



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YALIN PROJE TESLİM SİSTEMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR İNŞAAT
İLE İLİŞKİSİ**

NİLDEN KAYLAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. RIFAT AKBIYIKLI**

DÜZCE, 2022

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YALIN PROJE TESLİM SİSTEMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR İNŞAAT
İLE İLİŞKİSİ

Nilden KAYLAR tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Rıfat AKBIYIKLI

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Rıfat AKBIYIKLI

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Latif Onur UĞUR

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Osman AYTEKİN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 20/01/2022

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

20 Ocak 2022

Nilden KAYLAR

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca benden desteğini esirgemeyen, karşılaştığım zorluklarda bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, sadece bilimsel konularda değil eğitim ve iş hayatım boyunca kişisel konularda da gerek akıl hocalığı yaparak gerek manevi destek sağlayarak zorlukların üstesinde gelmemde yardımcı olan, bu araştırma için beni yönlendiren çok değerli hocam Prof. Dr. Rıfat AKBIYIKLI'ya en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatımda olduğu gibi bu çalışma boyunca da yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen annem Gönül KAYLAR ve babam Nevzat KAYLAR'a sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi hazırlama sürecim boyunca bana her türlü desteğini gösteren, vaktini ve enerjisini harcayarak katkılarına esirgemeyen Bersu ÖZTÜRK ve Tayfun İBİŞ'e çok teşekkür ederim.

20 Ocak 2022

Nilden KAYLAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
KISALTMALAR	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI	1
1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI	2
1.3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ	3
1.4. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2. YALIN PROJE TESLİM SİSTEMİ (LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM – LPDS)	4
2.1. PROJE TESLİMİ	4
2.2. GELENEKSEL PROJE TESLİM SİSTEMLERİ	4
2.2.1. Tasarla – İhale Et – Yap (Design-Bid-Build – DBB)	4
2.2.2. Tasarla – Yap (Design-Build – DB)	5
2.2.3. Risk Altındaki İnşaat Yöneticisi (Construction Manager at Risk – CMAR)	6
2.3. GELENELSEL PROJE TESLİM SİSTEMLERİNDEKİ EKSİKLİKLER	8
2.4. GELENEKSEL VE YALIN İNŞAAT KARŞILAŞTIRMASI	10
2.5. YALIN PROJE TESLİM SİSTEMİ	11
2.5.1. Yalın Proje Teslim Sisteminin İşletilmesi	11
2.5.2. Yalın Proje Teslim Sisteminin Yapısı	12
2.5.2.1. Proje Tanımı	13
2.5.2.2. Yalın Tasarım	13
2.5.2.3. Yalın Tedarik	15
2.5.2.4. Yalın Montaj	15
2.5.2.5. Kullanım/Tamamlama	16
2.5.2.6. Üretim Kontrolü ve İş Yapılandırması	16
2.5.2.7. Öğrenme Döngüsü	16
2.5.3. Set-Based Design – SBD (Küme Tabanlı Tasarım)	17
2.5.4. Target Value Design – TVD (Hedef Değer Tasarımı)	18
2.5.5. Last Planner System™ – LPS (Son Planlayıcı Sistem)	20
2.5.5.1. Gelişimi ve Tarihi	20
2.5.5.2. LPS'nin Beş Seviyesi	23
2.5.5.3. LPS Adımları	28
2.5.5.4. LPS'de Yalın Proje Yönetimi	31
2.5.5.5. LPS'de İş Yapılandırması	31
2.5.5.6. LPS'de Süreç Adımları	32
2.5.5.7. LPS'nin Yalın Davranışa Etkisi	33
3. YALIN TEKNİKLER VE ARAÇLAR	35
3.1. FIRST RUN STUDIES	35

3.2. FIVE-STEP PLAN (5S)	36
3.3. KANBAN	39
3.4. KAIZEN.....	42
3.4.1. Kaizen Türleri	43
3.4.2. Kaizen Çeşitleri	43
3.4.3. Kaizen Döngüsü.....	44
3.4.4. Kaizen' in Uygulanması.....	44
3.5. A3 RAPORU.....	46
3.6. VALUE STREAM MAPPING – VSM (DEĞER AKIŞI HARİTALAMA) ...	48
4. YALIN PROJE TESLİMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	50
4.1. SÜRDÜRÜLEBİLİR İNŞAAT	50
4.2. YALIN VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK.....	51
4.3. YALIN PROJE TESLİMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK.....	52
4.3.1. Proje Tanımı	55
4.3.2. Yalın Tasarım	55
4.3.3. Yalın Tedarik.....	56
4.3.4. Yalın Montaj.....	57
4.3.5. Kullanım.....	58
4.4. YALIN TEKNİK VE ARAÇLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLE İLİŞKİSİ	58
4.4.1. 5S ve Sürdürülebilirlik	59
4.4.2. JIT ve Sürdürülebilirlik	59
4.4.3. VSM ve Sürdürülebilirlik	59
4.4.4. LPS ve Sürdürülebilirlik	60
4.5. ÇEVRESEL OLARAK SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM VE İNŞAAT İÇİN KONTROL LİSTESİ	61
5. ANKET ÇALIŞMASI.....	63
5.1. ANKET ÇALIŞMASININ AMACI, KAPSAMI VE YÖNTEMİ	64
5.2. ANKET ÇALIŞMASININ BULGULARININ AÇIKLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	67
5.2.1. Katılımcılara İlişkin Verilerin Açıklanması ve Değerlendirilmesi	67
5.2.2. Anket Çalışmasına Verilen Yanıtların Açıklanması ve Değerlendirilmesi	69
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	77
7. KAYNAKLAR	79
8. EKLER.....	83
8.1. EK 1: YALIN VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TEKNİK VE ARAÇLARIN ŞANTİYELERDE UYGULANMASI HAKKINDA ANKET ÇALIŞMASI	83
ÖZGEÇMİŞ	85

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Tasarla-İhale Et-Yap modeli.	5
Şekil 2.2. Tasarla – Yap modeli.....	6
Şekil 2.3. Risk Altındaki İnşaat Yöneticisi modeli.....	7
Şekil 2.4. Lean Project Delivery System.	12
Şekil 2.5. Zamana göre değişiklik yapabilme ve değişikliklerin maliyete etkisi arasındaki ilişki.....	14
Şekil 2.6. Set-Based Design ve Point-Based Design karşılaştırması.....	18
Şekil 2.7.Target Value Design süreçleri.	20
Şekil 2.8. Last Planner System zaman çizelgesi.	21
Şekil 2.9. Last Planner System’in Beş Seviyesi.	23
Şekil 2.10.Yalın İnşaatın 8 Akışı.	25
Şekil 2.11. Haftalık Çalışma Planı.....	26
Şekil 2.12. Haftalık Çalışma Planı panosu.	28
Şekil 2.13. Last Planner System Süreç Akışı.....	32
Şekil 3.1. 5S uygulaması öncesi sahada kullanılan malzemeler.....	38
Şekil 3.2. 5S uygulaması sonrası sahada kullanılan malzemeler.....	39
Şekil 3.3. Çekme Planı.....	41
Şekil 3.4. Kanban panosu.	41
Şekil 4.1. Sürdürülebilirlik gelişimi ve yalın ilerleme zaman çizelgesi.	52
Şekil 4.2. Sürdürülebilirlik ve Yalın Proje Teslim Sistemi.	53
Şekil 4.3. Sosyal Sürdürülebilirlik ve Yalın Proje Teslim Sistemi.....	54
Şekil 4.4. Ekonomik Sürdürülebilirlik ve Yalın Proje Teslim Sistemi.....	54
Şekil 4.5. Çevresel Sürdürülebilirlik ve Yalın Proje Teslim Sistemi.	55
Şekil 4.6. Üretim sektörü ve inşaat sektörü arasındaki üretim/atık oranlarının karşılaştırması.....	56
Şekil 5.1. Katılımcıların yaş aralığı pozisyonu.....	67
Şekil 5.2. Katılımcıların eğitim durumu.	68
Şekil 5.3. Katılımcıların inşaat sektöründe çalıştıkları faaliyet alanları.	68
Şekil 5.4. Katılımcıların şirketteki pozisyonu.	69
Şekil 5.5. Katılımcıların Yalın İnşaat hakkında bilgi sahibi olma oranları.	70
Şekil 5.6. Katılımcıların Yalın Teknik ve Araçlar hakkında bilgi sahibi olma oranları.	70
Şekil 5.7. Katılımcıların Yalın İnşaat uygulamalarının uygulanabilirliği ile ilgili görüşleri.....	71
Şekil 5.8. Katılımcıların Sürdürülebilir İnşaat hakkında bilgi sahibi olma oranları.	72
Şekil 5.9. Katılımcıların yalın davranışlara yönelik oranlar.	73
Şekil 5.10. Katılımcıların sürdürülebilir davranışlara yönelik oranlar.	74

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Proje teslim yöntemlerindeki eksiklikler.	8
Çizelge 2.2. Geleneksel İnşaat ve Yalın İnşaat arasındaki farklar.	10
Çizelge 3.1. Kaizen uygulamasının 5 günlük bir iş planı.	45
Çizelge 4.1. Yalın teknikler ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri.	58



KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AEC	Architecture – Engineering – Construction (Mimarlık – Mühendislik – İnşaat)
ASCE	American Society of Civil Engineers (Amerikan İnşaat Mühendisleri Birliği)
BIM	Building Information Modelling (Bina Bilgi Modellemesi)
CMAR	Construction Manager at Risk (Risk Altındaki İnşaat Yöneticisi)
CoS	Conditions of Satisfaction (Memnuniyet Koşulları)
DBB	Design-Bid-Build (Tasarla – İhale Et – Yap)
DB	Design-Build (Tasarla – Yap)
GMP	Guaranteed Maximum Price (Garantili Maksimum Fiyat)
JIT	Just in Time (Tam Zamanında -üretim-)
LCI	Lean Construction Institute
LPDS	Lean Project Delivery System (Yalın Proje Teslim Sistemi)
LPS	Last Planner System (Son Planlayıcı Sistem)
PUKÖ	Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al
RMC	Reason for Missed Commitment (Kaçırılan Taahhüt Nedeni)
SBD	Set-Based Design (Küme Tabanlı Tasarım)
TVD	Target Value Design (Hedef Değer Tasarımı)
VSM	Value Stream Mapping (Değer Akışı Haritalama)
5S	Five Step Plan

ÖZET

YALIN PROJE TESLİM SİSTEMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR İNŞAAT İLE İLİŞKİSİ

Nilden KAYLAR

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Rıfat AKBIYIKLI

Ocak 2022, 85 sayfa

İnşaat sektöründe çalışan pek çok şirket için kaçırılan teslim tarihleri ve artan maliyetler büyük bir sorun teşkil etmektedir. İnşaat projelerinde maliyet, zaman ve kaliteyi optimize etmek çok önemlidir. Bunun için planlama, tasarım, inşaat hızının, bütçenin ayarlanması ve proje paydaşları arasındaki koordinasyonun sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle mevcut proje teslim yöntemleri ile rekabet edebilecek yeni proje teslim yöntemlerinin kullanılmasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada Yalın Proje Teslim Sistemi ve uygulanması için ihtiyaç duyulan Yalın Teknik ve Araçlar anlatılarak, Sürdürülebilir İnşaat ile ilişkisi ele alınmıştır. İnşaat projelerinde doğru proje teslim yöntemini seçmek büyük önem taşımaktadır. 2000 yılında Glenn Ballard tarafından tanıtılan Yalın Proje Teslim Sistemi geleneksel proje teslim sistemlerinin aksine birçok avantaj sağlamaktadır. İsrafi ortadan kaldırmak, bilgi akışını sağlamak, maliyetleri düşürmek, tüm ekip üyelerinin ve müşterinin memnuniyetini arttırmak en önemli avantajlarından ve ana amaçlarındandır. Yalın Proje Teslim Sistemi'ne ek olarak inşaat projelerinde sürdürülebilirliği uygulayarak daha az çevresel zarar ve daha çok toplumsal fayda sağlamak mümkün olur. Toplum ve çevreyi projeye paydaş olarak dâhil ederek Yalın Proje Teslim Sistemi'nin başarısı artırılabilir. Bu çalışmada Türkiye şantiyelerinde çalışan inşaat mühendislerinin yalın ve sürdürülebilir davranışlara olan yatkınlıkları analiz edilmiş, çıkan sonuçlardan yola çıkarak Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat uygulamalarının Türkiye inşaat sektöründe hayata geçirilebilmesi için öneriler sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: Sürdürülebilir inşaat, Yalın proje teslim sistemi, Yalın teknikler ve araçlar.

ABSTRACT

LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM AND RELATIONSHIP WITH SUSTAINABLE CONSTRUCTION

Nilden KAYLAR

Düzce University

Institute of Graduate Studies, Department of Civil Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Rıfat AKBIYIKLI

January 2022, 85 pages

Missed deadlines and increased costs are a major problem for many companies working in the construction industry. Optimizing cost, time and quality is very important in construction projects. For this, adjustment of planning, design, construction speed and the budget and coordination between the project stakeholders are required. Therefore, there is a need to use new project delivery methods that can compete with existing project delivery methods. In this study, the Lean Project Delivery System and the Lean Techniques and Tools needed for its implementation are explained and its relationship with Sustainable Construction is discussed. Choosing the right project delivery method is of great importance in construction projects. Introduced by Glenn Ballard in 2000, the Lean Project Delivery System provides many advantages over traditional project delivery systems. Eliminating waste, providing information flow, reducing costs, increasing the satisfaction of all team members and customers are among the most important advantages and main objectives. In addition to the Lean Project Delivery System, it is possible to provide less environmental damage and more social benefit by applying sustainability in construction projects. The success of the Lean Project Delivery System can be increased by including the society and the environment as stakeholders in the project. In this study, the tendency of civil engineers working in Turkey construction sites to lean and sustainable behaviors was analyzed, and based on the results, suggestions were presented for the implementation of the Lean Project Delivery System and Sustainable Construction practices in the Turkey construction sector.

Keywords: Lean project delivery system, Lean techniques and tools, Sustainable construction.

1. GİRİŞ

Bir inşaat projesinde maliyet, risk, genel program, çevre etkileri gibi faktörlerin, o yapının tasarlanma ve inşa edilme şekli ile doğrudan ilişkisi vardır. Bir projeye başlanmadan önce seçtiğimiz proje teslim sistemi ile o projenin tasarım ve yapım yöntemlerinin nasıl olacağını belirlemiş oluruz. Bu tasarım ve yapım yöntemleri yukarıda belirttiğim faktörleri doğrudan etkileyeceğinden, doğru proje teslim sistemini seçmek büyük önem taşımaktadır.

İnşaat projelerinde yalın ve sürdürülebilir tasarım ve yapım yöntemlerinin uygulanması maliyet, atık, verimlilik, çevresel etki, toplumsal fayda konularında birçok fayda sağlamaktadır.

Türkiye inşaat sektöründe yalın kültürün benimsenerek, yalın ve sürdürülebilir uygulamaların projelerde uygulamaya geçirilmesi proje yönetiminin uçayağı olan maliyet, zaman ve kalitenin yanı sıra verimlilik ve çevresel etkilerin azaltılması yönünden de pek çok fayda sağlayacaktır. Bu doğrultuda, yalın ve sürdürülebilir inşaat konulara lisans eğitiminden başlayarak müfredata girmeli, inşaat projeleri Yalın Proje Teslim Sistemi ile yapılmaya teşvik edilmelidir.

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu tez çalışmasındaki amaç, Yalın Proje Teslim Sisteminin detaylı bir şekilde incelenmesi, bu teslim sistemini uygulamak için ihtiyaç duyulan yalın araç ve tekniklerin tespit edilerek sahadaki uygulama örneklerinin anlatılması ve sürdürülebilir inşaat ile olan ilişkisinin araştırılmasıdır. Bu doğrultuda Türkiye'deki inşaat projelerinde Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat konusunda sektörün ne durumda olduğunun belirlenmesidir.

Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat ilke ve prensiplerinin ve bunlar için gerekli yalın teknik ve araçların Türkiye'deki inşaat projelerinde bilinçli ya da bilinçsiz bir şekilde uygulanıp uygulanmadığını, teknik personelin bu konulardaki bilgi birikimini

tespit etmek üzere alan çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sayesinde Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat'ın uygulanabilirliğini tespit etmek amaçlanmıştır.

Alan çalışmasından elde edilen verilere göre inşaat projelerinin ve teknik personelin Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat süreçlerini projelerinde uygulamalarına yatkınlığı belirlenerek uygulanması yönünde çözüm önerileri geliştirilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen verilere göre yalın teknik ve araçların, sürdürülebilirlik ilkeleri de benimsenerek proje teslim süreçlerinde kullanılmasının, verimlilik ve kaliteyi artırırken israfı ve maliyet azaltarak sağlayacağı zaman tasarrufuna değinilmiştir.

Çalışmada Yalın Proje Teslim Sistemi süreçleri, kullanılan teknik ve araçlar, Sürdürülebilir İnşaat ile ilişkileri, uygulama için örnekler, uygulamaların faydaları ve öneriler literatüre sunmak üzere hazırlanmıştır. Bu çalışma ile Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat uygulamaları için bir rehber oluşturmak hedeflenmiştir.

1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Bu yüksek lisans tezinde literatür araştırması, derleme, yazım ve alan araştırması çalışmaları, Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat süreçlerinin tanımlanması ve rehber oluşturulması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada yerli ve çoğunlukla yabancı kaynaklı olmak üzere literatürden derlenen veriler ve sektörde faaliyet gösteren organizasyonlardan veriler aktarılmıştır. Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat dünya inşaat sektöründe yeni gelişmekte olan, Türkiye inşaat sektöründe ise pek fazla uygulama örneği olmayan alanlar olduğu için bu alanlardaki kaynaklar sınırlıdır. Çalışmada Yalın İnşaat, Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat uygulamalarıyla ilgili yurtiçi ve yurtdışında hazırlanmış olan makaleler ve yüksek lisans tezleri hakkında bilgiler verilmiş, Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat ilke ve prensipleri, birbirileri ile olan ilişkileri ve bunları uygulamak için kullanılan Yalın Teknik ve Araçlar aktarılmıştır. Türkiye'de Yalın ve Sürdürülebilir uygulamalarını hayata geçiren pek fazla örnek bulunmamaktadır. Fakat Yalın Teknik ve Araçları projelerinde kullandığını belirlediğimiz tek şirket olan Turner Proje Yönetimi'nin sahadaki uygulamalarıyla ilgili bilgilere değinilmiştir. Turner Proje Yönetimi, projelerinde kullandıkları yalın teknikler ve araçlar yardımı ile sürekli gelişme sağlayarak müşteri değerini daha iyiye taşımayı hedeflemektedir.

Türkiye inşaat sektöründe Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat süreçlerinin projelerde bilinçli ya da bilinçsiz uygulayıp uygulamadığını ve uygulamaya olan yatkınlıklarını belirlemek amacıyla bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında yürütülen anket çalışmasının bulguları paylaşılmıştır. Son bölümde anket çalışması verileri incelenmiş, sektörün yatkınlıkları belirlenmiş ve uygulamanın önündeki engellere ve uygulamaya yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir.

1.3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Bu yüksek lisans tezi konusu belirlenmeden önce, Yalın Proje Teslim Sistemi, Sürdürülebilir İnşaat, Yalın Teknik ve Araçlar ile yeterli yerli kaynak ve örnek olmadığı tespiti ile yola çıkılmıştır.

Bu doğrultuda, Türkiye’de ve dünyada yürütülmüş olan Yalın İnşaat, Yalın Proje Teslim Sistemi, Sürdürülebilir İnşaat, Yalın Teknikler ve Araçlar ilgili akademik çalışmalar taranmış, incelenmiş, derlenmiş ve gerekli düzeltmelerden geçirilerek konuların nasıl ele alınacağı belirlenmiştir. Buna göre önce literatür taranmalı, daha sonra anket soruları hazırlanmalı ve veriler toplanmalı, elde edilen verilere göre uygulamalar için çözüm önerileri sunulmalıdır.

1.4. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu tez çalışmasının amacı ve yöntemi doğrultusunda Yalın İnşaat, Yalın Proje Teslimi ve Sürdürülebilir İnşaat ile ilgili çalışmalar ve kitaplar incelenmiştir. Ballard’ın Lean Project Delivery System (2000) makalesi ve Forbes ve Ahmed’in Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices (2011) kitabı önemli kaynaklar arasında yer almaktadır.

Literatüre yakın geçmişte girmiş ve pek fazla uygulama örneği olmadığı için Yalın Proje Teslim Sistemi ile ilgili yeterince akademik çalışma yer almamaktadır. Ballard, Howell ve Koskela gibi yazarların yayınlanmış çalışmalarından faydalanılmıştır.

Sürdürülebilir İnşaat ile ilgili olarak başta Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) olmak üzere pek çok yurt dışı kaynaklı çalışma bulunmaktadır. Fakat konuyla ilgili Türkiye’de hazırlanmış yeterince çalışma yoktur.

2. YALIN PROJE TESLİM SİSTEMİ (LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM – LPDS)

2.1. PROJE TESLİMİ

İnşaat sektörü için ihtiyaçlar doğrultusunda hayata geçirilmeye başlanan tüm yapılarda proje teslim yöntemlerinin önemi oldukça büyüktür. Proje teslim yöntemleri, projenin süreçlerini tasarımcı, yüklenici ve mal sahibi için değerlendirmek üzere çeşitli yollar sunmaktadır.

İnşaat projeleri planlama, tasarım ve inşaat bileşenlerinden oluşmaktadır. İnşaat proje teslim yöntemleri, bir projenin tüm süreçlerini yönetebilmek ve proje paydaşları arasındaki koordinasyonlu çalışmaları düzenlemek için alternatif metotlar sunar.

Tüm inşaat projeleri proje sahibi, tasarımcı ve yükleniciden oluşsa da seçilen proje teslim yöntemi sebebiyle o projenin nasıl yürütüleceği değişiklik gösterir. Proje teslimi ile proje paydaşlarının rolleri ve sorumlulukları tanımlanır.

Proje teslim yöntemleri, bir projede yer alacak kişi veya örgütlerin sorumluluklarını ve proje sürecinde aktif rol alan tüm paydaşların birbiriyle olan ilişkilerini sözleşmeler vasıtasıyla tanımlamaktadır.

Proje teslim yöntemleri, birçok profesyonel kuruluş tarafından tanımlanmıştır. ASCE (Amerikan İnşaat Mühendisleri Birliği), proje teslim yöntemlerinin, proje dâhilindeki tüm paydaşların hedef ve amaçlarını tamamlanmış tesisler haline getirirken bu paydaşlar arasındaki etkileşimin nasıl organize edilmesi gerektiğini açıklayan birer yol gösterici olduğunu belirtmektedir.

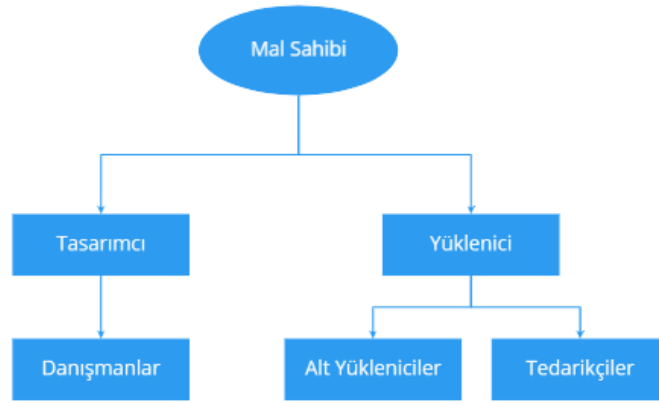
2.2. GELENEKSEL PROJE TESLİM SİSTEMLERİ

2.2.1. Tasarla – İhale Et – Yap (Design-Bid-Build – DBB)

Bir inşaat projesi teslim etmenin en bilinen ve en çok kullanılan yoludur. Tasarım ile inşaat süreci arasında net bir ayırım vardır.

Adından da anlaşılacağı üzere üç aşamadan oluşur; tasarım aşaması, teklif aşaması, yapım aşaması.

Geleneksel proje teslimi olarak da adlandırılan tasarla-teklif-inşa et yönteminde proje tasarlandıktan sonra ihaleye çıkarılır. Burada rekabetçi ihale yoluyla proje en düşük teklifi yapan yükleniciye verilir.



Şekil 2.1. Tasarla-İhale Et-Yap modeli.

2.2.2. Tasarla – Yap (Design-Build – DB)

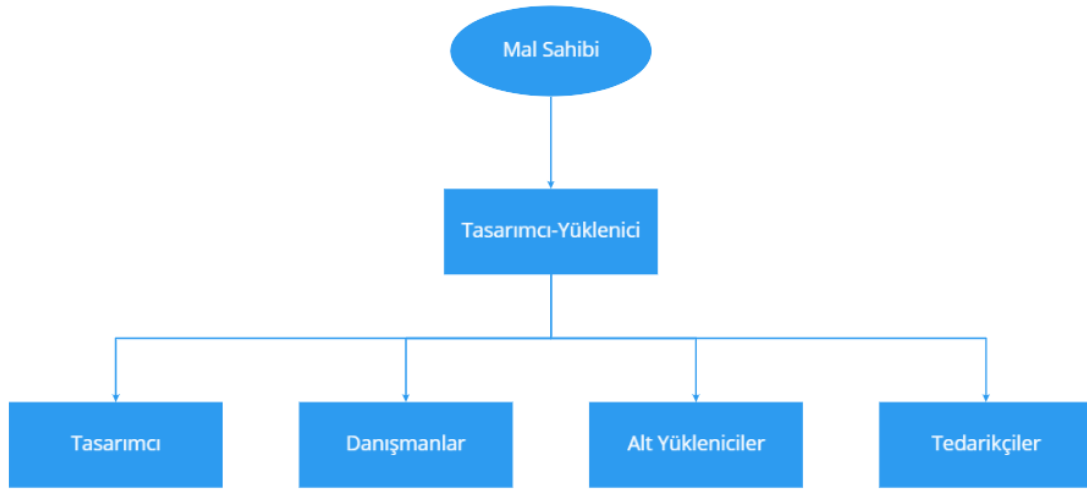
Tasarla-İnşa Et modelinde tasarım ve yapım tek firma tarafından yapılır. Tasarımcı ve yapımcı arasında yoğun bir iş birliği vardır. Bu yöntemde müteahhit inşa edilebilirlik açısından değerli bilgiler sağlar. Tasarım ve malzemeler üzerinde uygun maliyetli çözümler ve alternatifler oluşturmak mümkün olur.

Birlikte çalışan en az iki ekiple sürdürülebilien bu yöntemde tasarım ve yapım süreçlerini ayrı ayrı ele almak hedeflenir. Süreçlere birbirinden ayrı odaklanılması daha detaylı bir çalışma gerektirecektir. Bu da yaşanan sorunlara daha kalıcı çözümler üretilebilmesini getirecektir. Her ne kadar süreçler birbirinden ayrılmış olsa da birlikte koordinasyonlu bir şekilde çalışan tasarım ve yapım ekiplerinin, geleneksel yöntemin aksine proje için birlikte teklif sunmaları gerekmektedir.

Proje sahibi, tasarımcı ya da yükleniciden biriyle sözleşme yapar. Sözleşmenin kiminle yapıldığına bağlı olarak tasarımcı ya da yüklenici projenin yürütülmesinden sorumlu olur.

Genellikle tasarımın zor ve karmaşık olduğu projelerde sözleşme tasarımcıyla, tersi durumlarda ise yüklenici ile yapılır.

Yüklenici ve alt yükleniciler tasarımı söz sahibidir ve bu şekilde deneyimlerinden faydalanılabilir.



Şekil 2.2. Tasarla – Yap modeli.

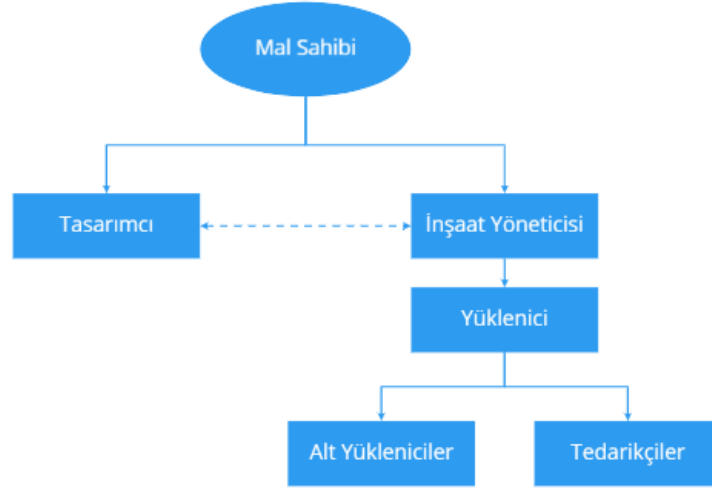
2.2.3. Risk Altındaki İnşaat Yöneticisi (Construction Manager at Risk – CMAR)

Bu teslim yönteminde tasarım işi ve yapım işi ayrı sözleşmelere tabidir. İnşaat yöneticisi inşaat öncesi, tasarım, ihale, yapım aşamalarının her adımında mal sahibinin temsilcisi ve savunucusu olarak yer alır.

