanı grupları olmuştur. Teknik ofis çalışanları grubunda ise kararsızların çok oluşu nedeniyle katılma oranı %54'te kalmıştır.

5.3.8 Teknolojik gelişmelerin sektöre çabuk entegre edilememesi inşaat sektörünün doğasından kaynaklanmaktadır

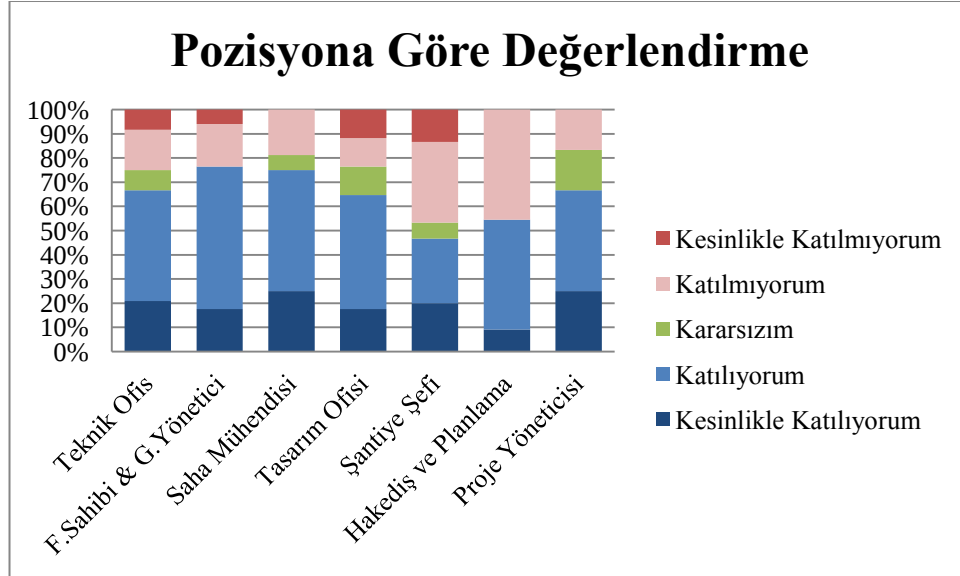
İkinci değerlendirme sorusunun kullanıcı tecrübesine göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.39'da, katılımcı mesleğine göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.40'ta, katılımcının pozisyonuna göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.41'de gösterilmiştir.



Şekil 5.39 : Katılımcı tecrübesine göre değerlendirme.



Şekil 5.40 : Katılımcı mesleğine göre değerlendirme.



Şekil 5.41 : Katılımcı pozisyonuna göre değerlendirme.

Teknolojik gelişmelerin sektöre çabuk entegre edilememesinin inşaat sektörünün doğasından kaynaklandığını öne süren yargıya verilen cevaplar katılımcı tecrübesine göre tasnif edildiğinde, genel manada yargı kabul edilmesine karşın, en tecrübeli grubun diğer gruplara nazaran daha yüksek bir "kesinlikle katılmıyorum" oranına sahip olduğu görülmüştür.

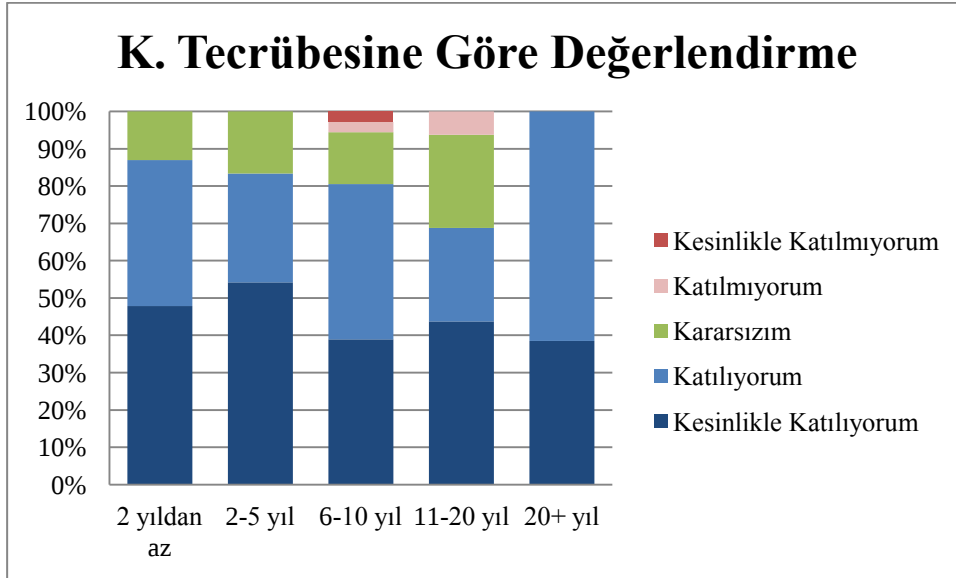
Katılımcı mesleklerine göre yapılan sınıflandırmada ise inşaat mühendislerinin mimarlara göre bu yargıya hem daha çok katıldıkları hem de daha çok katılmadıkları gözlemlenmiştir. Bunda mimarlar grubundaki kararsız oranının yüksek olması etkili

olmuştur. İnşaat mühendislerinin daha az kararsızlık göstermelerine inşaat sektörünün doğasına daha iyi hakim olmaları neden olmuş olabilir.

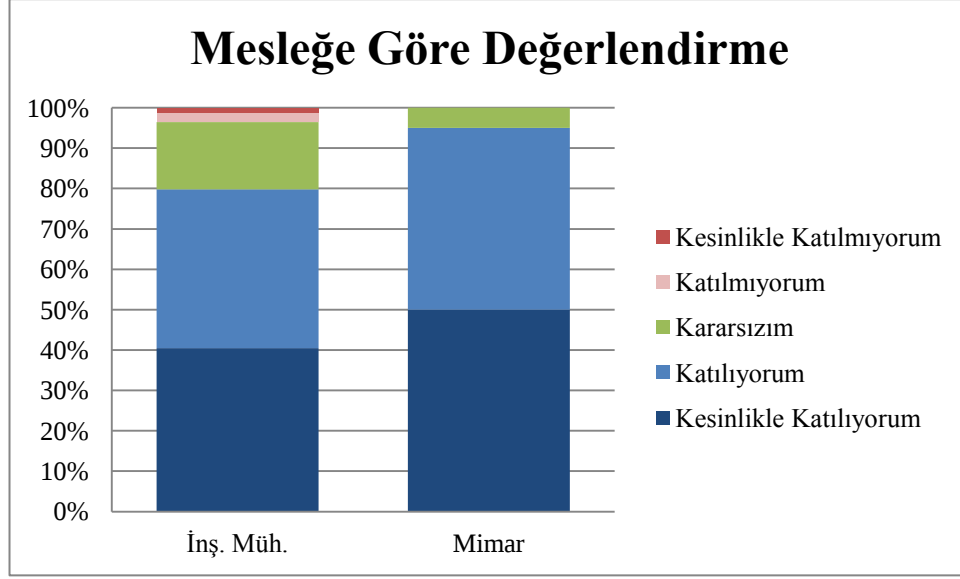
Katılımcı pozisyonlarına göre yapılan analizde inşaat sektörünün tabiatı gereği teknolojik entegrasyona müsait olmayışı yargısı genel manada kabul görmüş olsa da şantiye şeflerinin buna önemli bir oranda katılmadıkları görülmektedir. Sektörün pratikteki kısmına hakim olup inşaat sektörünün doğasını en iyi tarif edebilecek grup olan şantiye şeflerinin bu yanıtı dikkat çekici bir veridir. Hakediş ve planlama çalışanları da şantiye şeflerine yakın bir oranda bu yargıyı reddetmektedir.

5.3.9 Üniversitelerin ilgili bölümlerinde öğrencilere 4D eğitimleri verilmelidir

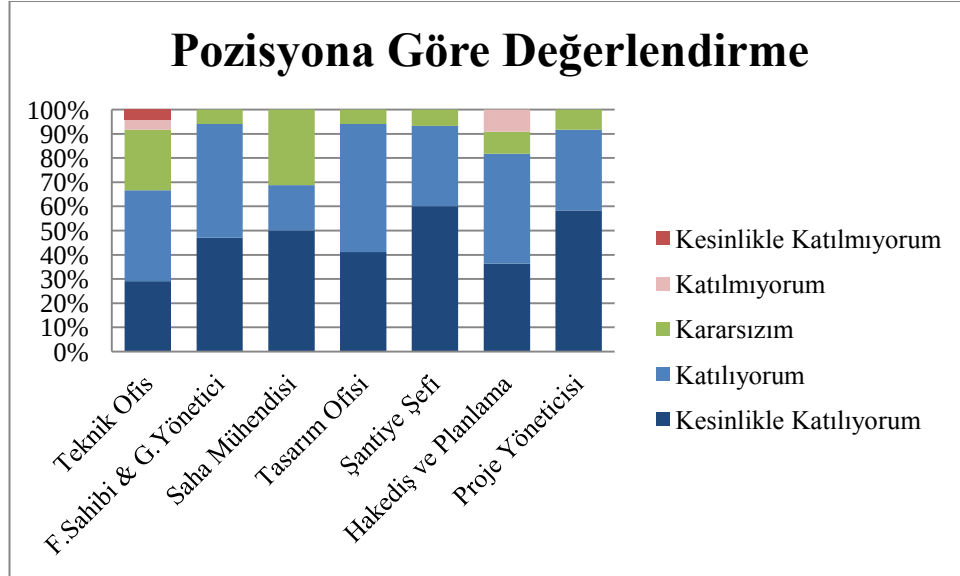
Üçüncü değerlendirme sorusunun kullanıcı tecrübesine göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.42'de, katılımcı mesleğine göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.43'te, katılımcının pozisyonuna göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.44'te gösterilmiştir.



Şekil 5.42 : Katılımcı tecrübesine göre değerlendirme.



Şekil 5.43 : Katılımcı mesleğine göre değerlendirme.



Şekil 5.44 : Katılımcı pozisyonuna göre değerlendirme.

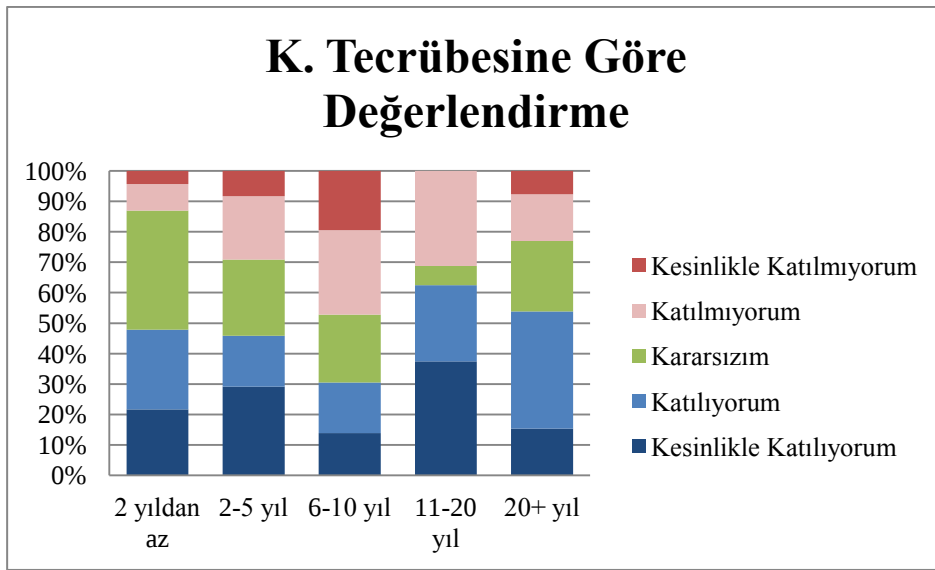
Katılımcıların en yüksek düzeyde ittifak ettiği yargı 4D eğitiminin üniversitelerin ilgili bölümlerinde verilmesi olmuştur. Katılımcı tecrübesine göre yapılan sınıflandırmada öneriye katılım oranı, tecrübe arttıkça artan kararsızlıklar nedeniyle düşmesine karşın, 20 yıl üzeri tecrübeye sahip olan grupta %100 oranda gerçekleşmiştir.

Cevaplar mesleklere göre sınıflandırıldığında mimarların bu öneriye biraz daha sıcak baktığı gözlemlenmiştir. Verilecek eğitimin yoğunluklu olarak tasarımla ilgili olacak oluşu bu sonucu doğuran sebepler arasında sayılabilir.

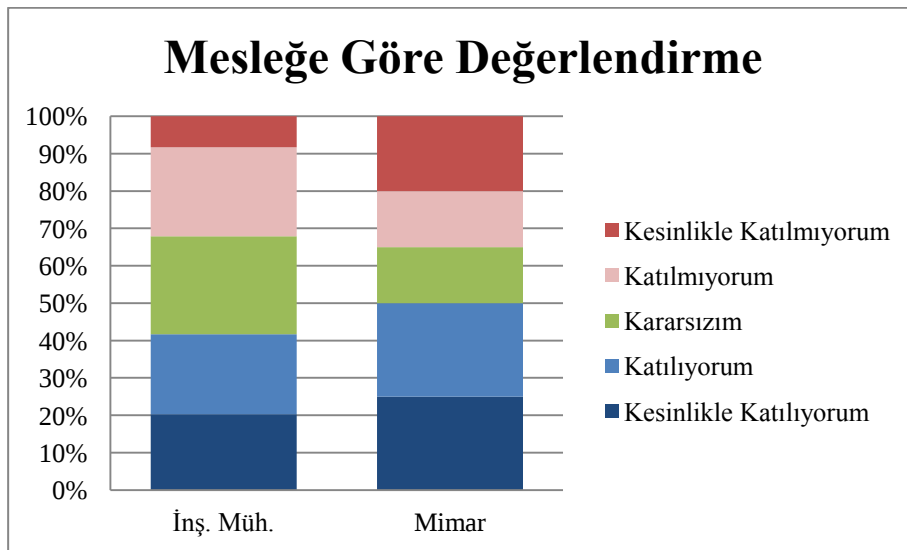
Pozisyonlara bakıldığında ise teknik ofis ve saha mühendislerinin yüksek oranlı kararsızlıkları nedeniyle ortaya çıkardıkları düşük katılım haricinde tama yakın destek gözlenmiştir.

5.3.10 Bu teknolojinin yaygınlaşması için kamu ihalelerine başvuruda 4D modelleme zorunlu tutulmalıdır

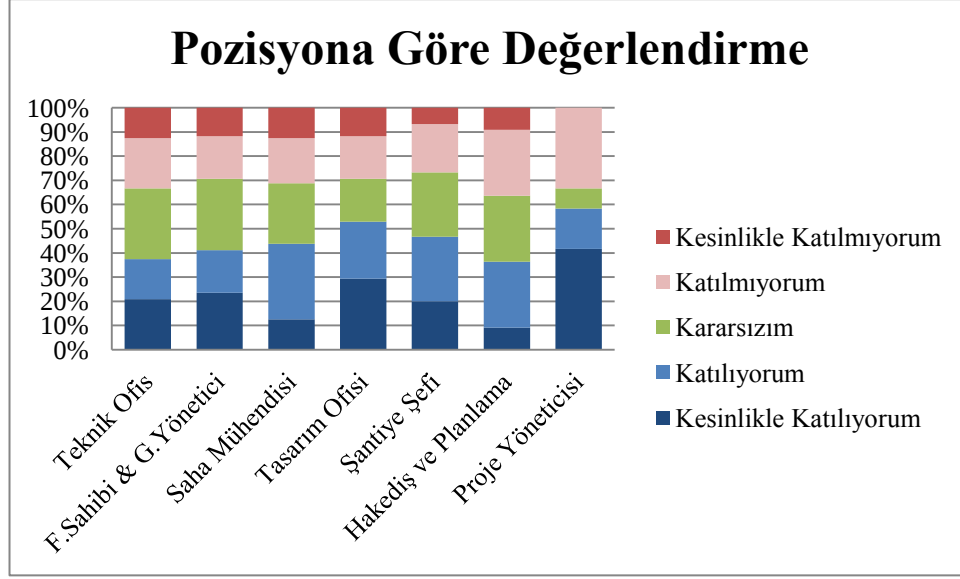
Dördüncü değerlendirme sorusunun kullanıcı tecrübesine göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.45'te, katılımcı mesleğine göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.46'da, katılımcının pozisyonuna göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.47'de gösterilmiştir.



Şekil 5.45 : Katılımcı tecrübesine göre değerlendirme.



Şekil 5.46 : Katılımcı mesleğine göre değerlendirme.



Şekil 5.47 : Katılımcı pozisyonuna göre değerlendirme.

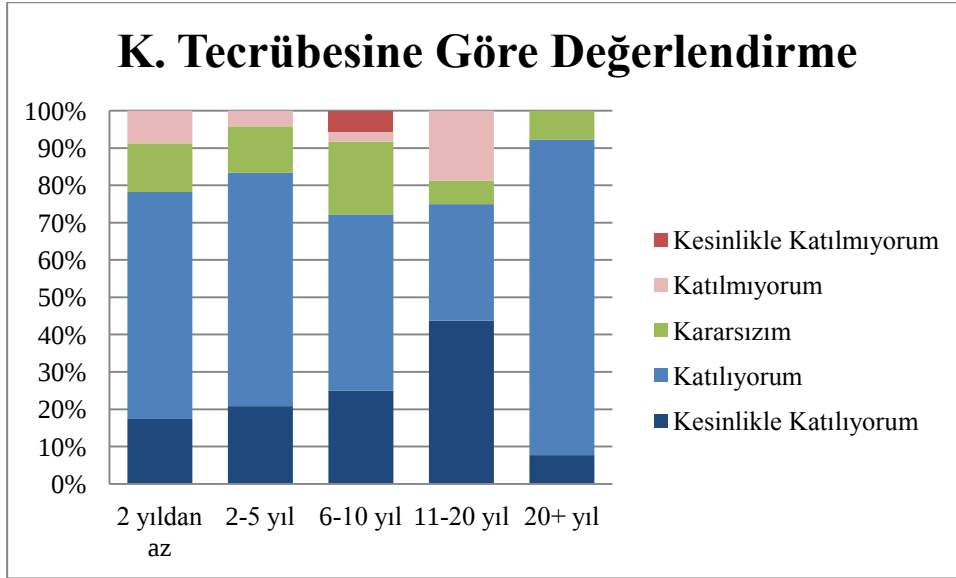
Ankete katılan inşaat sektörü çalışanlarının "katılmıyorum", "kesinlikle katılmıyorum" ve "kararsızım" seçeneklerini en çok kullandığı yargı 4D'nin yaygınlaştırılması için kamu ihalelerinde zorunlu tutulması gerekliliği yargısıdır. Veriler katılımcı tecrübelerine göre tasnif edildiğinde 0-10 yıl arası grupta bu yargıya katılımın düşük olduğu görülmekte ancak 10 yıldan fazla tecrübeli grupta katılımın yüksekliği dikkat çekmektedir. Bu durum bir yeniliğin kabul edilmesi ve uygulanması için kullanılacak metod konusunda kuşaklar arasındaki farkı ortaya koyuyor olabilir.

Yargıya yapılan değerlendirme sonuçlarının mesleğe göre sınıflandırılması halinde mimarların bu öneriyi daha çok destekledikleri görülmüştür. Ancak yine mimar meslek gurubu "kesinlikle katılmıyorum" seçeneğini de inşaat mühendislerine göre daha çok işaretlemiştir. 4D'nin mimarlara getireceği ekstra çizim yükü bu durumun nedenlerinden biri sayılabilir.