İnşaat Yöneticisi, tasarım aşamasında inşaat ve maliyet konusunda mal sahibine danışmanlık yapar. İnşaat aşamasında ana yüklenici pozisyonundadır. Proje sürecinin başlangıcında proje ekibi üyesi olarak mal sahibi ve tasarımcı ile doğrudan çalışır. Proje bütçesi, inşaat maliyet tahmini, zaman çizelgeleri hakkında girdiler sağlarken, inşa edilebilirlik sorunları ve potansiyel maliyet tasarruflarını belirlemek için tasarım çizimlerini gözen geçirir. İnşaat sürecinde ise genel yüklenici gibi inşaatı denetleyerek, inşaat aşamalarını planlamak ve gerekli değişiklik emirlerini koordine etmek için müteahhitte birlikte çalışır.

Genel olarak tasarım aşamasının başlarında inşaat fiyatlandırması çalışmalarına başlanır. İnşaat başlangıcından önce İnşaat Yöneticisi mal sahibine Garantili Maksimum Fiyatını (GMP) sunar. GMP işçilik ve malzeme için proje maliyetlerinin içerir. İnşaat Yöneticisi bu miktarın üzerinden sabit bir ücret alır. Proje GMP eşiğinin altına düşerse, İnşaat Yöneticisi mal sahibi tarafından maliyet paylaşım anlaşması yoluyla ödüllendirilir. GMP eşiğini aşarsa, İnşaat Yöneticisi farkı telafi etme riskini üstlenir. Kısaca CMAR, İnşaat

Yöneticisinin proje son teslim tarihi ve mal sahibinin maliyet gerekliliklerini kabul karşılama riskini kabul etmesidir.



Şekil 2.3. Risk Altındaki İnşaat Yöneticisi modeli.

2.3. GELENEKLSE RPOJE TESLİM SİSTEMLERİNDEKİ EKSİKLİKLER

Çizelge 2.1. Proje teslim yöntemlerindeki eksiklikler.

	Sebeup	Durum	Sonuç
DBB	Yüklenicinin Tasarım Sürecine Dahil Edilmemesi	Yüklenici yapım aşamasında oluşabilecek engeller ve zorluklardan habersiz olur.	Zaman İsrafi, Yanlış İletişim, Maliyet Artışı
	Yüklenicinin Tasarım Sürecine Dahil Edilmemesi	Tasarımda belirtilen malzemeler ve yapım teknikleri yüklenicinin tasarımı sahada uygulaması konusunda engeller ve zorluklar barındırabilir.	Zaman İsrafi, Maliyet Artışı
	Yüklenicinin Tasarım Sürecine Dahil Edilmemesi	Tasarım dokümanları ile projenin sahada inşaa edilebilirliği arasında çelişkiler oluşabilir.	Zaman İsrafi, Maliyet Artışı
	Düşük Teklif Verenın Seçilmesi	Yüklenici genellikle diğer teklif verenlerden daha düşük fiyat verdiği için düşük bütçe ile çalışır. Kar etmesi gerektiğinden daha kalitesiz işçilik ve malzeme kullanır.	Düşük Kalite, Malzeme İsrafi
	Yüklenicinin Tasarım Sürecine Dahil Edilmemesi	Tasarımın kalitesine bağılı olarak, yüklenici yapım aşamasında değışiklik siparişleri vermek durumunda kalabilir.	Zaman İsrafi, Maliyet Artışı
	Tasarımın İş Planına Dahil Edilmemesi	Gerçek inşaat süreci tasarım tamamlanana kadar başlamaz. Bu da projenin genel programına daha fazla zaman ekler.	Eksik İş Planlama
	İki işe alım sürecinden geçmeniz gerektiğinden	Zaman çizelgesi varsayılan olarak biraz daha uzun olacaktır. Sorunlar ortaya çıkarsa ve proje sahibi bunları tasarımcı ve yüklenici arasında çözmek için çalışırsa daha da uzayabilir.	Zaman İsrafi, Maliyet Artışı
	Yüklenicinin Tasarım Sürecine Dahil Edilmemesi	Teklifler bütçeyi aşarsa, yeniden tasarım, değıer mühendisliği ve yeniden teklif verme süreçleri proje gecikmelerine ve ek tasarım maliyetlerine yol açabilir	Zaman İsrafi, Maliyet Artışı
	Yüklenici ve Tasarımcı Arasında İşbiligi Olmaması	Tasarımcı ve yüklenici arasında, mal sahibiyle yaptıkları ayrı sözleşmeler nedeniyle, ihtilaflı ilişkiler ve dava açma potansiyeli gelişebilir.	İletişimsizlik, Zaman İsrafi, Maliyet Artışı, Güvensizlik

Çizelge 2.2. Proje teslim yöntemlerindeki eksiklikler. (Devam)

DBB	En Alt Katmanlar Geç Ödeme Yapılması	En alt katmanlar için ödemeler geciktirilerek, tedarikçiler ve yükleniciler arasında ödeme akışı yapılmaktadır.	Çalışan Motivasyonu, Güvensizlik
DB	Tasarım ve Yüklenici Ekipleri Arasında Çıkar Çatışması	Yüklenici maliyetleri düşürmeye teşvik edilirken, mal sahibi yüksek kaliteli bir ürün ister.	İletişimsizlik, Güvensizlik, İş birliği Kuramama
	Alt Yükleniciler Önceden Belirlenmesi	Yeni alt yüklenicilerin projeye dâhil edilmesi zordur. Mevcut ekipler arasında uyumsuzluk olabilir.	İletişimsizlik, Güvensizlik, İş birliği Kuramama
	Tasarım-Yapım şirketlerinin stok tasarımlara sahip olması	Birçok tasarım-inşa şirketi, kullandıkları stok tasarımlarına sahiptir ve daha sonra proje sahibinin isteklerine uyacak şekilde ince ayarlar yaparlar. Bu, tüm tasarımcılar için geçerli olmasa da kişiselleştirilmiş bir tasarım elde edememe olasılığı çok daha yüksektir.	Müşteri Değeri
	Mal sahibinin projeye daha az ilgilenmesi	Başlangıçta, proje sahibi yoğun bir şekilde tasarım ve planlamaya dâhil edilecektir. İlerleyen süreçlerde, tasarımcı daha fazla karar verirken, mal sahibine ihtiyaç duyulduğunda danışılacaktır.	Müşteri Değeri
CMAR	Mal sahibi ve tasarımcı arasındaki iletişimi proje yöneticisinin sağlaması	Hatalı iletişim riski proje yöneticisi, mal sahibi ve tasarım şirketi arasında bir bağlantı görevi gördüğünden, bu paydaşlar arasında oluşabilecek iletişim hataları projede gecikmelere dolayısıyla fazladan maliyetlere neden olur.	Yanlış İletişim, Zaman İsrafi, Maliyet Artışı

2.4. GELENEKSEL VE YALIN İNŞAAT KARŞILAŞTIRMASI

Çizelge 2.3. Geleneksel İnşaat ve Yalın İnşaat arasındaki farklar.

Geleneksel İnşaat	Dezavantaj	Yalın İnşaat
Çoğu zaman ekipler birbirlerine rakip pozisyonundadır ve iletişim kurmazlar.	İşlerin kesintiye uğraması Eksik/hatalı üretim	Ekiplerin ortak hedefi vardır. İş birliği içinde çalışırlar.
İş planı çizelgeleri önceden belirlenmiştir. Fakat inşaat projelerinde programlar hızlı yoldan çıkma riski barındırır. İletişim eksikliği ve plansızlık hataların meydana gelmesine sebep olur.	Maliyet aşımı Kalite düşüklüğü Eksik güvenlik	Tüm proje paydaşları iş birliği ve iletişim içinde çalıştıkları için daimi bir bilgi akışı vardır. Haftalık iş planları ile risklerin önüne geçerek program kontrollü sağlanır.
Ekiplerin performansı ödüllendirilir. Bu da rekabet ortamı doğurur. Bir ekip diğer bir ekibin işine zarar verebilir.	İşlerin kesintiye uğraması İletişim eksikliği İş birliği zayıflığı Bireysel çıkarılara odaklanma	Projenin tamamlanan bölümleri için tüm ekipler ödüllendirilir. Ekipler arasında kesintisiz iş akışı hedeflenir.
Planlama ve kontrol başarının anahtarı olarak görülür. Zaman, maliyet ve kapsam iyi bir kontrol ve planlama ile düzenlenir. Esneklik yoktur. Projeler benzersiz ve yöntemler otomotize edilemez olarak görülür.	Zaman israfı Maliyet aşımı Kalite düşüklüğü	Maliyet ve program kontrolü yerine değer katmaya odaklanır. Belirsizlik ve planlanmamış olayların üstesinden gelmek için esneklik ve öğrenmeye odaklanır.
Sonuçları bilinen ve kontrol ve planlama araçları kullanılır.	Yeniliklerden faydalanamama	Son teknoloji araçları kullanmaya teşvik eder.

2.5. YALIN PROJE TESLİM SİSTEMİ

2.5.1. Yalın Proje Teslim Sisteminin İşletilmesi

İnşaat sektörü uzun süredir tasarım ve inşaat sürecindeki eksikliklerin sebep olduğu projelerde gecikme, maliyet aşırımları, bitmiş inşaatlardaki kalite ve performans eksiklikleri ile yüzleşmektedir.

Tasarım ve belgelendirme eksiklikleri proje teslim yöntemlerinin sözleşmesel eksikliklerinin ana nedeni olarak görülmektedir.

Ballard ve Howell'a göre Yalın Proje Teslimi bu eksiklikleri gidermek, tasarım ve inşaat sürecini iyileştirmek için bir araç sağlar (Ballard & Howell 2003, Ballard 2000).

Yalın Proje Teslim Sistemi 2000 yılında ilk olarak Glenn Ballard tarafından tanıtılmıştır.

Geleneksel proje teslim sistemlerinin aksine, LPDS, projenin en başında ne yapılması gerektiğini ve görevden kimin sorumlu olduğunu sorgular.

Bu nedenle, aşağıdaki noktalar LPDS'in temel özellikleridir (Ballard, 2000).

- Proje, değer üreten bir süreç olarak yapılandırılır ve yönetilir
- Proje adımlarını çapraz fonksiyonel ekipler aracılığıyla planlamak ve tasarlamak için alt paydaşların erken katılımı
- Paydaşlar arasındaki bilgi ve malzeme akışını yönetmek için çekme teknikleri kullanılır.
- Tamponlar, küresel optimizasyon yoluyla üretim sistemindeki değişkenlikleri emmek için kullanılır

Geleneksel proje teslim yöntemleri inşaatçıların ve tasarımcıların rollerini ayırmış olsa da Yalın Proje Teslim Sistemi için durum tam tersidir. Koskela'ya göre tasarım ve inşaat profesyonellerinin faaliyetlerini üç temel hedefe ulaşmak için proje yönetimi için bir süreklilik olarak görmektedir (Koskela, 2000):

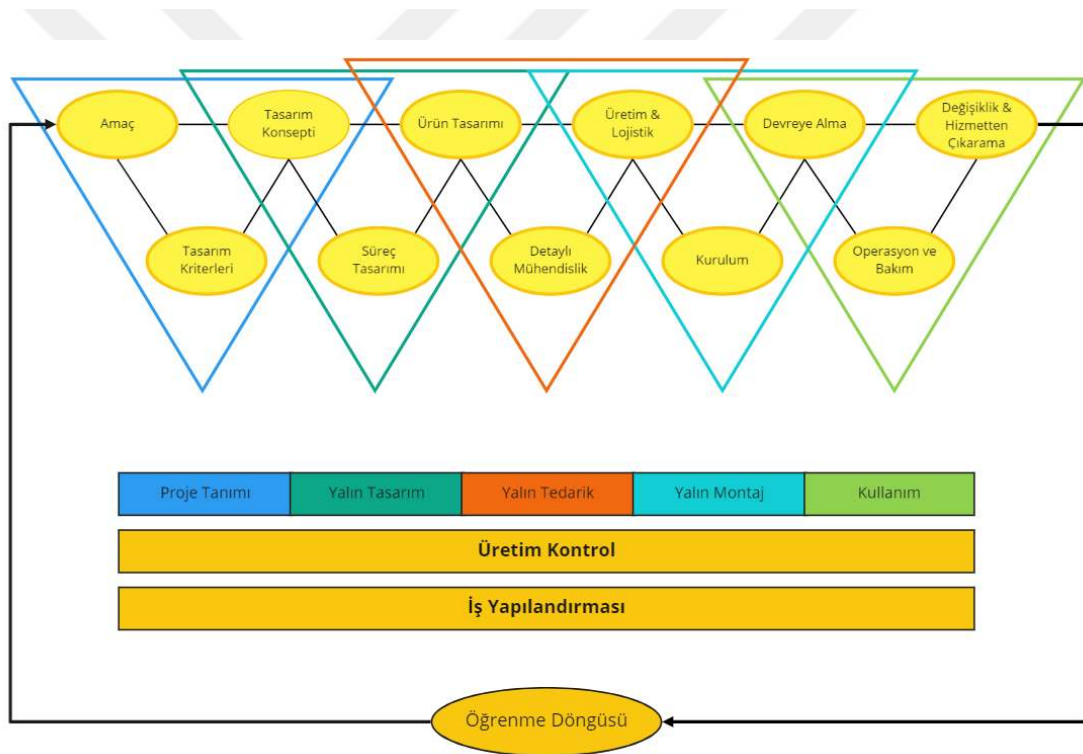
- Ürünü teslim etmek
- Değeri en üst düzeye çıkarmak
- Atıkları en aza indirmek

Yalın Proje Tesliminin temelinde yatan en önemli faktörlerden biri iş birliğidir.

2.5.2. Yalın Proje Teslim Sisteminin Yapısı

Yalın Proje Teslimi ön tasarımdan tamamlamaya ve kullanıma kadar tüm süreçleri kapsayan bir sistemdir. Forbes ve Ahmed'e göre üretim sistemi tasarım ilkelerini uygulayacak şekilde proje teslimini gerçekleştirmek için bir dizi aşamadan meydana gelir (Forbes & Ahmed, 2011).

1. Proje tanımı
2. Yalın tasarım
3. Yalın tedarik
4. Yalın montaj
5. Kullanım/tamamlama



Şekil 2.4. Lean Project Delivery System (Ballard, 2008).

Yalın Proje Teslim Sistemi modeli içinde barındırdığı her aşamayı birbirine geçmiş üçgenler ile ifade eder. Yani her aşama üç proje adımından oluşur. İfade edilen üçgenlerin birbirine geçmiş olması, modeldeki her aşamanın birbiriyle etkileşim halinde olduğunu göstermektedir. Böylelikle hangi aşamanın hangi adımda birbiriyle ilişki içinde olduğu gösterilmiş olur.

LPDS modeli, aşağıdaki özellikler aracılığıyla proje teslimini iyileştirir (Forbes & Ahmed, 2011):

1. Alt paydaşlar, çapraz işlevli ekipler aracılığıyla ön uç planlama ve tasarıma dahil olurlar.
2. Proje kontrolünün, olay sonrası varyans tespitine güvenmenin aksine yürütme işi vardır.
3. Çekme teknikleri, iş birliği yapan uzman ağları aracılığıyla malzeme ve bilgi akışını yönetmek için kullanılır.
4. Değişkenliği absorbe etmek için kapasite ve envanter tamponları kullanılır.
5. Geri bildirim döngüleri, hızlı sistem ayarına (yani öğrenme) adanmış her düzeyde dahil edilmiştir.

2.5.2.1. Proje Tanımı

Proje Tanımı aşaması; amaçlar, tasarım kriteri ve tasarım konsepti adımlarından oluşur.

Tüm tarafların mal sahibinin ihtiyaçlarını anlamalarını ve bu ihtiyaçları karşılamaya yönelik çalışmalarını sağlamak etkili bir proje tanımı yapmanın anahtarıdır.

Bu aşamada proje alternatifleri geliştirilir. Ballard'a göre, amaçlar (ne isteniyor), araçlar (ne sağlanmalı) ve kısıtlamalar (yer, zaman, maliyet, düzenlemeler) konuşma aracılığıyla netleştirilir (Ballard, 2008). Projenin riskleri ve maliyetleri analiz edilip finansal plan geliştirilir. Mal sahibinden alınan onay ile devam etme kararı alınır. Proje organizasyonu ve kontrolü için planlama yapılır.

Tasarımcılar, projenin amacı ve hizmet edilmesi gereken ihtiyaçların belirlenmesinde mal sahibine yardımcı olurlar.

Tasarım kriterleri, mal sahibinin ihtiyaçlarını ve isteklerini yansıtır. Mekânların kullanımları, büyüklükleri, enerji verimliliği ihtiyaçları, alan yakınlıkları gibi maddeleri içerir.

Tasarım konsepti, Yalın Tasarım aşamasının da bir parçasıdır ve iki aşamayı birbirine bağlar.

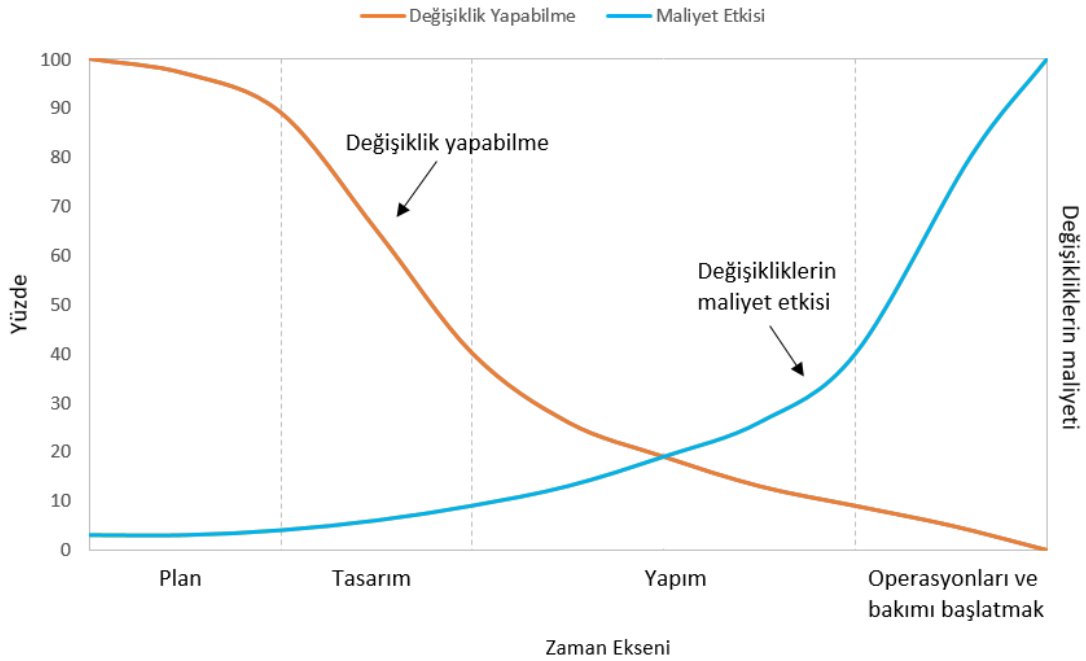
2.5.2.2. Yalın Tasarım

Yalın Tasarım aşaması, tasarım konsepti, süreç tasarımı ve ürün tasarımı adımlarından oluşur. Bu aşamada tasarım konseptine bağlı olarak eş zamanlı ürün ve süreç tasarımlarının geliştirilmesi için paydaşlar arasındaki görüşmeler devam eder.

Müşteri değerini en üst düzeye çıkarmak ve israfı en aza indirmek hedefleri doğrultusunda, tüm proje paydaşları birbirleriyle iş birliği ve etkileşim içinde kalarak ürün ve süreç için uygun kararları verir.

Bir proje tasarımında, karar verme süreçlerini oluşturan inşa edilebilirlik incelemeleri ve değer mühendisliği kavramları sürecin en temel öğeleri olarak ele alınır.

Crosby (1979), bir projenin farklı aşamalarında yeniden çalışmanın etkisinin “1/10/100” kuralı ile tanımlanabileceğini düşünmüştür. İnşaattaki bu kural, ön tasarım aşamasında yapılan değişikliklerin projeye 1\$, tasarım aşamasında 10\$ ve inşaatın başlamasından sonra 100\$'a kadar bir etkisi olacağı anlamına gelir. Yeniden işleme, proje tamamlandıktan sonra ertelenirse, daha önce alınmayan değişiklikleri uygulama maliyeti 1000\$ kadar yüksek olabilir (Crosby Philip 1979, Forbes & Ahmed 2011).



Şekil 2.5. Zamana göre değişiklik yapabilme ve değişikliklerin maliyete etkisi arasındaki ilişki (Forbes & Ahmed, 2011).

Şekil 2.5'te de görüldüğü gibi tasarım aşamasından sonra değişiklik yapma kabiliyeti düşer ve değişikliklerin maliyet etkisi artar. Tasarımın incelenmesi daha zor ve karmaşık bir hale geldiği için değişime direnç başlar ve uygun maliyetli çözümler geliştirmek zorlaşır.

Yalın tasarımı gerçekleştirmek için kullanılan en verimli araçlardan biri Bina Bilgi Modellemesi (BIM)'dir. Üretkenliği artırmak için genellikle 3 boyutlu, gerçek zamanlı,

dinamik bina modelleme yazılımı kullanır. Her tesis için, bina geometrisi, mekânsal ilişkiler, coğrafi bilgi ve bina bileşenlerinin miktarları ve özellikleri açısından temsil eden bir bina bilgi modeli oluşturulur (Forbes & Ahmed, 2011).

Tasarımcıların yalnızca farklı meslekler arasındaki olası tasarım çatışmalarını görselleştirmelerine ve bunlardan kaçınmalarına yardımcı olmakla kalmaz; aynı anda malzeme listeleri oluşturur. Tesis tasarımı ve inşaat ve imalat sürecini simüle etmek için üç boyutlu modelleme de kullanılabilir (Forbes & Ahmed, 2011).

2.5.2.3. *Yalın Tedarik*

Yalın Tedarik aşaması, ürün tasarımı, detaylı mühendislik, üretim ve lojistik adımlarından oluşmaktadır.

Bu aşamada envanteri en aza indirmek ve teslim süresini azaltmak için neyin gerekli olduğu ve ne zaman teslim edilmesi gerektiği önceden yapılan ürün ve süreç tasarımı sayesinde tanımlanır.

Yalın Proje Teslim Sistemi'nde tedarik iş akışının bir parçasıdır. Bu sayede proje gecikmelerinin ve inşaat kalitesindeki kayıpların önüne geçilir. İhtiyaç duyulan malzemeye ihtiyaç duyulan zamanda erişilir. İhtiyaç olmayan malzeme gereksiz yere stokta birikmez ve sermaye bağlanmaz. İnşaat atıklarının önüne geçilir.

Arbulu ve Koerckel'in üç ana yaklaşım buna örnektir (Arbulu, Koerckel & Espana, 2005):

1. İş akışı güvenilirliğinin iyileştirilmesi, kısıtların belirlenmesi ve kaldırılmasının sürdürülmesi
2. Değer akışları arasında şeffaflığı artırmak için web tabanlı proje yönetimi yazılımının kullanılması
3. Üretim iş akışını malzeme tedariki ile ilişkilendirmek.

2.5.2.4. *Yalın Montaj*

Yalın Montaj aşaması, imalat ve lojistik, kurulum ve devreye alma adımlarından oluşur.

Bu aşamada malzemeler, sistemler ve bileşenler yerine konur. Değişiklik emirlerini ve yeniden çalışmayı önlemek için inşaat faaliyetleri 'son sorumlu anda' gerçekleştirilir.

Prefabrikasyon, bir müteahhittin saha imalatında gerekli olan katma değeri olmayan birçok adımı azaltarak yalın bir şekilde çalışmasını sağlayan bir üretim tekniğidir. Saha

çalışması, hava durumu gibi belirsiz koşullar ve vasıflı işgücü, malzeme ve ekipmanın mevcudiyetindeki sınırlamalarla uğraşırken, atölye üretimi öngörülebilir, kontrollü bir ortamdan yararlanır (Forbes & Ahmed, 2011).

Devreye alma süreci, bir tesis tamamlanmadan ve mal sahibine teslim edilmeden önce, tasarımcının hazırlamış olduğu plana ve özelliklere uygun olarak taahhüt edildiği şekilde kurulmasıdır. Bu aynı zamanda kalite güvencesini sağlamaktadır. Tesis sahibinin proje gereksinimlerini (OPR) karşılaması ve beklendiği gibi çalışması olasılığını arttırarak kullanıcı memnuniyetini sağlamasına olanak tanır.

2.5.2.5. Kullanım/Tamamlama

Kullanım tamamlanmış bir tesisi ifade eder ve son kullanıcı değerlerinden oluşur. İşletme, bakım, değişiklik ve hizmetten çıkarma ile ilgili bilgiler projenin başlangıcından itibaren dikkate alınarak en yüksek müşteri değeri ve en düşük maliyet sağlanır.

Geleneksel proje teslim yöntemlerinde genellikle bu aşama sürecin parçası olmadığı için memnun olmayan son kullanıcılar ortaya çıkar. Bu nedenle LPDS'de bu aşamaya devam etmek çok önemlidir.

Tadilat ve Hizmetten Çıkarma, tesisin gelecekte bir durumda onarılabileceği, yenilenebileceği ya da hizmet dışı bırakılabileceğini ifade eder.

2.5.2.6. Üretim Kontrolü ve İş Yapılandırması

Şemada gösterildiği gibi (Şekil 2.4) üretim kontrolü ve iş yapılandırması, proje boyunca üretimi yönetmek için kullanılır.

İş yapılandırması terimi, Yalın İnşaat Enstitüsü (Ballard, 1999) tarafından inşaatla ilgili süreç tasarımı tanımlamak için geliştirilmiştir. Akışı ve verimi arttırmak, projeye fayda sağlamak için işin daha küçük parçalara bölünerek güvenilir iş akışları elde etme sürecidir. Böylelikle iş parçalarının organize edilip yürütülmesi daha kolay hale gelir, hata yapma olasılığı düşer ve takibi kolaylaşır.

Üretim Kontrolü, iş akışı ve üretim birimlerine odaklanır ve bunları yönetmek için ileriye dönük süreçleri kullanır (Tsao, 1996). Amacı planların yürütülmesini yönetmektir.

2.5.2.7. Öğrenme Döngüsü

Öğrenme döngüsü, gerektiğinde sistemi her adımda ve aşamada öğrenmenin ve ayarlamaların mümkün olduğunu gösterir.

“Öğrenme döngüleri”, PPC değerlerini ve taahhüt güvenilirliğini gözden geçirmek için haftalık olarak LPS'ye kök neden analizinin uygulanmasını ifade eder. Öğrenme, aynı zamanda, bir tesisin doluluk/kabulden sonra, projenin yürütülmesi sırasında alınan kararların sonuçlarını gözden geçirmek için incelendiği, doluluk sonrası değerlendirme süreci yoluyla da gerçekleştirilir. POE, proje katılımcılarının geçmişten öğrenmelerini sağlar.

Yalın Proje Teslimi, ortak bir hedefin peşinde koşan mal sahibi, tasarımcı, inşaatçı ve diğer kritik katılımcıları içeren tek bir entegre ekip bağlamında iş birliğini teşvik eder (Mossman, Ballard & Pasquire, 2010). Bunu başarmak için, organizasyon yapısı iş birliği içinde çalışan ekiplerin oluşumu altında düşünülür, ticari şartlar veya sözleşme türü ekip çalışmasını teşvik edecek şekilde geliştirilir ve bu nedenle işletim sistemi ekip çalışmasını kolaylaştırmak ve yalın ilkeleri uygulayabilmek için araçlar ve yöntemler kullanmalıdır (Alarcón, Mesa & Howell, 2013).

Yalın İnşaat Enstitüsü, üç alanı bir araya getiren temel uygulamalar geliştirmiştir. LPD yaklaşımı altında kullanılan ana yöntemler şunlardır (Alarcón vd., 2013):

- Last Planner System
- Target Value Design
- Set-Based design

2.5.3. Set-Based Design – SBD (Küme Tabanlı Tasarım)

Küme Tabanlı Tasarım, inşa edilebilirliği iyileştiren alternatiflerin değerlendirilmesine izin vermek için tasarım kararlarını “son sorumlu ana” erteleyen bir yaklaşımdır (Forbes & Ahmed, 2011). Küme Tabanlı Tasarım'ı anlayabilmek için önce Nokta Tabanlı Tasarım olarak bilinen geleneksel tasarım sürecini incelememiz gerekiyor.

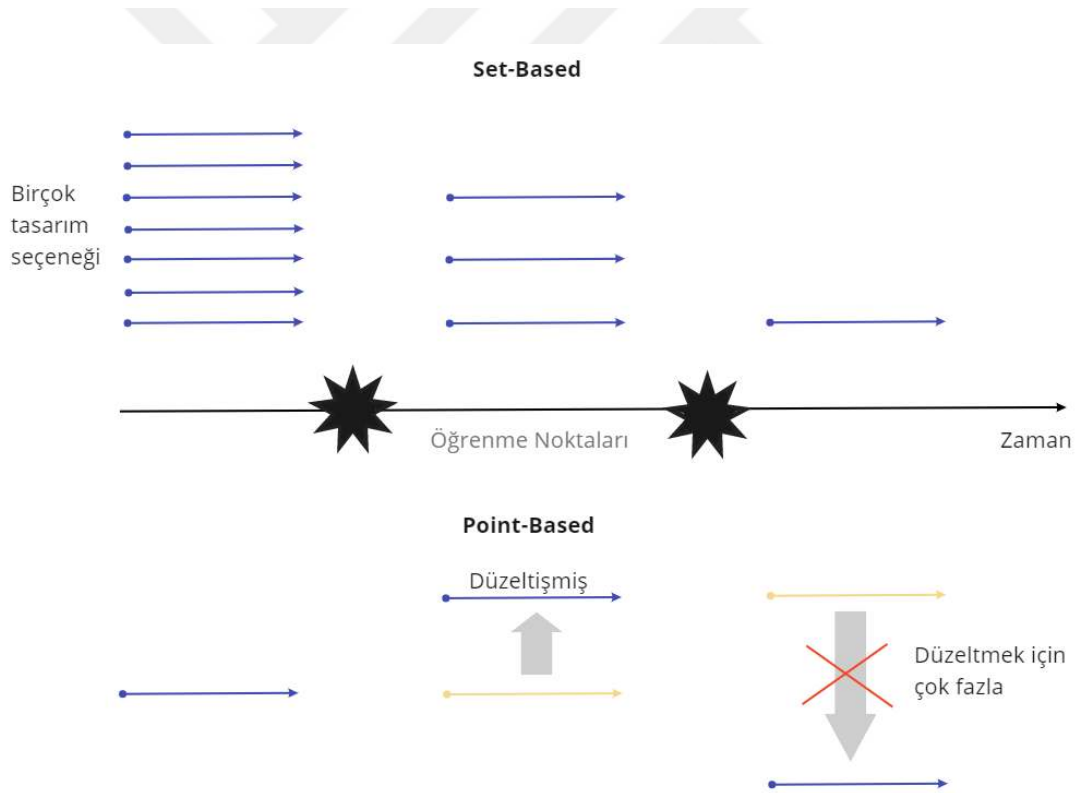
Doğrusal bir süreç izleyen Nokta Tabanlı Tasarım, bir dizi gereksinim ve tek bir tasarım stratejisiyle başlar ve daha sonra tasarım stratejisinin daha detayına doğru ilerler. Genellikle, son teslim tarihi yaklaştıkça büyük ölçüde sorunla mücadele, yeniden çalışma gerektiren yanlış kararlar ve doğru stratejilerin geç keşfine sebep olur. Bu kısa yollar, kaçırılan son teslim tarihleri ve program taahhütleri, kaliteden verilen ödünlerle sonuçlanır.

Küme Tabanlı Tasarım'da ise çok çeşitli olası seçeneklere bakar ve ekipler ancak yeterli bilgi ve veriye sahip olduktan sonra karar verirler. Olası tasarım stratejileri kesin bir

çözüme yaklaşana kadar kademeli olarak daraltılırlar. Son sorumlu anda karar verilerek seçeneklerden biri seçilir.

Küme Tabanlı Tasarım sürecinin birkaç ilkesi (Sobek, Ward & Liker, 1999):

1. Uygun bölgeleri tanımlayın.
2. Birden fazla alternatif tasarlayarak ödünleşimleri keşfedin.
3. Olasılık kümelerini iletin.
4. Uygun kümelerin kesişimlerini arayın.
5. Minimum kısıtlama uygulayın.
6. Ayrıntıyı artırırken kademeli olarak dar kümeler.
7. Bir kez taahhüt edildiğinde setlerin içinde kalın.
8. Son Sorumlu Anında karar/seçim yapın



şekil 2.6. Set-Based Design ve Point-Based Design karşılaştırması.

2.5.4. Target Value Design – TVD (Hedef Değer Tasarımı)

Hedef Değer Tasarımı (TVD), yeni ürün geliştirmede kullanılan stratejik bir kar planlama uygulaması olan Hedef Maliyetlemenin bir uyarlamasıdır (Cooper & Slagmulder, 1997).

“Hedef Değer Tasarımı” terimi daha sonra John Barberio tarafından, uygulamanın yalnızca maliyetin düşürülmesiyle değil, müşteriye uygun değer sunulmasını sağlamak için motive edildiğini vurgulamak için icat edildi (Macomber, Howell & Barberio, 2007).

TVD, önce tasarlayıp sonra inşa edilebilirliği denetlemek yerine, tasarımcıların tasarımlarına inşa edilebilirlik eklemelerini ve ilk seferde doğru tasarımı yapmalarını önerir.

TVD, çeşitli disiplinlerin sürekli iş birliği ve temas halinde olarak eşzamanlı tasarım yapmayı önerir. Tek başına tasarladıktan sonra grup incelemeleri yapmak ve kararlar almak yerine sorunları tanımlamak ve kararlar üretmek için bir arada çalışan ve alınan kararlara göre tasarım yapan bir ekip oluşturur.

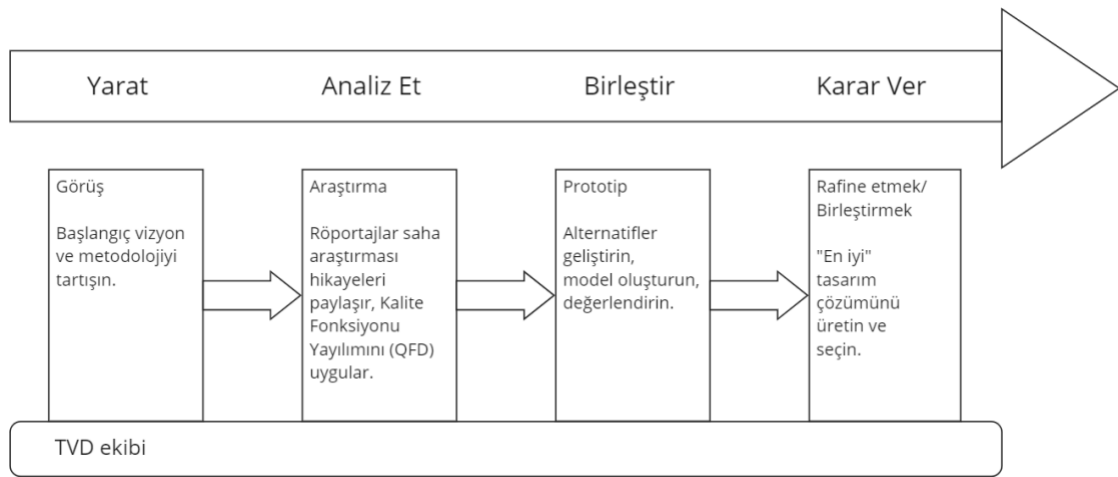
TDV, tasarımcılara, mal sahibi ve tasarımı yürütecek yüklenicilerle bir araya gelme ve tasarım hakkında görüşme imkânı sunar.

TVD'nin asıl amacı, bir projedeki tüm paydaşlara maksimum değerde bir fayda sağlamak için projenin finansal, fiziki ve sosyal kısıtlamalarına optimum çözümler sunmaktır.

Tasarım sürecindeki hedef değeri sağlamak için uygulanması gereken adımlar:

- Mal sahibi ve yüklenici, endişeleri ortadan kaldırmak, değer ne olduğuna karar vermek ve nasıl üretileceğini belirlemek için bir araya gelir. Tasarım süreci boyunca mal sahibi ile tasarımcı arasında iletişim devam eder.
- Gecikmeyi ve yeniden tasarlamayı önlemek için proje işbirliği içinde planlanır.
- Tasarım ekibi üyeleri büyük bir odada bir arada çalışır. Böylelikle sürekli iletişim ve işbirliği halinde kalırlar. Bu şekilde önemli kararlar anlık olarak hızlı bir şekilde alınabilir.
- Hedef değer belirlendikten sonra ayrıntılı bir tahmine göre tasarım yapılır. Tasarım bütçeyi aşmamalıdır. Mal sahibinin hedef değerine göre oluşturulan tasarım alternatiflerinin bütçelerini değerlendirmek için bir mekanizma kurulmalıdır.
- Eşzamanlı tasarım ilkeleri uygulanmalıdır. Mimarlar, mühendisler, yükleniciler, alt yükleniciler, mal sahibi işbirliği içinde sürece dâhil olmalıdır. Tasarlarken tamamlanmış işlerin onaylanması uygulaması benimsenir.

- Sekiz veya daha az kişiden oluşan küçük gruplar halinde çalışılmalıdır. Bu şekilde grup dinamikleri öğrenmeye ve yeniliğe daha elverişli hale gelir. Meslektaş dayanışması sayesinde güven ortamı oluşturmak kolaylaşır. İletişim ve koordinasyon artar.
- Müşterinin neye değer verdiğine dikkat edebilmek adına, tasarım ve detayı kullanacak olan müşteriye göre sıralanmalıdır.
- Öğrenme ve yenilik için tasarım fikirlerine önderlik edilmelidir. Ekibin şaşırtıcı bir şey öğrenmesi ve üretmesi, mevcut planı bozacak ve daha fazla yeniden planlama gerektirecek tasarımlar yapması beklenmelidir.
- Süreç boyunca geriye dönük incelemeler yapılmalıdır. Düşünme, öğrenme ve sürekli iyileştirme için tüm proje katılımcıları dahil edilerek, her proje döngüsünün sonunda sonuçlar hakkında konuşmalar yapılmalıdır.



Şekil 2.7.Target Value Design süreçleri (Forbes & Ahmed, 2011).

Kritik bir gereklilik, çok sık gerçek zamanlı güncellemelerle ilerledikçe tasarım çalışmasına ayak uydurmak için maliyet tahminidir. Bu yaklaşım, oldukça doğrusal olan geleneksel uygulamadan önemli ölçüde farklıdır. Bütçe, tasarımın bir sonucu olmaktan çok tasarım üzerinde bir etki haline gelir (Forbes & Ahmed, 2011).

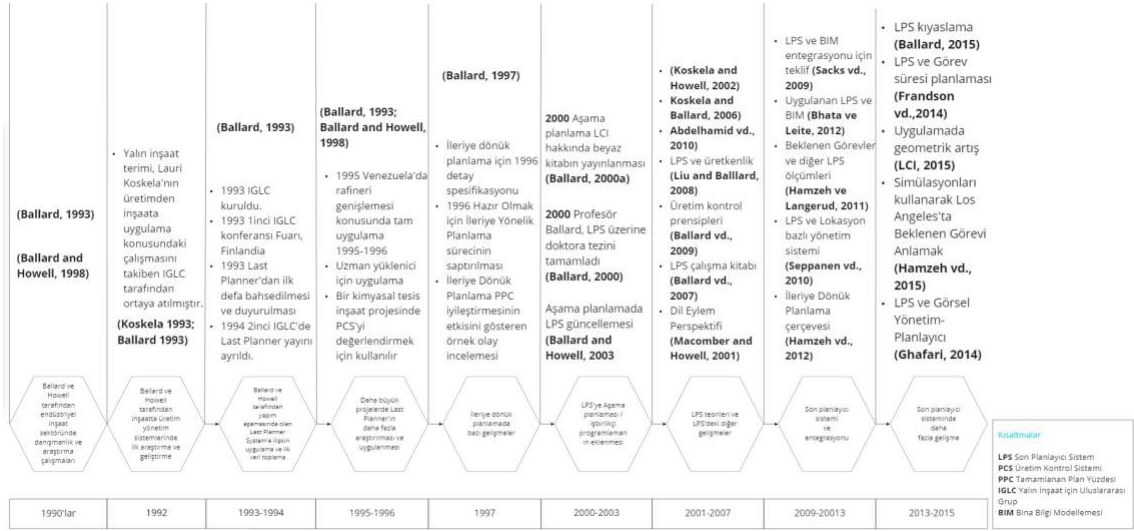
2.5.5. Last Planner System™ – LPS (Son Planlayıcı Sistem)

2.5.5.1. Gelişimi ve Tarihi

Last Planner sistemi 1992 yılında Lean Construction Institute tarafından geliştirilmiştir. İnşaat uygulayıcıları tarafından özellikle inşaat sektörü için geliştirilmiş bir yaklaşımdır.

LPS'nin ilk ilkeleri şunlardı: (1) iş akışını iyileştirmek ve (2) plan güvenilirliğini ve öngörülebilirliğini geliştirmek (Ballard 1993, Ballard 2000).

LPS'nin inşaat projelerinde ilk denemeleri ve uygulamaları 1993 ve 1994 yılları arasında gerçekleşti ve sistemin tam olarak uygulanması 1995 ve 1996 yılları arasında Venezuela'daki büyük bir rafineri projesinde gerçekleştirildi (Ballard 1993, Ballard & Howell 1998).



Şekil 2.8. Last Planner System zaman çizelgesi (Daniel, Pasquire & Dickens, 2015).

Last Planner™ terimi, Lean Construction Institute'nün tescilli ticari markasıdır. Bu nedenle bir belgede ilk kullanıldığında “™” sembolü görünmelidir.

LPS'ye göre bir projede üretim kontrolü, planlanan hedeflere yönelik çalışmaları desteklemek, planlanan iş akışı doğrultusunda ilerleyebilmek için izlenmesi gereken adımları planlanan şekilde uygulamak ve akışın bir anında uygulanamaz bir adımla karşılaşıldığında hedefe ulaşmak için alternatif yolların belirlenebilmesi için son derece önemli bir yöntemler bütünüdür.

LPS, yalın davranışlara açılan bir kapı ve yalın proje tesliminin 5 temelidir (Ballard 2008, Fauchier & Da Alves 2013).

Bir faaliyetin gecikmesi bir sonraki faaliyetin tamamlanmasını doğrudan etkilediğinden dolayı, iş akışındaki değişkenlikler yalın uygulamaları büyük oranda etkiler. LPS, yalın yöntemleri kullanarak proje kontrolünü sağlar iş akışını optimize eder ve hızlı öğrenmeyi geliştirir. Görevleri yerine getirmek için emek ve malzeme kaynaklarını en iyi şekilde eşleştirir.

Ballard (2000) tarafından geliştirilen LPS tekniğinde, kararlar merkezden uzaklaştırılarak işin direkt içinde olan ekiplere görevlerin detaylarını planlamak ve programlamak için yetki verilir ve böylece son planlayıcı olurlar.

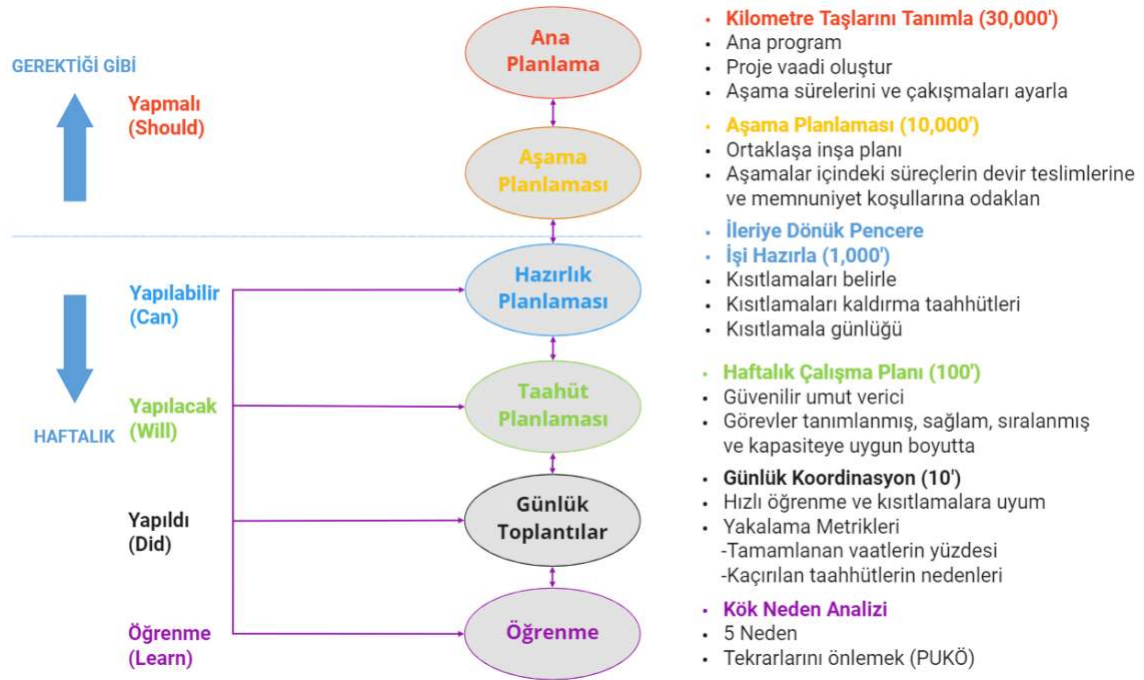
Son planlayıcı, ekipte çalışanların son görevlendirmelerini yaparken bu görevleri tamamlamaları için gerekli olan bilgi, malzeme ve ekipmanın tedarikinden sorumlu olan kişidir.

Tasarım aşamasında son planlayıcılar, mimar ve mühendislik proje yöneticileridir. İnşaat aşamasında, yüklenici ekipleri için ustabaşılardır. Howell'a göre, ustabaşılardan kararlaştırılan kriterleri karşılamayan göreve hayır deme yetkileri vardır (Howell, 1999).

Prensipeler:

- Varsayım: İnşaat proje iş planları gerçekten tahmindir, diğer yandan tahminler genellikle yanlıştır.
- Planlama, işi yapmaya yaklaştıkça daha ayrıntılı hale gelir.
- İş yapacak kişilerle iş birliği içinde planlar yapılır.
- Kısıtlamalar bir ekip çalışmasıyla belirlenmeli ve kaldırılmalıdır.
- İnşaat ekibi üyeleri güvenilir sözler vermelidir.
- Plan başarısızlıkları/bozulmaları, olumsuz eylemler için değil, öğrenme için bir fırsat olarak değerlendirilmelidir.

2.5.5.2. LPS'nin Beş Seviyesi



Şekil 2.9. Last Planner System'in Beş Seviyesi (Ebbs, 2017).

LPS, üretim planlama ve kontrol seviyesinde kullanılan ve birbirine bağlı beş parçadan oluşan bir sistemdir. Herhangi bir parçanın atlanması ya da bir şekilde eksikliği durumunda sistemin hedefine ulaşabilme kabiliyeti ortadan kalkar. LPS'nin proje üzerindeki etkinliğinin artması, her aşamadaki ekiplerin bu sistem içerisindeki tüm unsurları eksiksiz yerine getirmesine bağlıdır.

LPS, iş akışı üzerinde yoğunlaşarak proje içerisindeki yetkinlik derecesi yüksek kişilerce devredilen ve devralınan işlerin sayısını ve çeşitliliğini azaltmayı hedefler. Böylece projenin istikrarını korumayı amaçlar.

Beş Seviye

Bu beş seviye; 'yapmalı - yapabilir - yapacak - yaptı - öğrenme' (Should-Can-Will-Did-Learn) şeklinde sınıflandırılır (Şekil 2.9).

- Çekme planlaması, üretim sistem tasarımı için yapılması gerekenlerin belirlendiği süreçtir.
- Hazır planlama ile yaklaşmakta olan bir iş yapılabilir seviyesine gelir.
- Haftalık iş planlaması, o hafta içinde yapılacak işler için ekiplerden alınan sözler ile oluşturulur.

- Günlük taahhüt yönetimi, planlama çerçevesinde görevlendirmeler yapan son planlayıcının taahhüt ettiği işlerin bitirilmesi amaçlanır.
- Son planlayıcılar kendi performanslarını değerlendirebilmek, aldıkları geri dönüşlerle öğrenme seviyesini oluşturabilmek için en az haftada bir kez belirli bir zaman ayırırlar.

LPS koçları Dan Fauchier ve Dave Umstot, LPS'nin SHOULD, CAN ve WILL düzeylerini, çeşitli irtifalarda bir uçaktan dışarı bakarken gördüğünüz ayrıntı düzeyiyle karşılaştırır- uçak yere ne kadar yakın olursa o kadar fazla ayrıntı görebilirsiniz.

Seviye 1: Ne yapılmalıdır?

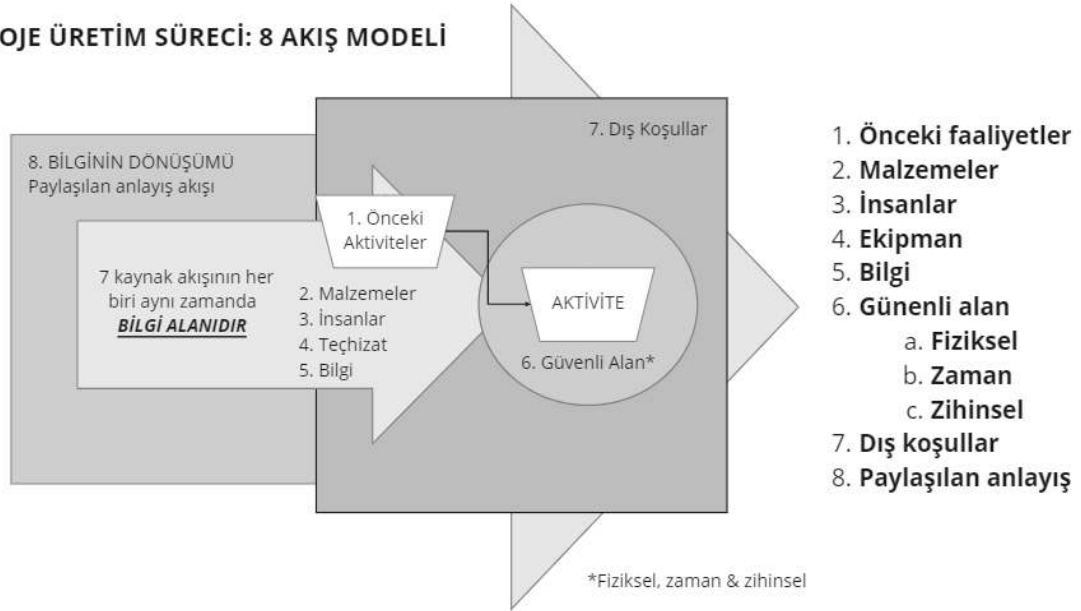
İlk seviye yaklaşık 2 ay sürer ve tüm proje için kilometre taşları ve tahmini aşama planlamasını içerir. Çekme planlaması aşaması, proje stratejilerini belirlemek, devir olacak işleri ve işlerin kabulü için maksimum faydayı sağlayacak koşulları - Memnuniyet Koşulları (CoS) - belirlemek için kullanılır. Bu aşama sürecinde son planlayıcıların yürüttükleri çalışmalar ve bu çalışmaların birbirleriyle olan ilişkisi de gözlemlenmiş olur. Buradaki amaç, proje teslim sürecinin tüm paydaşlar tarafından ortak bir paydada buluşularak gerekli iş birliğinin sağlanması ve bu planlamanın koordineli bir şekilde ilerletilmesidir. Çekme planlaması, projenin belirli kilometre taşları üzerinde geriye doğru bir anlayış ile hareket ederek istenmeyen durumların daha önceden tespit edilmesini sağlar. Bu istenmeyen durumlar; ön uç planlama ve satın alma süreçleri arasındaki herhangi bir sözleşmedeki gri alanlar ya da proje kapsamında oluşmuş boşluklar olarak örneklendirilebilir. Bu gibi istenmeyen durumları kazanç haline getirebilmek de onların erken tespitiyle mümkün olabilmektedir. Erken tespit edilen bir terslik, iş üzerinde değil planlama aşamasında alternatif çözümler aranmasını sağlayarak olası maliyetlerin önüne geçilmesini sağlar.

Seviye 2: Ne yapılabilir?

İnşaat projelerinde yoğunlukla altı haftalık planlar yapılarak ilerlenir. Ancak LPS ile ileriye dönük hedeflenen noktalara ulaşılma için hazır planlamalar yapılır. Klasik yöntemde planlama aşamasında 'Bu iş başlanmaya hazır mı?' sorusu sorulurken, LPS'de her aşama kendi özelindeki kısıtlamalar çerçevesinde incelenir ve her aşamada izlenecek yol engellerinden arındırılmaya çalışılır. Şekil 2.10'da görüldüğü üzere Yalın İnşaatın 8 akışı şemasında aktiviteler birbirlerini tetiklerken her bir aktivite daha ayrıntılı olarak planlanmaktadır. Bu aktivitelerin planlanan şekilde gerçekleştirilmesi 'Yapılması

Gereken' işlerin yapılabilirliğini sağlar. Projedeki iş akışının tamamının kuş bakışı görünmesini sağlar. Planlamalardaki sürenin uzunluğu süreç içerisindeki kısıtlamaların ortadan kaldırılması için gereken süreye göre değişiklik göstermektedir. Bu planlamalar genellikle 6-8 hafta sürmektedir.

PROJE ÜRETİM SÜRECİ: 8 AKIŞ MODELİ



Şekil 2.10.Yalın İnşaatın 8 Akışı (Pasquire, 2012).

Seviye 3: Ne yapılacak?

Güvenilirliği yüksek haftalık bir çalışma planı (WWP), yapılacak tüm aktivitelerin kısıtları ortadan kaldırıldığı ya da minimize edildiği için hazır plan üzerinden gelişir. Sonrasında devam edecek iki hafta için benzer güvenilirlikte taahhütler verilerek öngörüsü ve yapılabilirliği yüksek işler tanımlanır. Güvenilir bir taahhüt, bir işin belirtilen zaman aralığında yapılacağı ve bu süreçte değişkenlik gösterebilecek bir kısıtlama varsa o kısıtlamaya göre gecikeceği ya da yapılamayacağı şeklinde daha ayrıntılı olarak verilir. Devam eden haftalar içinse gerçekçi tahminler yapılmasının zorlaşacağından geri kalan dönem için taahhütte bulunulmaz.

Güvenilir bir taahhüt verebilmek için beş gereklilik söz konusudur. Aşağıdaki kural niteliğinde gereklilikler göz önüne alındığında, Son planlayıcılar, bir işin gerçekleştirilmesi için net olmayan bir koşul gördüklerinde işin yapılamayacağını ifade etmelidir. Bu sayede o aşamadaki iş için yeniden inceleme ve çözüm yolları geliştirme sürecini başlatır. Tam tersi yani son planlayıcıların gereken nitelikleri göz ardı etmesi ve

1. Söz vermeden önce yetkinliğe erişin
2. Memnuniyet koşulunu anlayın
3. Tamamlanması için gerçekçi bir süre, kalite/güvenlik hususları vb.
4. Kapasitenin mevcut olduğundan ve tahsis edildiğinden emin olun
5. Sözle çelişen konuşulmamış konuşmaların yapılmadığından emin olun
6. Başarısızlığın sorumluluğunu kabul edin ve öğrenme sürecini yeniden gözden geçirin

[illegible]

Seviye 4: Ne yapıldı?