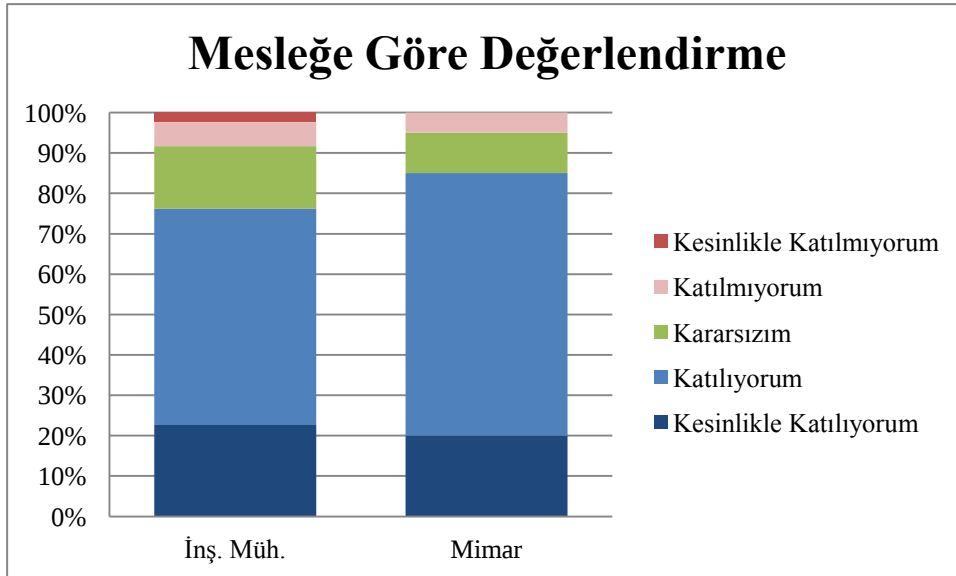
Katılımcıların pozisyonlarına göre yapılan analizde hakediş ve planlama çalışanlarının en düşük desteği vermiş olması yine 4D'yi daha çok ilgilendiren birimin bu birim olması durumuyla açıklanabilir. Yasal düzenlemeyi en çok destekleyen grup ise bu şekilde projelerin daha iyi yürütüleceğine inanan proje yöneticileri olmuştur.

5.3.11 4D modelleme uygulaması gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline gelecektir

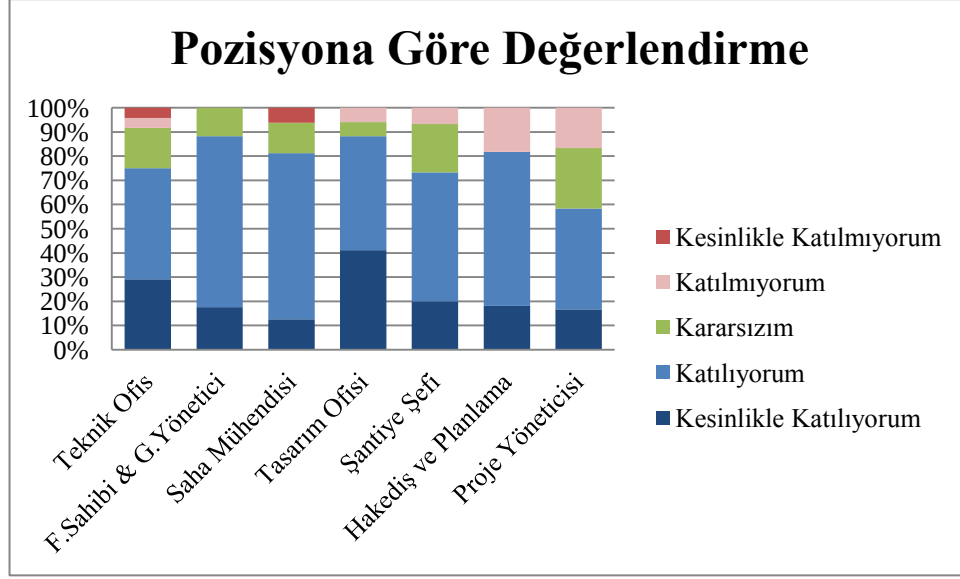
Beşinci değerlendirme sorusunun kullanıcı tecrübesine göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.48'de, katılımcı mesleğine göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.49'te, katılımcının pozisyonuna göre sınıflandırılmış hali Şekil 5.50'de gösterilmiştir.



Şekil 5.48 : Katılımcı tecrübesine göre değerlendirme.



Şekil 5.49 : Katılımcı mesleğine göre değerlendirme.



Şekil 5.50 : Katılımcı pozisyonuna göre değerlendirme.

4D modellemenin gelecekte yaygın şekilde kullanılacak bir araç konumuna geleceği yargısına verilen cevaplar büyük ölçüde olumlu yöntem olmuştur. Katılımcı tecrübesine göre yapılan tasnifte en tecrübeli grubun bu ön görüşü daha çok paylaştığı saptanmıştır. Bu konuda ortaya konan onaylama yüksek tecrübeli sektör çalışanlarının değişime karşı dirençli olacakları varsayımına karşı bir veridir.

Analiz verilerinin mesleğe göre sınıflandırılmış halinde ise mimarların inşaat mühendislerine göre bu yargıya daha çok katıldığı gözlenmiştir. Tasarım disiplininin son 20 yılda geçirdiği evrim dolayısıyla ilerleyen yıllarda 3D modellemenin bir gereklilik haline geleceği ön görüşü mimar katılımcıların bu yönelimlerinin sebeplerinden biri sayılabilir.

Katılımcıların pozisyonları üzerinden yapılan tasnife göre bu yargının doğruluğuna en çok inanan gruplar firma sahibi & genel yönetici, tasarım ofisi çalışanı ve saha mühendisi şeklinde görünmektedir. Proje yöneticilerinin büyük ölçüde kararsız kalmış olması dikkat çeken bir diğer nokta olarak öne çıkmaktadır.

5.4 4D'nin Faydaları ve Önündeki Engellerin Önem Sıralamaları Analizi

Anket kapsamında katılımcıların 1'den 6'ya kadar sıraladıkları fayda ve engellerin neler oldukları Çizelge 5.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 Fayda ve engel listesi.

Faydalar	Engeller
a-) Sağladığı görsellikle planlamayı daha anlaşılabilir kılması.	a-) Firmanın organizasyonel iş akış yapısının revize edilmesini gerektirmesi.
b-) Farklı disiplinlere ait tasarımları tek modelde birleştirerek çakışmaları tespit etme imkanı sunması.	b-) Modelin oluşturulması ve takibi için gerekli olan zaman ve insan kaynağı.
c-) Proje katılımcıları arası etkileşimi arttırması.	c-) Sağlıklı analiz yapabilmek için tasarımda gerekli olan yüksek ayrıntı düzeyi.
d-) İnşa edilebilirlik analizi yapma fırsatı sunması.	d-) Bilgi teknolojileri ve 4D alanında deneyim sahibi eleman eksikliği.
e-) İş güvenliği tehditlerini önceden belirleme imkanı sunması.	e-) 4D için gerekli olan eğitim ve yazılım maliyeti.
f-) Proje üzerinde yapılan değişikliğin sonuca etkisini gösterebilmesi.	f-) Mevcut planlama (CPM) ve tasarım (2D) yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesi.

Katılımcı gözündeki önem derecesine göre sıralanan fayda ve engellerin farklı kıstaslar ışığında gruplanmış sonuçları Çizelge 5.5'te verilmiştir.

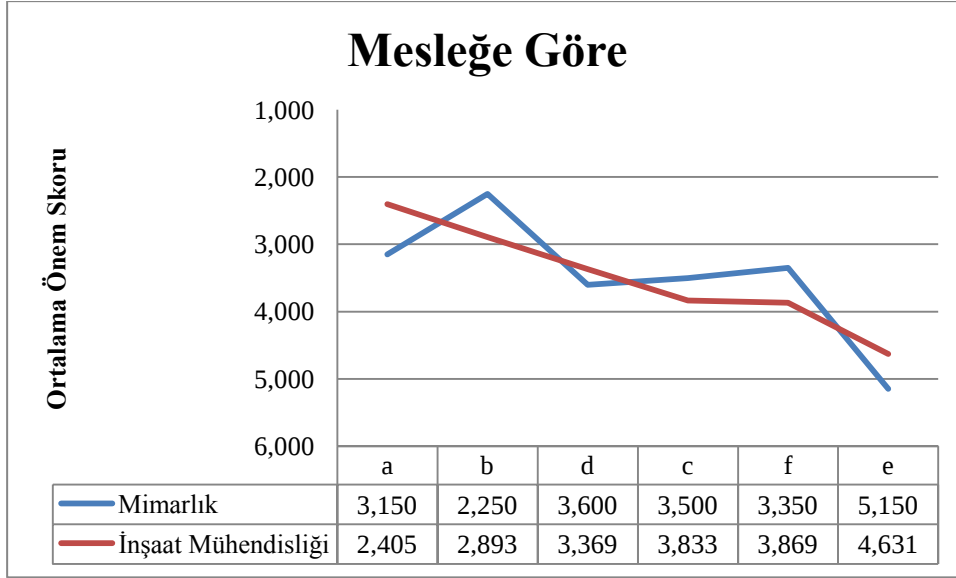
Çizelge 5.5 : Fayda ve engel sıralaması.

Kıstas	Grup	Fayda Sıralama	Engel Sıralama
<i>Meslek</i>	İnşaat Mühendisi	abdcfe	dbfcae
	Mimar	bafcde	dbcaef
<i>Eğitim Düzeyi</i>	Lisans	abdcfe	dbcafe
	Yüksek Lisans	bacdfc	bdcafe
<i>Tecrübe</i>	2 yıldan az	abdcfe	dbacfe
	2-5 yıl	abdcfe	bdfcae
	6-10 yıl	badfce	bdacfe
	11-20 yıl	bcadfe	dbcafe
	20 yıldan fazla	abdcfe	dfbcae
	Teknik Ofis	abcfde	bdacfe
<i>Pozisyon</i>	F.Sahibi & G.Yönetici	badcfe	dbcefa
	Saha Mühendisi	badcfe	badcfe
	Tasarım Ofisi	abdfce	badcfe
	Şantiye Şefi	dabfce	dfcbae
	Hakediş ve Planlama	abfdce	bfdcea
	Proje Yöneticisi	bdacfe	dbacef
<i>Ciro</i>	0-5 mTL	abfdce	dbacfe
	6-20 mTL	abfdce	bdfcae
	21-100 mTL	badfce	bdacfe
	101-500 mTL	bcadfe	dbcafe
	500+ mTL	abdcfe	dfbcae
<i>Tasarım Boyutu</i>	2 Boyutlu	abdfce	bdcfae
	3 Boyutlu	abdcfe	dbacfe
<i>Bilgi Düzeyi</i>	Bilgi Sahibi Değil	abdfce	dbcafe
	Bir Miktar	abdfce	bdacfe
	Orta Düzeyde	bcfade	dbefca
	Uzman Düzeyinde	cabdfe	adfbce
<i>Uygulanma Durumu</i>	Uygulandı	afbcde	dabcfe
	Uygulanmadı	abdcfe	dbcafe
Genel	-	abdcfe	dbcafe

5.4.1 4D'nin Faydaları

Anket çalışması dahilinde 4D'nin sağladığı 6 temel faydanın katılımcı tarafından sıralanması istenmiştir. Elde edilen verilerin çeşitli kıstas ve gruplara göre tasnif edilerek yapılmış analizleri aşağıda sunulmuştur.

Mesleğe göre yapılan sıralama Şekil 5.51'de sunulmuştur.

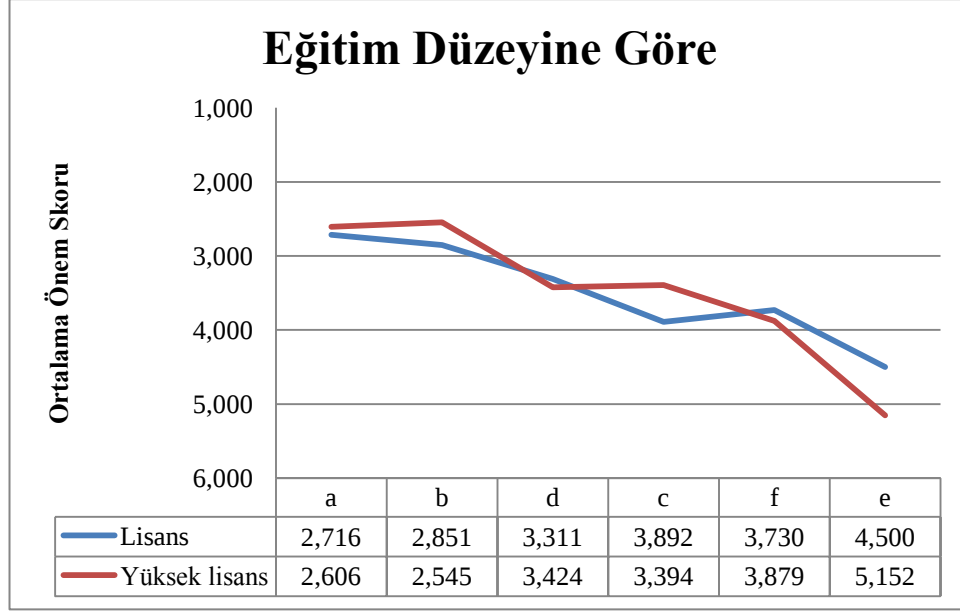


Şekil 5.51 : Faydaların mesleğe göre sıralaması.

Yapılan analiz sonucunda inşaat mühendisleri için "planlamanın daha anlaşılır kılınması" faydası en önemli fayda olarak görülürken mimarlar için "çakışmaları tespit imkanı" faydası en önemli görülmüştür. İnşaat mühendisleri genellikle proje yönetim, planlama ve uygulamasından sorumlu olduklarından planlamanın önemine öncelikli olarak vurgu yapmıştır.

Mimarlar çizim sonrasında defalarca tasarım revizyonu yapma durumunda bırakan çakışmaları zaman ve işgücü kaybı olarak görmektedirler. Bu sebeple 4D'nin farklı disiplinlere ait tasarımları tek bir modelde birleştirerek çakışmaların tespitini sağlamasını en önemli fayda olarak görmektedirler.

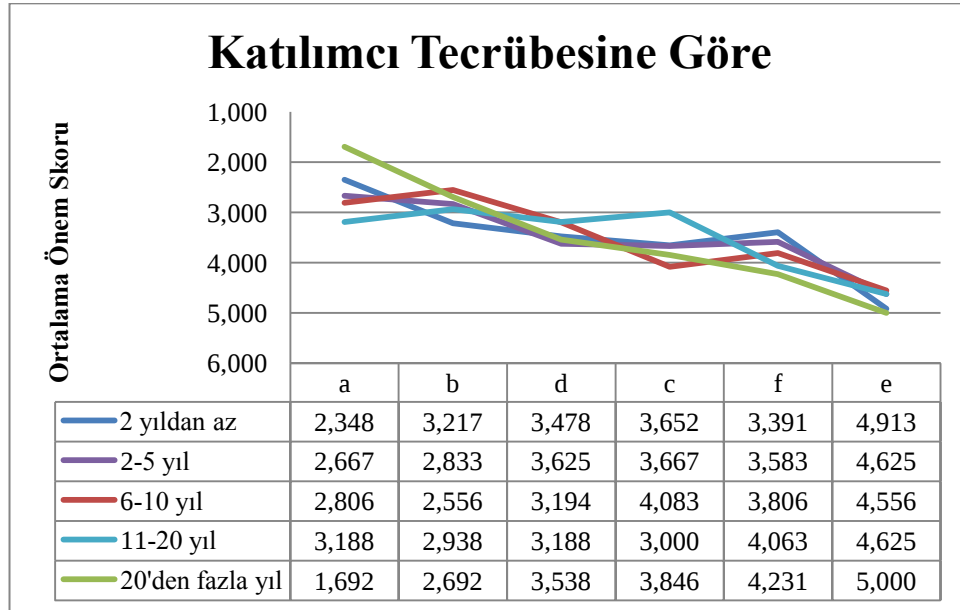
Eğitim düzeyine göre yapılan sıralama Şekil 5.52'de sunulmuştur.



Şekil 5.52 : Faydaların eğitim düzeyine göre sıralaması.

4D'nin faydalarının önem sırası katılımcıların eğitim düzeylerine göre değerlendirildiğinde büyük ölçüde benzer iki grafikte karşılaşılmıştır. Lisans mezunları 4D'nin iş güvenliği konusunda sağladığı faydaları yüksek lisanslılara nazaran daha değerli görmüştür. Yüksek lisans mezunları ise etkileşimin artırılmasını lisans mezunlarına göre daha çok önemsemektedir.

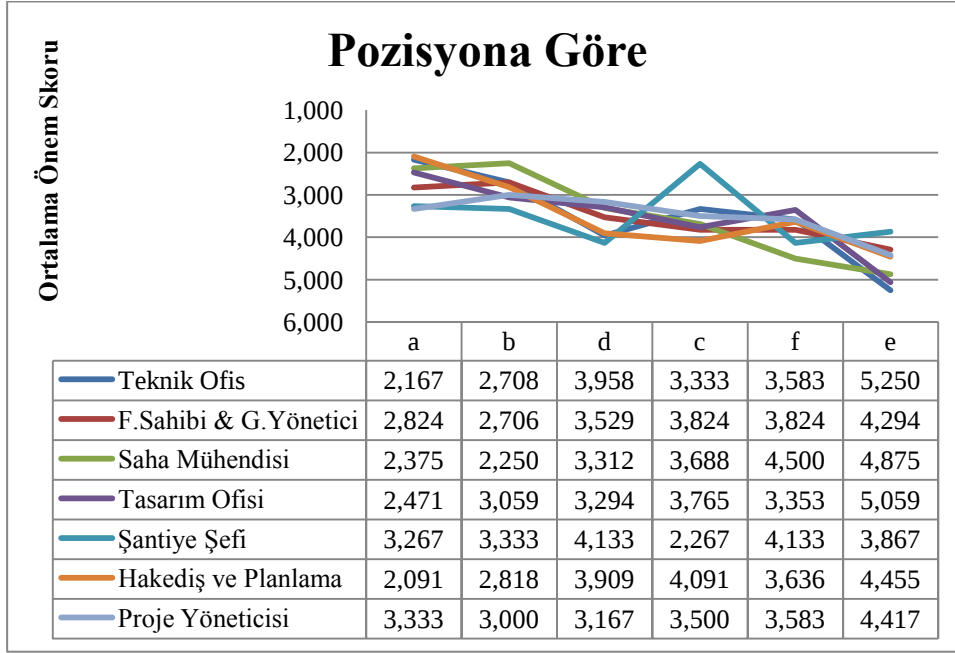
Katılımcının eğitim düzeyine göre yapılan sıralama Şekil 5.53'te sunulmuştur.



Şekil 5.53 : Faydaların katılımcı tecrübesine göre sıralaması.

Fayda sıralamalarının katılımcı tecrübesine göre sınıflandırılmış şekli üzerinden yapılan analiz sonucunda 20 yıldan fazla tecrübeli olan katılımcıların 4D'nin planlamayı daha anlaşılabilir kılmasını oldukça önemli gördükleri tespit edilmiştir. 11-20 yıl arası tecrübe sahibi katılımcıların etkileşimin arttırılmasını diğer tecrübe gruplarına göre daha çok önemsemesi dikkat çekmiştir.