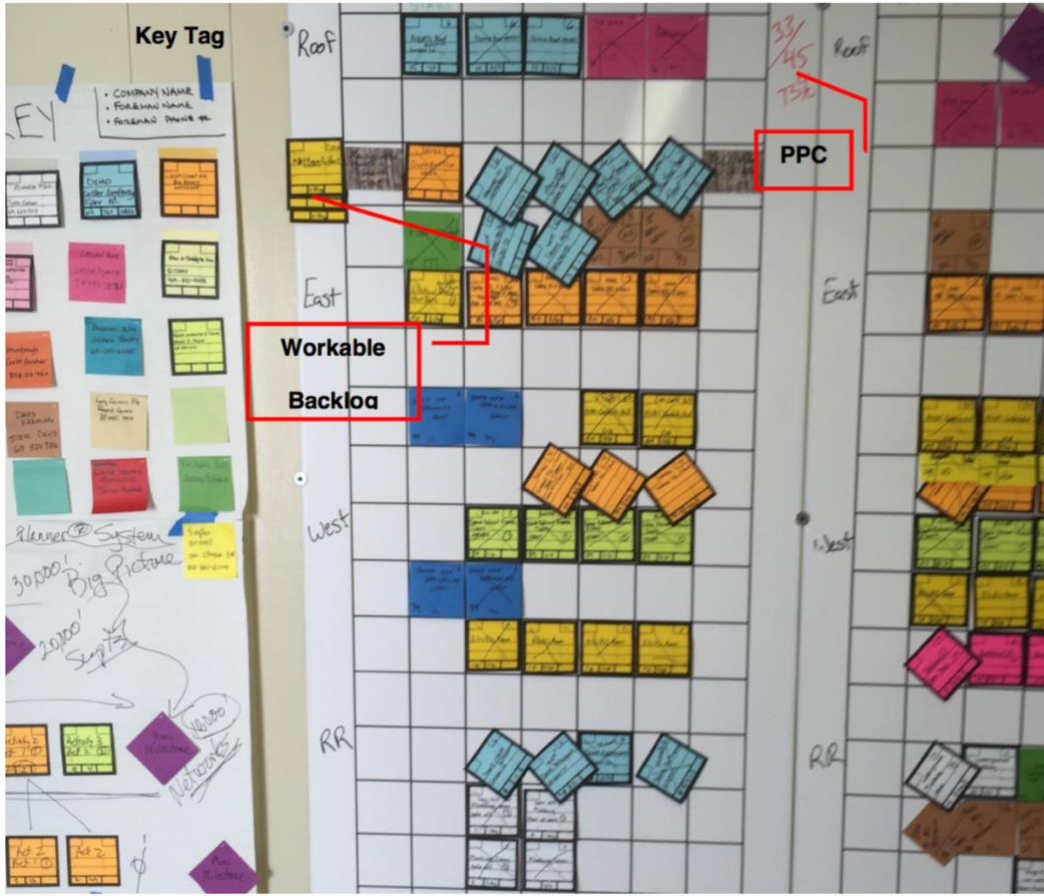
26

işin %100 tamamlandığını onaylayabildiklerinde 'bitti' olarak işaretler. İş ilk seferde eksiksiz bir şekilde tamamlandığı ya da devredildiği için aynı işe tekrar dönüp yeniden çalışmanın önüne geçer.

4. Seviyede ilerlendikçe yeni kısıtlamalarla karşılaşılır. Güvenilir bir iş akışını sağlayabilmek için her yeni kısıtlamayı dikkatlice analiz etmek gerekir. Ekibin çalışma performansını değerlendirebilmek için günlük olarak PPC hesaplamaları yapılarak Pareto çizelgeleri yardımıyla haftalık gidişat izlenir. Bu ekip içi ve ekipler arası koordinasyon için hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmalar sayesinde proje içinde kaçırılacak taahhütler önceden tespit edilebilmektedir. Kaçırılan taahhüt nedeni (RMC) kategori listesi, sistem sorunlarını yansıtmalıdır. RMC listesi her ekip özelinde, çalıştıkları konulara göre farklılık gösterir. Ayrıca LPS'nin kullanıldığı projenin türüne ve o projede içinde bulunan aşamaya göre de değişecektir. Şekil 2.12'de klasik bir inşaat aşaması örneği bulunmaktadır. Örnekte RMC listesine atanan numaralar ve kaçırılan her taahhüt için kendi etiketinin arkasına kaydedilerek gösterilir (Şekil 2.12'deki elmas şekiller). Süreç içerisinde karşılaşılan en büyük etkiye sahip problemler, o konuya özel bir kök neden analizi çalışmasıyla en kısa süre içinde araştırılır.

1. Kötü planlama
2. Önceki çalışma
3. Tasarım sorunu
4. Başarısız inceleme
5. Malzemeler mevcut değil
6. Ekipman mevcut değil
7. İşçilik mevcut değil
8. Bilgi mevcut değil/güncellendi
9. Gönderimler/onaylar
10. Sözleşmeler/değişiklik emirleri
11. Hava Durumu
12. Unuttum
13. Öngörülemeyen koşullar

14. Yanlış anlama/belirsiz CoS



Şekil 2.12. Haftalık Çalışma Planı panosu (Ebbs, 2017).

Seviye 5: Takımın neden öğrenmesi gerekiyor?

Planlanan üzerindeki başarısızlıklardan öğrenmek (kök neden analizi), aynı süreç içerisinde benzer sorunlar ile karşılaşılmasında için büyük önem taşıyan çalışmalardır. Bu çalışmalar öncelikle iş akışını daha genelde de proje için birer iyileştirme olarak tanımlanır. Şekil 2.9'daki mor renkli oklar, proje aşamaları arasındaki öğrenmenin nasıl gerçekleştiğini göstermektedir. Bu öğrenme, projede nelerin iyi olduğu, nelerin iyileştirilebileceği, aktiviteler sonucu çıkarımlar (bu aşamada ne öğrendik?), RMC'lerde neden analizi ve konu özelinde yapılmış kök neden analizi çıktıları sayesinde gerçekleşir.

2.5.5.3. LPS Adımları

Son Planlayıcı Sistem bütünsel bir sistemdir. Yalın proje, planlama ve yürütmeyi uygulamak için her bir adımına ihtiyaç vardır. Beş ana parçadan oluşur.

1. Ana Program

2. Aşama Planlaması
3. İleriye Dönük Planlama
4. Haftalık Çalışma Planı
5. Öğrenme

Ana Program

Projenin en başında yapılır. Ana program projenin aşamaları ve kilometre taşlarını belirlemeye odaklanmıştır. Belirlenen kilometre taşları projenin başarılı olması durumunda hızını ölçmeye yardımcı olur. Ana planlama çizelgesinin geliştirilmesine hem tasarım hem inşaat aşamasındaki son planlayıcılar katılır.

Aşama Planlaması

Aşama planlaması, her aşamanın başlangıcından iki ila üç ay önce yapılır. Ana program boyunca belirlenen aşamalar için başlangıç ve bitiş kilometre taşlarıyla birlikte işin boyutuna ve karmaşıklığına bağlı olarak projenin aşama dağılımı belirlenecektir. Son planlayıcılar, iki dönüm noktası arasında yapılacak tüm çalışmaların nasıl tamamlanacağı konusunda aralarında anlaşarak aşama planlamasını yaparlar. Bunun için çekme planlama yaklaşımı kullanırlar ve birbirleriyle yaptıkları talep ve taahhütlerin sırası hakkında çok net olurlar. Çekme planlaması yaklaşımı, bir aşamayı tamamlamak için gereken son koşulla başlar. Akışı geliştirmeye yönelik merkezi bir yalın uygulamayı takip ederek, bir dizi müşteri talebi ve işi yerine getiren kişi aracılığıyla iş akışını oluşturur, işin bir işleminden diğerine nasıl geçeceğine tanımlar.

İleriye Dönük Planlama

İleriye dönük planlama, işin yapılabilmesini sağlamaya odaklanır ve iş akışı kontrolü için kullanılır. Bu sayede ekipler hangi görevin hazır hale getirilmesi gerektiğine odaklanabilir. 6-8 haftalık bir süreye dayanan aşama planlamasından türetilir ve genelde altı hafta ileriye bakar. Karmaşık projelerde daha uzun bir zaman aralığına ihtiyaç olabilir.

İleriye dönük planlama sayesinde son planlayıcılar, yaklaşan görevlere ilişkin kısıtlamalar olup olmadığını değerlendirebilir ve takip edebilirler. Kısıtlamalar; işçilik, malzeme, ekipman temini, inşaatla ilişkin evrak işleri, onaylar ve izinler gibi planlanmış bir görevin tamamlanmasını engelleyen koşullardır.

İleriye dönük planlamada işin daha iyi anlaşılması için aşama planlaması esnasında belirlenen görevler daha ayrıntılı şekilde incelenir. Bu sebeple proje ekiplerinin planlamaya katılması büyük önem taşır. Yetersiz bir plan iş akışı aksamalarındaki en önemli faktörlerden biridir.

Haftalık Çalışma Planı

Haftalık çalışma planı, ileriye dönük planlamadan türetilmiştir ve ayrıntılı bir iş planı oluşturulmasını sağlar. Son planlayıcılar ya da projenin karmaşıklığına bağlı olarak tasarım ekibi liderleri, yükleniciler, alt yükleniciler, kontrol ekibi de dâhil edilerek, aralarında yaptıkları görüşmeler ile planı haftalık olarak güncellerler.

Haftalık çalışma planında, aşama planlaması temel alınarak, her son planlayıcının ne yapacağına odaklanılır. Her son planlayıcının ekiplerinin planlanan haftanın her gününde tamamlayacakları görevler belirlenir. Bu hususta, planın ortak bir şekilde geliştirilebilmesi için ekipler arasındaki güven son derece önemlidir.

Öğrenme

Öğrenme, ekibin yaptıklarından öğrenmeye odaklanır ve yalın proje ekipleri için günlük bir eylemdir. Günlük olarak yapılan kısa stand-up toplantılarında, son planlayıcılar ekiplerin o gün planlanan işi tamamlamayı tamamlamadığını, eğer tamamlayamamışsa o hafta için planda kalmak için gereken düzenlemeleri konuşurlar. Planda oluşan aksaklıkların günlük olarak konuşulup düzenlenmesi çok önemlidir. Günlük planlamalar, aylık ve haftalık planlamalara göre çok daha kolaydır ve kısa sürede çözümlenebilir. Bu nedenle atlanmaması çok önemlidir.

Haftalık toplantılar da yine öğrenme için büyük katkı sağlar. Bu toplantılarda ekiplerin önceki haftadaki performansı değerlendirilir. Düşük performansın nedenlerini belirlemek için kök neden analizi yapılır ve kazanılan bilgiler, toplantıdan öğrenilen bilgiler ile sonraki haftalarda iş atamalarında kullanılan süreç iyileştirilir.

Birkaç temel ölçütün analizi yoluyla da Son Planlayıcı Sistem öğrenme fırsatı sunar. Planlanan Tamamlanma Yüzdesi, Hazır Yapılmış Görevler ve Beklenen Görevler bu analizlere örnektir. Planlanan Tamamlanma Yüzdesi; bir hafta içinde %100 tamamlamaya dayalıdır ve haftalık planlı görevlerin yüzdesinin ölçümüdür. Hazır Yapılmış Görevler; aşama planlama sırasında belirlenen ve planlandığı gibi başlamaya hazır olan görevlerin yüzdesinin bir ölçümüdür. Beklenen Görevler; ileriye dönük planda tanımlanan haftalık bir plandaki görevlerin sayısının bir ölçümüdür.

2.5.5.4. LPS'de Yalın Proje Yönetimi

Yalın süreci yönetmek ve sürdürmek için atanmış sorumluluklara sahip bir destek sistemi gereklidir; boyutu, inşaat projesinin boyutuna ve karmaşıklığına bağlı olacaktır. Orta ila büyük ölçekli bir projede, proje yöneticisi, saha mühendisleri, zamanlayıcılar vb. (Forbes & Ahmed, 2011).

- Personel rolünde hizmet eder ve yalın sürecin kolaylaştırıcıları ve koruyucuları olurlar.
- Kısıtlamaları ortadan kaldırır ve ekibi sürekli performans iyileştirmeye odaklar.
- Ana programı ve ileriye dönük programları korurlar.
- Kısıtlamaları ortadan kaldırarak ve ustabaşı/son planlayıcıları destekleyerek ana programa ulaşılmasını takip ederler.
- Ustabaşların günlük iş planlarının daha yüksek bir güvenilirlik düzeyine sahip olmasını sağlarlar.
- Kazanılan değer gibi önemli ölçüleri takip ederler.
- Ustabaşı, kaynakların veya malzemelerin mevcut olduğunun teyidinde dayalı olarak iş yapmayı taahhüt eder.
- Ön koşul çalışmasının yapıldığını doğrulamaları gerekir.

Büyük miktarda verinin yönetimini gerektiren çağdaş projeler için bilgi teknolojisi desteğine ihtiyaç duyulacaktır. Bir iş faaliyetinden diğerine geçişlerin büyük gecikmeler olmadan gerçekleşmesini sağlamak için birden fazla işlem arasında yakın iş birliği gereklidir. Bir sonraki aktivitede erken başlangıçlar da israfı temsil eder; bu nedenle tüm hakkındaki bilgiler hacimlidir ve bilgisayar desteği gerektirir (Forbes & Ahmed, 2011).

2.5.5.5. LPS'de İş Yapılandırması

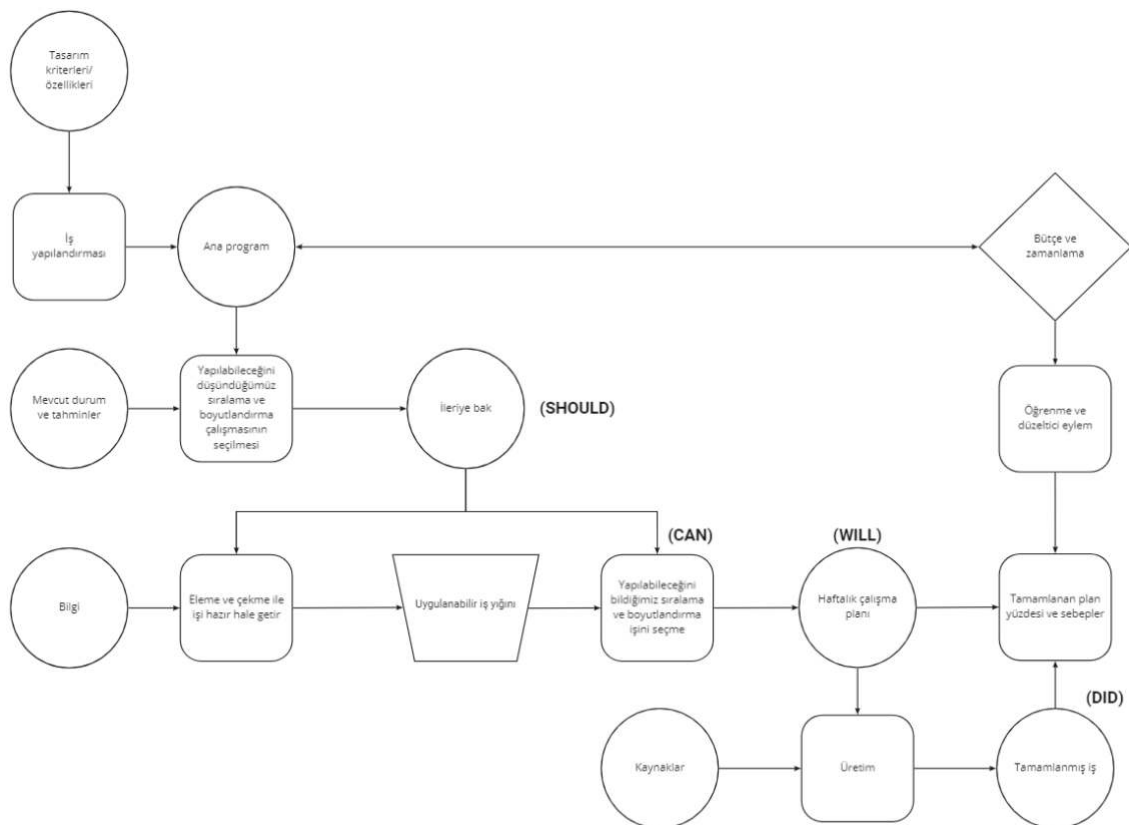
The Last Planner Üretim kontrol Sisteminde, iş yapılandırması, belirli proje hedeflerini temsil eden çizelgeler şeklinde sona erer. Projenin her aşaması için, tasarım aşamasından başlayıp proje bitiminde sona eren zaman çizelgeleri oluşturulur. LPS tarafından sağlanan üretim kontrolü, bu çizelgeleri gerçekleştirmek için gerekli faaliyetleri devreye sokar. İş yapılandırmasında, bir proje, üretim birimlerinden (yani, inşaat görevlerini yerine getiren bir kişi veya ekip) ve bir üretim biriminden diğerine devredilebilen iş birimlerinden oluşuyor olarak görülür. Üretim birimleri, tamamlanana kadar her bir iş birimine değer

katar (Al-Sudairi 2004, Tsao, Tommelein, Swanlund & Howell 2000). İş yapılandırması şunları belirlemeyi gerektirir (Forbes & Ahmed, 2011).

- İşin birimlere nasıl bölüneceği ve uzmanlara nasıl atanacağı
- Bu birimlerin sırası
- Bir üretim biriminden diğerine işi bırakma kuralları
- İşin sürekli akışta mı yoksa ayrıklı olarak mı gerçekleştirileceği
- Dekuplaj arabelleklerinin konumları ve boyutları
- Çeşitli çalışma birimlerinin zamanlaması

2.5.5.6. LPS'de Süreç Adımları

Şekil 2.13’de gösterilen LPS, ilgili sembollerde belirtilen bir dizi aktiviteden oluşur. Bu semboller, üretim kontrolü sağlamak için birlikte çalışan üç bileşeni temsil eder: (1) ileriye dönük planlama, (2) taahhüt planlaması ve (3) öğrenme (Forbes & Ahmed, 2011).



Şekil 2.13. Last Planner System Süreç Akışı (Forbes & Ahmed, 2011).

İşe en yakın kişiler, yukarı yönlü üretimin kusurlu olduğunu belirlerlerse üretimi durdurma yetkisine sahiptir. Son planlayıcılar ve ekibi bu rolü yerine getirir (Forbes & Ahmed, 2011).

2.5.5.7. LPS'nin Yalın Davranışa Etkisi

LPS'ye katılım; iş birliği, şeffaflık, uzun vadeli ve kısa vadeli planlama, çalışmaya hazır hale getirme, net taahhütler verme, güvenilir umut vaat etme, hesap verebilirlik ve ölçümler gibi temel davranışları uygulayarak öğretir (Fauchier & Da Alves, 2013).

LPS ile ilgili veya LPS tarafından desteklenen üç ana davranış grubu tanımlandı: sosyal ağlar oluşturmak, dinamik bir ortamda çoklu ihtiyaçları ele almak ve inşaat projelerini üretim sistemleri olarak ele almak (Fauchier & Da Alves, 2013)

İnşaat yönetimi denince akla genelde çizelgeleme ve proje kontrolleri gelir. Laufer ve Tucker, bireylerin önemini ve inşaat projelerinde nasıl işbirliği yaptıklarını ele aldı (Laufer & Tucker, 1988). Laufer ve arkadaşları, bir projenin yönetim kadrosunun, inşaat projelerinin inşa edildiği çevreye ve birden çok paydaşın ihtiyaçlarına uyması için ne kadar uyumlu olması gerektiğinden bahsetti (Laufer, Tucker, Shapira & Shenhar, 1994).

Sosyal Ağlar Oluşturmak

Chinowsky ve arkadaşları, proje katılımcıları arasında iletişimi geliştirmenin önemini vurgulamak için inşaat için bir Sosyal Ağ Modeli geliştirdi. “Yüksek performans sonuçlarına ulaşmanın temeli olan iletişim ve güven de dâhil olmak üzere, bireylerin proje ağlarındaki kilit rolünü tanımının zamanının geldiğini” vurguladılar (Chinowsky, Diekmann & Galotti, 2008).

İnşaat projeleri birçok paydaşın bir arada çalışmasını gerektirir. LPS planlama aşamalarında bu paydaşların iş birliğini ve aktif katılımlarını gerektirir. Planlama esnasında katılımcıların fikirlerini açıkça ifade edebilmeleri için fikirlerine değer verildiğini ve bu fikirlerin ekip olarak projenin hedefine ulaşmak için önemli olduğunu görmeleri gerekir. Açık ve kuvvetli bir iletişim sayesinde paydaşlar birbirlerinin ihtiyaçları hakkında daha fazla bilgi sahibi olurlar. Bu da zaman içerisinde performansı ve proje başarısını artırır. Laufer ve Tucker’a göre, uygulamanın başarısı, uygulayıcıların karar alma sürecine dâhil olma biçiminden ve boyutundan önemli ölçüde etkilenir (Laufer & Tucker, 1988).

Kurulan sosyal ağlar çerçevesinde, liderlik, ekip çalışması, güven ortamı oluşturma, iş birliği ve şeffaflık gibi davranışlar gelişir. LPS günlük ve haftalık toplantılar sayesinde sosyal ağlar oluşturulmasına ve dolaylı olarak bu davranışların geliştirilmesinde önemli oranda etkilidir.

Dinamik Bir Ortamda Çoklu İhtiyaçları Ele Almak

Laufer ve arkadaşları, planlamanın, etkili olması için birden çok ilkeyi ele alması gereken çok yönlü bir süreç olduğunu öne sürer (Laufer, Tucker, Shapira, & Shenhar, 1994):

1. Hiyerarşi ilkesi: çeşitli kullanıcılar için çok sayıda amaç
2. Kapsamlılık ilkesi: çok sayıda plan ve çeşitli formatlar
3. Süreklilik ilkesi: çok sayıda zamanlama ve çeşitli zaman hedefleri
4. İş birliği ilkesi: çok sayıda katılımcı ve çeşitli hazırlık biçimleri

LPS, günlük ve haftalık toplantılar ile uzun, orta ve kısa vadeli planları sürekli gözden geçirdiği ve bunu yaparken tüm paydaşları dâhil ettiği için bu tüm ilkeleri kapsar.

İnşaat Projelerini Üretim Sistemleri Olarak Ele Almak

Yalın inşaat uygulaması, üretimin üç temel yönü göz önünde bulundurularak tasarlanacak ve yönetilecek üretim sistemleri olarak inşaat projelerine farklı bir bakışı gerektirir: Dönüşüm, akış ve değer (Koskela, 2000).

Dönüşüm, görevlerin beklendiği gibi yerine getirilmesi için kaynakların verimli yönetimi ile ilgilenir.

Akış, müşteriye sürekli değer üretimini teşvik etmek için bütünleşmiş bir şekilde yönetilmesi gereken birbirine bağlı görevler ağı olarak inşaat görüşünü destekler.

Değer, projenin müşterisini öne ve merkeze koyar ve müşterinin projeden beklediğini sunmak için görevlerin hizalanmasını teşvik eder.

Bu üç yönü ele almak ve üretim sistemleri olarak inşaat projelerinin yönetimini teşvik etmek için LPS, üretimi iş akışını bozabilecek değişikliklere karşı korumak için özenle çalışır (Ballard & Howell, 1998).

3. YALIN TEKNİKLER VE ARAÇLAR

3.1. FIRST RUN STUDIES

First Run Studies, kritik atamaları yeniden tasarlamak için kullanılır (Ballard & Howell, 1997). PUKÖ (Planla - Uygula - Kontrol Et - Önlem Al) metodolojisini uygulayarak, bir işlem ayrıntılı olarak incelenir, işi yapmanın alternatif yolları bulmak için fikirler ve önerilir geliştirilir.

PUKÖ kavramı 1950'lerde Japonya'da tanıtan W. Edwards Deming'den sonra Deming Döngüsü olarak da bilinir. PUKÖ, bir iyileştirme döngüsüdür. Bir değişiklik önermek, bu değişikliği uygulamak, sonuçlarını ölçmek ve gerekli ayarlamaları yapmak için araçlar, yöntemler ve sınıflandırmalar içerir.

First Run Studies ile çalışma yöntemleri yeniden tasarlanıp geliştirilerek, iyileştirmeler uygulanır. Uygulanan iyileştirmeler yeni çalışma standardı haline gelir ve sürekli iyileştirme için süreç tekrarlanır.

Planla

Planlama;

- Çalışmayı standart hale getirmek ve israfı ortadan kaldırmak için çalışılacak iş sürecine karar verilmesi,
- İş yapan kişilerin bir araya getirilmesi,
- Süreç adımlarının analiz edilmesi ve en etkili çalışma yöntemi için beyin fırtınası yapılması,
- İşgücü, araç, gereç ve kaynakların ayarlanması,
- Güvenlik, kalite ve üretkenlik için plan yapılması adımlarını içerir.

Çalışılacak iş sürecine karar verirken genel olarak aktivitenin tekrarlayıcı ya da proje için yüksek risk içermesi kriterleri göz önünde bulundurulur.

Uygula

Bu adımda, fikirlerin ilk kez denenerek, planı uygulama geçirilir.

Kontrol Et

Bu adımda, uygulamada ne olduğu tanımlanır ve ölçülür. Bu aşamaya, süreçlerdeki israfa çok daha yakın oldukları için işi yapan kişileri dâhil etmek önemlidir. İyileştirme için en iyi yolu bulma konusunda daha etkin olabilirler.

Önlem Al

Bu adımda, ekip yeniden bir araya getirilir, tüm fikir ve düşünceler toplanır. İyileştirilmiş yöntem yeni standart olarak tasarlanır. İyileştirme sürecine işi yapan kişilerin dâhil edilmesi projeye yenilikler getirir, ekibin yeteneklerini en iyi şekilde kullanılmasını sağlayarak sürekli iyileştirmeyi destekler.

3.2. FIVE-STEP PLAN (5S)

5S Japonca kelimeler olan Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke kelimelerinin baş harflerinden oluşan operasyonları iyileştirmeye yönelik beş adımlı Japon yaklaşımıdır. Yalın yaklaşım ile bir tesise düzen getirerek organize bir ortam yaratmaya yardımcı olur. Sahadaki çalışanlara yalın düşünceyi aşlamak için kullanılan en temel yöntemlerden biridir.

1. Seiri: (Sort/Düzeltilen): Neyin gerekli olduğunu belirle ve diğer her şeyi kaldır. Ayırın ve Atın. Bu, daha organize olmak için gereksiz öğelerden kurtulmayı içerir. Bu adım, araçlar, süreçteki çalışmalar, ürünler, belgeler vb. alanlara uygulanır.
2. Seiton: (Straighten/İşleri sıraya koyun): Sırayla ayarlayın. Her şey için bir yer ve orada tutun. Düzgünlük, çalışma alanının uygun şekilde yeniden düzenlenmesi ve uygun yerlerin belirlenmesi ile elde edilir. Egzersizin amacı sadece düzgün bir görünüm elde etmek değildir. İşçiler, bir işi yapmak için ihtiyaç duyduklarını, bakarak zaman kaybetmeden güvenilir bir şekilde bulabilirler. Araç ve gereçleri iş akışını iyileştirecek şekilde yerleştirmelidirler. Her şey belirlenmiş yerlerinde saklanmalıdır. Her işin sonunda ekipman uygun yerine iade edilmelidir.
3. Seiso: (Shine/Temizlik): Temizleyin ve temiz tutun... her zaman. Düzensiz bir çalışma alanının karmaşasını önlemek için temizlik ve günlük kontrol. İş görevlerinin etkin bir şekilde yürütülmesini engelleyen dağınıklık yaratmamak için gereksiz öğeler uygun şekilde atılmalıdır. Her işten sonra araç ve gereçler

temizlenmeli ve uygun yerlerine geri getirilmelidir. Tekrar ortaya çıkmamaları için atık ve pisliğin temel nedenleri araştırılır.

4. Seiketsu: (Standardize/Kişisel düzenlilik): Temiz ve düzenli kalmanın standart yollarını yaratın. Bu, araçlar, dosyalar, ekipman, malzemeler vb. için konumların standartlaştırılmasını ifade eder. Renk kodlaması ve etiketleme, konumların standartlaştırılmasına yardımcı olabilir. Çalışanların yaratıcılığı, standartlaştırılmış sistemlerin geliştirilmesinde aktif olarak yer alır.
5. Shitsuke: (Sustain/Disiplin): Devam etmesini sağlamak için öz disiplin. Çalışanların diğer dört S'yi sürdürmeleri için motivasyon sağlar. Yönetim, motivasyon sağlamak için tanıma programlarını kullanabilir.

Bazı kuruluşlar 5S'yi daha ileri bir düzeye taşıdı. Tweet/Garot altıncı bir S (Güvenlik) ekledi.

Bazı inşaat kuruluşları 5S'i uygulamak için üç temel kural uygular.

1. Hiçbir şey yere çarpmaz
2. Her şey tekerleklidir
3. Tam zamanında teslimat

Bu kurallar çalışma alanı temiz, malzemeyi işe yakın, fazla malzeme ve araçları sahanın ve yolun dışında tutar.

5S, iş akışlarını verimli hale getirir, israfı ortadan kaldırmaya çalışır ve herkesi kendi çalışma alanını iyileştirmeye teşvik ettiği için sürekli iyileştirmeye temeldir.

5S çalışanları düşünmeye ve iyileştirmeye dâhil ederek sürekli iyileştirme kültürü oluşturur. İşbirlikçi ve düşünce ve eylem üreterek, israfı görmeyi ve akışı iyileştirmeyi öğrenirler. Çalışanlar sürece dâhil olup kendilerini gelişmeye katkıda bulunanlar olarak gördükçe yalın kültür gelişir.