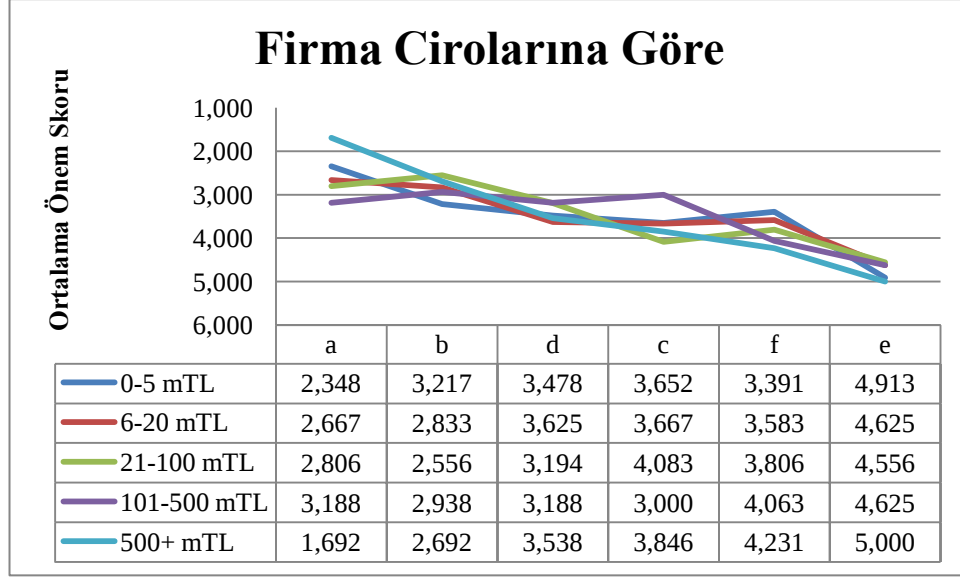
Pozisyona göre yapılan sıralama Şekil 5.54'te sunulmuştur.



Şekil 5.54 : Faydaların pozisyona göre sıralaması.

Pozisyonlara göre düzenlenen sıralamada hakediş ve planlama birimi çalışanlarının 4D'nin planlamayı daha anlaşılır kılma faydasına daha çok önem verdikleri görülmüştür. Saha mühendisleri ise çakışmalardan doğan ilave iş yükünün birincil muhatabı olduklarından 4D'nin çakışmaları önleme özelliğini ön plana çıkarmışlardır. Şantiye şefleri ise imalat ve yapım metodundan sorumlu kişiler olarak 4D'nin sağlayacağı inşa edilebilirlik analizini değerli bulmuş ve önem cetvelinde üst sıraya yerleştirmiştir.

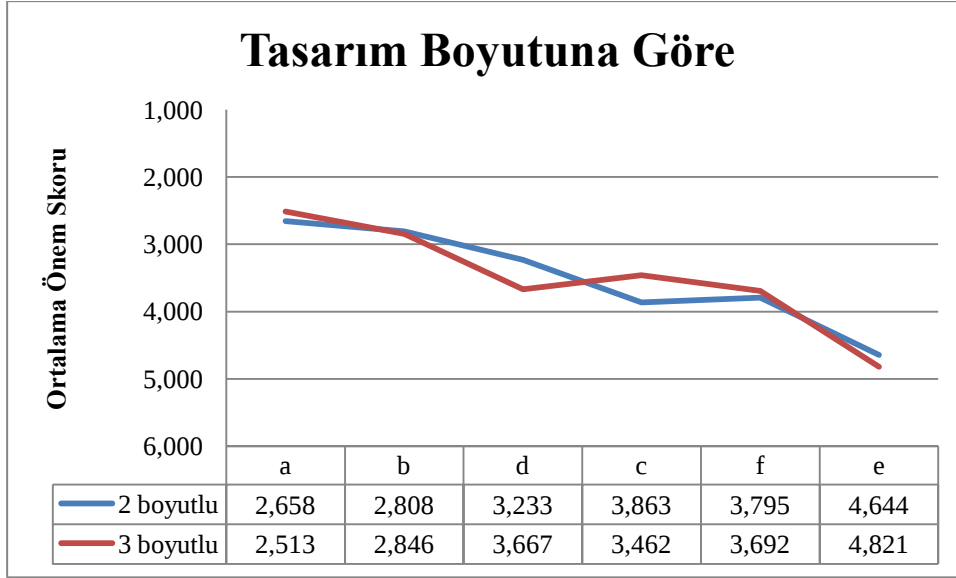
Firma cirolarına göre yapılan sıralama Şekil 5.55'te sunulmuştur.



Şekil 5.55 : Faydaların firma cirolarına göre sıralaması.

4D'nin sağladığı faydaların önem sıralarının firma cirolarına göre tasnifinde en çok dikkat çeken nokta planlamanın anlaşılabilir kılınması faydasının 500 milyon TL'den fazla cirosu bulunan firmalarca çok önemli bulunduğudur. Büyük ölçekteki firmaları yine büyük ve kompleks projeler yürüttüğü düşünülecek olursa başarılı bir planlamanın hem nakit hem vakit tasarrufu yönünden sağladığı faydalar göz önüne alınarak böyle bir eğilimin olduğu söylenebilmektedir. Planlamanın daha anlaşılabilir kılınması faydasına verilen önem konusunda bu grubu izleyen 0-5 milyon TL grubudur. Düşük kar marjlarıyla çalışan firmaların israftan kaçınmak için planlamayı önemsedikleri söylenebilir.

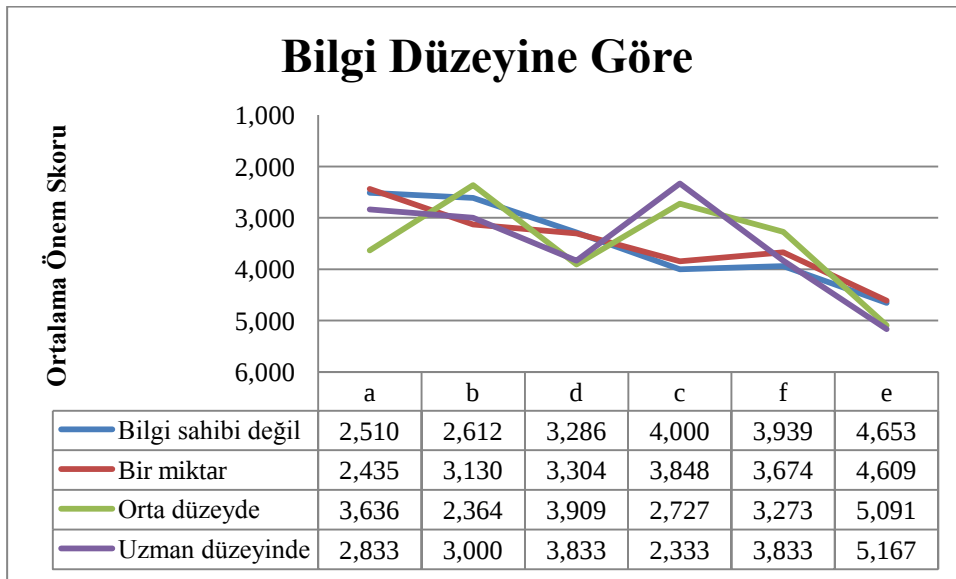
Tasarım boyutlarına göre yapılan sıralama Şekil 5.56'da sunulmuştur.



Şekil 5.56 : Faydaların tasarım boyutuna göre sıralaması.

Faydaların tasarım boyutuna göre incelendiği grafikte büyük ölçüde paralellik gözlenmiştir. 3 boyutlu tasarım üzerinden çalışan katılımcılar proje katılımcıları arasındaki etkileşimin artmasını 2 boyutlu tasarım yapan gruba nazaran daha fazla önemsemiştir. 3 boyutlu tasarım yapan firmaların halihazırda gerçekleştirdikleri koordinasyon toplantılarından 4D modelleme ile daha fazla istifade edecek olmaları bu kararı vermiş olmalarındaki en büyük etken olabilir.

Bilgi düzeyine göre yapılan sıralama Şekil 5.57'de sunulmuştur.

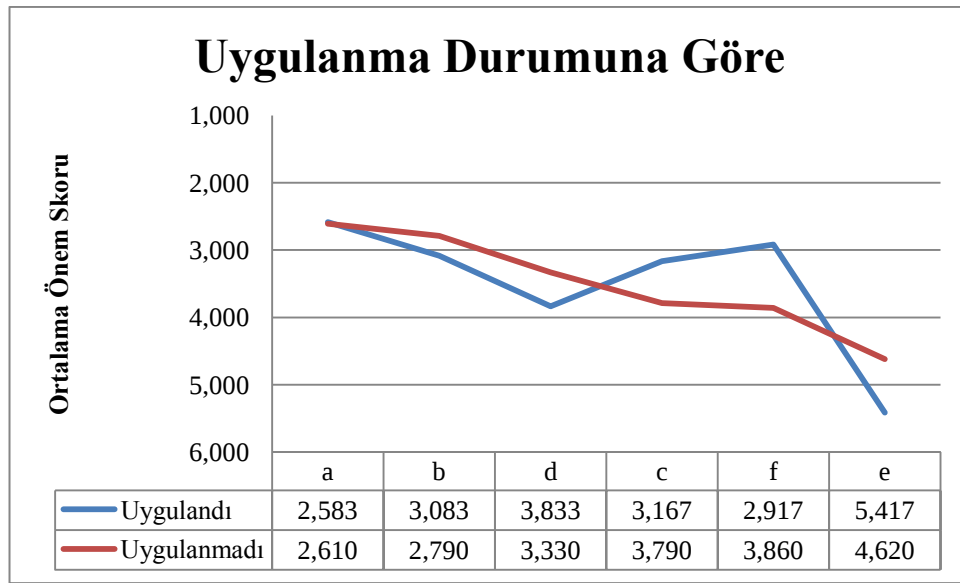


Şekil 5.57 : Faydaların bilgi düzeyine göre sıralaması.

4D'nin faydalarının önem derecelerine göre sıralanması işleminden sağlanan veriler katılımcının 4D hakkındaki bilgi düzeyine göre sınıflandırıldığında bilgi sahibi olmayan ve bir miktar bilgi sahibi olan katılımcıların tercihleri büyük ölçüde paralellik göstermiştir.

Orta ve uzman düzeyinde olan katılımcılar ise belirgin bir farklılık olarak 4D'nin proje katılımcıları arasındaki etkileşimi arttırmasına çok daha fazla önem verdiklerini belirtmişler.

Uygulama durumuna göre yapılan sıralama Şekil 5.58'de sunulmuştur.



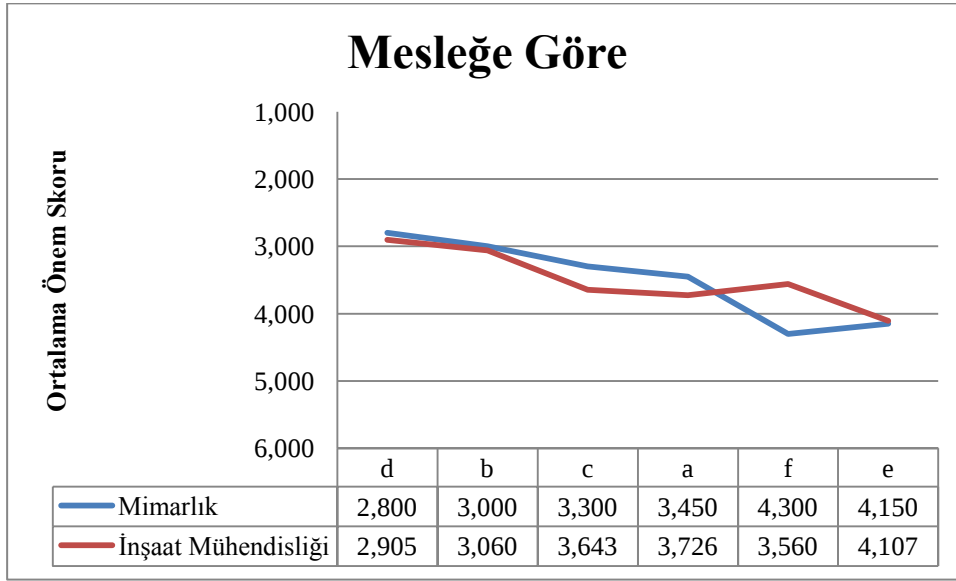
Şekil 5.58 : Faydaların uygulanma durumuna göre sıralaması.

4D'nin firma bünyesinde bir projede uygulanma durumuna göre yapılan analizde yine proje katılımcıları arasındaki etkileşimin önemi teslim edilmiştir. Öte yandan 4D'nin iş güvenliği konusunda sağladığı faydalar uygulamayı gerçekleştirenler tarafından daha az önemli olarak görülmüştür. 4D kullanıcıları uygulama esnasında projeyi çok defa değiştirme olanağı bulduklarından dolayı proje üzerinde yapılan değişiklikleri görme faydasının önemine dikkat çekmiştir.

5.4.2 4D'nin Önündeki Engeller

Anket çalışması dahilinde 4D'nin geniş ölçekte uygulanmasının önündeki 6 temel engelin katılımcı tarafından sıralanması istenmiştir. Elde edilen verilerin çeşitli kıstas ve gruplara göre tasnif edilerek yapılmış analizleri aşağıda sunulmuştur.

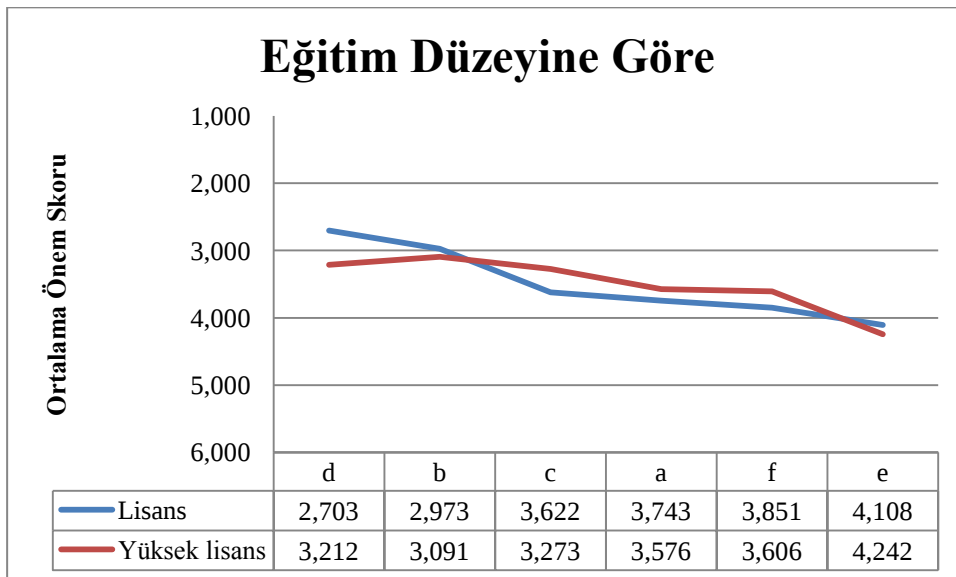
Mesleğe göre yapılan sıralama Şekil 5.59'da sunulmuştur.



Şekil 5.59 : Engellerin mesleğe göre sıralaması.

Mesleklere göre yapılan tasnifte önemli bir sapma fark edilmemiş olup büyük ölçüde paralellik tespit edilmiştir. Farklı olarak inşaat mühendislerinin geleneksel planlama (CPM) ve tasarım (2D) yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesini daha çok paylaştıkları görülmektedir.

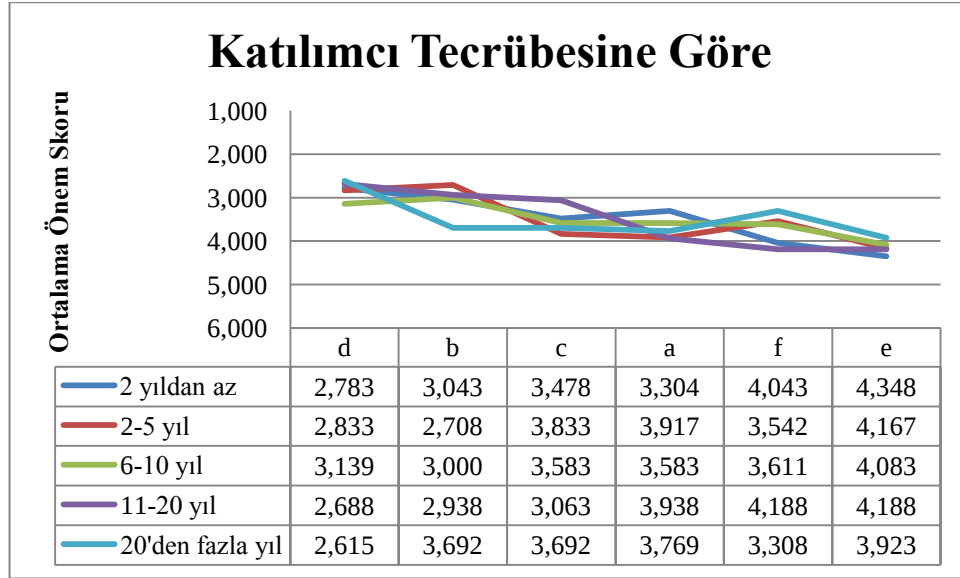
Eğitim düzeyine göre yapılan sıralama Şekil 5.60'da sunulmuştur.



Şekil 5.60 : Engellerin eğitim düzeyine göre sıralaması.

Eğitim düzeyine göre yapılan sınıflandırma neticesinde bir kaç nokta dışında benzer grafikler elde edilmiştir. Lisans mezunu olanlar piyasada 4D alanında bilgili ve nitelikli eleman olmayışı engelini yüksek lisans mezunlarına göre daha çok önemsemiştir.

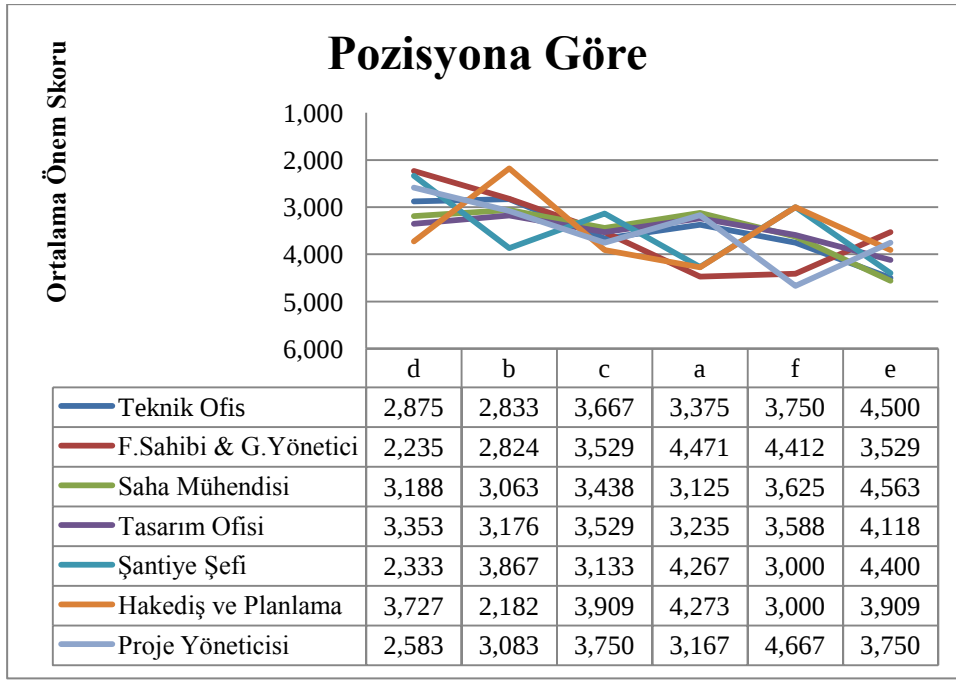
Katılımcının sektör tecrübesine göre yapılan sıralama Şekil 5.61'de sunulmuştur.