Turner Proje Yönetimi, şantiyelerinde 5S tekniğini sıklıkla kullanmaktadır. Şekil 3.1'de gösterildiği gibi şantiyedeki malzemeler karmaşık ve dağınık durumdadır. Bu şekliyle aranan malzemenin bulunmasının zorlaşmasıyla birlikte, malzemelerin hasar görmesi çok yüksektir. Malzemeler dağınık halde olduklarında stok kontrolü yapmak imkânsız hale geleceği için fazla malzeme siparişi vermek mümkündür bu da israfa sebep olmaktadır. Turner, bu gibi israflardan kaçınmak için 5S tekniğiyle Şekil 3.2'deki gibi

malzemelerini düzenlemektedir. Bu şekilde çalışanları da sürece dahil ederek yalın kültürün benimsemesini ve gelişmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.1. 5S uygulaması öncesi sahada kullanılan malzemeler.



Şekil 3.2. 5S uygulaması sonrası sahada kullanılan malzemeler.

3.3. KANBAN

Japonca'da Kanban kelimesi 'kart' veya 'işaret' anlamına gelir ve bir çekme sisteminde kullanılan envanter kontrol kartına verilen addır (Team, 2002).

Bir çekme sisteminin amacı, yalnızca ihtiyaç duyulanı, ihtiyaç duyulduğunda ve doğru miktarlarda üretmektir. Kanban, görsel kontrol ile süreç yönetimini geliştirmeyi sağlayan, paydaşlar arasındaki iletişimi geliştiren kart tabanlı gelişmiş bir görsel kontrol sistemidir. Yalın üretimde Kanban, fazla üretimi ortadan kaldırmaya, israfı önleyerek maliyetleri düşürmeye, müşteri taleplerine yanıt verme esnekliğini arttırmaya, doğru zamanda doğru teslimatı yapmaya yardımcı olur.

Kanban kartları bir Kanban tahtasına yerleştirilir. Bu tahta genelde en basit haliyle üç kolondan oluşur: Yapılacaklar, Devam edenler, Tamamlananlar. Elbette ihtiyaca ve işin gereğine göre geliştirilip değiştirilebilir.

Kanban kartlarında; yapılacak işin adı, tamamlanma tarihi gibi bilgiler bulunur. Günümüz teknolojinde Kanban kartlarının yerini web tabanlı yazılımlar almıştır. Bu yazılımlar

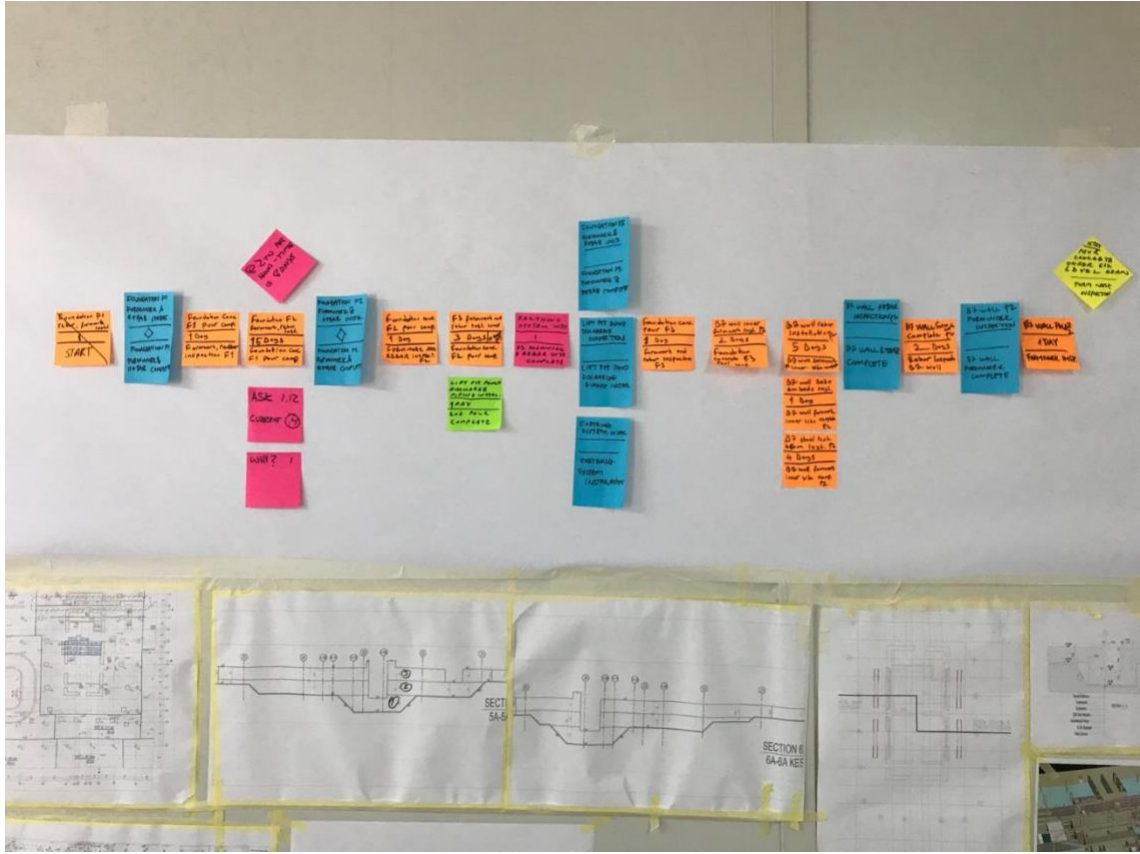
sayesinde tüm ekip Kanban tahtasına izleyerek projenin ilerleyişini çok efektif bir şekilde takip edebilir.

Toyota sisteminde Taşıma/Geri Çekme ve Üretim Kanban'ı olmak üzere iki farklı türde Kanban vardır. Taşıma Kanban'ıyla malzemeler veya süreçteki bir iş bir süreçten diğerine hareket eder. Üretim Kanban'ı ise üretime başlamak ve takip etmek için kullanılır.

Birleşik Krallık'ta büyük bir uluslararası ulaşım merkezinin inşasında Kanban stratejisi uygulanmaktadır. Strateji, mal sahibi tarafından belirlenen beş temel ilkeye dayalı olarak geliştirilmektedir (Arbulu, Ballard & Harper, 2003):

1. Malzemeler, çalışma yüzeyinde gerektiği gibi tedarik ağı üzerinden çekilmelidir.
2. Malzeme doğru yere, doğru zamanda, doğru miktarda ulaşmalıdır.
3. Tedarik ağı müşteri için en iyi değerde sağlanmalıdır.
4. Sahadaki araç hareketlerini en aza indirmek için gerekli tüm önlemler alınmalıdır.
5. Sahada iş akışı güvenilirliğini artırmak için gerekli tüm önlemler alınmalıdır.

Turner Proje Yönetimi, şantiyelerinde çekme sistemini ve Kanban tahtasını kullanmaktadır. Şekil 3.4'de görüldüğü üzere şantiye ofislerine astıkları panodan işlerini takip etmektedirler. Pano 4 sütundan oluşmaktadır: Yapılacaklar listesi, devam eden işler, bekleyen işler biten işler. Bu sayede hangi işin ne aşamada olduğunu tüm ekip üyeleri takip edebilmektedirler. Yapılacaklar listesindeki işlere başlamadan önce o işle ilgili hazırlıkların yapılması, işe başlandığında aksaklıklar yaşanmasının engellemektedir. Turner Proje Yönetimi, Kanban Panosu, Çekme Planı ve bunun gibi birçok görsel yönetim sistemleri kullanarak süreçlerini optimize etmektedir.



Şekil 3.3. Çekme Planı.



Şekil 3.4. Kanban panosu.

3.4. KAIZEN

Kaizen, kai "değişim" ve zen "iyi" kelimelerinin birleşiminden oluşan "Daha iyisi için değişim" anlamına gelen Japonca bir kelimedir. Değişim yönetim sistemi olarak kullanılır ve temelinde faydalı nedenler ile devam eden değişiklikler yatar.

İnşaat sektöründe Kaizen, toplam proje maliyetlerinin büyük bir yüzdesi olarak ortaya çıkan inşaat tasarımı ve inşaat süreçlerindeki israfı belirlemekle ilgilidir.

ABD ve Avrupa'da yapılan çeşitli araştırmalar, uyumsuzluktan kaynaklanan kalite maliyetlerinin toplam proje maliyetlerinin %12'sine kadar çıkabildiğini, Kötü malzeme yönetimi ise toplam proje maliyetlerinin %10-12'sine kadar çıkabildiğini ortaya koymuştur fazla malzeme tüketimi toplam maliyetlerin ortalama %10'una kadardır <https://www.ribcon.com/business-sectors/lean-kaizen-in-construction/> (Erişim Tarihi: 04 Ocak 2022).

Last Planner System, A3 Reporting, Target Costing, Set-Based Design, Value Stream Mapping, 5S gibi yalın araçlar inşaat sektöründe kullanılan Kaizen tabanlı yalın araçlara örnektir. Kaizen, yalın düşüncede Sürekli İyileştirmeyi temsil eder.

Kaizen metodolojisi, çalışanların ve paydaşların, en fazla dâhil oldukları süreçlerle ilgili sürekli geliştirme ve uygulamaya teşvik edilmesi sayesinde iş performanslarının iyileştirilmedir.

Kaizen sürecinde paydaşların üstüne düşen roller vardır. Bu paydaşlar; üst düzey yöneticiler, orta düzey yöneticiler, denetmenler ve çalışanlardır. Öncelikli olarak üst düzey yöneticilerin üzerine sorumluluklar düşmektedir. Üst düzey yöneticiler, Kaizen'i organizasyonlarının stratejisi olarak benimseyerek bunu tüm proje paydaşlarına iletmelidirler. Üst düzey yönetimin liderliği, bağlılığı ve çalışanlara aktif desteği ve yol göstericiliği başarı için en kritik öneme sahip etkenlerdendir. Orta düzey yöneticiler, üst yönetim tarafından belirlenen stratejileri uygularlar. Çalışanların uygun eğitime sahip olmalarına sağlarlar. Denetmenler için kilometre taşları oluştururlar. Denetmenler, Kaizen'i uygulamak için çalışanlar ile yakın çalışarak iyileştirme için aktif olarak öneriler toplarlar ve onları başarıya teşvik etmek için koçluk yaparlar. Son olarak çalışanlar ise eğitim ve öğretim yolu ile kendilerini geliştirerek Kaizen ekip faaliyetlerini desteklerler.

Yalın düşünce Kaizen'i en etkili şekilde kullanmanın anahtarıdır.

3.4.1. Kaizen Türleri

1. Önce-Sonra Kaizen: En fazla 2 kişiden oluşan birey öncelikli çalışmalardır. Her an tüm alanlarda uygulanabilir ve kısa sürelidir. Tecrübe ve sağduyu ile gerçekleştirilir.
2. Gemba Kaizen: Sahada küçük ekipler bir araya gelir. Bu ekipler kısa süreli gözlemler yaparak iyileştirme fırsatlarını değerlendiren çalışmalar yaparlar. Dört adımda uygulanabilir: Gemba'ya git, gözlem yap (Gembutsu), kayıp "Muda"ları bul, Kaizen'i uygula.
3. Kobetsu Kaizen: Darboğaz işlerinin olduğu, acil çözümler gerektiren ve yaygınlaştırılması gereken konulara öncelik verilir. 4-5 kişilik ekiplerden oluşur ve yedi büyük israfa odaklanılır. Uzmanlık gerektirir ve ekip içinde konuyla ilgili kişiler bulunmalıdır. Çalışma belirlenirken doğru sonuçlara ulaşabilmek için detaylı verilere ihtiyaç duyulur. Problem çözme teknikleri (Neden neden analizi, Setup analizi, PM Analizi, Balık Kılçığı vb.) uygulanarak problem tespit edilir ve çözüm geliştirilir. Veriler incelenerek gelinen noktayı kıyaslandığı için zaman alan bir uygulamadır.

3.4.2. Kaizen Çeşitleri

Kaizen metodolojisinin 4 farklı çeşidi vardır:

1. Kaizen Teian: Japonca öneri anlamına gelen Teian ile sürekli iyileştirme anlamına gelen Kaizen kelimelerinden oluşan Kaizen Teian, "uygulamaya geçirilen öneriler aracılığıyla sürekli iyileşme" olarak da çevrilebilir (Kyōkai, 1995). Hızlı (Küçük) veya Standart Kaizen uygulamalarıdır. Çalışanlar kendi süreçlerini geliştirmeye odaklanmaktadır. Kaizen Teian'da herkes aktif bir şekilde her zaman ve her yerde gelişime dâhil edilmektedir. Sürekli gelişim kültürünü oluşturmak için başlangıç olarak tercih edilebilir.
2. Kaizen Events: Bu yaklaşımda belirli işlemlerin kısa bir süre içerisinde geliştirilmesi amaçlanmaktadır. İyileştirmeyi hızlı bir şekilde uygulamanın etkili bir yoludur. Ekip liderleriyle birlikte dikkatli bir planlama ve hazırlık yapmayı gerektirir. Her gün yapılan bir uygulama olmamakla beraber, spesifik bir alanda gelişimin birkaç gün, hafta veya ay içerisinde tamamlanmasıdır.

3. Kaikaku: Küçük değişikliklerin iyileştirme ve gelişmeyi sağlamadığı durumlarda uygulanmaktadır. Organizasyon içerisindeki süreçlerde büyük çaplı iyileştirme faaliyetleridir. Radikal değişlere odaklanmaktadır. Devrimci bir yöntemdir.
4. Kakushin: Mevcut sürecin ok daha farklı ve inovatif bir şekilde yapılmasıdır. İşlemlerin tamamen yeni bir yöntemle geçirilmesi faaliyetidir.

3.4.3. Kaizen Döngüsü

Kaizen, sürekli gelişimi sağlamak için 7 adımlı bir döngüde uygulanabilir. Bu adımlar şu şekildedir:

- Çalışanları dâhil edilmesi: Mevcut durumun veya problemlerin tanımlanması için tüm çalışanlar sürece dâhil edilmelidir.
- Problemlerin bulunması: Çalışanlardan gelen geri bildirimler kullanılarak, potansiyel fırsatları ve problemler toplanır. Birden fazla durum için liste oluşturulur.
- Bir çözüm oluşturulması: Çalışanlar çözümler bulmak için teşvik edilir ve gelen önerilerden bir fikir veya fikirler belirlenir.
- Çözümün test edilmesi: Seçilen çözüm tüm ekiple birlikte uygulanır ve pilot programlar oluşturulur veya çözümü test etmek için diğer küçük adımlar uygulanır.
- Sonuçların analiz edilmesi: Belirli aralıklarla ilerleme belirli bir plana doğrultusunda kontrol edilir. Sonucun başarılı veya başarısız olması durumu belirlenir.
- Standartlaştırma: Çözüm başarılı olmuş ise, firma içerisinde benimsenerek standartlaştırılır.
- Tekrar etme: Bu 7 adım yeni problemleri çözmek için tekrar edilir.

3.4.4. Kaizen' in Uygulanması

1. Konu seçimi; değer akışı haritalarından faydalanılabilir, acil bir problemin giderilmesi ihtiyacından, etkisi ve kazanımı önemli olan, öncelikle üzerine gidilmesi gereken konular
2. Hedef belirleme: Sayısal olarak belirlenir

3. Ekibin oluşturulması: Ekip oluşturulurken süreçle ilgili bilgisi olan ve sürece en fazla dâhil olan kişilerden oluşmalıdır. Ekip içerisinde motivasyonu yüksek, ekip üyelerine idare edebilecek bir lider olması önemlidir.
4. Mevcut Durum Tespiti: Verilere dayanarak katma değerin olan ve olmayan faaliyetler tanımlanarak belgelenir. Döngü süreleri ölçülür.
5. Proje planı: İyileştirme seçenekleri tartışılır.
6. Kök neden analizi: Balık Kılçığı ve Neden Neden Analizi gibi teknikler kullanılarak süreç iyileştirmesi formülize edilir. (5 Neden, Sebep Sonuç Diyagramı, Kontrol Belgeleri, Pareto Analizi, Beyin Fırtınası ile İyileştirme Seçeneklerini Belirleme)
7. Çözümlerin uygulanması: Yalın araçlar kullanılarak süreç iyileştirmesine başlanır.
8. Hedef-Sonuç kontrolü: İyileştirme faaliyetlerinin sonuçları incelenir. Döndü süreleri kontrol edilir.
9. Standartlaşma: Yeni iş/süreç standartlaşması oluşturulur. İş tanımlarına ilave edilir. Yani standart işlem prosedürleri belgelenir. Yeni döngü süreleri kalibre edilir.
10. Yaygınlaştırma: Öneriler ve sonuçlar sunulur. Çıkarılan dersler listelenerek bulgular herkesle paylaşılır. Ekip dışında kalan süreç çalışanları yeni yöntemler konusunda eğitilir.

Çizelge 3.1. Kaizen uygulamasının 5 günlük bir iş planı.

1.Gün	Konu Seçimi Hedef Belirleme Ekibin Oluşturulması
2.Gün	Mevcut Durum Tespiti Proje Planı Kök Neden Analizi
3.Gün	Çözümlerin Uygulanması
4.Gün	Hedef-Sonuç Kontrolü Standartlaşma
5.Gün	Yaygınlaştırma

3.5. A3 RAPORU

A3, yalın ilkelere dayanan, tek sayfa formatında basit ama disiplinli bir problem çözme sistemidir. Süreçleri iyileştirmeye ve sorunları çözmeye odaklanır, fikirleri iletmeyi basitleştirir, zaman alan sunumlar hazırlamak yerine mevcut bilgileri ve sorunları kısaca açıklayan A3 formatında bir rapordur. Kullanıcılara rehberlik eden bilgi ve kolaylaştırma aracıdır.

Toyota tarafından uygulanan A3 düşüncesi yedi unsura dayanmaktadır (Sobek II & Smalley, 2008).

Mantıksal düşünme süreci: Mantıksal düşünce süreçleri, 80/20 kuralını kullanarak ve olası çözüm yollarının sonuçlarını fark ederek en önemli sorunları tanımak için kullanılır.

Objektiflik: Katılımcılar kendi bakış açılarını ifade etmeye teşvik edilir; süreci tek bir bakış açısı yönlendirmez ve sonuç olarak önyargı ve yanlış anlamalar için çok az fırsat vardır. A3 düşünme, nesnelliği teşvik etmek ve tüm paydaşlara fayda sağlayan çözümü bulmak için çoklu bakış açılarını dikkate alır.

Sonuçlar ve süreç: Hem sonuçlar hem de bunları elde etmek için kullanılan süreç eşit derecede önemli kabul edilir. İnsanların sürece katılımı, kişisel gelişime ve daha kalıcı sonuçlara yol açar. Süreç aynı zamanda, kendiliğinden oluşan bir fikrin aksine, gelecekteki iyileştirme için bir mekanizma sağlar.

Sentez, damıtma ve görselleştirme: A3 formatı özlüdür ve büyük miktarda bilgiyi grafik formatında sıkıştırır; sağladığı görselleştirme, sentez ve damıtma işlemine yardımcı olur.

Hizalama: A3 raporları, problem çözme grubu ve diğerleri arasında pratik olarak yönlendirilmiş bir fikir birliğine, üç boyutlu iletişim akışlarına olanak tanır. Yatay iletişim, önerilen değişikliklerden etkilenebilecek diğerlerini aynı düzeyde ele alır; Dikey iletişim, daha geniş organizasyonel sorunları inceler. Bu yaklaşımlar kapsayıcıdır ve sistem genelinde insanlar arasında daha iyi uyum sağlar.

İçeride tutarlılık ve genelinde tutarlılık: A3 raporları, tanımlanan sorunların temel nedenlerine odaklanan ve tutarlı bir yaklaşım sağlayan mantıksal bir akışa sahiptir. Bu, problem çözümünün etkinliğini artırır.

Sistem bakış açısı: İnsanlara aşağıdakiler hakkında derin bir anlayış geliştirmeleri için rehberlik edilir: (1) eylem planının amacı, (2) eylem planının kuruluşun amaçlarını,

ihtiyaçlarını ve önceliklerini nasıl ilerlettiği, (3) nasıl daha büyük resme uyar ve diğer organizasyon birimlerini etkiler.

Toyota'nın kullandığı üç temel A3 raporu; problem çözme raporu, teklif raporu ve durum raporudur. Problem zme A3 raporu sorunları belirlemek, analiz etmek ve geliştirmek için rehberlik sağlar. Yedi bölümden oluşur:

1. Arka plan
2. Mevcut durum ve sorun
3. Hedef
4. Analiz
5. Önerilen eylemler
6. Etki onayı
7. Takip eden eylemler

Arka Plan: Konu üzerinde çalışmanın nedenleri ve proje/proje ekibinin amaçları belirlenir. Net bir tema oluşturulur.

Mevcut Durum ve Sorun: Gerçekler, gözlemler, görüşler değerlendirilerek mevcut sorun açık ve görsel olarak tanımlanır.

Hedef: Hangi iyileştirmenin elde edilmeye çalışıldığı açıkça tanımlanır ve neyin ne zaman ve ne kadar başarılması beklendiği belirtilir. Hedefin lm ve değerlendirme yöntemleri belirlenir.

Analiz: Balık Kılçığı Diyagramı, Beş Neden Analizi, PKO gibi yöntemlerle analizler yapılır.

Önerilen Eylemler: Sorunu çözmek için hangi adımların atılması gerektiği belirlenir ve bu eylemler için net adımlar gösterilir. Kimin, neyi, ne zaman, hangi kaynaklarla yapacağı planlanır. Eylemler sonucunun nasıl doğrulanacağı ve sorunların tekrar oluşmasının nasıl önüne geçileceği açıklanır.

Plan: Önerilen eylemlerin sonuçlarının nasıl ölçüleceği açıklanır. Sorun iyileştirilemezse ikinci bir plan oluşturulur ve gözden kaçanlar gösterilir.

Takip Eden Eylemler: Bundan sonra yapılması gerekenler tanımlanır ve sorunun yeniden oluşması durumunda nasıl önüne geçileceği gösterilir. İyileştirmenin standartlaştırılma ve dağıtılmasının nasıl olacağı, diğer ekiplere nasıl tavsiyeler verileceği açıklanır.

A3 yöntemi esnek bir yöntemdir. Birçok farklı durum için kullanılabilir. Analiz için diğer yalın araçların kullanımını destekler ve böylece çalışanlar farklı yalın beceri ve araçlara maruz kalarak günlük işlerinde kullanmaya başlarlar. Bu da iş yerinde yalın kültürün yayılmasını destekler.

3.6. VALUE STREAM MAPPING – VSM (DEĞER AKIŞI HARİTALAMA)

Değer Akışı Haritası (VSM), yalnızca sonuçlara bakmak yerine süreçlerin gerçekleşmesi için gerekli olan tüm eylemlerin, malzeme ve bilgi akışlarının, karar noktalarının, aktarmaların ve diğer sistemlerle etkileşimlerinin görsel olarak görülmesi ve anlaşılması için kullanılan bir araç, tüm sürecin bir resmidir. Buradaki eylemler katma değeri olan ve olmayan tüm eylemleri kapsamaktadır. VSM ile eylemlerin ve insanların değer akışı ve süreçteki yüzdeleri görülebilir. Katma değeri olmayan işler zaman içerisinde sürece girme eğilimi gösterirler. VSM ile proje ekibi süreci anlayarak, hangi adımların katma değerli hangi adımların katma değer sağlamadığını belirler ve işlevselliği optimize eden, israfı ortadan kaldıran çözümler geliştirip, sürecin gerçek değerini anlayabilirler.

VSM ile insanlar, sürecin nasıl çalıştığını, ne kadar iyi çalıştığını, atıkları, akışla ilgili sorunları çok daha kolay bir şekilde görebilirler. Bu sayede süreci iyileştirmek için hangi değişikliklerin yapılması gerektiği ve bunu nasıl sağlayacakları konusunda da anlaşmaya varmaları kolaylaşır.

VSM ölçeklenebilir, eyleme geçirilebilir bir uygulamadır ve bir eylem başlangıcı olarak oluşturulur, bu nedenle eyleme geçirilebilir olduğundan emin olmak için tanımlanmalı, belgelenmeli, dağıtılmalı ve izlenmelidir.

VSM süreci, bir mevcut durum haritası, bir gelecek durum haritası ve bir uygulama planı üretir (Rother & Shook, 2003). VSM geliştirilmesinde, bir kolaylaştırıcı, işe en yakın çalışanlar ve iş çıktısının müşterisi/müşterileri paydaşlar olarak yer alır.

VSM adımları:

1. Paydaşlardan oluşan bir ekip oluşturulması
2. Üzerinde çalışmak için bir süreç belirlenmesi

3. Sürecin izlenmesi ve verilerin toplanması
4. Mevcut durumu belirlemek için sürecin görsel olarak haritalanması
5. İyileştirme seçeneklerinin tartışılarak belirlenmesi
6. İdeal gelecek durumu oluşturmak için yeni sürecin görsel olarak haritalanması
7. Süreç ve yapılan değişikliklerin belgelenmesi ve takip edilmesi



4. YALIN PROJE TESLİMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

4.1. SÜRDÜRÜLEBİLİR İNŞAAT

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunun Bruntland Raporu'na göre sürdürülebilirlik; gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme kabiliyetinden ödün vermeden, bugünün ihtiyaçlarını karşılayan bir gelişmedir.

Sürdürülebilirliğin üçayağı vardır: Çevresel sürdürülebilirlik, sosyal sürdürülebilirlik ve ekonomik sürdürülebilirlik. Çevresel sürdürülebilirlik; çevreyi emisyonların, atık suların ve atıkların etkisinden korumak, mümkünse iyileştirmek ve doğal kaynakları kullanmaktır. Ekonomik sürdürülebilirlik; emek, malzeme, enerji ve su gibi kaynakları daha verimli kullanarak, kârlılığı artırmaktır. Sosyal sürdürülebilirlik; toplumun veya herhangi bir sosyal sistemin, sürekli olarak iyi bir sosyal refah elde edebilmesi ve bunun uzun vadede korunmasıdır. Sadece çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği dengelemek yoluyla gerçek sürdürülebilirlik başarılabılır.

Sürdürülebilir inşaat, bir binanın çevre kurallarına ve enerji tasarrufu yöntemlerine uygun olarak tasarlanması, yenilenmesi veya dönüştürülmesidir. Sürdürülebilir bir yaklaşım, projelerde çevre veya toplum pahasına karlılık aramadan, ekonomik olarak başarılı olma ihtiyacını dikkate alır. Şimdi verilen kararların kısa vadeli etkilerin yanı sıra uzun vadeli olacağının farkındadır.

İnşaat sektöründe sürdürülebilirlik aynı zamanda inşaat sektörünün çevresel, sosyoekonomik ve kültürel konuları dikkate alarak kalkınmada sürdürülebilirliği sağlaması için ileriye dönük bir yol olarak kabul edilmektedir (Shafii, Arman Ali, & Othman, 2006). Sürdürülebilir inşaat sadece binalara değil, aynı zamanda onların inşa edilmesine yönelik süreçleri veya faaliyetleri de içerir.

İnşaat pratiğinde, sürdürülebilir inşaat, inşaat projesinde kullanılan ve çevreye daha az zarar veren, topluma fayda sağlayan ve karı arttıran farklı yöntemleri ifade eder. Bir inşaat projesinin sürdürülebilirliğe etkisi yapım aşamasından çok daha uzun sürmektedir. Bu sebeple projenin tüm aşamalarında ekonomik, sosyal ve çevresel faktörleri dengeli bir şekilde ele almak gerekmektedir. Tasarım, yapım, işletme ve bakım, yıkım/imha aşamalarının tümünde sürdürülebilirlik dikkate alınmalıdır.

İnşaatta, sürdürülebilirliğin ekonomik ayağı, işletme ve bakım maliyetlerini en aza indirerek proje bütçesini en üst düzeye çıkarmaya çalışır (Ogunbiyi, Oladapo & Goulding, 2014); sosyal boyut, işyerinde çalışanların sağlık, güvenlik ve refah koşullarını iyileştirmeyi amaçlar (Rajendran, Gambatese & Behm, 2009); çevresel ayağı ise kaynak tüketimini ve inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan malzeme ve enerji atıklarını azaltmaya odaklanmaktadır (Koranda, Chong, Kim, Chou, & Kim, 2012).

Binalar, dünyanın tatlı su kullanımının altıda birini, odun hasadının dörtte birini ve malzeme ve enerji akışının beşte ikisini oluşturmaktadır (Roodman ve Lenssen 1995). Avrupa Birliği'nde binalar toplam enerji tüketiminin %40'ından fazlasından sorumludur ve inşaat sektörünün tüm insan yapımı atıkların yaklaşık %40'ını ürettiği tahmin edilmektedir (CIB 1999) (Forbes & Ahmed, 2011).

Bir inşaat projesinde hali hazırda birçok paydaş vardır. Bunlar; mal sahibi, tasarımcı, yüklenici, alt yükleniciler, yerel yönetimdir. Fakat bir projenin sürdürülebilir olması isteniyorsa dikkate alınması gereken başka paydaşlar da vardır. Bunlar toplum ve çevredir. Örneğin, yapım aşamasında üretilen atıkların toplum ve çevre üzerinde büyük etkileri olabilir. Bu sebeple toplumu ve çevreyi birer paydaş olarak görmek çok önemlidir ki sürdürülebilir inşaat, oyunda yalnızca projeye para harcayanlardan daha fazla paydaş olduğu anlamına gelir.

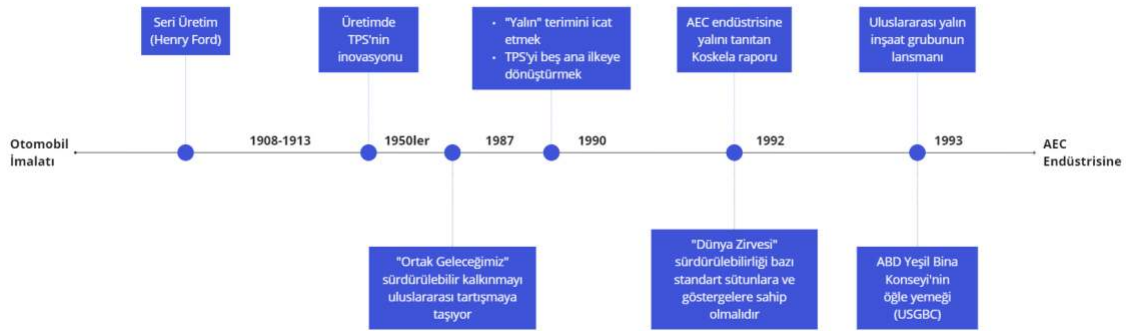
4.2. YALIN VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Yalın inşaat ve sürdürülebilir inşaat farklı iki felsefe olarak ortaya çıkmıştır ve inşaat projelerinde birbirinden bağımsız olarak uygulanır. Yalın inşaat, akışı iyileştirme, üretkenliği artırma, israfı ortadan kaldırma ve gecikmeleri azaltma ile ilişkili süreçlere odaklanır. Sürdürülebilir inşaat, projenin ekonomik ve sosyal yönlerinin yanında inşaat faaliyetlerinin çevre üzerindeki zararlı etkilerin azaltılmasını amaçlamaktadır. Yalın ve sürdürülebilirliğin, ortak hedefleri olan; atık azaltma, verimlilik, iyileştirme, değer ve kalite maksimizasyonu, enerji tüketimini azaltma, işçiler için iyi sağlık ve güvenlik koşulları, çevre yönetimi ve kaynak iyileştirme, maliyeti azaltma ve müşteri memnuniyeti ekseninde benzerlikleri ve tamamlayıcılıkları vardır. Aynı anda uygulanmaları durumunda daha verimli sonuçlar elde edilebilir. Sürdürülebilirlik için atılacak ilk adım yalın kültürü benimsemek ve yalın ilkeleri uygulamak olmalıdır.

Khodeir ve Othman'a göre; yalın, süreç verimliliği (yani maliyet, zaman ve kalite) ve sürdürülebilirlik kavramının (yani çevresel kalite, sosyal eşitlik, sağlık ekonomisi) entegrasyonu olarak yeni bir bütünsel sürdürülebilirlik görüşüne ulaşmanın yoludur (J. W. Kim & Bae, 2007).

“Sürdürülebilirlik boyutu, enerji tüketimini azaltmak ve çevreyi korumak, uzun süreli nihai atık azaltmalarından biri olduğundan, yalının ayrılmaz bir parçasıdır” (Rothenberg & Fritz, 2011).

Yalın inşaat, atıkları ortadan kaldırması, kirliliği azaltarak ve kaynakların korunmasını sağması ile "çevresel", kaynakları ve maliyeti azaltması ile "ekonomik", paydaşlar arasında sağlık, güvenlik, çalışma ortamı ve sadakate izin vermesi ile "sosyal" olmak üzere sürdürülebilirliğin üçayağını da başarılı bir şekilde yerine getirir.



Şekil 4.1. Sürdürülebilirlik gelişimi ve yalın ilerleme zaman çizelgesi (Khodeir & Othman, 2018).

4.3. YALIN PROJE TESLİMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Bir inşaat projesinin teslim yönteminin, sürdürülebilir inşaatı doğrudan etkilemediği düşünülebilir. Fakat inşaat projesi için uygun bir teslim yönteminin seçilmesi paydaşlar arasındaki ilişkileri belirler. Bu ilişkiler de iletişimi, işbirlikçi yönetimi, sözleşme engellerinin ortadan kaldırmasını belirleyerek dolaylı olarak sürdürülebilirliğin temelini oluşturur.

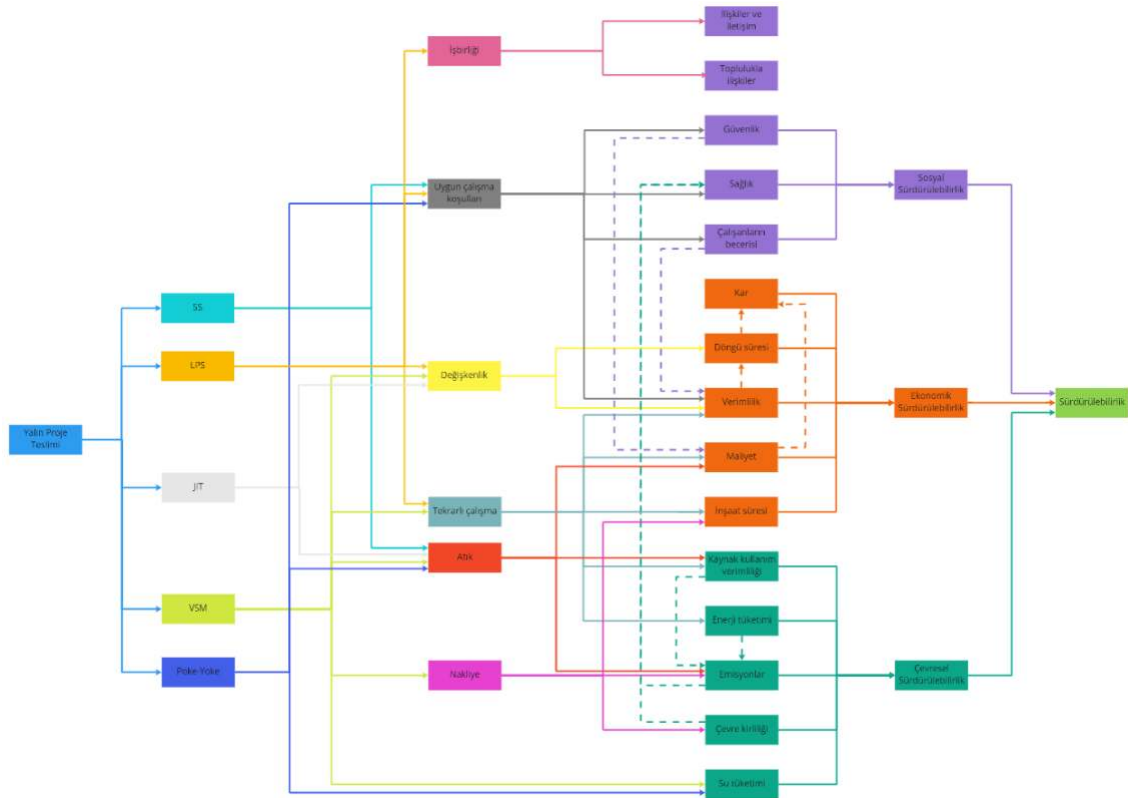
Daha yüksek teknik performans, çevre dostu bir şantiyeyi sürdürmek ve toplumla yakın bir ilişki kurmak, bir projenin erken aşamalarında proje ekibi üyeleri arasındaki iletişimle sağlanabilir (Bae & Kim, 2008).

Yalın Proje Teslimi, işbirlikçi temelleriyle tüm paydaşları inşaat süreçlerine dâhil ederek, mal sahibinin istekleri ve ihtiyaçları doğrultusunda proje için tüm gereksinimleri toplu olarak oluşturmaya ve projenin tüm amaç ve hedeflerini belirlemeye yardımcı olur.

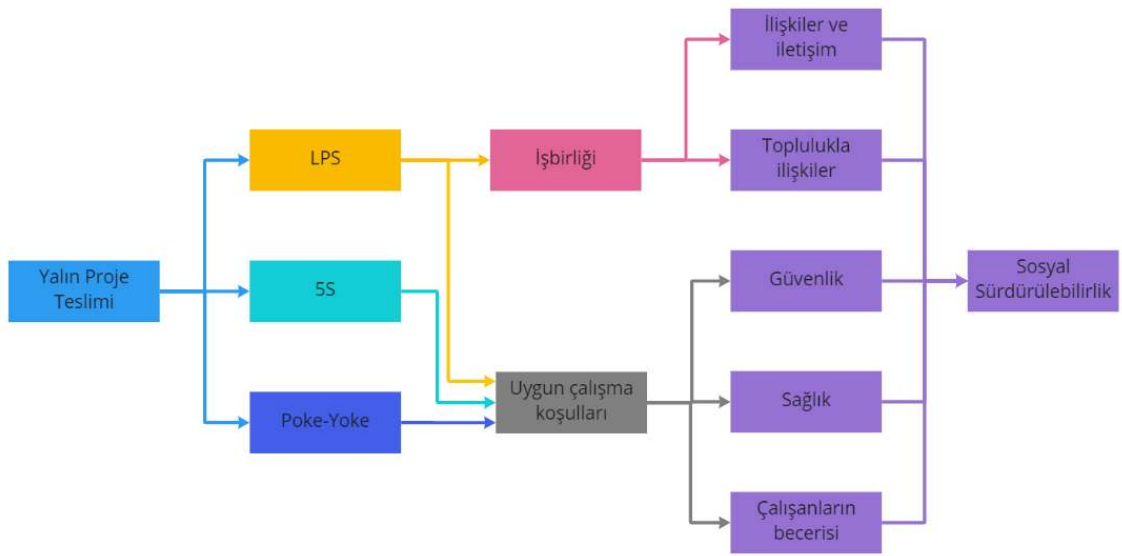
Sürdürülebilirlik de tıpkı Yalın Proje Teslimi gibi paydaşlar ile güven, uyum, iş birliği geliştirme, paylaşılan risk ve taahhütler üzerine inşa edilmiştir. Atıkları azaltmak her ikisi için de en temel hedeftir. Yalın Proje Teslimi süreçleri optimize etmeye odaklanırken, sürdürülebilirlik kaynakları optimize etmeye odaklanır.

Yalın Proje Teslim ve sürdürülebilirliğin beraber uygulanması, teslim edilen tesisin performansını ve kalitesini iyileştirme konusunda da potansiyele sahiptir. Maliyet performansını iyileştirmenin yanı sıra topluma değer katarak ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmeyi sağlayarak, sürdürülebilirliğin üçayağı olan ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını da başarır.

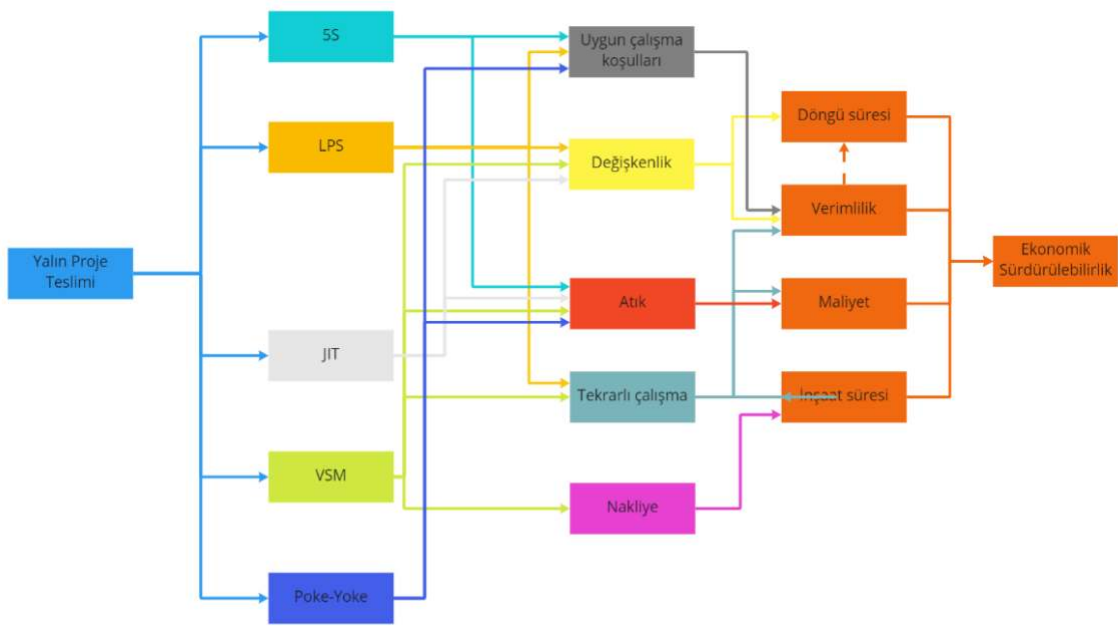
Yalın Proje Teslimi'nin beş aşaması olan proje tanımı, yalın tasarım, yalın tedarik, yalın montaj ve kullanım aşamalarının her birinin çevre ile bağlantılı farklı etkileri vardır.



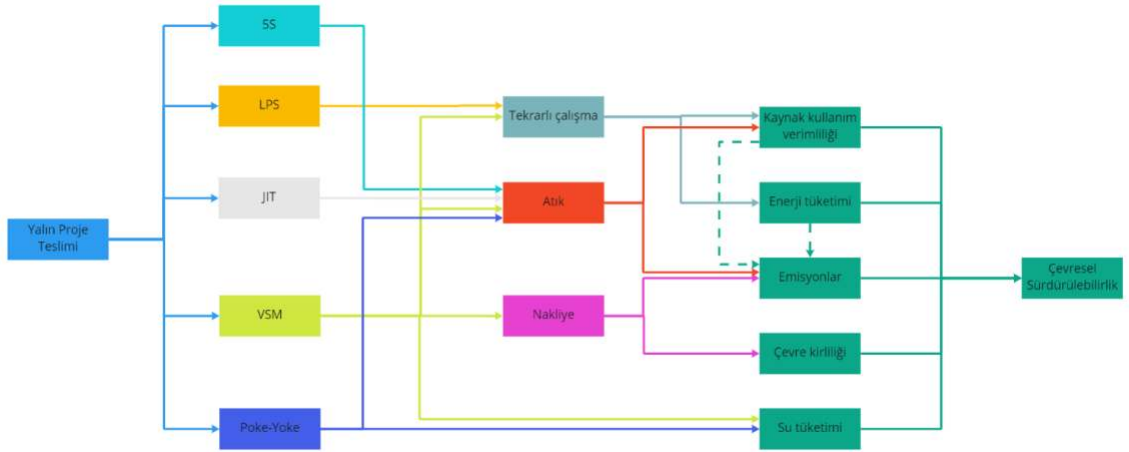
Şekil 4.2. Sürdürülebilirlik ve Yalın Proje Teslim Sistemi.



Şekil 4.3. Sosyal Sürdürülebilirlik ve Yalın Proje Teslim Sistemi.



Şekil 4.4. Ekonomik Sürdürülebilirlik ve Yalın Proje Teslim Sistemi.



Şekil 4.5. Çevresel Sürdürülebilirlik ve Yalın Proje Teslim Sistemi.

4.3.1. Proje Tanımı

Yalın inşaatta değer ve israfın tanımlanması büyük bir öneme sahiptir. İsrafı ortadan kaldırarak değeri maksimuma ulaştırma, yalın inşaatta değer yönetimini ifade eder.

'Çevre' bir müşteri olarak tanımlanabilir ve bu nedenle değeri 'çevre' açısından tanımlamak gerekli hale gelir (Horman, Riley, Pulaski & Leyenberger 2004, Lapinski, Horman, & Riley 2006, Ofori 1992, Peng & Pheng 2011). Bu nedenle, enerji verimliliğini artırarak, atıkları ve kirliliği azaltarak çevresel etkiyi azaltacak önlemler, proje tanımlama aşamasında temel değer belirleyici unsurlardır (Francis & Thomas, 2020).

4.3.2. Yalın Tasarım

Tasarım sürdürülebilir tesislerde çok önemlidir. Sürdürülebilir tasarım, bir tesisin tüm yaşam döngüsünü dikkate alınmasını gerektirir. Dünya kaynaklarını ve insanlarını en şekilde kullanmayı, kar elde etmeyi, sosyal altyapının iyileştirilmesine katkıda bulunurken çevreyi korumayı ve insanların sağlığına ve güvenliğine saygı duymayı gerektirdiği için, sürdürülebilir bir inşaat projesinin tasarımı kritiktir ve kapsamlı koordinasyon gerektirir.

Bir tesisin yaşam döngüsü boyunca en uzun süreye sahip olan işletme ve bakım aşaması enerji tüketiminin azaltılması için özellikle dikkat edilmesi gereken aşamadır. Bunun için de tasarım büyük bir rol oynar.

Tasarım aşamasında yalın ve sürdürülebilirlik felsefeleri uygulanarak ve LPDS'nin işbirlikçi temelleriyle, ilgili tüm paydaşları dâhil edilerek, çevreye ve topluma en az zararlı proje tasarlanması mümkün olabilir.

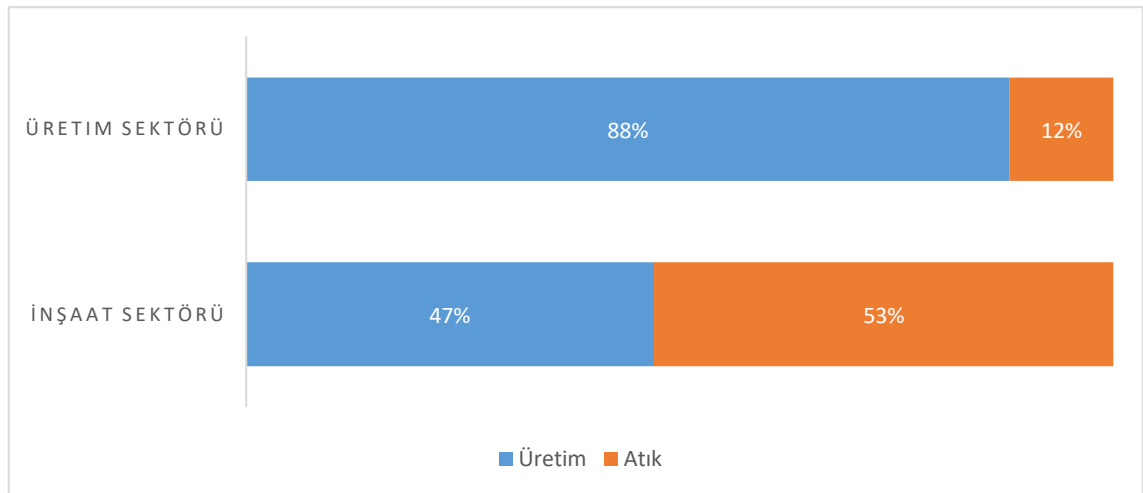
Sürdürülebilirlikle ilgili standartlar da mal sahibinin ihtiyaçları ve tasarım kriterleri kadar önemlidir ve proje tanımı ve ön tasarım aşamaları gibi erken kararlar almayı gerektirir. Tasarımcılar ve yükleniciler inşa edilebilirlik konusunda iş birliği içinde oldukları takdirde sürdürülebilir tasarım, yalın inşaat ile birlikte çok etkili bir şekilde uygulanabilir.

Sürdürülebilir tesislerin inşası sırasında çevresel etkileri ve enerji tüketimini en aza indirmek için birkaç yalın tasarım yöntemi uygulanabilir: Integrated Design, Target Costing ve Set-Based Design (Bae & Kim, 2008).

Horman ve arkadaşları (2004), tasarım ve inşaat süreçlerinin projenin başlarında entegre edilmesinin, sürdürülebilirlik ve inşaat süreci verimliliği arasında çok sayıda ve önemli sinerjinin gerçekleştirilmesini sağladığında ısrar etti. Ayrıca, özel yüklenicilerin ve tedarikçilerin tasarım aşamasına erken dâhil edilmesi, bir projenin sürdürülebilirliği için daha fazla olanak sağlar (Riley, Sanvido, Horman, McLaughlin & Kerr, 2005). Çevresel ve sosyal uzmanlar, bir proje sırasında yer alarak topluluk ve sakinlerinin sağlığı arasındaki ilişkiyi de geliştirebilir (Bae & Kim, 2008).

4.3.3. Yalın Tedarik

Yalın İnşaat Enstitüsü (LCI) tarafından yürütülen çalışmalara göre, inşaat sektörü, Şekil 4.6'de görülebileceği gibi imalat sektöründen daha yüksek bir üretim/atık oranına sahiptir.



Şekil 4.6. Üretim sektörü ve inşaat sektörü arasındaki üretim/atık oranlarının karşılaştırması.

Bu atıkların birçoğu da inşaat sahasındaki ihtiyaçtan fazla malzeme stokundan kaynaklanır. Malzemenin optimum stok miktarının üzerinde tutulması; depolama, mevsim şartlarına maruz kalması, malzeme ömrü, kötü istifleme gibi etkenlerle o malzemelerin israfı edilmesine sebep olur.

Yalın tedarik, envanteri en aza indirmeyi ve teslim süresini azaltmayı hedefler. İhtiyaç duyulan malzemelerin, istenilen zamanda ve miktarda tedarikini Just in Time (JIT) yalın aracını kullanarak gerçekleştirir. Bu sayede ihtiyaç olmayan malzeme gereksiz yere stokta birikmez ve israfın önüne geçilir.

Yalın tedarik, malzeme israfının önüne geçerek hem çevresel hem ekonomik sürdürülebilirliğe katkı sağlar. Teslim süresini azaltmak için malzemelerin yerel tedarikçilerden temin edilmesi, yerel ekonomi üzerinde olumlu etki yaratır ve toplumla ilişkileri ve iletişimi geliştirir. Bu da sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlar.

4.3.4. Yalın Montaj

Yalın montaj, müşteri tarafından istenen ürüne götüren nihai uygulama anlamına gelmektedir.

Yalın tedarik felsefesinin kritik bir bileşeni olan prefabrikasyon, çeşitli yapı elemanlarının kontrollü bir şantiye dışı ortamda hazırlanmasını ve ardından montajı yapılacak inşaat projelerine taşınmasını içerir. Daha iyi bir malzeme tedarik zinciri ve daha kolay geri dönüşüm ve atık yönetimi sağlar, böylece çevre üzerinde olumlu bir etki anlamına gelir. Prefabrikasyon veya fabrika bazlı tasarım, malzeme tüketimini ve enerji ve su gereksinimlerini azaltmaya yardımcı olacak ve böylece yeşil faydalar sağlayacaktır (Luo, Riley, & Horman 2005, Riley vd. 2005).

Prefabrikasyon maliyet, kalite ve zaman açısından olumlu özellikler göstermektedir. Tekrar eden işleri yapmanın önüne geçerek çevre üzerinde olumlu etkiler sağlamaktadır.

Ancak, tam tersine, JIT'e benzer şekilde, prefabrike elemanların tesliminde aşırı nakliye söz konusuysa, prefabrikasyon daha fazla enerji tüketimine ve kirliliğe neden olabilir (Y. W. Kim & Bae 2010, Luo vd. 2005). Bu bağlamda, prefabrikasyon sahalarının konumu, çevresel etkilerin belirlenmesinde belirleyici bir unsurdur (Francis & Thomas, 2020).

4.3.5. Kullanım

Son kullanım aşaması, tesisin teslimat ekibinden tesis yönetim ekibine teslim edildiği devreye alma, işletme ve bakımı içerir.

“Sürdürülebilir uygulamalar, işletme aşamasında yalın felsefenin normal uzantısıdır” (Golzarpoor & González, 2013).

4.4. YALIN TEKNİK VE ARAÇLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLE İLİŞKİSİ

Sürdürülebilirliğin üçayağı olan ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarında olumlu etkiler yaratmak ve sürdürülebilirliğe ulaşmak için yalın inşaat bazı teknik ve araçları sahiptir. İnşaat projesi esnasında, bu teknik ve araçlardan yararlanılmaktadır.

Çizelge 4.1 Yalın teknikler ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri.

Yalın Teknik	Çevresel	Ekonomik	Sosyal
LPS	-Kaynak kullanım verimliliği -Enerji tüketimi	-Döngü süresi -Verimlilik -Maliyet -İnşaat süresi	-Güvenlik -Çalışan becerisi -İlişkiler ve iletişim geliştirme
5S	-Kaynak kullanım verimliliği -Malzeme israfı -Katı atıkların ayrıştırılması Çevre kirliliği	-Döngü süresi -Verimlilik -Maliyet	-Güvenlik -Sağlık -Uygun çalışma koşulları -Çalışan becerisi -İlişkiler ve iletişim geliştirme
VSM	-Kaynak kullanım verimliliği -Enerji tüketimi -Emisyonlar -Çevre kirliliği -Su tüketimi -Atık yönetimi	-Döngü süresi -Verimlilik -Maliyet -İnşaat süresi	-Yerel topluluğa saygı -Topluluk rahatsızlığı
Poke-Yoke	-Kaynak kullanım verimliliği -Su tüketimi -Enerji tüketimi -Emisyonlar	-Maliyet -İnşaat süresi -Döngü süreleri	-Güvenlik -Sağlık
JIT	-Malzeme israfı	-Döngü süresi -Verimlilik -Maliyet	

4.4.1. 5S ve Sürdürülebilirlik

Çalışmalar, öncelikle malzeme depolama ve envanter yönetimini etiketleme ve düzenlemeye odaklanan 5S'nin, tehlikeli dökülmelerin ve sızıntıların hızla belirlenmesine ve hava kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olabileceğini ortaya koymaktadır (Bae & Kim 2008, Vieira & Cachadinha 2011).

Salem ve arkadaşları (2014), bu alanlardaki atık ve kirliliği en aza indirmek ve böylece çevresel sürdürülebilirliği iyileştirmek için üstyapı projelerinin çalışma alanlarında 5S'nin uygulanmasını önermektedir. Bu nedenle, 5S'nin çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle doğası gereği uyumlu olduğu bulunmuştur (Francis & Thomas, 2020).

5S tekniği ile çalışma alanlarını düzenleyerek daha güvenli çalışma koşulları oluşturulabilir. Her türlü malzeme ve ekipmanın düzgün bir şekilde istiflenmesi ile malzeme israfının önüne geçerek kaynaklar verimli bir şekilde kullanılabilir. Böylelikle malzeme israfından doğan maliyetlerin de önüne geçmek mümkün olur.

4.4.2. JIT ve Sürdürülebilirlik

JIT yalın çekme ilkesiyle çalışan bir tekniktir. Doğru kaynakları doğru zamanda sunmaya ve optimum stok seviyelerini korumaya odaklanır. Birçok araştırmada JIT tekniğinin sürdürülebilirliğe olan etkisi tartışmalıdır. Sebebi ise sık teslimattan kaynaklanan CO₂ emisyonlarını ve uçucu organik bileşikleri (VOC) arttırarak çevre üzerinden yaratacağı olumsuz etkilerdir.

Bununla birlikte, inşaat projelerinde, JIT'in aşırı stok nedeniyle oluşabilecek malzeme hasarlarını ve bozulmalarını azalttığı, böylece her türlü enerji kullanımını veya aksi halde oluşabilecek emisyonları azalttığı kabul edilmiştir (Koranda vd. 2012, Ogunbiyi vd. 2014).

JIT, envantere ve malzeme tüketimine zarar verme potansiyelini azaltır (Riley vd., 2005).

JIT ile çevresel hasarı azaltmak için teslimat mesafeleri kısaltılarak malzeme israfının önüne geçerek maliyetten tasarruf edilebilir.

4.4.3. VSM ve Sürdürülebilirlik

VSM ile ekonomik israfı ortadan kaldırmak, değer ve yalın israfı tanımlayarak üretim sürecini iyileştirmek için bir süreç ve envanter haritası çıkarılır. Değer, israf, malzeme ve

bilgi akışı görselleştirilir. Bu sayede daha şeffaf ve öngörülebilir inşaat süreçleri elde edilir.