Şekil 5.61 : Engellerin katılımcının sektör tecrübesine göre sıralaması.

Katılımcının sektör tecrübesine göre yapılan analiz neticesinde 20 yıldan fazla tecrübeye sahip katılımcıların 4D için gerekli olan zaman ve insan kaynağı engelini çok önemli görmedikleri anlaşılmıştır. Not edilmesi gereken bir diğer husus da 20 yıldan fazla tecrübeye sahip katılımcıların mevcut planlama ve tasarım yöntemleri hakkındaki muhafazakarlığa en yüksek ölçüde önem atfeden grup olmalarıdır. Bir alt tecrübe grubuna bakıldığında ise aynı konuda en az hassasiyete sahip grup oldukları görülmektedir.

Pozisyonlara göre yapılan sıralama Şekil 5.62'de sunulmuştur.



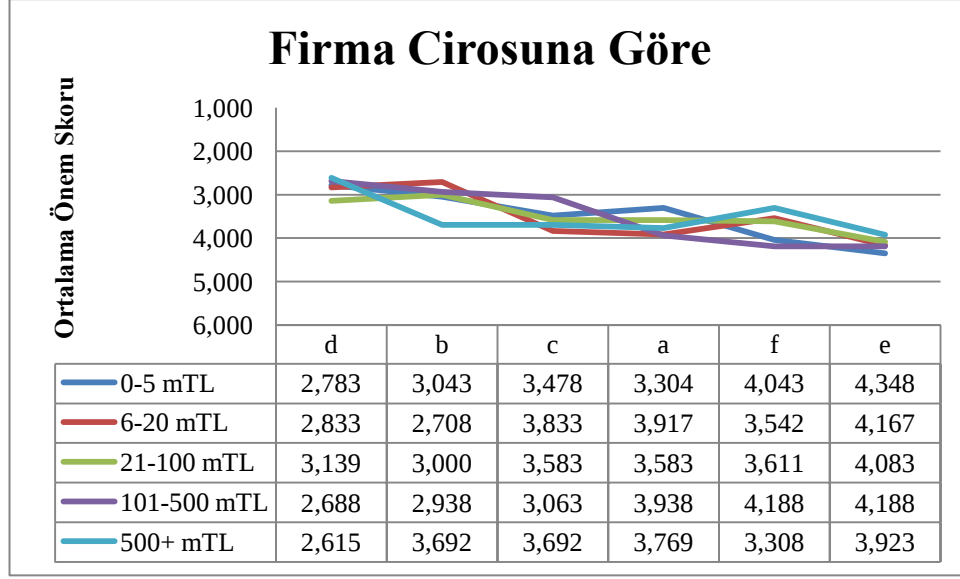
Şekil 5.62 : Engellerin pozisyona göre sıralaması.

Pozisyona göre yapılan sınıflandırmada büyük farklılıklar göze çarpmaktadır. Hakediş ve planlama birimi çalışanları en önemli engel olarak 4D modelinin oluşturulması ve takip edilmesi için gerekli olan zaman ve insan kaynağını görmüştür. Bu durum planlamayı takipten hali hazırda sorumlu olmalarıyla ve 4D ile gelecek ilave iş yüküne sıcak yaklaştıkları gerçeğiyle açıklanabilir.

Firma sahibi ve genel yönetici grubu ise bilgi teknolojileri ve 4D alanında kalifiye eleman bulunmayışını en önemli engel olarak görmüşler. 4D araçlarını kullanmaya karar alan bir firma yöneticisinin bu kararını icra edebilmesi için konu hakkında bilgili bir teknik kadronun oluşturulması gerekmektedir. Bu kalifiye insan stokunun günümüz şartlarında ülkemizde bulunmuyor oluşu firma yöneticilerinin 4D konusundaki mesafeli duruşunu destekliyor olabilir.

4D ile birlikte firmanın organizasyonel iş akış yapısının değişecek olması engeli en çok proje yöneticisi ve saha mühendisleri tarafından önemsenmiştir. Bu tablo proje yöneticisinin tüm iş akışından sorumlu kişi olarak gerçekleşecek bir değişime karşı muhafazakar bir konum alma eğilimini göstermekte olabilir.

Firma cirolarına göre yapılan sıralama Şekil 5.63'te sunulmuştur.

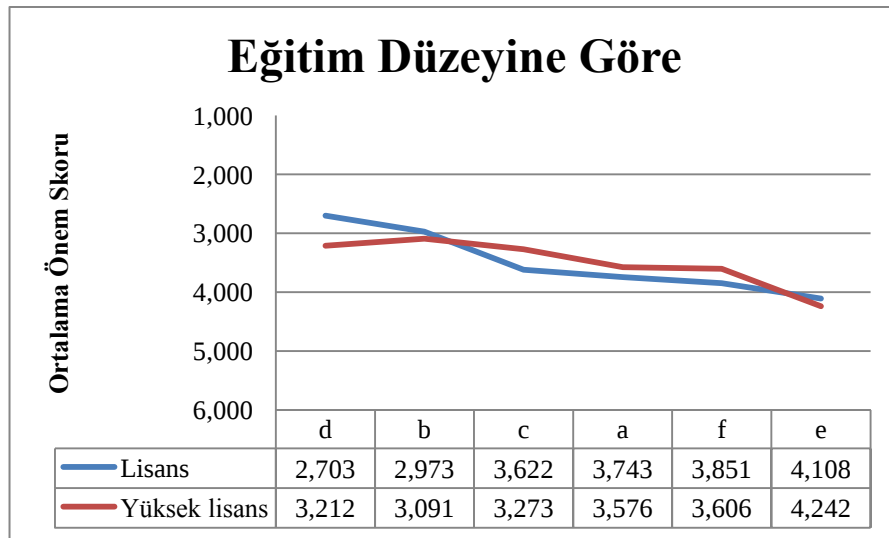


Şekil 5.63 : Engellerin ciroya göre sıralaması.

Ciroya göre sınıflandırılan engel sıralamalarında tüm ciro gruplarının modelin takibi için gerekli olan insan kaynağı ve zamanı önemli bir engel olarak gördüğü ve aynı şekilde 4D alanında bilgi sahibi eleman azlığı konusunda da ortak bir yönelim kaydettiği görülmektedir.

4D için gerekli olan yazılım ve eğitim maliyeti firma ciroları arttıkça azalan bir ortalama önem sırasına sahiptir. Bu durumu cirosu yüksek olan firmaların büyük projelerle muhatap olduğu ve bu maliyetin oransal bazda ihmal edilebilir düzeyde olduğu gerçeğiyle açıklanabilir.

Tasarım boyutuna göre yapılan sıralama Şekil 5.64'te sunulmuştur.

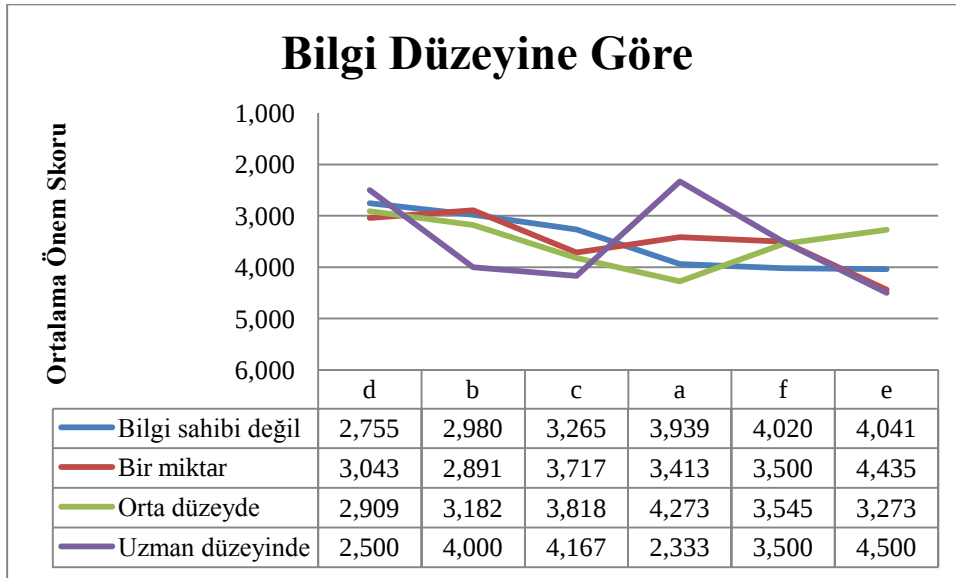


Şekil 5.64 : Engellerin tasarım boyutuna göre sıralaması.

Firmaların tasarım konusunda kullandıkları boyuta göre yapılan tasnif büyük ölçüde birbirine benzer bir grafik ortaya çıkarmıştır. Üzerinde durulacak yegane husus 2 boyutlu tasarım yapan firmaların modelin oluşturulması ve takibi için gerekli olan insan kaynağı ve zamanı 3 boyutlu tasarım yapan firmalara göre daha önemli bir engel olarak görmeleridir.

Hali hazırda 3 boyutlu tasarım alışkanlıkları olmadığından, 4D uygulamasına geçilmesinin ilave bir iş yükü ve çalışan istihdamı gibi sonuçları doğuracak olmasından ötürü 2 boyutlu tasarım yapan firmalar bu konuyu daha önemli bir engel olarak görmüştür.

Bilgi düzeyine göre yapılan sıralama Şekil 5.65'te sunulmuştur.



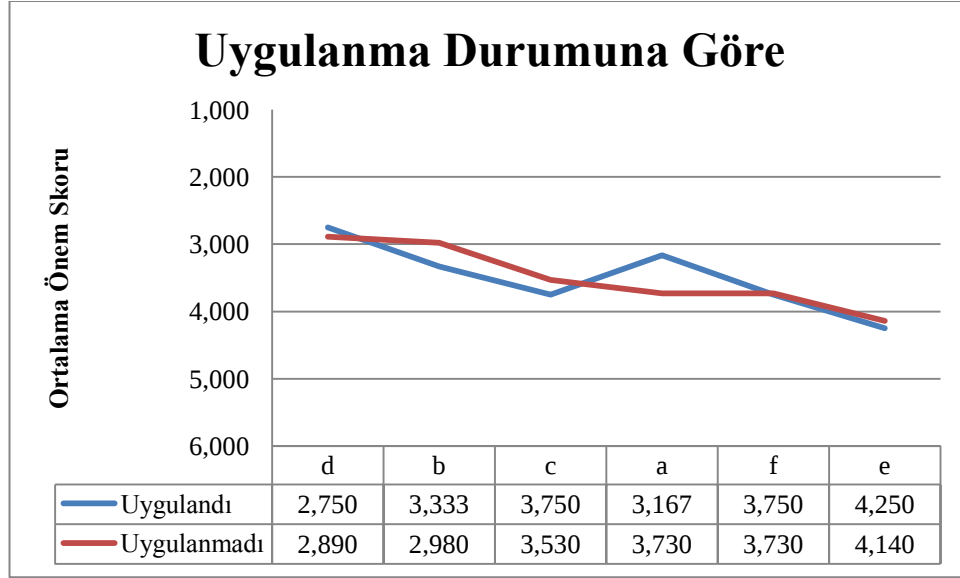
Şekil 5.65 : Engellerin bilgi düzeyine göre sıralaması.

Bilgi düzeyine göre yapılan tasnif oldukça farklı sonuçları ortaya koymuştur. 4D hakkında uzman düzeyinde bilgi sahibi olan katılımcılar organizasyonel iş akış yapısının yeniden düzenlenmesi zorunluluğunu en büyük engel olarak görmüşlerdir. Söz konusu uzmanların bir çoğu 4D danışmanlığı veren kimseler olduğundan dolayı ortaya koydukları bu engel yorumu piyasadaki uygulama tecrübeleriyle oluşmuş bir kanı konumundadır.

Yine uzman düzeyindeki katılımcılar 4D modelin oluşturulması ve takibi konusunda ilave bir insan kaynağı ve zaman gereksinimi olacağı konusunda da farklı düşünmekte ve danışmanlık şirketleri vasıtasıyla bu tür bir iş yükünden ve insan kaynağı ihtiyacından kurtulmanın mümkün olduğunu iddia etmektedirler.

Bilgi teknolojileri ve 4D alanında bilgili eleman eksikliği tüm sektörün yaşadığı bir sıkıntı olmakla beraber 4D uzmanları tarafından da eleştirilen ve önemli bir engel olarak görülen bir husustur.

Uygulanma durumuna göre yapılan sıralama Şekil 5.66'da sunulmuştur.



Şekil 5.66 : Engellerin uygulanma durumuna göre sıralaması.

4D'nin geniş ölçekte uygulanmasının önündeki engelleri incelediğimiz analizin uygulanma durumuna göre tasnif edilmiş hali büyük ölçüde birbirine benzer bir görüntü ortaya koymaktadır. 4D'yi uygulayanlar ve bu tecrübenin tüm basamaklarını yaşamış olanlar firmanın organizasyonel iş akış yapısının değişmesini, 4D'yi daha önce uygulamamış katılımcılara nazaran daha önemli bir engel olarak görmüştür. Modelin takibi için gerekli olan insan kaynağı ve zaman ise uygulamayı gerçekleştirenler tarafından daha düşük önemde bir engel olarak değerlendirilmiştir.

5.5 Ara Sonuç

Bu bölümde anketlerden elde edilen ham sonuçların ve analizlerin özeti aktarılacaktır.

5.5.1 Planlama ve tasarım alışkanlıkları

İş programının idaresinden genellikle yüklenici firmanın ilgili birimi sorumludur. Firmanın sektör tecrübesi arttıkça planlama işleminin şirket bünyesinde gerçekleştirilme oranının azaldığı görülmektedir. Proje yönetim desteği alan firmaların çoğu planlama işlemini müşavir firma ile beraber götürmekteyken planlama işlemini tamamen müşavir firmaya bırakanlar azınlıktadır.

Planlama çalışması büyük oranla detaylı gerçekleştirilmektedir. Detaylı sözcüğünün karşılığı "kaba inşaatın bir katı için kullanılan aktivite sayısının 2'den fazla oluşu" olarak belirlenmiştir. Firmaların ciro ve sektör tecrübeleri arttıkça planlamada uyguladıkları detay seviyesinin arttığı görülmüştür.

Ankete katılan firmaların tasarım konusunda 2 boyutlu tekniklerin daha çok kullanıldığı saptanmıştır. Alt ciro grubu ile üst ciro grubunun 3 boyutlu modellemeyi daha çok kullandığı görülmüştür. Firma tecrübesine göre bakıldığında ise "2-5 yıl arası tecrübe" grubundaki 3 boyutlu modelleme yoğunluğu haricinde tüm gruplarda aynı düzeyde eğilim tespit edilmiştir.

İş programının takip sıklığı konusunda en çok tercih edilen periyot 1 haftadır. Firma cirosu arttıkça oluşturulan iş programının takip edilmeme oranı sıfırlanmaktadır. Az tecrübeli firmalar planlama kontrolünü en sık tatbik eden grup olarak öne çıkmıştır.

5.5.2 4D'nin mevcut durumu

Anket genelinde 4D hakkındaki bilgi sahibi olmayanların oranı %44, bir miktar bilgi sahibi olanların oranı %41, orta düzeyde bilgi sahibi olanların oranı %10 ve uzman düzeyinde bilgi sahibi olanların oranı %5'tir. Katılımcıların sektör tecrübeleri arttıkça 4D hakkındaki bilgi düzeylerinin arttığı görülmüştür. İnşaat mühendislerinin mimarlardan konu hakkında daha bilgili oldukları söylenebileceği gibi mimar grubu katılımcılardan uzman düzeyinde bilgi sahibi kimsenin çıkmadığı not edilmesi gereken bir diğer husustur.

Pozisyon gruplarına bakıldığında saha mühendisi, firma sahibi ve şantiye şeflerinin konu hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıkları görülmüş olup tasarım ofisi, hakediş ve planlama ve teknik ofis çalışanlarının 4D bilgi düzeylerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Genç firma sahiplerinin 4D ile daha ilgili oldukları görülmüştür.

4D'nin çok düşük sayılabilecek bu bilinirlik oranlarını doğrulayan bir başka veri ise 4D'nin katılımcılar arasındaki uygulanma oranının %11 seviyesinde kalması olmuştur. 4D modelleme araçlarını daha yüksek oranla kullanmış olan firmaların 500 milyon TL üstü ciroya sahip firmalar olduğu göze çarpmaktadır. Buna paralel olarak 20 yıl fazla tecrübeye sahip firmalar ile 2-5 yıl arası tecrübeli firmalarda 4D kullanımı ortalamanın üzerindedir.

5.5.3 Fayda analizi sonuçları

Anket katılımcıların yaptığı sıralamalar neticesinde en önemliden en az önemliye fayda dizilimi şu şekilde gerçekleşmiştir; "Sağladığı görsellikle planlamayı daha anlaşılabilir kılması.", "Farklı disiplinlere ait tasarımların tek modelde birleştirilmesi.", "İnşa edilebilirlik analizi yapma fırsatı sunması.", "Proje üzerinde yapılan değişikliklerin sonuca etkisini gösterebilmesi.", "Proje katılımcıları arasındaki etkileşimi arttırması.", "İş güvenliği tehditlerini önceden belirleme imkanı sunması."

Veri havuzu alt gruplara ayrıldığında bazı grupların aynı sıralamayı oluşturduğu gözlenmiştir. Bu ikililer şunlardır: 2 yıldan az tecrübeli katılımcı ve 2-5 yıl arası tecrübeli katılımcı, firma sahibi & genel yönetici ve saha mühendisi, 0-5 milyon TL ciro lu şirket ve 6-20 milyon TL ciro lu şirket, 4D hakkında bilgi sahibi olmayan katılımcı ve 4D hakkında bir miktar bilgi sahibi olan katılımcı.

İnşaat mühendisleri için "planlamanın daha anlaşılır kılınması" faydası en önemli fayda olarak görülürken mimarlar için "çakışmaları tespit imkanı" faydası en önemli olarak belirlenmiştir.

Lisans mezunları iş güvenliği konusunda sağlanan faydaları yüksek lisanslılara göre daha fazla önemserken, yüksek lisanslılar da etkileşimin arttırılmasını lisanslılara göre daha çok önemsemiştir.

20 yıldan fazla tecrübeye sahip olan katılımcılar planlamanın daha anlaşılır kılınması faydasını diğer tecrübe gruplarına göre çok daha fazla önemli görmüştür. 11-20 yıl

arası tecrübe sahibi katılımcılar etkileşimin arttırılmasını diğer tecrübe gruplarına nazaran daha fazla önemsemiştir.