Bu haritaya sürdürülebilirlikle ilgili veriler eklenerek ekonomik hedeflerin yanı sıra çevresel ve sosyal hedefler de takip edilebilir. VSM farklı türde atıkları tanımlamak, su ve enerji tüketimini, kaynak israflarını ve çevresel etkileri belirlemek için görsel bir araç olarak kullanılabilir.

Faulkner ve Badurdeen (2014), çevresel ve toplumsal performansla ilgili parametreleri orijinal VSM'ye dâhil etmek için Sus-VSM veya Sürdürülebilir-VSM olarak adlandırılan değiştirilmiş bir VSM önermektedir. Bu yeni VSM formu, bir süreçte sürdürülebilirliği etkileyen parametrelerin akışını ve hareketini görsel olarak vurgular. Böyle bir VSM, tüm süreç boyunca akışlarını ölçmek ve potansiyel çevresel atık kaynaklarını belirlemek için su, enerji ve emisyonlar gibi parametreleri içerebilir (Francis & Thomas, 2020).

4.4.4. LPS ve Sürdürülebilirlik

LPS, faaliyetlerin aksamadan ve programa uygun olarak tamamlanabilmesi için bir inşaat sürecine dahil olan tüm ön koşulların ve kısıtlamaların planlamanın ilk aşamalarında dikkate alınmasını sağlamaya odaklanan işbirlikçi bir planlama şemasıdır (Ballard & Howell, 2003).

LPS'nin sürdürülebilirlik üzerinde doğrudan bir etkisi olmamasına rağmen bazı araçlar yardımıyla dolaylı olarak etki edebilir. LPS, kısıtlamaların yönetimini sağlar ve değişiklikleri proje daha kolay bir şekilde dâhil etmek için esneklik yaratır. Bu özelliklerini sürdürülebilirlik için de kullanılabilir.

LPS, günlük toplantılar, görsel yönetim araçları ve kök neden analizi ile çalışanların becerilerini arttırmaya, yeniden çalışmayı azaltmaya, değişiklikleri projeye dâhil etmeye ve kısıtlamaların yönetimine katkıda bulunarak; döngü süresi, verimlilik, malzeme ve işçilik israfları, maliyet ve inşaat süresi üzerindeki etkileriyle ekonomik sürdürülebilirliğe; kaynakların verimli kullanılması ve enerji tüketimi üzerindeki etkileriyle çevresel sürdürülebilirliğe; çalışan becerisi, paydaşlar arasında ilişki ve iletişim geliştirme etkileri ile sosyal sürdürülebilirliğe katkıda bulunur.

4.5. ÇEVRESEL OLARAK SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM VE İNŞAAT İÇİN KONTROL LİSTESİ

Forbes ve Ahmed (2011), çevresel olarak sürdürülebilir tasarım ve inşaat yapmak için bir kontrol listesi hazırlamıştır:

- Daha küçük daha iyidir
- Enerji verimli bir bina tasarlayın
- Binaları yenilenebilir enerji kullanacak şekilde tasarlayın
- Malzeme kullanımını optimize edin
- Suyu verimli kullanan, az bakım gerektiren çevre düzenlemesi tasarlayın
- Bina sakinlerinin atıkları geri dönüştürmesini kolaylaştırın
- Gri su ve çatı üstü su toplama sistemlerinin fizibilitesine bakın
- Gelecekte yeniden kullanım için tasarım
- Potansiyel sağlık tehlikelerinden kaçınin: radon, EMF, pestisitler
- Eski binaları yenilemek
- Site kaynaklarını değerlendirin
- Çevresel etkiyi en aza indirmek için binaları belirleyin
- Güneş yönüne dikkat edin
- Mevcut bitki örtüsünden yararlanmak için binaları konumlandırın
- Taşıma gereksinimlerini en aza indirin
- Mekanik ekipman ve yalıtımda ozon tabakasına zarar veren kimyasallardan kaçınin
- Dayanıklı ürünler ve malzemeler kullanın
- Düşük enerji içeren yapı malzemeleri seçin
- Yerel olarak üretilmiş yapı malzemeleri satın alın
- Geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılmış yapı ürünleri kullanın
- Mümkün olduğunda kurtarılmış yapı malzemeleri kullanın

- Yaşlı kereste kullanımını en aza indirin
- Gaz kirleticilerini yayan malzemelerden kaçının
- Basınçla işlenmiş kereste kullanımını en aza indirin
- Ambalaj atıklarını en aza indirin
- Yüksek verimli ısıtma ve soğutma ekipmanı kurun
- Yüksek verimli ışıklar ve cihazlar kurun
- Su verimli ekipman kurun
- Saha çalışması sırasında ağaçları ve üst toprağı koruyun
- Yeraltı suyuna bulaşabilecek pestisit ve diğer kimyasalları kullanmaktan kaçının
- Şantiye israfını en aza indirin
- İş operasyonlarınızı çevreye karşı daha sorumlu hale getirin



5. ANKET ÇALIŞMASI

İnşaat projelerinde seçilen proje teslim sistemiyle tasarım ve yapım yöntemleri, paydaşlar arasındaki koordinasyon da belirlenmiş olacaktır. Doğru bir proje teslim sistemiyle maliyet, zaman ve kalite optimizasyonunu sağlanarak, çevre ve toplum üzerindeki etkileri de iyileştirmek mümkündür.

İnşaat projelerinde yalın ve sürdürülebilir tasarım ve yapım yöntemlerinin uygulanmasının birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar:

- Daha düşük maliyet
- Daha az gecikme
- Daha az belirsizlik
- Daha az atık
- Daha verimli binalar/tesisler
- Daha yüksek kullanıcı memnuniyeti
- Daha az çevresel etki
- Daha çok toplumsal fayda

Bu avantajlar, proje sahipleri için daha fazla karlılık ile sonuçlanırken, bir başka paydaş olan çevre için de sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ile sonuçlanır.

Türkiye’de Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat ile ilgili pek fazla somut uygulama örneği bulunmamaktadır. Aynı şekilde üniversitelerde lisans eğitiminde bu konular pek fazla anlatılmaması, yüksek lisans eğitimindeki programlarda de yeterince bulunmaktadır. Bu sebeple, sektör çalışanları bu konunun uygulamasını bilmemenin yanında teorisi hakkında da pek fazla bilgi sahibi değildir. Buna rağmen yalın ve sürdürülebilir prensiplerin inşaat projelerinde bilinçsiz bir şekilde de uygulanabileceği düşünüldükten bir anket çalışması yoluyla tespit etmeye karar verilmiştir. Çıkan sonuçlara göre de Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat uygulamalarının Türkiye’deki inşaat projelerinde uygulanabilme elverişliliği tespit edilerek, uygulanması için çözüm ve öneriler sunulması planlanmıştır.

Anket, bir konu üzerinde araştırma yapmak için, belirli kişi ya da grupların o konu üzerindeki düşünce, bilgi ve deneyimlerini anlamak amacıyla belirli bir plana göre hazırlanmış bir soru ya da bir takım soruyu ayrı ayrı kişilere sorarak bilgi toplama işidir.

Yüksek lisans tezi kapsamında hazırlanan anket çalışması yürütülürken aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

1. Anketin amacı, kapsamı ve yöntemi belirlenmiştir.
2. Elde edilen sonuçların kimler tarafından nerede ve ne amaçla kullanılacağı belirlenmiştir.
3. Anketin amaca ulaşması için hangi bilgilerin toplanacağı belirlenmiştir.
4. Anket sorularının türü (kapalı/açık uçlu soru) belirlenmiştir.
5. Anketin uzunluğu belirlenmiştir.
6. Anketin hedef kitlesi belirlenmiştir.
7. Anketin uygulanma yöntemi belirlenmiştir.
8. Hangi anket maddelerinin kullanılacağı belirlenmiştir.
9. Ankete kaç kişinin cevap vermesi gerektiği belirlenmiştir.
10. Anket sonuçlarının analiz metodu belirlenmiş ve uygulanmıştır.
11. Anketin analizinin ardından sonuç ve önerilerin yapılmıştır.

5.1. ANKET ÇALIŞMASININ AMACI, KAPSAMI VE YÖNTEMİ

Yüksek lisans tezi kapsamında hazırlanan bu anket çalışması, şantiye ve teknik ofis çalışanlarının yalın ve sürdürülebilir araç ve teknikler hakkında teorik ya da pratik bilgiye sahip olması veya olmaması durumlarında, Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat prensiplerini projelerinde bilinçli ya da bilinçsiz bir şekilde de uygulayabiliyor olacağı varsayımıyla hazırlanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen veriler ile Türkiye’de inşaat sektöründeki kişilerin ve firmaların yalın ve sürdürülebilir ilkeleri projelerinde uygulama oranları analiz edilecek, Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat prensiplerini uygulamalarına olan elverişliliği tespit edilerek, ortaya çıkan bulgular ve sonuçlar sayesinde uygulamaya ve önündeki engellere yönelik çözüm önerileri geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Anket çalışması Türkiye’de yapım şantiyelerinde ve teknik ofislerinde çalışan inşaat mühendislerine yöneltilmiştir. Çalışma kapsamında, projenin büyük, orta ya da küçük ölçekli olması ayırt edilmeksizin inşaatın tüm alt sektörü çalışanları dâhil edilmiştir.

Anket çalışmasının uygulanacağı kitle aranan nitelikler aşağıdaki gibidir:

- İnşaat mühendisi mesleğini yapıyor olmak.
- Yapım şantiyelerinde proje müdürü, şantiye şefi, kısım şefi veya saha mühendisi pozisyonlarından birinde görev alıyor olmak.
- Mesleğinde en az 1 yıl tecrübeli olmak.

Anket çalışmasının hazırlanması yönteminde, öncelikle yüksek lisans dersi kapsamında ders notlarından yararlanılarak taslak sorular hazırlanmıştır. Bu taslak sorular beş inşaat mühendisi tarafından doldurulmuştur. Daha sonra tez çalışması konusu ve içeriği belirlenerek literatür taraması yapıp sorular son haline getirilmiştir. Sorular beşli likert sistemine göre kapalı uçlu olarak hazırlanmıştır.

Likert-tipi sorular araştırılan konu hakkında tutum veya görüş içeren bir ifade ve bu ifadeye katılım düzeyini belirten seçenekler içerir. Likert-tipi sorularda katılım düzeyini belirlemek amacıyla iki aşırı uç arasında yer alan birden çok seçenek sunulur. Bu seçenekler “en yüksekte en düşüğe” veya “en iyiden en kötüye” doğru dereceli bir şekilde sıralanır. Analiz aşamasında bu seçenekler derecelerine göre birer sayısal değer atanarak kodlanır ve böylece nitel veri nicel veriye dönüştürülerek analiz edilir (Turan, Şimşek & Aslan, 2015).

Anket çalışması yüz yüze görüşme telefonla görüşme, e-posta gönderme, sosyal medyada paylaşma (Linkedin) yöntemleriyle ve İnşaat Mühendisleri Odası aracılığıyla oda üyelerinde iletme şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Anket çalışması hedeflenen rakama ulaştıktan sonra, elde edilen bulgular şemalar ve çizelgeler ile görselleştirilmiştir. Bulgular yalın ve sürdürülebilir prensiplerin, tekniklerin ve araçların inşaat projelerinde uygulanma oranlarının tespiti için değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat prensiplerinin Türkiye inşaat projelerinde uygulanması hakkında öneriler sunulmuştur.

Anket Türü

Anket çalışması, kapalı uçlu ve çoktan seçmeli olarak hazırlanmıştır (Anket hazırlanırken uygulanan dördüncü adım). Her bir soru, yanıtları beşli likert sistemi ile yanıtlanacak şekilde düzenlenmiştir. 1’den 5’e kadar verilen yanıtların verildiği rakama göre anlamları şöyledir:

- 1- Kesinlikle katılmıyorum
- 2- Katılmıyorum
- 3- Kararsızım
- 4- Katılıyorum
- 5- Kesinlikle katılıyorum

Anket Soruları

İnşaat sektörü düşünüldüğünde, yalın ve sürdürülebilir inşaat ilke ve uygulama teknikleri ile ilgili hem akademik eğitimde yeterince teorik bilgi olmamasından, hem de uygulamada pek fazla somut örnek olmamasından dolayı, bu ilke ve tekniklerin daha çok bilinçsiz bir şekilde de uygulanabiliyor olacağı varsayımı kabul edildi. Anket çalışması soruları da bu varsayımdan hareket ile hazırlandı.

Yalın yöntemleri uygulamak için önce Yalın Kültür’e sahip olmak gerekir. Bunun içinde insan davranışlarının değişmesi gerekmektedir. Bu sebeple sorular hazırırken insan davranışlarına odaklanıldı.

Hazırlanan sorularda çok fazla teknik detaya değinilmemiş daha çok kişilerin ya da şirketlerinin, projelerinde yalın ve sürdürülebilir prensipleri uygulamasını davranışları yoluyla tespit etmek amaçlanmıştır. Konuyla ilgili teknik bilgisini ölçmek amacıyla sorulan sorular minimum düzeyde tutulmuş ve içerisinde açıklamasını barındırarak hazırlanmıştır.

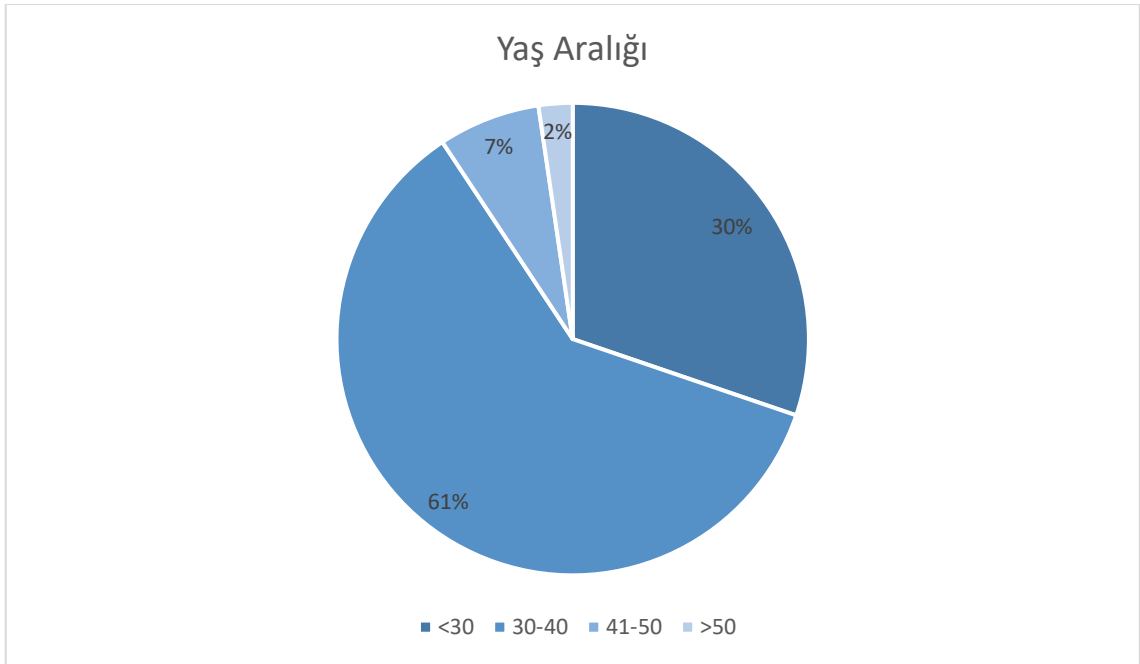
Anket çalışmasında yalın ve sürdürülebilir prensipler ile ilgili 20 soru yer almakla beraber toplam 24 soru yer almaktadır. Sorular Yalın İnşaat, Yalın Proje Teslimi, Yalın Teknik ve Araçlar, Sürdürülebilir İnşaat ilke ve prensipleri temelinde çalışan davranışlarını anlamak üzerine hazırlanmıştır.

5.2. ANKET ÇALIŞMASININ BULGULARININ AÇIKLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Anket çalışması sosyal medya üzerinden de paylaşıldığı için pek çok kişiye iletilmiştir. Bu sebeple kaç kişiye iletildiği konusunda net bir rakam vermek mümkün değildir. Buna karşılık anket 57 inşaat mühendisinin katılımı ile sonuçlanmıştır.

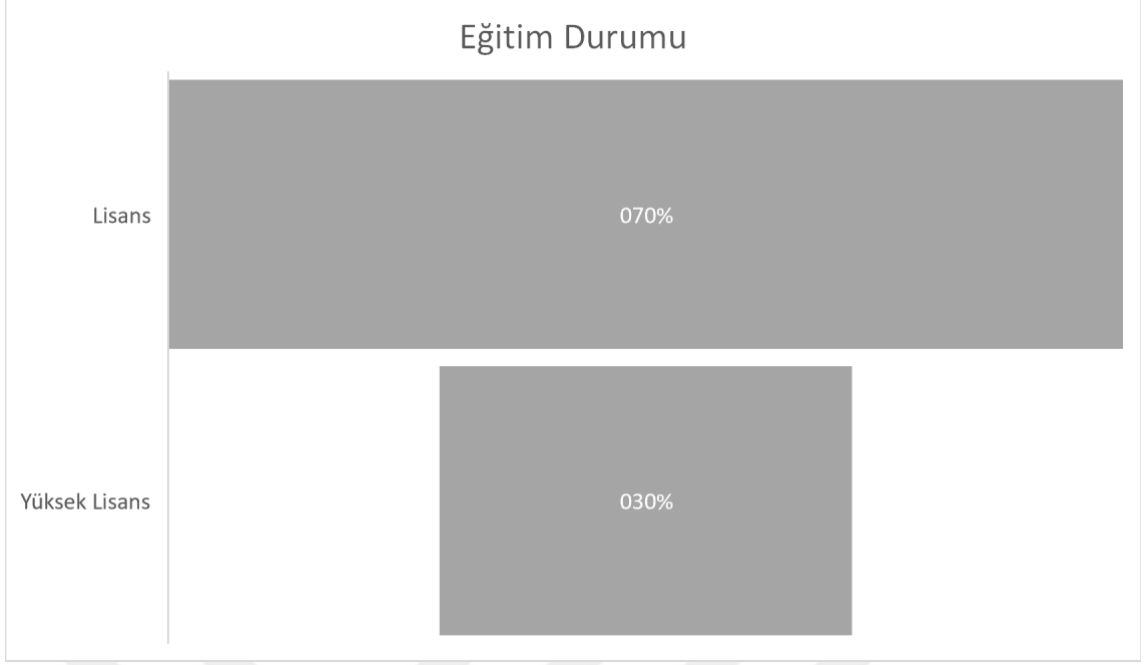
5.2.1. Katılımcılara İlişkin Verilerin Açıklanması ve Değerlendirilmesi

Anket çalışması, Türkiye inşaat projelerinde şantiye çalışanı olan inşaat mühendisleri ile yapılmıştır. Çalışmanın giriş bölümünde katılımcıların pozisyonu, tecrübe yılı, eğitim derecesi, faaliyet alanı gibi kişisel bilgilere ait sorular yer almaktadır.



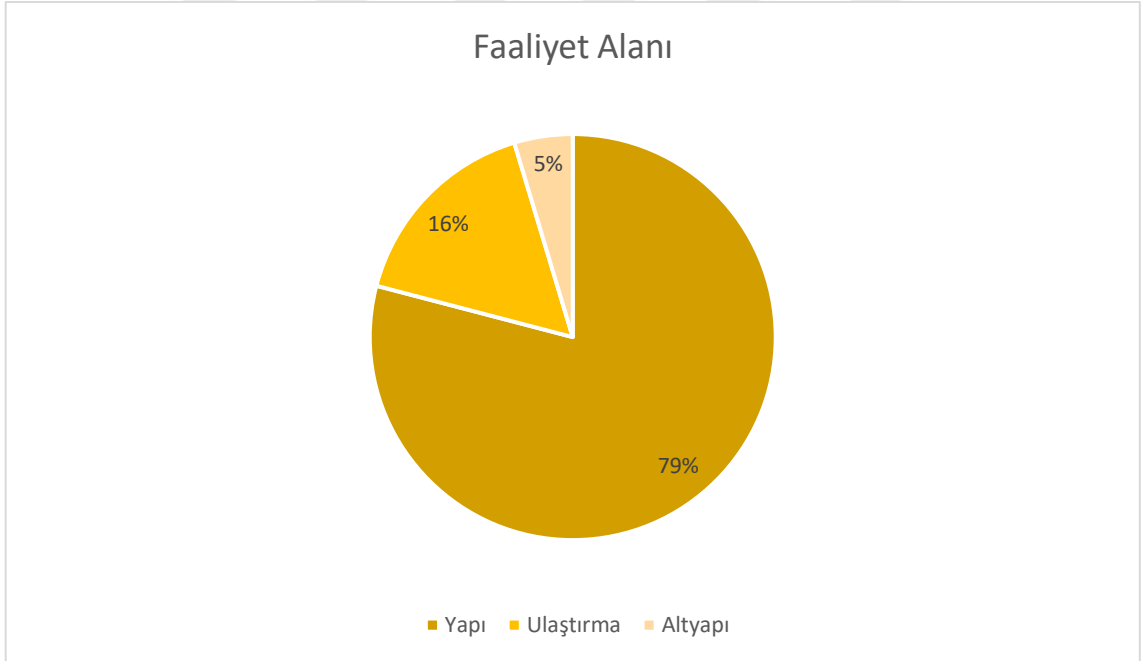
Şekil 5.1. Katılımcıların yaş aralığı pozisyonu.

Şekil 5.1’de görüldüğü gibi tamamlanan 57 anket çalışmasına göre katılımcıların yaş ortalaması ağırlıklı olarak 30-40 arasındadır. Bunu takip eden 30 yaş altı grubunda olan katılımcılar 30-40 arası yaş grubunun yarısı kadardır. Bu sonuçlara göre ağırlıklı olarak orta yaş ve genç neslin şantiyelerde çalıştıkları görülmektedir.



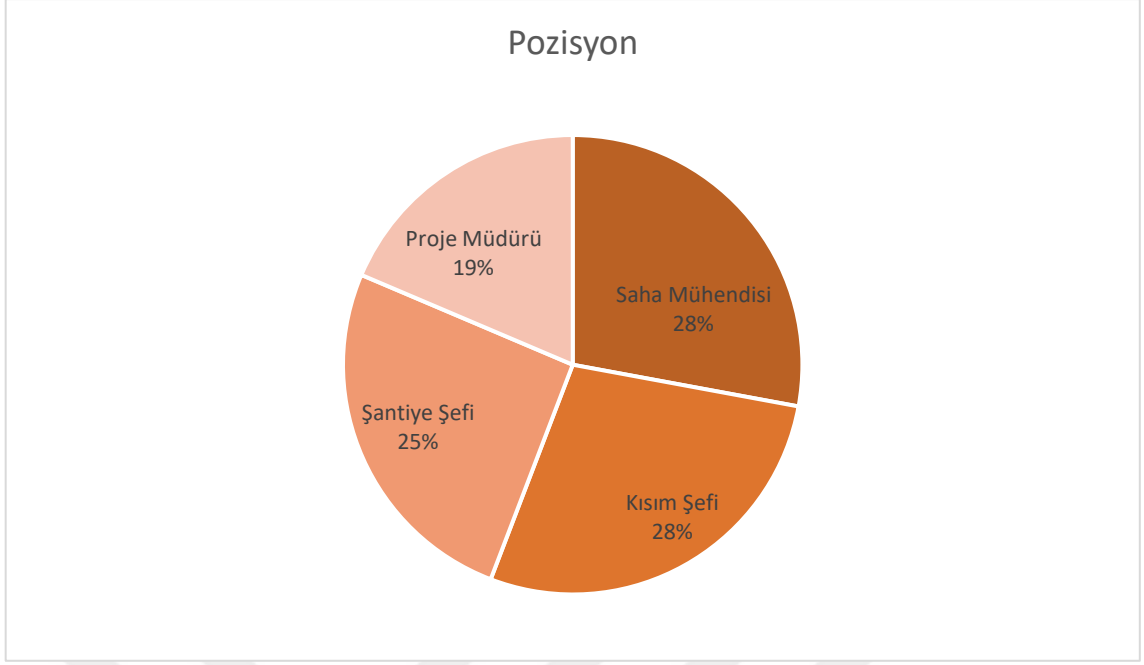
Şekil 5.2. Katılımcıların eğitim durumu.

Şekil 5.2’de katılımcıların eğitim durumları dağılımı görülmektedir. Büyük bir çoğunluk sadece lisans eğitimi almıştır.



Şekil 5.3. Katılımcıların inşaat sektöründe çalıştıkları faaliyet alanları.

Katılımcıların şirketlerinin faaliyet alanları Şekil 5.3’de gösterilmiş olup, Şekil 5.4’de de şirketlerindeki pozisyonlarına göre dağılımları gösterilmiştir. Buna göre katılımcılar daha çok yapı sektöründe faaliyet gösteren şirketlerde çalışırken, pozisyona göre dağılımları neredeyse eşittir.

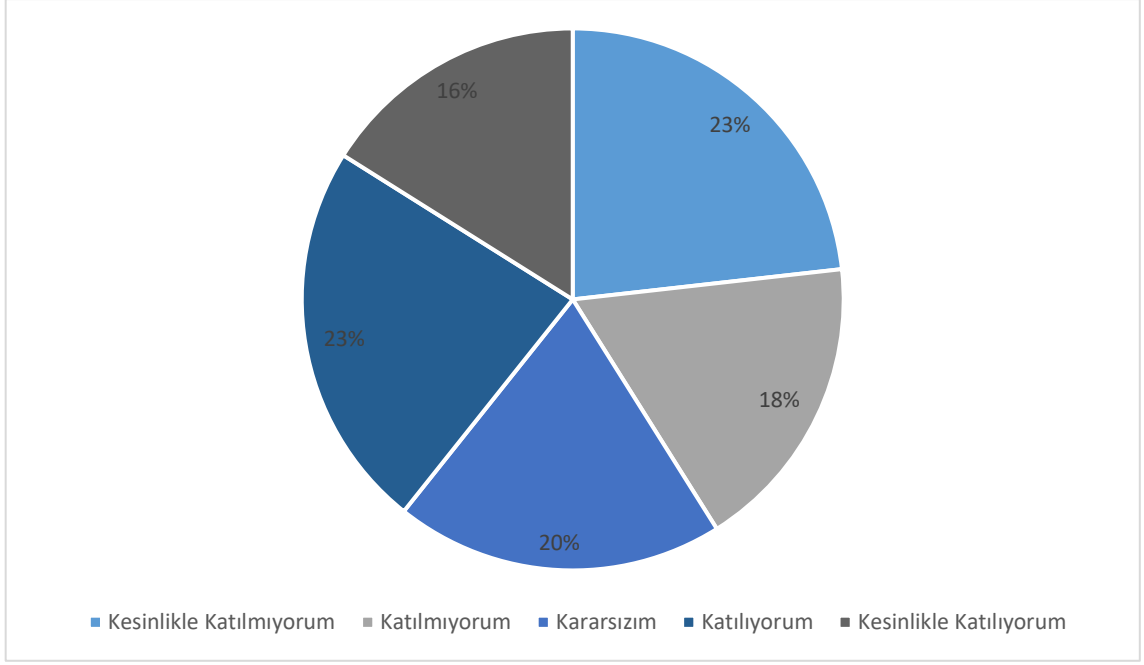


Şekil 5.4. Katılımcıların şirketteki pozisyonu.

Elde edilen verilere göre katılımcılar daha çok genç ve orta yaş gruptan oluşan, yapı sektöründe çeşitli pozisyonlarda çalışan karma bir gruptan oluşmaktadır.