Hakediş ve planlama birimi çalışanlarının planlamanın daha anlaşılabilir kılınmasına çok önem verdikleri görülmüştür. Saha mühendisleri ise çakışmaların önlenmesi faydasına dikkat çekmiştir. Şantiye şeflerinin en çok önemseddiği fayda ise inşa edilebilirlik analizi olmuştur.

500 milyon TL daha fazla ciroya sahip şirketlerin "planlamanın daha anlaşılabilir kılınması" faydasına verdiği büyük önem diğer gruplardan ayrılmaktadır. Onu takip eden grup ise 0-5 milyon TL cirolu gruptur.

3 boyutlu tasarım yapan firmalar 4D'nin proje katılımcıları arasındaki etkileşimi arttırmasını 2 boyutlu tasarım yapan firmalara nazaran daha değerli bulmuşlardır.

Orta ve uzman düzeyindeki katılımcılar 4D'nin proje katılımcıları arasındaki etkileşimi arttırma faydasını bilgi sahibi olmayan ve bir miktar bilgi sahibi olan katılımcılara nazaran daha fazla önemsediklerini ortaya koymuşlardır.

4D'yi önceki projelerinde uygulayanlar proje katılımcıları arasındaki etkileşimin arttırılması faydasını ve projede yapılan değişikliklerin etkisini görebilme faydasını 4D'yi uygulamamış olanlara göre daha önemli bulmuşlardır. Ayrıca 4D'yi uygulamış katılımcıların iş güvenliği faydasına daha az önem verdikleri görülmektedir.

5.5.4 Engel analizi sonuçları

Anket katılımcıların yaptığı sıralamalar neticesinde en önemliden en az önemliye engel dizilimi şu şekilde gerçekleşmiştir; "Bilgi teknolojileri ve 4D alanında deneyim sahibi eleman eksikliği.", "Modelin oluşturulması ve takibi için gerekli olan zaman ve insan kaynağı.", "Sağlıklı analiz yapabilmek için tasarımda gerekli olan yüksek ayrıntı düzeyi.", "Mevcut planlama (CPM) ve tasarım (2D) yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesi.", "Firmanın organizasyonel iş akış yapısının revize edilmesini gerektirmesi.", "4D için gerekli olan eğitim ve yazılım maliyeti."

Veri havuzu alt gruplara ayrıldığında bazı grupların aynı sıralamayı oluşturduğu gözlenmiştir. Bu ikili, tasarım ofisi çalışanı ve saha mühendisidir.

İnşaat mühendisleri geleneksel planlama ve tasarım yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesini mimarlara nazaran daha önemli bir engel olarak görmüştür.

Lisans mezunu olan katılımcıları 4D alanında bilgili ve nitelikli eleman olmayışı engelini yüksek lisans mezunlarına göre daha fazla önemsemektedir. Analiz yapabilmek için gerekli olan yüksek ayrıntı düzeyi engeli ise yüksek lisans mezunlarınca daha fazla önemli görülmüştür.

20 yıldan fazla tecrübeli sektör çalışanları 4D için gerekli olan insan kaynağı ve zaman engelini çok önemli görmemektedirler. Ayrıca yine aynı tecrübe grubuna mensup katılımcılar geleneksel planlama ve tasarım yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesini önemli bir engel olarak değerlendirmemektedirler.

Hakediş ve planlama birimi çalışanları en önemli olarak 4D modelinin oluşturulması ve takip edilmesi için gerekli olan zaman ve insan kaynağını görmüşlerdir. Firma sahibi ve genel yönetici grubu ise bilgi teknolojileri ve 4D alanında kalifiye eleman bulunmayışını en büyük engel olarak değerlendirmiştir. 4D uygulamasıyla birlikte firmanın iş akış yapısının değişecek olması engeli ise proje yöneticisi ve saha mühendisleri tarafından önemsenmiştir.

Firma cirolarının artmasıyla 4D için gerekli olan yazılım ve eğitim maliyeti engeline verilen önem derecesinde azalma eğilimi tespit edilmiştir.

2 boyutlu tasarım yapan firmalar 4D modelin hazırlanması ve takibi için gerekli olan zaman ve insan kaynağı engelini 3 boyutlu tasarım yapan firmalara nazaran daha önemli bir engel olarak değerlendirmiştir.

4D hakkında uzman düzeyinde bilgi sahibi olan katılımcılar en önemli engel olarak organizasyonel iş akış yapısının yeniden düzenlenmesi zorunluluğunu görmüşlerdir. Uzman düzeyinde bilgi sahibi olan katılımcıların diğerlerinden ayrıldığı bir diğer nokta ise 4D modelin oluşturulması ve takibi için gerekli olan ilave zaman ve insan kaynağı engelini daha az önemli görülüyor olmasıdır.

4D'yi daha önce uygulamış olan firmalarda çalışan katılımcılar organizasyonel iş akış yapısının değişmesi zorunluluğunu 4D'yi daha önce uygulamamış katılımcılara nazaran daha önemli bir engel olarak görmüştür. Aynı grup modelin oluşturulması ve takibi için gerekli zaman ve insan kaynağı engelini daha az önemli görmüştür.

5.5.5 Değerlendirme soruları sonuçları

Katılımcıların büyük çoğunluğu şu fikirlere katıldıklarını beyan etmişlerdir; "4D modellemenin ülkemizde az kullanılıyor oluşunun bir eksikliktir.", "Teknolojik

gelişmelerin sektöre çabuk entegre edilememesi inşaat sektörünün doğasından kaynaklanmaktadır.", "Üniversitelerin ilgili bölümlerinde öğrencilere 4D eğitimleri verilmelidir.", "Bu teknolojinin yaygınlaşması için kamu ihalelerine başvuruda 4D modelleme zorunlu hale getirilmelidir.", "4D modelleme uygulaması gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline gelecektir."

En yüksek destek üniversitelerde 4D eğitimi sağlanması fikrine verilirken en düşük destek ise 4D modellemenin kamu ihalelerinde zorunlu kılınması fikrine verilmiştir. Sorulara verilen yanıtlarda en tecrübeli grubun ve firma sahibi & genel yönetici grubunun en düşük düzeyde "kararsızım" cevabı verdiği saptanmıştır.

1-) 4D modellemenin ülkemizde az kullanılıyor oluşu Türk inşaat sektörü adına bir eksikliklerdir.

Bu soruya verilen olumlu cevaplar katılımcı tecrübesinin artmasına paralel artış göstermektedir. Ancak en yüksek "kesinlikle katılmıyorum" yanıtı oranı da bu gruba aittir. Mimar ve inşaat mühendislerinin cevapları arasında büyük bir benzerlik göze çarpmaktadır. Pozisyonlara göre bakıldığında ise proje yöneticisi, firma sahibi & genel yönetici, şantiye şefi ve tasarım ofisi en yüksek düzeyde yargıya katılmakta olan gruplardır.

2-) Teknolojik gelişmelerin sektöre çabuk entegre edilememesi inşaat sektörünün doğasından kaynaklanmaktadır.

Bu soruya verilen yanıtlar tecrübe gruplarına ayrıldığında birbirine yakın seviyelerde olumlu yanıt gözlemlenebilmektedir. Bu yargıya en yüksek oranda karşı çıkan ise en tecrübeli grup olmuştur. Mimarlar inşaat mühendislerine göre kararsız kaldıklarından daha düşük oranda olumlu cevap vermiştir. Pozisyonlara bakıldığında ise şantiye şefi ile hakediş ve planlama gruplarının büyük oranda bu yargıyı reddettiği görülmektedir.

3-) Üniversitelerin ilgili bölümlerinde öğrencilere 4D eğitimleri verilmelidir.

Bu öneriye olumlu yaklaşmayan katılımcılar eser miktardadır. Kararsızlığın oranı genel grafiği belirleyen temel etken olmuştur. 20 yıllık tecrübeye gelene değin kararsızlık artmış anca 20 yıl ve fazlası tecrübeli katılımcılar "Kararsızım" seçeneğini hiç işaretlemeyen öneriye tam destek vermişlerdir. Bu öneriye mimarların inşaat mühendislerinden daha sıcak baktığı görülmüştür. Pozisyonlar üzerinden yapılan

değerlendirmede ise teknik ofis ve saha mühendislerinin kararsızlıkları daha düşük bir katılım gerçekleştirmelerine neden olmuştur.

4-) Bu teknolojinin yaygınlaşması için kamu ihalelerine başvuruda 4D modelleme zorunlu tutulmalıdır.

Bu öneriye verilen yanıtların tecrübe gruplarına göre tasnifi 0-10 yıl ve 10 yıldan fazla şeklinde yapılacak olursa ilk grubun öneriye karşı çıkarken, daha tecrübeli olan grubun sıcak baktığı görülmektedir. Mimarlar ise inşaat mühendislerine nazaran hem daha yüksek oranda onay hem daha yüksek oranda ret ifade etmişlerdir. Öneriye destek veren pozisyonların başında proje yöneticisi, tasarım ofisi ve şantiye şefi gelmektedir.

5-) 4D modelleme uygulaması gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline gelecektir.

Bu yargıya yapılan değerlendirmeler arasında en yüksek katılım 20 yıldan fazla tecrübe sahipleri grubundan gelmiştir. Mesleklere bakıldığında ise mimarların bu fikre biraz daha yakın oldukları görülmüştür. Pozisyonlar arasında yargıya yüksek katılım gösteren gruplar firma sahibi & genel yönetici, tasarım ofisi ve saha mühendisi grupları olmuştur.

5.6 Mülakatlar

Araştırma kapsamında anketle elde edilen verilerin sağlamasını yapmak ve konu hakkında daha derin bilgi düzeyine ulaşmak maksadıyla mülakatlar gerçekleştirilmiştir. 4D hakkında 2 uzman ve 1 orta düzeyde bilgi sahibi olmak üzere toplam 3 katılımcıyla yapılan mülakatlar yaklaşık 1'er saat sürmüştür.

Katılımcılarla yapılan mülakatta; 4D hakkındaki fayda ve engellerin değerlendirilmesi, 4D'ye geçişte rastlanan değişime karşı direncin tartışılması ve teknolojik yeniliklere uyum sağlamada kültürün etkisi üzerine konuşulmuştur. Bir teknoloji firmasında iş geliştirme uzmanı olarak çalışan katılımcı "1", bir proje yönetim firmasında 4D danışmanı olarak çalışan katılımcı "2", 4D uygulamalarını yakından takip eden bir şirket sahibi ise "3" rakamıyla kodlanmıştır.

5.6.1 Faydaların değerlendirilmesi

4D uygulamalarının sağlamış olduğu faydalara ilişkin mülakat katılımcılarının yapmış olduğu yorumlar bu bölümde aktarılmıştır.

A kodlu faydanın değerlendirmesi Çizelge 5.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (a).

Kod	<i>Sağladığı görsellikle planlamayı daha anlaşılabilir kılması.</i>
	Planlamada görselliğin sağlanması işvereni etkilemeyi kolaylaştırır. ¹
	Tartışmasız 4D'nin inşaat sektörüne sağlamış olduğu en büyük faydadır. ²
a)	Görsel olanı unutmak zor olduğu gibi anlamak da kolaydır. ³
	Teknik modelin tamamlanmış olması 4D modeli daha anlaşılabilir kılar. ¹
	Planlamacının saygınlığını artırır. ²

Katılımcıların yaptığı yorumlar ışığında 4D'nin sağladığı görselliğin planlamayı daha anlaşılabilir kılması en önemli faydalardan biridir. Yapılan ankette bu faydanın en önemli sırada görülmesi bu yargıyı doğrulamaktadır. Akılda kalıcı, rahat anlaşılabilir bir görsellik ve üst kademenin rapor anlamında daha iyi beslenebilmesi gibi çıktıları saptanmıştır. Planlama disiplini daha saygın bir konuma getiren bu fonksiyonun tam anlamıyla başarılı olması için teknik modelin tamamlanması gerektiği söylenmiştir.

B kodlu faydanın değerlendirmesi Çizelge 5.7'de aktarılmıştır.

Çizelge 5.7 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (b).

Kod	<i>Farklı disiplinlere ait tasarımları birleştirerek çakışmaları tespit etme imkanı sunması.</i>
	Çakışmaların tespit edilmesi süre ve maliyet kazancı sağlar. ¹
	Çakışmaların önceden tespit edilmesi imalatın kalitesini müspet yönde etkiler. ³
	Gözle görülmeyen bir kazanç olduğu için anlaşılması zordur. ¹
b)	Bazı mühendisler çakışma problemlerini imalat esnasında kendileri çözmek ister fakat bu her zaman en doğru çözüm değildir. ¹
	Prefabrik yapılarda önceden sipariş edebilme imkanı tanır. ²
	Farklı disiplinlerdeki tasarımların farklı zamanlarda tamamlanıp 4D yetkilisine verilmesi süreci zorlaştırabiliyor. Hepsi tamamlanınca 4D model yapılmaya başlanmalı. ²

İmalatta karşılaşılan hatalar için geliştirilen iptidai çözümlerin mühendislik başarısı gibi görüldüğü bir ortamda 4D'nin proje safhasındayken gösterdiği çakışmalar sayesinde hem zamansal hem parasal tasarruf sağlanarak kaliteli bir imalat gerçekleştirilebileceği katılımcılar tarafından ifade edilmiştir. Gözle görülmeyen bir kazanç oluşu nedeniyle yüklenici tarafından net olarak algılanması zordur. Aynı

zamanda prefabrike elemanların önceden rahatlıkla imal edilebilmesi olanağını tanır. Bu fonksiyondan tam verim elde edilmesi için tüm disiplinlere ait tasarımların zamanında hazır olması gerekmektedir.

C kodlu faydanın değerlendirmesi Çizelge 5.8'de aktarılmıştır.

Çizelge 5.8 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (c).

Kod	<i>Proje katılımcıları arası etkileşimi artırması.</i>
	Mevcut faydalar arasında en önemlisi katılımcılar arasındaki etkileşimin artırılmasıdır. ¹
	BIM yaklaşımı %90 insan %10 teknoloji olarak tanımlanmaktadır. ¹
	Tecrübe paylaşımı sağlanarak şahıslara bağlı çalışma şekli terk edilir ve bilgi havuzu oluşur. ¹
c)	Kişinin şirketten ayrılmasıyla kazandığı tecrübeler şirket bünyesinde değerlendirilebilir. ¹
	Planlama ile tasarım ofisi arasındaki kopukluğun bertaraf edilmesi açısından önemlidir. ²
	Maliyet kontrol biriminin hata oranı azalır. ²
	Eksiklik ve fazlalıklar etkileşimin artmasıyla tespit edilebilir. ³

Uzmanların en önemli gördüğü faydalardan biri de proje katılımcıları arası etkileşimin artırılmasıdır. Anketteki uzman cevaplarına bakıldığında bu yargı doğrulanmaktadır. Bunu BIM yaklaşımının insan odaklı felsefesi ve tecrübe paylaşımının sağladığı eşitler düzlemiyle izah etmek mümkündür. Özellikle planlama ve tasarım ofisinin arasında kurulacak etkileşim projenin başarısını büyük ölçüde etkilemektedir. Maliyet kontrolü sorumlularının da işini kolaylaştıracak bu toplantı disipliniyle şahıslara bağlı çalışma şekli terk edilerek şirket için ortak tecrübe havuzu oluşturulur.

D kodlu faydanın değerlendirmesi Çizelge 5.9'da aktarılmıştır.

Çizelge 5.9 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (d).

Kod	<i>İnşa edilebilirlik analizi yapma fırsatı sunması.</i>
	4D'nin yan faydalarındandır. ¹
	Teknik engeller önceden belirlenerek yapım metodu önceden kararlaştırılır. ¹
d)	Çok sayıda aktivitenin bulunduğu ve teknik manada komplike inşaatlarda randıman sağlar. ³
	Şehir içinde çeşitli fiziki kısıtlarla yürütülen projeler için oldukça faydalıdır. ²
	Firmaların tekliflerinde yer alan risk priminin azalması söz konusu olabilir. ¹

4D'nin yan faydalarından biri olarak değerlendirilen inşa edilebilirlik analizi, teknik engellerin önceden belirlenerek yapım metodunun kararlaştırılmasını sağlamaktadır. Komplike ve aktivite sayısı yüksek olan projelerde kullanılabileceği gibi şehir içinde çeşitli fiziki kısıtlarla yürütülen projelerde de faydalı olduğu kanıtlanmıştır. Yapım

metodunun önceden net bir biçimde belirlenmesi firmaların tekliflerinde yer alan risk priminin azalmasını sağlayabilmektedir.

E kodlu faydanın değerlendirmesi Çizelge 5.10'da aktarılmıştır.

Çizelge 5.10 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (e).

Kod	<i>İş güvenliği tehditlerini önceden belirleme imkanı sunması.</i>
	Dünyada çok önemli sayılsa da Türkiye'de gereken öneme sahip değil. ¹
	İnşaat dinamik bir yapı olduğundan 4D aracı tehditleri belirlemede çok yardımcıdır. ¹
e)	İş güvenliği analizlerinin bilgisayar yardımıyla uzaktan yapma olanağı tanır. ²
	Doğru modelin oluşturulması için sahanın mutlaka görülmesi gerekir. ²
	4D'ye güvenerek şantiye güvenliği sağlanamaz ancak genel talimatlar verilebilir. ³

İş güvenliği kavramı Türkiye'de henüz son dönemlerde yükselen bir değer olduğundan ülkemizde bu konudaki 4D çözümlerine olan rağbetin pek fazla olduğu söylenememektedir. İnşaat dinamik bir yapı ve şantiye değişken bir saha olduğundan iş güvenliği tehditlerinin belirlenmesinde 4D oldukça yardımcı olmaktadır. İş güvenliği uzmanlarına uzaktan ve bilgisayar başından analiz yapma sunar. Ancak nihai olarak tamamıyla 4D model üzerinden yürütülen bir iş güvenliği algısından söz etmek mümkün değildir. Saha ile irtibatı devamlı sağlayıp gerekli kontroller yapılarak, genel talimatlar hususunda 4D'den faydalanılabilir.

F kodlu faydanın değerlendirmesi Çizelge 5.11'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.11 : Faydaların mülakatla değerlendirilmesi (f).

Kod	<i>İş güvenliği tehditlerini önceden belirleme imkanı sunması.</i>
	Change management olarak anılan ve proje yöneticilerinin hoşuna giden bir araçtır. ¹
f)	Verim ya da hız değerlerinin değişiminin, zamansal ve parasal etkisini görmek mümkündür. ²
	İnşaat öncesi farklı tasarım önerilerinin simülasyonu yapılarak en uygununun seçimi sağlanır. ³

Proje üzerinde yapılan değişikliklerin sonuca etkisinin gösterilmesi ve gerekli analizlerin yapılması proje yönetim literatüründe Change Management olarak adlandırılmaktadır. Proje yöneticilerinin özellikle önemseydiği bir araç olmakla beraber değişiklik veya farklı senaryoların zamansal ve parasal karşılıklarını 3 boyutlu düzlemde proje başlangıcı veya esnasında sunmayı sağlamaktadır.

5.6.2 Engellerin değerlendirilmesi

4D'nin yaygın biçimde kullanımının önündeki engellere ilişkin mülakat katılımcılarının yapmış olduğu yorumlar aşağıda aktarılmıştır.

A kodlu engelin değerlendirmesi Çizelge 5.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.12 : Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (a).

Kod	<i>Firmanın organizasyonel iş akış yapısının revize edilmesini gerektirmesi.</i>
	Tecrübeli sektör çalışanlarının çekimser oldukları bir konudur. İşsiz kalma riskini barındırır. ¹⁻²
a)	Türk inşaat sektöründeki firmaların iş akış yapısı belirgin değildir, kolaylıkla değişebilir. ¹ Firma ne kadar kurumsalsa değişim o ölçüde zorlaşır. ² Küçük ölçekli firmalarda ve 4D'ye inanmış bir patron ile daha rahat değişim sağlanabilir. ³ Değişim sonrası beklentiler hemen karşılanmaz ancak zamanla durum iyileşir. ¹

Firmanın organizasyonel iş akış yapısının revize edilecek oluşu genellikle tecrübeli sektör çalışanlarını tedirgin eden bir konudur. Türk inşaat sektöründeki firmaların iş akış yapılarının çok belirgin olmayışı, 4D'ye inanmış bir yöneticinin sistemi rahatça değiştirmesi olanağını tanımaktadır. Firma kurumsallığı arttıkça organizasyonel değişimi sağlamak o denli zorlaşmaktadır. Değişim gerçekleştiğinde beklentiler hemen karşılanmaz ancak zamanla performans iyileşir.

B kodlu engelin değerlendirmesi Çizelge 5.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.13 Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (b).

Kod	<i>Modelin oluşturulması ve takibi için gerekli olan zaman ve insan kaynağı.</i>
	Türk inşaat sektöründe şirketten ayrılma riski gözetilerek insana yatırım yapılmamaktadır. ¹ Teknolojinin henüz olgunlaşmadığı doğrudur ancak başarısızlık da önemli bir know-how'dır. ¹
b)	Primavera çıktığında onu kullanabilecek insan kaynağı yoktu, şimdi herkes kullanıyor. ² Personelin eğitilmesi 6 ay sürer. Danışmanlık hizmeti alınarak ilgili personel yetiştirilebilir. ² Profesyonel firmalardan danışmanlık alınırsa hem zaman hem insan kaynağı azaltılmış olur. ² Şu aşamada 4D için ayrı personel istihdam etmek yerine mevcut planlamacıyı eğitmek daha makuldür. ³

Türk inşaat sektöründeki firmaların çoğu çalışanların şirketten ayrılma riskini gözeterek üzerilerine yatırım yapmaktan çekinmektedir. Oysa bir personelin eğitimi 6 ay sürmekte olup ilave bir istihdama gerek kalmaksızın 4D uygulamalarını şirket bünyesine adapte etmek mümkün olabilmektedir. Bu durum planlamacının iş yükünü

arttırması ve acemilikle hatalar yapması ihtimalini doğurduğundan danışmanlık şirketlerinden 4D desteği alınarak geçiş süreci yumuşatılabilir.

C kodlu engelin değerlendirmesi Çizelge 5.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.14 : Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (c).

Kod	<i>Sağlıklı analiz yapabilmek için tasarımda gerekli olan yüksek ayrıntı düzeyi.</i>
	Mimarlar ayrıntı düzeyi yüksek modeller oluşturmak istiyorlar. Gruplandırma metotları farklı. ¹
	Hangi ayrıntı düzeyinde çalışılacağı ilk tasarım toplantısında belirlenmelidir. ¹
	Bilgisayar donanımlarının ayrıntıyı kaldıramaması dönemi çoktan geride kaldı. ¹
	Ayrıntı düzeyinde makul ölçülerde kalmanın yararı olmadığı söylenemez. ¹
c)	Yapılan model 4D modeli olup 4D BIM modeli değildir. Bu yüzden fazla ayrıntı gerekli değil. ²
	Hazırlanan iş programındaki imalat kalemlerinin modellenmesi yeterlidir. ²
	4D modelde 2D CAD benzeri kesit alabilmek için yeterli olacak ayrıntı düzeyi uygulanmalıdır. ³
	Planlamayı daha anlaşılabilir kılmayı amaçlayan her çalışma ayrıntısız da olsa faydalıdır. ³

Özellikle mimarların çalıştıkları detay seviyesi burada bir ihtilafa neden olmaktadır. Hangi ayrıntı düzeyinde çalışılacağı ilk tasarım toplantısında belirlenerek yola çıkılmalıdır. Yapılan model 4D BIM modeli olmayacaksa ayrıntı seviyesini yüksek tutmanın faydası yoktur. Hazırlanan iş programındaki imalat kalemlerinin modellenmesi ve alınan kesitlerde tatmin sağlanması yeterli olacaktır. Temel felsefe planlamayı daha anlaşılabilir kılmak olduğundan planlama ayrıntıya feda edilmemelidir.

D kodlu engelin değerlendirmesi Çizelge 5.15'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.15 Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (d).

Kod	<i>Bilgi teknolojileri ve 4D alanında deneyim sahibi eleman eksikliği.</i>
	BIM konusunda Revit programını uygulayan firmalar arkalarında onlarca başarısız projenin enkazını bıraktılar. Bunun sebebi teknik eleman eksikliğiydi. ¹
	Bu tür araçlar proje içinde öğrenilir. Danışmanlık firmalarının hizmeti bu yüzden değerlidir. ¹
	Deneyimli eleman eksikliği nedeniyle danışmanlar çoğu firmada bilgisiz çalışanlarla muhatap olur. ²
d)	4D modellemeyi öğrenebilmek şahsi gayretler ya da firmaların sağladığı eğitimle mümkündür. ³
	Üniversitelerde eğitimi olmadığından 4D konusunda kalifiye mezun yoktur. ³
	Konu akademik düzeyde ciddi şekilde ele alınmalı ve lisansüstü çalışmaları arttırılmalıdır. ³

BIM'in ülkemize gelişiyle yazılım satın alıp uygulamaya başlayan firmaların çoğu gerilerinde başarısız proje enkazı bıraktılar. Bu durumun temel sebebi konu hakkında bilgili teknik eleman eksikliğiydi. Danışmanlık firmalarının yeni teknolojiler konusunda verdiği destek geçişi yumuşatmakla kalmayıp yüklenici firma personelinin de tecrübe kazanması için önemli bir imkan sunmaktadır. Günümüzde 4D modellemeyi öğrenebilmek ancak şahsi gayretler ya da firmaların sağladığı özel eğitimlerle mümkün olduğundan konu hakkında bilgili kitle dar bir zümreyi aşamamıştır. Üniversitelerde verilecek 4D dersleri ve konu hakkında yapılan lisansüstü çalışmaların arttırılması bu sorunun çözümüne katkı sunacaktır.

E kodlu engelin değerlendirmesi Çizelge 5.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.16 : Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (e).

Kod	4D için gerekli olan eğitim ve yazılım maliyeti.
	4D çözümleri çizim ve planlama yazılımları maliyetinin toplamından %20 daha pahalıdır. ¹
	Yapılan yazılım harcaması yeni bir teknolojiye başlangıç yatırımı olarak kabul edilmelidir. ¹
	Yazılım maliyeti proje bütçesinden değil genel merkez giderlerinden karşılanmalıdır. ¹
e)	10 milyonluk bir proje bütçesinin %0,002'si ile 1 kişilik eğitim ve yazılım maliyetini karşılamak mümkündür. ²
	Büyük çaplı projeler için 4D'nin eğitim ve yazılım maliyeti ihmal edilebilir düzeydedir. ³
	4D ile proje içerisinde bir hata bile önlenmiş olsa yatırım bedelini çıkarması muhtemeldir. ³

4D yazılımının maliyeti geleneksel çizim ve planlama yazılımları maliyeti toplamından %20 daha fazladır. Ancak yapılan bu yatırım yeni bir teknoloji için başlangıç yatırımı olarak değerlendirilmeli ve harcamalar proje bütçesi yerine genel merkez giderlerinden karşılanmalıdır. Büyük çaplı projeler için 4D'nin eğitim ve yazılım maliyetleri ihmal edilebilir düzeydedir. 4D'nin proje esnasında sunduğu bir çözüm bile yazılım ve eğitim için yapılan yatırımı rahatlıkla karşılamasını sağlamaktadır.

F kodlu engelin değerlendirmesi Çizelge 5.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.17 : Engellerin mülakatla değerlendirilmesi (f).

Kod	Mevcut planlama (CPM) ve tasarım (2D) yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesi.
f)	Türk inşaat sektöründeki anlayış "iş yapılıyorsa mevcut yöntemler yeterlidir" şeklindedir.¹ 4D artık Avrupa'da avantaj olmak çıkıp standart olma yoluna girmiştir.¹ Türk şirketleri konforlarını bir süre daha koruyabilir ancak ilerleyen süreçte dezavantajlı konuma düşmeleri muhtemeldir.¹ Türk inşaat sektöründeki proje müdürlerinin bir çoğu CPM'i bile angarya olarak görmektedir. Bunun sebeplerinden biri CPM'in tatmin etmeyiştir.² Planlama verilerine idareye verilecek rutin doküman gözüyle bakılmaktadır.² 4D'nin ne olduğunu tam anlamaları halinde bu davranışların değişmesi mümkündür.² Mevcut bilgisayar yazılımlarından önce planlama ve tasarım elle yapılıyordu. Teknolojik gelişmelerin galibiyeti kesinken direnmenin anlamı yoktur.³

Türk inşaat sektöründeki genel kanı mevcut başarılı tabloyu sağlayan araçların yeterli olduğu şeklindedir. Ancak 4D gün geçtikçe Avrupa'da avantaj olarak çıkıp standart olma yoluna girmiştir. Türk şirketleri bu konumlarını bir süre daha koruyacak olsalar da bir süre sonra bu teknolojiye geç adapte olmanın sancılarını yaşayacaklardır. Fakat bundan da önemlisi Türk inşaat sektöründe planlama birimine yönetime sunulacak raporların üretildiği birimi mi yoksa işleri sıraya koyma ve programlı çalışmayı sağlama birimi olarak mı bakıldığıdır. CPM'in kağıt üzerinde canlandırması güç olan yapısı bir çok proje yöneticisini birinci anlayışa sevk etmiştir. 4D'nin getirdikleri iyi anlatılabilirse ikna olmamaları için hiçbir sebep yoktur. Zira mevcut bilgisayar yazılımlarından önce planlama ve tasarım elle yapılıyordu.

5.6.3 Değişime karşı direnç

4D uygulamasının şirket bünyesinde kabul edilmesi sürecinde en sık rastlanan refleks kullanıcıların değişime karşı gösterdikleri dirençtir. Konu hakkında katılımcıların genel görüşleri Çizelge 5.18'de sıralanmıştır.

Çizelge 5.18 : Değişime karşı direnç.

Değişime karşı direnç

Tüm sektörlerde değişime karşı direnç vardır. Alışkanlıkları değiştirmek her zaman korkutur.¹⁻³

Yaşı ileri olan çalışanlarda işini kaybetme korkusu doğabilir.¹

Bir değişim sağlandıysa bunun sürdürülebilir olması gerekir. Yazılım satın almak değişimi tek başına gerçekleştirmez.¹

4D ürün temsilcisinin görevi yazılımı satmak değil aldırmaya çalışmak olmalıdır.²

Yazılımı anlatırken genel üslup "bunu almazsan batarsın" yerine "iyisin ancak bu daha iyi olmana yardımcı olacaktır" şeklinde olmalıdır.²

4D yazılımıyla tasarruf edip zaman ve para kazanabileceğine ikna olan kabullenir.²

Değişime karşı direnç her zaman olumsuz sonuçlar doğurmayıp teknolojinin gelişmesine katkıda bulunabilir.³

Aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı olmak üzere 2 çeşit değişimden söz edebiliriz.¹

Değişim için alt kademedен fikri aşılayıp üst kademedен onayı almak en doğrusudur.²

Büyük işletmeler için aşağıdan, küçük işletmeler için yukarıdan değişim yolu izlenmelidir.²

Tüm sektörlerde yeniliğe karşı bir direnç olagelmıştır. Bu direnç yaşı ilerlemiş olanlarda daha kuvvetli olabilir. 4D yazılımı takdim edilirken kullanılan üslup yumuşak ve yardım edici olduğu takdirde potansiyel kullanıcının ikna olması ve direncin kırılması daha olasıdır. Değişime karşı direnç olumsuz bir kavram olmak yerine teknolojinin eksiklerini görmeyi sağlayan bir geri besleme mekanizması olarak düşünülebilir.

Direnci aşmak için aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı olmak üzere 2 tür değişim yolundan söz edilebilir. Büyük işletmeler için aşağıdan yukarı, küçük işletmeler için yukarıdan aşağı izlenecek yollar daha doğru olacaktır. En sağlıklı ise değişim fikrini alt kademedен aşılayıp, üst kademedен onayı almaktır.

Aşağıdan yukarı değişim hakkındaki değerlendirmeler Çizelge 5.19'da sıralanmıştır.

Çizelge 5.19 : Aşağıdan yukarı değişim.

Aşağıdan yukarı değişim

Aşağıdan yukarı değişim sert kimlikte değildir. İlk etapta işleri kolaylaştırma maksadı taşır.¹

Teknik danışmanlık verecek tarafın "biz sizden üstün değiliz" duygusunu yaşatması gerekir.¹

Firma yetkilileri değişim uzmanının iyi niyetine inandığı an her şey kolaylaşır.¹

Alt kademe çalışanların yöneticilere sunduklarının etkileyici olması halinde dönüşüm hızlanır.³

Aşağıdan yukarı gerçekleşen değişim yumuşak kimlikte olup çalışanlara bazı planlama işlemlerini kolaylaştırmayı vaat eder. Bu noktada teknik danışmanlık veren tarafın üstünlük iddiasında olmaması ve karşılıklı iyi niyetin tesis edilmesi sürecin daha sağlıklı ilerlemesini sağlamaktadır. Alt kademe çalışanlarının çıkardığı işleri üstleriyle paylaşıp takdir almaları dönüşümü tetikleyici bir durumdur.

Yukarıdan aşağı değişim hakkındaki değerlendirmeler Çizelge 5.20'de sıralanmıştır.

Çizelge 5.20 : Yukarıdan aşağı değişim.

<i>Yukarıdan aşağı değişim</i>
Aşağıdan yukarı değişime göre daha kolay olduğu söylenebilir. ¹
Ürün temsilcisi doğrudan yönetimle görüşür ve ikna eder. Ancak değişimi hayata geçirecek bir teknik altyapının mevcut olması elzemdir. ¹⁻³
Yukarıdan gelen karara küsenler olacaktır. Pesimist yaklaşan çalışanlar kaliteyi arttıracak önerilerde bulunabilirler. ¹
Kararı veren patron olacağı için direnç reddetmeye değil katkı sunmaya yönelik olacaktır. ¹
Yukarıdan talimatla gelen değişime ayak uyduramayan çalışanlar firmayla yollarını ayırır. ³

Yukarıdan aşağı değişime nazaran daha kolay bir metot olduğu söylenebilir. Ürün temsilcisinin doğrudan yönetimle yapacağı görüşmelerin ikna ediciliği başarıya ulaşma olasılığı mevcuttur. Kararın müspet olması durumunda değişimi hayata geçirecek bir teknik altyapı ve kadronun var olması gerekmektedir.

Kararı veren patron yahut yönetim kanadı olacağından değişime karşı gösterilen direnç temelli reddetmeye yönelik değil katkı sunmaya yönelik gerçekleşecektir. Yeni çalışma metodunu kabullenemeyenlerin kopuşu bu noktada engellenemeyebilir.

5.6.4 Teknolojik gelişmelerde kültürün etkisi

4D ve benzeri teknolojik gelişmelerin uygulanması sektörde uygulanmasında ülkenin kültürel yapısının bir etki taşıyıp taşımadığı tartışılmış ve yorumlar Çizelge 5.21'te sıralanmıştır.

Çizelge 5.21 : Teknolojik gelişmelerde kültürün etkisi.

Teknolojik gelişmelerde kültürün etkisi

"Türkler planlama yapamazlar" yaklaşımı sağlıklı değildir.¹

Değişime karşı direnci kültüre bağlamak aynı zamanda çözümsüzlüğü kabul etmektir.¹

Türkler inşaat sektöründe iyiler. Herkes şikayetçi olsa da konumumuz iyi.²

Türk inşaat sektöründe çok işi az çalışanla yapmak hedeflendiğinden kimi teknolojiler zaman kaybı olarak görülebiliyor.¹

Avrupalı'nın iş saatlerine riayet edişi onu planlamaya mecbur kılarken, sabahlamayı normal sayan bizler için planlama önemini yitirebiliyor.²

Kriz yönetimini iyi başarsak da planlama ve programlama konusunda kat edecek çok mesafemiz var.²

Akdeniz kültürü yaşayan diğer ülkelerde 4D uygulanmaktadır.¹

Kültür kavramı tarihin farklı kesitlerinde farklı kimlik gösterebilmektedir.¹

Dünya 21. yüzyılda global bir köy haline geldiğinden davranışlar da benzeşmeye başlamıştır.¹

Teknoloji farklı ülkelerin şartlarına göre lokalize olabilir ve uyum sağlayabilir.¹

Ana plan tamamen aynı olmakla beraber altyapı bir takım değişikliklere uğrayabilir.¹

Nemetschek firmasının Macaristan'dan çıkması, Meksika'da dev bir BIM danışmanlık şirketinin bulunması kültür etkisinin azlığını doğrulamaktadır.¹

Gelişmemiş ülkelerde 4D'yi uygulamak, yerel şirketlerin 4D'ye yönelik bir ihtiyacının var olmaması nedeniyle bir hayli güçtür.³

Gelişmemiş ülkelerde yabancı müteahhitlerce yürütülen kompleks projelerde 4D rahatlıkla kullanılmaktadır.³

Türk inşaat firmalarının dünyada iyi bir noktada olduğu bilinse de planlamaya fazla riayet etmedikleri de bir gerçektir. Ancak bu meseleye varoluşsal bir gerilik perspektifinden yaklaşmamak gerekir. Türk inşaat sektörünün çok işi az çalışanla yapmayı hedefleyen yapısı ve sektör çalışanının esnek çalışma saatlerini kabul eden yaklaşımı nedeniyle planlama disiplini geri plana atılmaktadır.

Kültür kavramı tarihin farklı bölümlerinde farklı kimlik gösterebilen dinamik bir kavramdır. Kimi teknolojik uygulama geriliklerini kültüre bağlamak aynı zamanda çözümsüzlüğü de beraberinde getirebilmektedir. Dünyanın global bir köy haline geldiği 21. yüzyılda insan davranışları git gide birbirine daha çok benzemeye başlamıştır. Türkiye'ye göre geri sayılabilecek kimi ülkelerde kaydedilen başarılar bu noktada dikkat çekici boyutlara ulaşmıştır.

Gelişmemiş ülkelerde 4D uygulamalarını gerçekleştirmek bir takım alt yapı değişiklikleri yapmak suretiyle mümkündür. 4D teknolojisi farklı ülkelerin şartlarına

lokalize olabilme kabiliyetine sahip olup büyük inşaat firmaları tarafından gelişmemiş ülkelerde bir çok projede uygulanmıştır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

6.1 Sonuç Bulguları

Araştırma neticesinde Türk inşaat sektörü çalışanlarının önemli bir kısmının 4D hakkında bilgi sahibi olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Konu hakkındaki nitelikli bilgi seviyesinin sektör tecrübesine paralel bir şekilde artıyor oluşu teknolojiyle iç içe yetişmiş olan yeni neslin sektöre ilişkin güncel gelişme ve yenilikleri hakkıyla takip etmediğini göstermiştir.

En çok hakediş ve planlama, tasarım ofisi ve teknik ofis çalışanlarının ilgisini çekmekte olan 4D araçlarını şimdiye dek en az bir projesinde kullanmış olan firmaların oranı %11'de kalmaktadır. En yüksek kullanım oranının 500 milyon TL üstü cirolu firmalarda oluşundan hareketle Türkiye'de 4D ancak büyük ölçekteki firmaların cesaret edebileceği bir teknoloji olarak görülmektedir. 2 ila 5 yıl arasında tecrübeye sahip firmaların görece yüksek kullanım oranı ise 4D danışmanlığı yapan firmaları işaret etmektedir.

Sonuçlardan hareketle inşaat sektöründe proje yönetim firması ile birlikte çalışma disiplininin yarıya yakın oranda olduğu saptanmıştır. Türkiye'de 4D'nin yaygınlaştırılmasının, neredeyse her ciro grubundan yüklenici firmanın birlikte çalışmayı önemli oranda tercih ettiği proje yönetim firmaları kanalıyla gerçekleştirilebileceği görülmüştür.

Sektörde çoğunlukla tercih edilen iş programı takip sıklığının "haftada bir" olması, başarılı bir 4D uygulaması için gerekli kontrol disiplininin inşaat sektöründe mevcut olduğunu göstermektedir.

İnşaat firmalarının planlama yaparken oluşturdukları aktivitelerin detay seviyesi 4D uygulaması için yeterli ayrıntı seviyesindedir. Her bir aktivitelerin 3D olarak modellenmesi halinde sağlıklı bir 4D uygulaması gerçekleştirilebilir. Firmaların çalıştıkları ayrıntı düzeyi cirolarına paralel bir şekilde arttığından 500 milyon TL'den fazla ciroya sahip şirketler bu açıdan 4D'ye daha rahat adapte olma fırsatına sahiptir.

Tasarım konusunda firmalar büyük ölçüde 2 boyutu tercih etse de 3 boyutlu tasarım yapan firmaların oranı azımsanmayacak düzeyde olup geçmişe kıyasla artış göstermektedir. 4D'nin uygulanabilmesi için gerekli olan 3D modelleme kültürünün yaygınlaşmasıyla bu teknolojinin de paralel olarak geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşacağı ön görülmüştür.

4D'nin ülkemizde az kullanılıyor oluşu bir eksikliktir. Bu tespit, çalışmaya katılan sektör mensuplarının artan tecrübelerine paralel şekilde artan katılım oranı ile de tasdik edilmiştir. Proje yöneticileri ve firma sahipleri, bu eksikliği en fazla hisseden grup olarak öne çıkmıştır.

Teknolojik gelişmelerin inşaat projelerine çabuk entegre edilememesinin sektörün doğasından kaynaklandığına dair olan yaygın kanı çalışma sonucuyla tekrardan onansa da aynı sektörün farklı ülkelerdeki uygulamalarına bakıldığında bu iddia geçerliliğini kaybetmektedir.

Türk inşaat sektörünün teknolojik gelişmelere karşı muhafazakar tutumunu farklı dönemlerde farklı kimlik göstermiş olan kültür kavramıyla açıklamak ise çözümsüzlüğü beraberinde getirmektedir. Sektördeki çalışma şartlarının düzeltilerek planlamaya verilen önemin artırılması ve 4D'nin iyi anlatılarak faydaları konusunda sektörün ikna edilmesi halinde bu teknolojinin gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de yaygın bir biçimde kullanılacağı düşünülmektedir.

Her değişimin zor olduğunu ve alışkanlıklara yapılan her müdahalenin bir korkuya neden olacağı gerçeği unutulmamalıdır. Değişime karşı ortaya konan direnç negatif bir unsur olarak değerlendirilmemeli, karşı tarafın teknolojiyi daha iyi kavraması ve eksik yönleri hakkında geri besleme sağlaması için bir fırsat olarak görülmelidir. 4D ürün temsilcilerinin muhatap oldukları firmaların ölçeklerine göre farklı değişim stratejileri izlemeleri gerekmektedir.

Sektörün tercihleri neticesinde 4D'nin planlamayı daha anlaşılabilir kılması ve çakışmaları önleyen fonksiyonu 4D'nin en önemli faydaları olarak öne çıkarmıştır. Farklı meslek, eğitim, tecrübe, alışkanlık, pozisyon ve firma cinslerine göre farklılık arz eden bu öncelik sıralamaları sayesinde her bir grubun 4D konusundaki zihin haritası çıkarılarak, 4D ürünü tanıtımı için kimle muhatap olurken hangi noktalara odaklanacakları konusunda veri sağlanmıştır. İnşa edilebilirlik ve değişim yönetimi

gibi fonksiyonlar 4D'nin yan faydaları olarak değerlendirilirken, en az önem gören fayda 4D'nin iş güvenliğine sunacağı katkılar olmuştur.

4D'nin daha yaygın bir şekilde kullanımını hedefleyen çalışmamızda sektörün beklentileriyle birlikte çekinceleri de dikkate alınmıştır. 4D'nin geniş ölçekte kullanılır olmayışının altında yatan sebepler ve bu teknolojinin önündeki engellerden en ciddileri; konu hakkında deneyim ve bilgi sahibi eleman eksikliği ile modelin oluşturulması ve takip edilmesi için gerekli olan zaman ve insan kaynağı olarak öne çıkmıştır. Şirketler hem nitelikli eleman eksikliğinden yakınmış hem de böyle bir iş için gerekli olan zaman ve insan kaynağı ihtiyacını bir engel olarak görmüştür.

Sağlıklı analiz yapmak için tasarımda gerekli olan yüksek ayrıntı düzeyi, firmanın organizasyonel iş akış yapısının değiştirilmesi, mevcut planlama ve tasarım yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesi birbirlerine yakın önem seviyesinde engeller olarak belirlenmiştir. Sektör eğilimleri gösterdiği üzere 4D'nin neden olacağı yazılım ve eğitim maliyetleri teferruat sayılabilecek ölçüde önemsiz kabul edilmiştir.

6.2 Uygun Profiller

4D teknolojisini uygulama konusunda en az direnç göstererek en yüksek ihtimalle ikna olup uygulamaya koyacak olan profiller aşağıda verilmiştir.

20 yıl ve üstü tecrübeliler grubu;

- 4D hakkında en nitelikli bilgiye sahip olan grup,
- 4D'nin ülkemizde az uygulanıyor oluşunun bir eksiklik olduğu fikrine en yüksek oranda katılan grup,
- 4D'nin gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline geleceği fikrine en yüksek oranda katılan grup.
- 4D'nin faydaları arasında "planlamayı görselleştirerek daha anlaşılabilir kılma" seçeneğine en yüksek ortalama önem skorunu veren grup

olmuştur.

Tüm olumlu verilere rağmen 20 yıl ve üstü tecrübeliler mevcut planlama ve tasarım yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesinin oluşturduğu engele en yüksek önemi veren grup olmuştur. 11-20 yıl arası grup ise bu konuya en düşük düzeyde önem gösteren gruptur. 4D'nin faydasına inandığı anlaşılan 20 yıl ve üstü tecrübe grubuna

teknoloji iyi anlatıldığı ve geleneksel yöntemlerle arasındaki verim farkı başarıyla aktarıldığında ikna olup uygulamayı kabul etme ihtimali en yüksek olan grup olduğu söylenebilir.

Pozisyon üzerinden bir profil oluşturulacak olursa, hakediş ve planlama, teknik ofis ve tasarım ofisi çalışanlarının konu hakkında en bilgili gruplar olduğu söylenebilir. Ancak teknolojinin faydasına inanç bağlamında en çok öne çıkan grup firma sahibi & genel yönetici grubu;

- 4D'yi bilmeyenlerinin oranı yüksek olmasına karşın bilenleri en nitelikli bilgiye sahip iki gruptan biri,
- 4D'nin gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline geleceği fikrine en yüksek oranda katılan grup,
- 4D'nin ülkemizde az uygulanıyor oluşunun bir eksiklik olduğu fikrine katılan en yüksek orana sahip 2. grup,
- Mevcut planlama ve tasarım yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesinin sebep olduğu zihni engele en az önem veren 2. grup

olmuştur.

Firma sahibi & genel yöneticiler grubunun ortaya koyduğu bu resim, 4D ürün temsilcisi ve danışmanlarının yukarıdan aşağı değişim metodunu uygulamaları konusunda olumlu sonuç alacaklarına dair ipuçları sunmaktadır. Firma sahibi ve genel yöneticiler 4D'nin gelecekteki başarısına inandıkları gibi mevcut planlama ve tasarım yöntemlerinin yeterli olmadığı düşüncesini paylaşmaktadır.

Şirket bazında öne çıkan 500 milyon TL'den fazla ciroya sahip firmalar grubu;

- İş programında en yüksek detay seviyesini kullanan grup,
- 3D modellemeyi en çok kullanan gruplardan biri,
- 4D modellemeyi en yüksek oranda uygulayan grup,
- 4D'nin yaygınlaştırılması için kamu ihalelerinde zorunlu tutulması fikrine en yüksek oranda katılan grup

olmuştur.

%20 oranında 4D uygulamalarıyla tanışmış olan grup bu teknolojiye en yakın duran ciro grubudur. İş programında tercih edilen yüksek detay seviyesi ve 3D

modellemenin şirket bünyesinde kullanılıyor oluşu 4D'ye geçişi kolaylaştıracak etkenler olarak öne çıkmaktadır.

6.3 Öneriler

Türk inşaat sektörünün 4D konusunda gelişmiş ülkelerin gerisinde kalan konumunu iyileştirmek ve bu teknolojiyi yaygın bir şekilde kullanılabilir hale getirip hem zaman, hem para, hem de itibar kazanmak adına yapılması tavsiye edilen müdahaleler aşağıda sıralanmıştır.

- Üniversitelerin inşaat mühendisliği, mimarlık ve inşaat teknikerliği bölümlerinde verilmekte olan teknik resim derslerinde 3 boyutlu çizime ağırlık verilerek 4D için gerekli olan 3. boyut algısı öğrencilere verilmelidir.
- Üniversitelerin inşaat mühendisliği, mimarlık ve inşaat teknikerliği bölümlerinde, lisans veya lisansüstü programlarda, 4D eğitimleri verilerek bu alandaki donanımlı eleman açığı giderilmelidir.
- Üniversitelerin lisansüstü ve doktora programlarında 4D hakkında yürütülecek tez çalışmalarına hız verilmeli ve yapılacak araştırmaların farklı mevcut 4D teknolojinin iyileştirilmesi üzerine odaklanması gereklidir.
- 4D'nin dar bir çevrede kullanıldığı günümüz Türkiye'sinde, bu teknolojiyi kullanmanın doğuracağı zaman ve insan kaynağı ihtiyacının giderilmesi adına 4D danışmanlık hizmeti veren firmaların desteğini almak tercih edilmelidir.
- 4D ürün temsilcilerinin müşteri tercihlerini iyi analiz edip onlara dostça yaklaşımları ve değişim metodu konusunda firmaların yapısına göre bir yol izlemeleri gerekmektedir.
- Proje yönetim firmaları müşaviri oldukları firmalara 4D çözümlerini sunabilecek teknik kadrolarını yetiştirmeli ve sahip oldukları stratejik konum gereği proje yönetiminde 4D'ye geçişte rol üstlenmelidir.
- Kamunun ihaleye açtığı projelerde, sağladığı zamansal ve parasal tasarrufları kanıtlanmış olan 4D'nin kullanımı zorunlu kılınarak bu teknolojiye geçiş süreci hızlandırılmalıdır.
- İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) 4D'ye ilişkin seminerler vererek sektör çalışanlarını ve özellikle de 4D hakkında en az bilgi sahibi olan saha mühendislerini bilgilendirerek konu hakkında bir farkındalık uyandırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Kuruoğlu, M.** (2002). İnşaat Sektöründe Bilgisayar Destekli Planlama, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- [2] **Kuruoğlu, M.** (2007). İnşaat Proje Yönetimi Temel İlkeleri - 1, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.
- [3] **İTÜ**, Yapı İşletmesi Ders Notu, İTÜ Yapı İşletmesi Anabilim Dalı, İstanbul.
- [4] **Newell, M., W. ve Grashina, M., N.** (2004). The Project Management Questions and Answer Book, New York.
- [5] **Url-1:** <<http://www.eci.com/blog/66-the-eze-castle-project-management-diamond.html>> alındığı tarih: 10.10.2013
- [6] **Construction Management Association of America (CMAA)**, (2010) Standart Construction Management Services and Practice, Virginia.
- [7] **Sorguç, D. ve Kuruoğlu, M.** (2003). İnşaat (Proje) Yönetimin Hizmet ve Uygulama Standardı, İstanbul.
- [8] **Kuruoğlu, M., Özvek, A.** (2002). Proje Planlama Çalışmaları Gerekli Mi?, *TİM-SE Dergisi*, Sayı: 205.
- [9] **Jimmie, W., H.** (1998). Construction Planning and Scheduling, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- [10] **Konakçı, C.** (2006). İnşaat Planlama Teknikleri ve Yeni Yaklaşımlar, Türk Yüklenici Firmaları Alan Çalışması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [11] **David R., P.**, (1998) Project Scheduling and Management for Construction, Kingston, Ma. : R.S. Means Co.
- [12] **Sriprasert, E. ve Dawood, N.** (2003). Multi-Constraint Information Management And Visualisation For Collaborative Planning And Control In Construction, University of Teeside.
- [13] **Chen, S. P.** (2006). Analysis of Critical Paths in a Project Network with Fuzzy Activity Times, Department of Business Administration, National Chung Cheng University.
- [14] **Miklos, H.** (1997). Network scheduling techniques for construction project management, Dordrecht: Kluwer Academic.
- [15] **Berköz, S., Kanoğlu, A., Topçu G. ve Dikbaş, A.** (1993). Türkiye'de Kompüter Destekli Bina Yapım Yönetiminde Proje Planlama Enformasyonu için Bir Sistemik Araştırması, İTÜ Araştırma Fonu'nca desteklenen 264 No.lu Araştırma Projesi Raporu.
- [16] **Kanoglu, A.** (1996). Proje Planlaması ve Programlamasına Yönelik Software'in Analiz ve Seçimi için Sistemik bir Yaklaşım, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

- [17] **ODTÜ**, Construction Engineering and Management - MS Project Recitation, ODTÜ,
<http://www2.ce.metu.edu.tr/~ce332/Recitation%20Presentation.pdf>.
- [18] **Erdoğan, F.** (2009). Türk İnşaat Sektöründe 4D-CAD Uygulamalarının Değerlendirilmesi ve Uygulama Örneği, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [19] **Url-2:** <<http://www.iactglobal.in/courses/primavera.aspx>> alındığı tarih 11.10.2013.
- [20] **Url-3:** <<http://www.astadev.com/construction>> alındığı tarih 11.10.2013.
- [21] **Url-4:** < http://enr.construction.com/technology/information_technology/2012/1015-New-Construction-Scheduling-Software-Enters-North-American-Market.asp?page=2> alındığı tarih 11.10.2013
- [22] **Url-5:** <http://www.tilos.org/tilos_overview.html> alındığı tarih 11.10.2013.
- [23] **Pitake, S. A. ve Patil, D. S.** (2013). Visualization of construction progress by 4D modeling application, *International Journal of Engineering Trends and Technology, Volume 4 Issue 7*.
- [24] **Akinci, B., Fischer, M., Kunz, J. ve Levitt, R.** (2000). Automated generation of work spaces required by construction activities, *CIFE Working Paper 58*, Stanford University, CA.
- [25] **Yan, H. ve Damian, P.** (2008). Benefits and barriers of building information modelling, Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University, Loughborough, UK.
- [26] **Koo, B. ve Fischer, M.** (2000). Feasibility study of 4D CAD in commercial construction, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management* 126 (4).
- [27] **Fischer, M. ve Kunz, J.** (2004). The scope and role of information technology in construction, *CIFE Technical Report No. 156*, CIFE Stanford University, CA.
- [28] **Hsieh, S. H., Chen, C. S., Liao, Y.F., Yang, C. T. ve Wu, I. C.** (2006). Construction Director: 4D simulation system for plant construction, in: *Proceedings of the EASEC-10*, Bangkok, Thailand.
- [29] **McKinney, K. ve Fischer, M.** (1998). Generating, evaluating and visualizing construction schedules with CAD tools, *Automation in Construction* 7.
- [30] **Staub-French, S. ve Khanzode, A.** (2007). 3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned, *ITcon* 12.
- [31] **Tsai, M. H., Kang, S. C. ve Hsieh, S. H.** (2010). A three-stage framework for introducing a 4D tool in large consulting firms, *Advance Engineering Inromatics* 24.
- [32] **Url-1** <<http://www.intelibuild.com/en/services/virtual-design-and-construction>>, alındığı tarih: 21.10.2013.
- [33] **Cleveland, A. B. Jr.** (1989). Real-time animation of construction activities. *Proc., Constr. Congr. I-excellence in the constructed project*, ASCE, New York.

- [34] **Retik, A.** (1993). Visualization for decision making in construction planning. *Visualization and intelligent design in engineering and architecture*, Elsevier Science, New York.
- [35] **Collier, E. ve Fischer, M.** (1995). Four-dimensional modeling in design and construction, *CIFE Technical Report, No. 101*, Stanford University, Stanford, CA.
- [36] **Collier, E. ve Fischer, M.** (1996). Visual-based scheduling: 4D modeling on the San Mateo County Health Center, *Proc. of the Third Congress on Computing in Civil Engineering*, ASCE, Anaheim, CA.
- [37] **Mahalingam, A., Kashyap, R. ve Mahajan, C.** (2009). An evaluation of the applicability of 4D CAD on construction projects, *Automation in Construction* 19.
- [38] **Rosenstein, A.B., Rathbone, R.R. ve Schneerer, W.F.** (1964) Engineering Communications, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- [39] **Hanlon, E.J. ve Sanvido, V.E.** (1995). Constructability information classification scheme. *Journal of Construction Engineering and Management, Volume: 121*.
- [40] **Hartmann, T. ve Fischer, M.** (2007). Supporting the constructability review with 3D/4D models, *Building Research & Information*, 35:1.
- [41] **Fischer, M.** (2005) 4D modeling: Applications and benefits, Stanford University, Stanford, CA.
- [42] **Staub-French, S., Russell, A. ve Tran, N.** (2008). Linear scheduling and 4D visualization, *Journal of Computing in Civil Engineering* 22 (3).
- [43] **Wang, H. J., Zhang, J. P., Chau, K. W. ve Anson, M.,** (2004). 4D dynamic management for construction planning and resource utilization, *Automation in Construction* 13.
- [44] **Maa, Z., Shen, Q. ve Zhang, J.** (2005). Application of 4D for dynamic site layout and management of construction projects, *Automation in Construction* 14.
- [45] **Tantisevi, K. ve Akinci, B.** (2006). Automated generation of workspace requirements of mobile crane operations to support conflict detection. *Automation in Construction* 16.
- [46] **Russell, A., Staub-French, S., Tran, N. ve Wong, W.** (2009). Visualizing high-rise building construction strategies using linear scheduling and 4D CAD. *Automation in Construction* 18.
- [47] **Ergen, E., Güven, G. ve Dikbaş, A.** (2009). İnşaat sektöründe 4D CAD uygulamaları: Örnek olay çalışması - TEB Ümraniye Kampüsü, *Dünya İnşaat*.
- [48] **Erdoğan, F.** (2010). İnşaat Sektöründe 4D-CAD Uygulamalarının Değerlendirilmesi ve Örnek bir Olay Çalışması, *1. Yapım ve Yönetim Kongresi, Bildiri: 164*.
- [49] **Ganah, A. A., Bouchlaghem, N. B. ve Anumba, C.J.** (2005). VISCON: computer visualization support for constructability, *ITCon* 10.

- [50] **Akinci, B., Tantisevi, K. ve Ergen, E.** (2003). Assessment of the capabilities of a commercial 4D CAD system to visualize equipment space requirements on construction sites, *2003 Construction Research Congress*, Honolulu, Hawaii.
- [51] **Hartmann, T., Gao, J. ve Fischer, M.** (2008). Areas of application for 3D and 4D models on construction projects, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 134, No. 10.
- [52] **Thompson, J. D.** (1967). Organizations in action: Social science bases of administrative theory, *McGraw-Hill*, New York.
- [53] **Whyte, J.** (2002). Virtual reality and the built environment, *Architectural*, Oxford, U.K.
- [54] **Arayici, Y., Aouad, G. ve Ahmed, V.** (2005). Requirements engineer-ing for innovative integrated ICT systems for the construction industry, *Constr. Innovation*.
- [55] **Khanzode, A., Hartmann, T., Fischer, M., Reed, D. ve Mack, J.** (2006). Guidelines to perform MEP/FP coordination using virtual design and construction 3D/4D tools. *CIFE Working Paper No. 102*, CIFE, Stanford, CA.
- [56] **Augenbroe, G. ve Hensen, J.** (2004). Simulation for better building design. *Build. Environ.*, 39.
- [57] **Staub-French, S., Fischer, M., Kunz, J. ve Paulson, B.** (2003). A generic feature-driven activity-based cost estimation process, *Adv. Eng. Inf.*, 17(1).
- [58] **Williams, M.** (1996). Graphical simulation for project planning: 4-D planner.” *Computing in Civil Engineering*, ASCE, Reston, Va.
- [59] **Gao, Z., Walters, R. C., Jaselskis, E. J. ve Wipf, T. J.** (2006). Approaches to improving the quality of construction drawings from owner’s perspective. *J. Constr. Eng. Manage.*, 132 (11).
- [60] **Url-2** <http://www.sayisalgrafik.com.tr/Urunler/yapi-tasarimi/autodesk-navisworks/ayrintili-bilgi/teknik-ozellikleri_803.aspx>, alındığı tarih: 22.10.2013.
- [61] **Url-3** <<http://docs.autodesk.com/NAVMAN/10.0/ENU/Autodesk%20Navisworks%20Manage%202013%20Online%20Help/index.html>>, alındığı tarih: 22.10.2013.
- [62] **Url-4** <<http://synchroltd.com/products-2/synchro-professional/>>, alındığı tarih: 22.10.2013.
- [63] **Url-5** <<http://www.vicosoftware.com/products/Vico-Office/tabid/85286/Default.aspx>>, alındığı tarih: 22.10.2013.
- [64] **Url-6** <<http://www.vicosoftware.com/products/vico-control/features-benefits/tabid/84574/>>, alındığı tarih: 22.10.2013.
- [65] **Url-7** <<http://www.youtube.com/watch?v=VDkDCCjGvDo>>, alındığı tarih: 22.10.2013.

- [66] **Haymaker, J. ve Fischer, M.** (2001). Challenges and benefits of 4D modeling on the Walt Disney Concert Hall project, *CIFE Working Paper No. 64*, CIFE, Stanford, Calif.
- [67] **Kam, C. ve Fischer, M.** (2002). PM4D Final Report, *CIFE Technical Rep. No. 143*, CIFE, Stanford, Calif.
- [68] **Eul-Bum, L. ve Thomas, D. K.** (2007). State-of-practice technologies on accelerated urban highway rehabilitation: I-15 California experience, *J. Constr. Eng. Manage.*, 133(2).
- [69] **Woksepp, S. and Olofsson, T.** (2006). Using virtual reality in a largescale industry projects, *ITcon*, Vol. 11.
- [70] **Russell, A., Staub-French, S., Tran, N. ve Wong, W.** (2008). Visualizing high-rise building construction strategies using linear scheduling and 4D CAD, *Automation in construction* 18.
- [71] **Url-1** <<http://the-shard.com/shard/explore-the-shard/overview>>, alındığı tarih: 23.10.2013.
- [72] **Url-2** <<http://synchroltd.com/test-project-1/>>, alındığı tarih: 23.10.2013.
- [73] **Zhang, J., Zhang, Y., Hu, Z. ve Lu, M.** (2008). Construction management utilizing 4D CAD and operations simulation methodologies, Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing.
- [74] **Url-3** <<http://www.cantontower.com/en/about.aspx?code=0101>>, alındığı tarih: 24.10.2013.
- [75] **Url-4** <<http://www.youtube.com/watch?v=ZwLCB8dyiDw>>, alındığı tarih: 24.10.2013.
- [76] **Staub-French, S., Fischer, M. ve Spradlin, M.** (1998). Industrial case study of electronic design, cost and schedule integration, CIFE Working Paper 47, Stanford University, CA.
- [77] **Url-5** <<http://www.pcstrategies.co.uk/service/bim-strategy-implementation/>>, alındığı tarih: 25.10.2013
- [78] **Reizgevcicius, M., Ustinovicius, L. ve Rasiulis, R.** (2013). Efficiency evaluation of 4D CAD model, *11th International Conference on Modern Building Materials Structures and Techniques 2013*.
- [79] **Hu, W., He, X. ve Kang, J. H.** (2005) From 3D to 4D visualization in building construction, in: *Proceedings of the Computing in Civil Engineering*, Cancun, Mexico
- [80] **Url-6** <<http://www.sayisalgrafik.com.tr/Basin-Odasi/yapi-bilgi-sistemi-bim-ve-autodesk-building-design-suite-72.aspx>>, alındığı tarih: 25.10.2013
- [81] **Kang, J. H., Anderson, S. D. ve Clayton, M. J.** (2007). Empirical study on the merit of webbased 4D visualization in collaborative construction planning and scheduling, *Journal of Construction Engineering and Management* 133 (6).
- [82] **Luiten, G. T. ve Fischer, M.** (1998). Opportunities for computer-aided design for construction, *Engineering Construction and Architectural Management*, Volume:5 Issue:2.

- [83] **Zhang, J. P., Ma, Z. Y. ve Cheng, P. U.** (2001). 4D visualization of construction site management, in: *Proceedings of the 5th International Conference on Information Visualisation*, London, UK.
- [84] **Benjaoran, V. ve Bhokha, S.** (2009). An integrated safety management with construction management using 4D CAD model, *Safety Science* 48.
- [85] **Zhou, Y., Ding, L. Y. ve Chen, L. J.** (2012). Application of 4D visualization technology for safety management in metro construction, *Automation in Construction* 34.
- [86] **Url-7** <<http://www.youtube.com/watch?v=pC1pFyjCjZ4>>, alındığı tarih: 26.10.2013
- [87] **Webb, R. M., Smallwood, J. ve Haupt T. C.** (2004). The potential of 4D CAD as a tool for construction management, *Journal of Construction Research* 5 (1).
- [88] **Taylor, J. E.** (2007). Antecedents of successful three-dimensional computer-aided design implementation in design and construction networks, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management* 133 (12).
- [89] **Barrett, P.** (2000). Construction management pull for 4D CAD, *Proceedings of the Construction Congress VI 2000*, ASCE, Reston, Va.
- [90] **Taylor, T. E. ve Levitt, R. E.** (2007). Innovation alignment and project network dynamics: an integrative model for change, *Project Management Journal* 38 (3).
- [91] **Chau, K. W., Anson, M. ve De Saram, D. D.** (2005) 4D dynamic construction management and visualization software: 2. Site trial, *Automation in Construction* 14 (4).
- [92] **Lippai, S.** (2005). 4D modeling of jet-blue training facility, Penn State University, Pennsylvania, USA.
- [93] **Kassem, M., Brogden, T. ve Dawood, N.** (2012). BIM and 4D planning: a holistic study of the barriers and drivers to widespread adoption, *Journal of Construction Engineering and Project Management*, Volume:2 Issue:4.
- [94] **Kumar, J. V. ve Mukherjee, M.** (2009). Scope of building information modeling (BIM) in India. *Journal of Engineering Science and Technology Review* 2 (1).

EKLER

EK A: İnşaat Sektöründe 4D Modelleme Yaklaşımı Anketi

İnşaat Sektöründe 4D Modelleme Yaklaşımı

Aşağıda sunulmuş olan anket formu İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı İşletmesi Anabilim Dalı'nda Öğr. Gör. Dr. Murat Kuruoğlu yönetiminde hazırlanan yüksek lisans tezinde kullanılmak üzere düzenlenmiştir.

Bu anket çalışmasının amacı, 4D modelleme yaklaşımının Türk inşaat sektöründeki konumunu saptamak ve daha geniş kullanım alanına ulaşmasına yardımcı olacak veriler elde etmektir. Bu konuda yapacağınız yardımlar inşaat sektörüne dönük üretimlerimizi güçlendirecektir. Katkınız için şimdiden teşekkür ederiz.

Emre Gökyiğit
İstanbul Teknik Üniversitesi
Yapı İşletmesi Yüksek Lisans Öğrencisi

* Gerekli

Kişisel Bilgiler

Anketi dolduran katılımcı hakkındaki bilgiler.

1. Eğitim durumunuz nedir? *

Yalnızca bir şık k ı işaretleyin.

- ☐ Lisans
☐ Yüksek Lisans
☐ Doktora

2. Mezun olduğunuz lisans bölümü nedir? *

.....

3. Kaç yıldır inşaat sektöründe çalışmaktasınız? *

Yalnızca bir şık k ı işaretleyin.

- ☐ 2 yıldan az
☐ 2-5 yıl
☐ 6-10 yıl
☐ 11-20 yıl
☐ 20 yıldan fazla

4. Firmanızdaki pozisyonunuz nedir? *

.....

Firma Bilgileri

Çalışanı olduğunuz ve 4D yaklaşımına bakış açısını belirteceğiniz firmanız hakkındaki bilgiler.

5. Firmanızın verdiği hizmetler nelerdir? *

Çoklu seçim yapabilirsiniz

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- ☐ Girişim / Yatırım
- ☐ Tasarım
- ☐ Yapım / Taahhüt
- ☐ Danışmanlık
- ☐ Yapı Denetim
- ☐ Proje Yönetimi / Müşavirlik
- ☐ Diğer: _____

6. Firmanız inşaat sektöründe kaç yıldır faaliyet göstermektedir? *

Yalnızca bir şık k1 işaretleyin.

- ☐ 2 yıldan az
- ☐ 2-5 yıl
- ☐ 6-10 yıl
- ☐ 11-20 yıl
- ☐ 20 yıldan fazla

7. Firmanız inşaat sektöründe hangi alanlarda faaliyet göstermektedir? *

Çoklu seçim yapabilirsiniz

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- ☐ Konut, ofis
- ☐ Kamu binaları (Okul, hastane, spor tesisi, yönetim binaları vb.)
- ☐ Ulaşım ve mühendislik projeleri (Karayolu, havaalanı, baraj, köprü, liman vb.)
- ☐ Endüstriyel yapılar (Fabrika, enerji üretim tesisleri vb.)
- ☐ Alt yapı projeleri (İsale hattı vb.)
- ☐ Diğer: _____

8. **Firmanızın 2012 yılı cirosu ne kadardır? ***

(Milyon TL)

Yalnızca bir şık k ı işaretleyin.

- ☐ 0-5
☐ 6-20
☐ 21-100
☐ 101-500
☐ 500+

Planlama ve Tasarım Alışkanlıkları

Bu bölümde firmanızın planlama ve tasarım alışkanlıkları hakkında sorular yöneltilecektir.

9. **İş programının idaresinden kim mesuldür? ***

Yalnızca bir şık k ı işaretleyin.

- ☐ Yüklenici firmanın ilgili birimi
☐ Proje yönetim (Müşavir) şirketi
☐ Her ikisi

10. **Oluşturulan iş programı ne sıklıkla takip edilmektedir? ***

Yalnızca bir şık k ı işaretleyin.

- ☐ Her gün
☐ Haftada bir
☐ Ayda bir
☐ Takip edilmemektedir

11. **Süre planlamasını hangi detay seviyesinde kullanıyorsunuz? ***

Ömek olarak; binanın 2. katının kaba inşaat aktivitelerini nasıl girersiniz?

Yalnızca bir şık k ı işaretleyin.

- ☐ Basit - 2. kat (1 aktivite)
☐ Orta - 2. kat kolonları ve döşemesi (2 aktivite)
☐ Detaylı - 2. kat döşeme kalıpları, donatısı, betonu, vb. (2'den fazla aktivite)

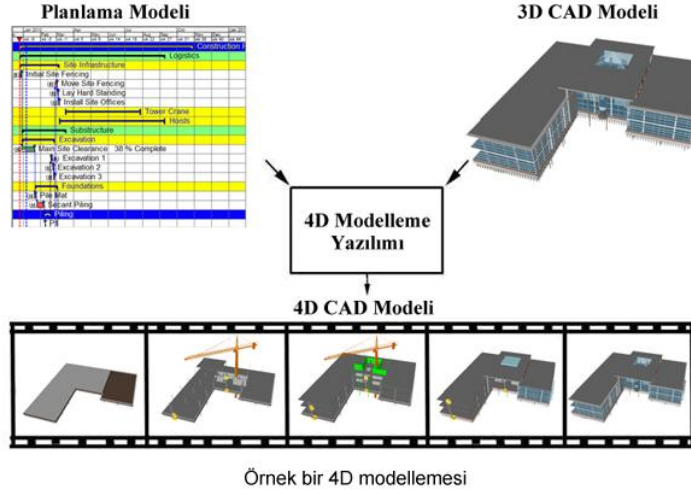
12. **Proje tasarımlarınız (betonarme, elektromekanik vb.) iki boyutlu (2D) mu yoksa üç boyutlu (3D) mu olarak hazırlanmaktadır? ***

Yalnızca bir şık k ı işaretleyin.

- ☐ İki boyutlu
☐ Üç boyutlu

4D Hakkında Kısa Bilgi

4D model, yapının üç boyutlu (3D) geometrisine dördüncü boyut olan zamanın entegre edilmesiyle oluşturulur. 4D modelde bulunan yapı bileşenleri, 3 boyutlu şekillerini tarif eden geometrik özelliklere sahiptir. Buna ek olarak, bileşenin inşaat başlangıç ve bitiş tarihlerini gösteren zamansal özellik de bileşene ilave edilmiştir. Bir yapının 4D modeli, projenin yapım aşamalarını grafiksel biçimde simüle ederek, proje yöneticisinin inşaat sürecini sanal ve görsel verilerle kavramasını sağlar.



13. 4D modelleme hakkında ne düzeyde bilgi sahibisiniz? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ Uzman düzeyinde bilgi sahibiyim.
- ☐ Orta düzeyde bilgi sahibiyim.
- ☐ Bir miktar bilgi sahibiyim.
- ☐ Bilgi sahibi değilim.

14. Firmanızın herhangi bir projesinde 4D modelleme uygulandı mı? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ Evet, uygulandı
- ☐ Hayır, uygulanmadı

4D'nin Sağladığı Faydalar Hakkında

4D üzerine yapılan araştırmalarda kullanıcıların fayda olarak değerlendirdiği, projenin daha kısa sürede ve daha az maliyetle tamamlanmasını sağlayan özellikler aşağıda gösterilmiştir.

- a-) Sağladığı görsellikle planlamayı daha anlaşılabilir kılması.
- b-) Farklı disiplinlere ait tasarımları tek modelde birleştirerek çakışmaları tespit etme imkanı sunması.
- c-) Proje katılımcıları arasındaki etkileşimi artırması.
- d-) İnşa edilebilirlik analizi yapma fırsatı sunması.
- e-) İş güvenliği tehditlerini önceden belirleme imkanı sunması.
- f-) Proje üzerinde yapılan değişikliklerin sonuca etkisini gösterebilmesi.

15. Yukarıdaki faydaları önemlerine göre sıralayınız. *

Örnek sıralama: "cdfaab" (En önemliden en az önemliye)

4D'nin Uygulanmasının Önündeki Engeller Hakkında

4D üzerine yapılan araştırmalarda kullanıcıların birer engel olarak gördüğü durumlar aşağıda gösterilmiştir.

- a-) Firmanın organizasyonel iş akış yapısının revize edilmesini gerektirmesi.
- b-) Modelin oluşturulması ve takibi için gerekli olan zaman ve insan kaynağı.
- c-) Sağlıklı analiz yapabilmek için tasarımda gerekli olan yüksek ayrıntı düzeyi.
- d-) Bilgi teknolojileri ve 4D alanında deneyim sahibi eleman eksikliği.
- e-) 4D için gerekli olan eğitim ve yazılım maliyeti.
- f-) Mevcut planlama (CPM) ve tasarım (2D) yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesi.

16. Yukarıdaki engelleri önemlerine göre sıralayınız. *

Örnek sıralama: "cdfaab" (En önemliden en az önemliye)

Sonuç Değerlendirmesi

17. 4D modellemenin ülkemizde az kullanılıyor oluşu Türk inşaat sektörü adına bir eksiklikler. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ Kesinlikle katılıyorum.
- ☐ Katılıyorum.
- ☐ Kararsızım.
- ☐ Katılmıyorum.
- ☐ Kesinlikle katılmıyorum.

18. Teknolojik gelişmelerin sektöre çabuk entegre edilememesi inşaat sektörünün doğasından kaynaklanmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ Kesinlikle katılıyorum.
- ☐ Katılıyorum.
- ☐ Kararsızım.
- ☐ Katılmıyorum.
- ☐ Kesinlikle katılmıyorum.

19. Üniversitelerin ilgili bölümlerinde öğrencilere 4D eğitimleri verilmelidir. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ Kesinlikle katılıyorum.
- ☐ Katılıyorum.
- ☐ Kararsızım.
- ☐ Katılmıyorum.
- ☐ Kesinlikle katılmıyorum.

20. Bu teknolojinin yaygınlaşması için kamu ihalelerine başvuruda 4D modelleme zorunlu tutulmalıdır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ Kesinlikle katılıyorum.
- ☐ Katılıyorum.
- ☐ Kararsızım.
- ☐ Katılmıyorum.
- ☐ Kesinlikle katılmıyorum.

21. 4D modelleme uygulaması gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline gelecektir. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ Kesinlikle katılıyorum.
- ☐ Katılıyorum.
- ☐ Kararsızım.
- ☐ Katılmıyorum.
- ☐ Kesinlikle katılmıyorum.

22. Çalışma sonunda anket sonuçlarından haberdar olmak istiyorsanız lütfen aşağıdaki kutuya e-posta adresinizi yazınız.

Desteğiniz için teşekkür ederiz.

Anketin Online Bağlantısı: <http://goo.gl/2aKV30>

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Emre Gökyiğit
Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul - 26.09.1990
Adres: Ortaköy/İstanbul
E-Posta: emre.gokyigit@gmail.com
Lisans: İnşaat Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi (2012)
Yüksek Lisans : Yapı İşletmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi (2014)

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Kuruoğlu M. ve **Gökyiğit, E.** (2013): İnşaat Sektöründe 4D Modelleme Uygulamaları. *Yapı Dünyası Dergisi*.

Kuruoğlu M., **Gökyiğit, E.** ve Köse, M. (2014): Türk İnşaat Sektöründe 4 Boyutlu (4D) Modellemenin Uygulanabilirliği. *Akademik Bilişim Kongresi 2014*.