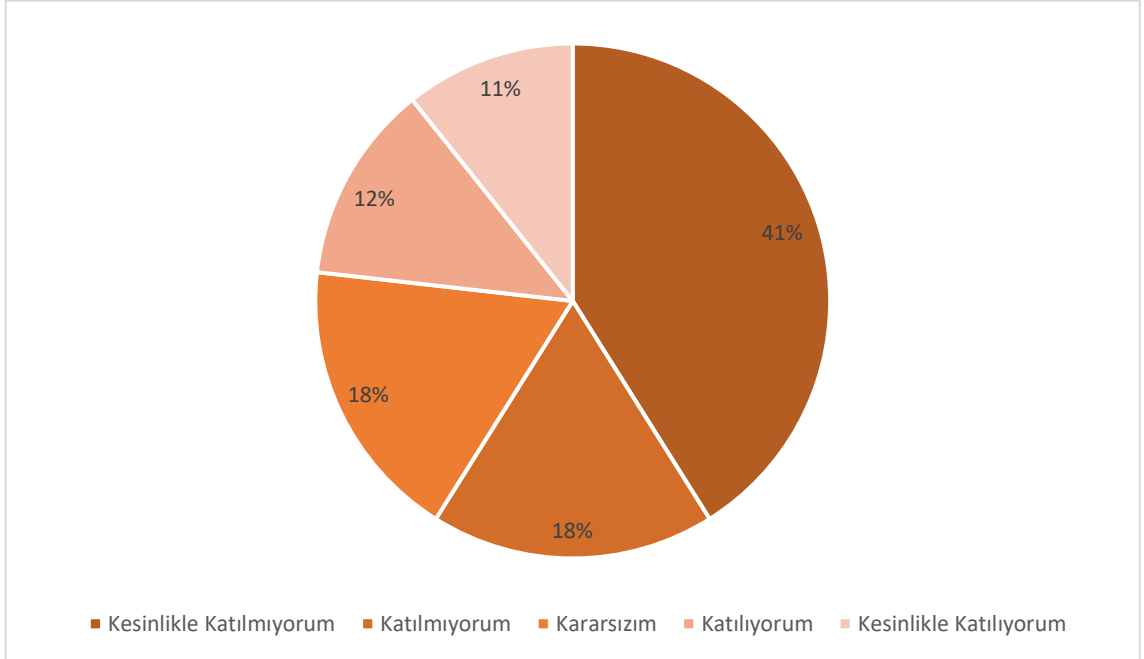
5.2.2. Anket Çalışmasına Verilen Yanıtların Açıklanması ve Değerlendirilmesi

Katılımcıların kişisel bilgilerine yönelik soruların ardından Yalın ve Sürdürülebilir İnşaat ile ilgili sorular yer almaktadır. Bu soruların büyük bir çoğunluğu yalın ve sürdürülebilir davranışlara yönelik olmakla beraber teorik bilgilere yönelik sorular da bulunmaktadır. Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat'ın uygulanabilmesi için kullanılan bazı teknik ve araçlar mevcuttur. Bu teknik ve araçlar kullanılması için de önce kültürün değişmesi gerekmedir. Yalın ve sürdürülebilirlik ile ilgili davranışlar tespit edilerek, yalın ve sürdürülebilir kültüre geçiş ile ilgili önemli bulgular elde edilmesi mümkündür.



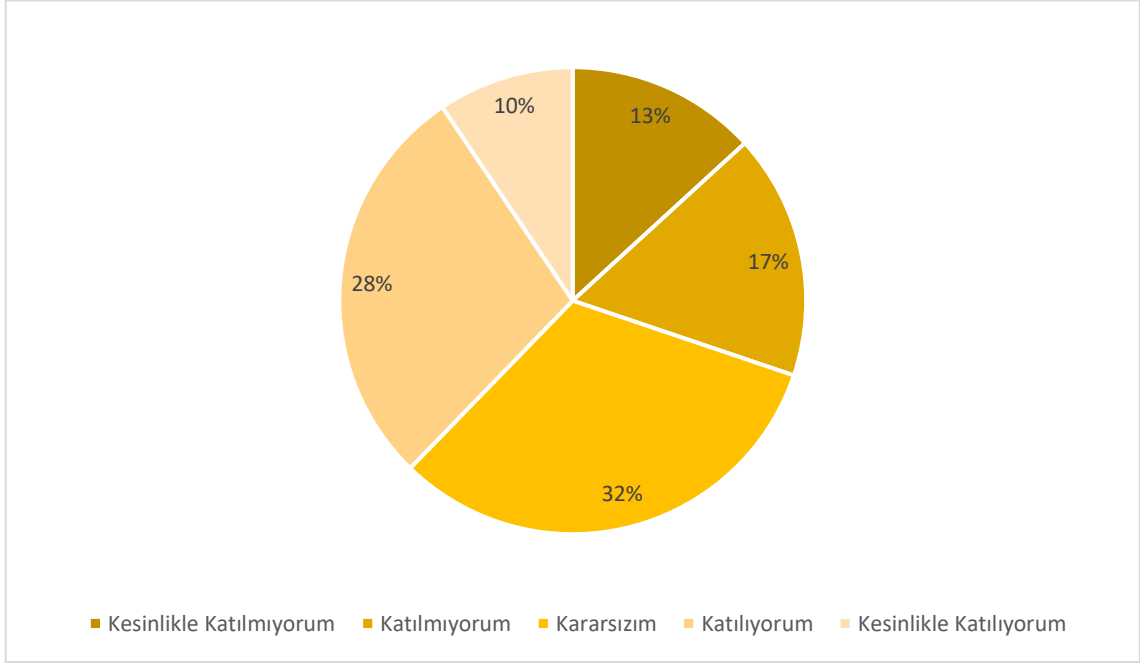
Şekil 5.5. Katılımcıların Yalın İnşaat hakkında bilgi sahibi olma oranları.

Katılımcılara Yalın İnşaat hakkında bilgi sahibi olup olmadıkları yöneltilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre (Şekil 5.5) katılımcıların %20'sinin bu konuda kararsız olduğu görülürken, kalan %80'nin yarısının bilgi sahibi olduğu, diğer yarısı da bilgi sahibi olmadığı görülmektedir.



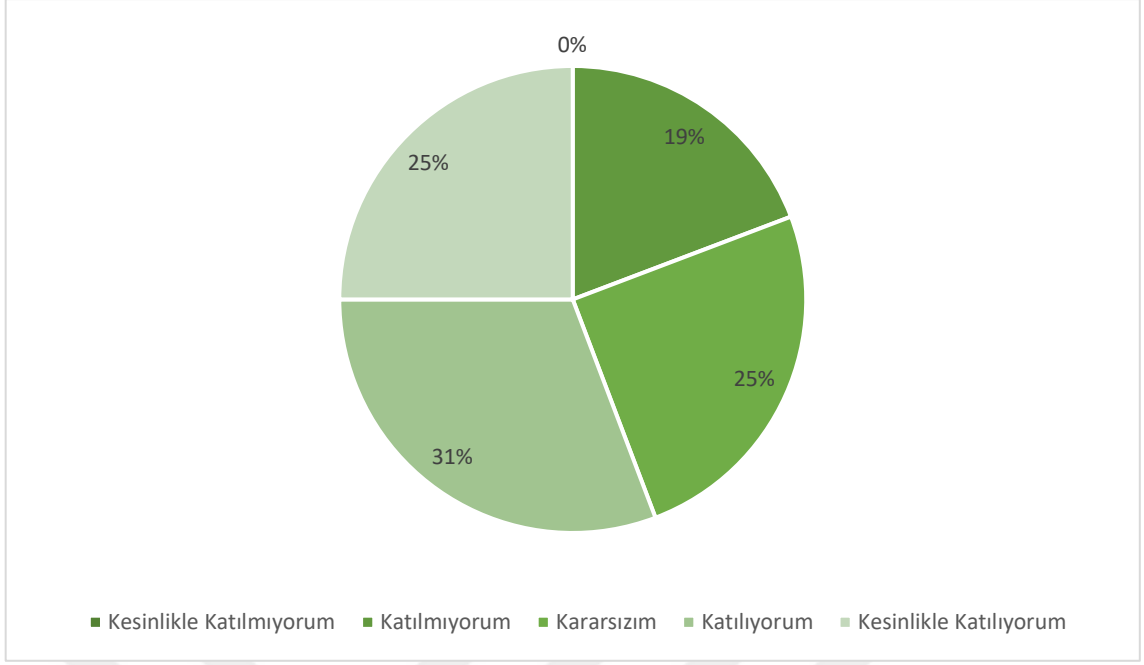
Şekil 5.6. Katılımcıların Yalın Teknik ve Araçlar hakkında bilgi sahibi olma oranları.

Katılımcılara Kanban, JIT, Poke Yoke, 5S, Kaizen, A3, VSM gibi Yalın Teknik ve Araçlar hakkındaki bilgilerine yönelik soru yöneltilmiştir. Şekil 5.6'ya göre katılımcıların %50'den fazlasının bu teknik ve araçlar konusunda bilgi sahibi olmadığı görülmektedir. Bu oranlara bakıldığında Yalın Teknik ve Araçlar ile ilgili ciddi bir teorik bilgi eksikliği olduğu tespit edilmektedir.



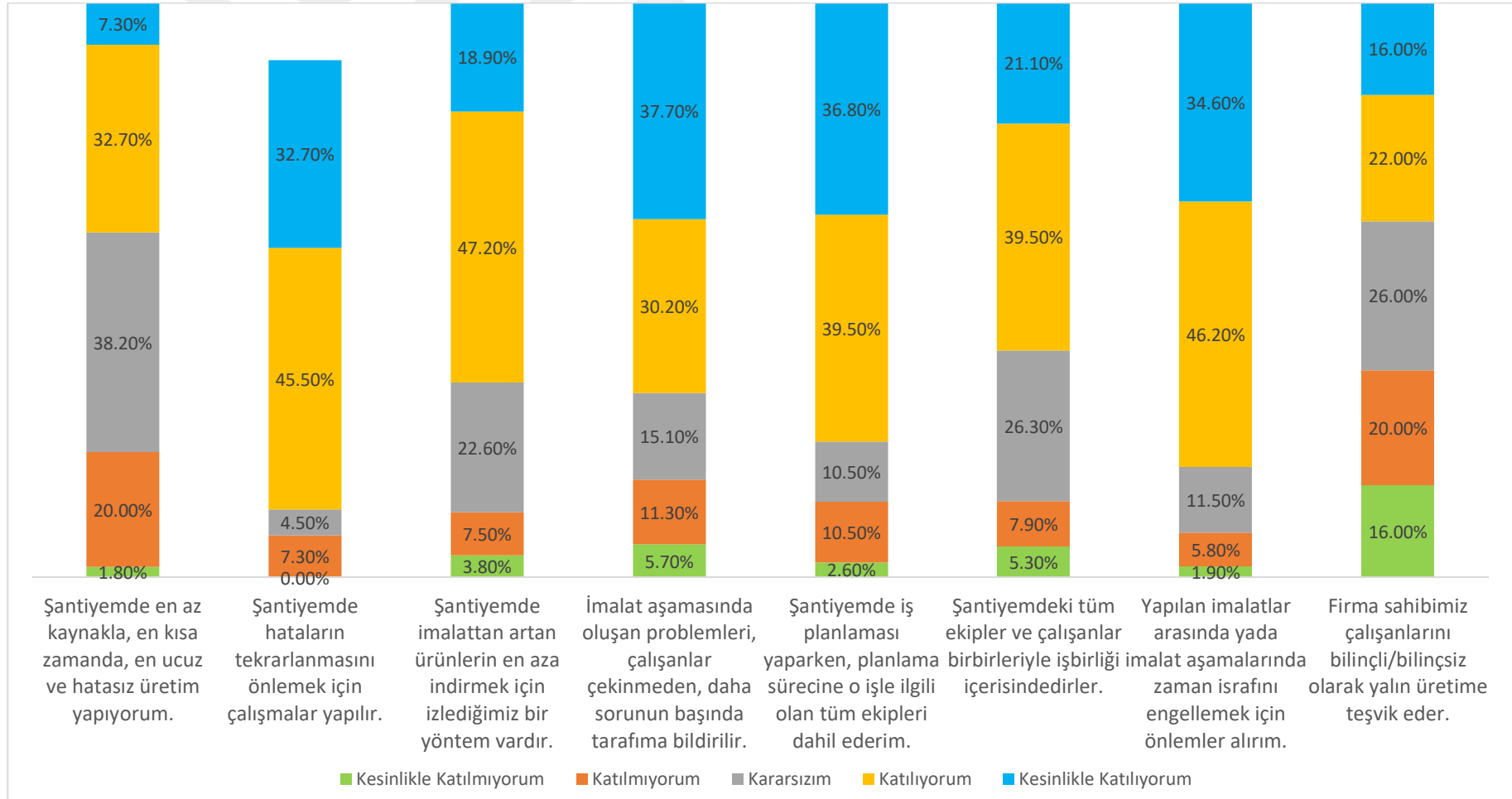
Şekil 5.7. Katılımcıların Yalın İnşaat uygulamalarının uygulanabilirliği ile ilgili görüşleri.

Katılımcılar, Yalın İnşaat'ın Türkiye inşaat sektöründe uygulanabilmesi hakkında görüşlerini almak üzere yöneltilen soruya, kararsızlar elendikten sonra olumsuzdan çok olumlu yanıt vermiştir. Şekil 5.7'de görüldüğü gibi %32 oranında kararız kalan katılımcıların, kararsız kalma sebeplerinin Yalın İnşaat konusunda bilgi eksiklerinden kaynaklanabilme ihtimali bulunmaktadır.

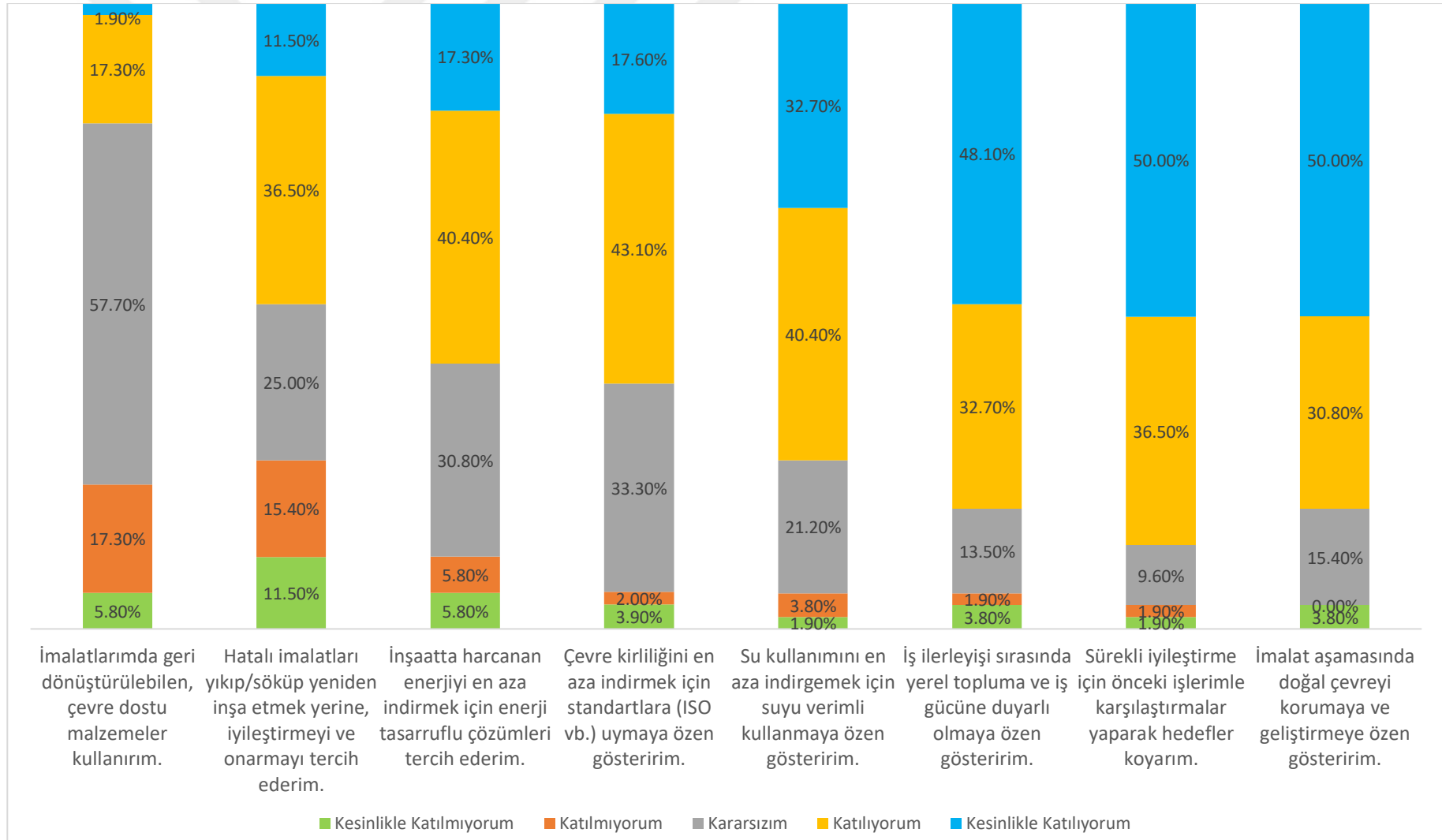


Şekil 5.8. Katılımcıların Sürdürülebilir İnşaat hakkında bilgi sahibi olma oranları.

Katılımcıların Sürdürülebilir İnşaat hakkındaki bilgilerinin Yalın İnşaat hakkındaki bilgilerinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5.8'den görüleceği gibi katılımcıların %55'inden fazlası Sürdürülebilir İnşaat hakkında bilgi sahibi olduğunu söylemiştir. Kesinlikle Katılmıyorum cevabını veren katılımcı olmamıştır.



Şekil 5.9. Katılımcıların yalın davranışlara yönelik oranlar.



Şekil 5.10. Katılımcıların sürdürülebilir davranışlara yönelik oranlar.

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da katılımcıların yalın ve sürdürülebilir davranışlarına yönelik yöneltilen sorulara verdikleri yanıtların oranları görülmektedir.

Katılımcıların verdikleri cevaplar incelendiğinde %40’lık bir oran ile Yalın İnşaat’taki önemli hedeflerden olan “en kısa zamanda, hatasız, kaliteli, en düşük maliyet” ile üretim yapıldığı görülmektedir. Katılımcıların %38’i bu şekilde üretim yaptıkları konusunda kararsız kalmasına karşın çıkan rakamlar umut vadetmektedir.

Yalın tekniklerden olan Kaizen konseptine göre katılımcılara sürekli iyileştirme ve hataları önleme ile ilgili sorular yöneltilmiştir. Katılımcıların %75’i hataların tekrarlanmasını önlemek için çalışmalar yaparken, %86’sı sürekli iyileştirme kapsamında önceki işleriyle karşılaştırmalar yaparken gelecek projeleri için kendilerine hedefler koydukları yönünde cevaplar vermişlerdir.

Yalın ve Sürdürülebilir İnşaat için çok önemli konulardan olan atıkların azaltılması ile ilgili olarak katılımcıların %66’sının imalattan artan atıkları azaltmak için izledikleri bir yöntem bulunmaktadır.

Yalın kültürün ve dolayısıyla Yalın Proje Teslim Sistemi’nin ve buna dahil tüm Yalın Araç ve Teknikleri uygulamak için gerekli olan en önemli unsurlar iletişim ve iş birliğidir. Çalışanların sorunları üstlerine rahatça dile getirmesi, sorunların üstesinde ekip olarak gelmeleri, ekiplerin birbirleri ile yaptıkları işler konusunda devamlı olarak iletişim ve iş birliği halinde olmaları çok önemli faktörlerdir. Bu faktörlerin yerine getiriliyor olması Yalın Kültür’ün benimsenebilmesinin tespiti için önemli rol oynamaktadır. Katılımcıların %68’i çalışanların üstlerine sorunları en başında bildirdikleri yönünde cevap verirken, %60’ı şantiyelerindeki tüm ekip ve çalışanların iş birliği içinde çalıştıkları yönünde cevap vermiştir.

Yalın Proje Teslim Sistemi’ni uygulamada çok önemli rol oynayan LPS’de, planlama süreçlerine o işle ilgisi olan çalışanların dahil etmesini gerektirir. Katılımcıların %76’sı iş planı yaparken planlama sürecine o işle ilgili olan ekipleri dahil etmektedir.

Yalın ilkelerin başında israfı azaltmak gelmektedir. İnşaat projelerinde zaman israfı maliyetin armasına sebep olan en büyük faktörlerden biridir. Katılımcıların %80’i imalat aşamaları arasında ya da esnasında zaman israfını engellemek için önemler almaktadır.

Katılımcılara şirket sahiplerinin bilinçli ya da bilinçsiz bir şekilde kendilerine Yalın üretime teşvik edip etmediklerine yönelik yöneltilen verilen cevapların dağılımı birbirlerine çok yakındır. Bu oranlar doğru bir yorum yapmaya olanak sağlamamaktadır.

Sürdürülebilir İnşaat uygulamalarında atılabilecek önemli adımlardan biri kullanılan malzemeleri değiştirmek olacaktır. Katılımcılara geri dönüştürülebilen ve çevre dostu malzeme kullanımına yönelik sorulan soruda %58'inin kararsız kaldığı görülmektedir. Bu konuda şirketin vizyonunun önemli bir faktörü bulunmaktadır. Çalışanlar şirket sahibini bu tür malzemeleri tercih etmeye teşvik konusunda yetersiz maliyete bağlı olarak yetersiz kalabilirler.

Katılımcıların malzeme seçimi konusunda yeterli söz sahibi olamamasının aksine hatalı imalatları yıkıp, söküp, yeniden inşa etmek yerine iyileştirmeyi ve onarmayı tercih ettikleri görülmektedir. %25 oranında ortada kalan katılımcın yanında %48 oranındaki katılımcı iyileştirme ve onarma yolunda ilerlemektedir.

Sürdürülebilir İnşaat'ta önemli adımlardan biri de enerji ve su tasarrufudur. Katılımcıların %57'si harcanan enerjiyi en aza indirmek için enerji tasarrufu çözümleri aradıklarını söylerken, %73'ü de su kullanımını en aza indirmek için suyu verimli kullanmaya özen gösterdiklerini söylemiştir.

Sürdürülebilirliğin çevresel faktörlerinde başarıyı yakalamak için bazı standartlar mevcuttur. Katılımcılarının %60'ı çevre kirliliğini azaltmak için bu standartları uymaya özen gösterdiği görülmektedir.

Yalın Kültür de Sürdürülebilirlik de içerisinde saygıyı barındırır. Doğal çevreye saygı çevresel sürdürülebilirlik için önemli faktörlerden biridir. Katılımcıların yalnızca %30'luk bir kısmı imalat aşamasında doğal çevreyi korumaya ve geliştirmeye özen gösterdikleri yönünde cevap vermiştir. Bu konuda büyük bir farkındalık ve dönüşüme ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Toplumsal sürdürülebilirlik, sürdürülebilirliğin üçayağını da tamamlamak için gerekli olan unsurlardan biridir. Bunun başında da yerel topluma ve işgücüne saygı gelir. Katılımcıların %80'sinin iş ilerleyişi sırasında yerel topluma ve işgücüne duyarlı olmaya özen gösterdikleri görülmektedir.

Bu bölümde, anket çalışmasından elde edilen verilere göre katılımcıların yalın ve sürdürülebilir davranışlar yönelimleri tespit edilmiştir. Sonuç ve öneriler bölümünde bu davranışlar ile ilgili oranlardan yola çıkarak Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat uygulamalarının hayata geçirilmesine yönelik çeşitli çözüm önerileri geliştirilecektir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnşaat sektörü büyük rekabet ortamına sahip olduğundan dolayı minimum zamanda, daha az maliyet ve daha yüksek kalite ile projeleri tamamlamak büyük önem arz etmektedir. Bunlara ek olarak, her geçen gün daha fazla çevresel felaketler yaşanan, habitatımızın tahrip olduğu günümüz dünyasında projelerimizi planlamadan yapıma, kullanımdan yıkama kadar olan tüm süreçlerde çevresel hassasiyet ile tamamlamak gerekmektedir. Bu bağlamda Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat'ı bir araya getirerek hem çevresel, sosyal, ekonomik faydalar elde etmek hem de maliyet, zaman, kalite, süreç optimizasyonunu sağlamak mümkündür.

İnşaatta sürdürülebilirliği sağlamak, akışı iyileştirmek, israfı ortadan kaldırmak, gecikmeleri azaltmak, üretkenliği arttırmak için paydaşlar arası ilişkiler önemli rol oynar. Yalın Proje Teslim Sistemi ile bu ilişkiler işbirlikçi temeller ile atılır. Tüm paydaşların dâhil olduğu bu proje teslim sisteminde müşteri memnuniyeti doğrultusunda projenin tüm hedef ve amaçları belirlenir. Sürdürülebilirliği sağlamak için çevrenin ve toplumun da bir paydaş olarak görülmesi gerektiğinden, belirlenen hedef ve amaçlara Sürdürülebilir İnşaat'ın hedef ve amaçları da dâhil edilerek hem yalın hem sürdürülebilir bir proje teslimi yapılır.

Bu çalışmada Yalın Proje Teslim Sistemi ve onun Sürdürülebilir İnşaat ile olan ilişkisine rehber oluşturmaya odaklanılmıştır. Yalın ve sürdürülebilir uygulamaları hayata geçirmek için öncelikle bu kültüre sahip olmak gerekir. Yalın kültüre sahip olabilmek da kişilerin davranışlarını değiştirmesi ile başlar. Bu kapsamda Türkiye inşaat sektöründe çalışan inşaat mühendislerinin yalın ve sürdürülebilir davranışlara yönelimlerini belirlemek amacıyla anket çalışması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar analiz edilerek Türkiye İnşaat sektöründe Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat uygulamalarına hayata geçirmek için öneriler sunulmuştur.

Yapılan anket çalışması sonucu elde edilen verilere göre aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- Yalın İnşaat kavramı %50'lik bir oranda bilgi sahibi oluna bir konu olsa da Yalın Teknik ve Araçlar hakkında yüksek bilgi eksiklikleri bulunmaktadır.

- Sürdürülebilir İnşaat hakkında bilgi sahibi olma oranı Yalın İnşaat'a oranla daha yüksektir.
- Çalışanların davranışlarında yalın ve sürdürülebilir yaklaşımlar genellikle azımsanamayacak yükseklikte çıkmıştır. Bu da sektör çalışanlarının yalın kültürü benimseme noktasında ılımlı ve işbirlikçi olacakları yönünde öngörü kazandırır.
- Çalışanların geri dönüştürülebilen, çevre dostu malzeme kullanıp kullanmadıkları dair yüksek oranda belirsizlik mevcuttur.

Bu tespitler ışığında Yalın ve Sürdürülebilir İnşaat ile ilgili teorik bilgilere yönelik lisans eğitimden başlayarak müfredata eklemeler yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Yalın ve sürdürülebilirliğin temellerini öğrenmeden yalın kültürü anlayıp benimsemek sonrasında da bunu bir alışkanlık haline getirmek engeller yaratabilir. Bu konuda ilk önce eğitim verilerek temellerin oturtulması ya da eksik bilgilerinin tamamlanması yalın ve sürdürülebilir olma konusunda nereden başlanması gerektiği hakkında bir fikir sağlayabilir.

Literatür incelendiğinde Yalın ve Sürdürülebilir uygulamalara dair pek fazla somut örnek bulunmamaktadır. Bu uygulamaları anlayanın önündeki en büyük engellerden biri nasıl uygulanacağını bilinmemesidir. Yalın Proje Teslim Sistemi ile projelerini tamamlayan ve Sürdürülebilir İnşaat uygulamalarını projelerinde uygulayan şirketler ile temas kurularak bu yöntemlerin uygulama teknikleri hakkında detaylı çalışmalar hazırlanabilir. Hazırlanan bu çalışmalar lisans ve yüksek lisans eğitimlerinde, meslek odalarının eğitimlerinde, seminer ve sempozyumlarda anlatılarak sektör çalışanlarının bu konuda bilinçlenmesi sağlanabilir.

Çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamak için önemli etmenlerden olan geri dönüştürülebilen, çevre dostu malzemeler hakkında çalışmalar yapılabilir. Mevcut kullanılan malzemelere ikame olabilecek malzemeler listelenerek yapım firmalarına ve tedarikten sorumlu şirket çalışanlarına bu listeler dağıtılabilir.

7. KAYNAKLAR

- Al-Sudairi, A. A. (2004). Simulation as an Aid Tool to the Best Utilization of Lean Practices. *Proc. Twelfth Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (ss. 306 – 316).
- Alarcón, L. F., Mesa, H., & Howell, G. (2013). Characterization of lean project delivery. *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013*, (ss. 31–39).
- Arbulu, R., Ballard, G., & Harper, N. (2003). Kanban in construction. *International Group for Lean Construction*, (ss. 1–12).
- Arbulu, R., Koerckel, A., & Espana, F. (2005). Linking Production-Level Workflow With Materials Supply, *Proceedings IGLC-13* (ss. 199–206).
- Bae, J. W., & Kim, Y. W. (2008). Sustainable value on construction projects and lean construction. *Journal of Green Building*, 3(1), 155–167.
- Ballard, G. (1993). Lean construction and EPC performance improvement. *Lean construction*, 79–91.
- Ballard, G. (1999). Work Structuring = Process Design. *White Paper 5, Lean Construction Institute*, 1–15.
- Ballard, G. (2000). Lean Project Delivery System (Revision 1). *Lean Construction Institute: White Paper No. 8*, 1–7.
- Ballard, G. (2008). The lean project delivery system: An update. *Lean Construction Journal*, 1–19.
- Ballard, G., & Howell, G. (1997). Implementing lean construction: improving downstream performance. *Lean construction*, 111–125.
- Ballard, G., & Howell, G. (1998). Shielding production: essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and management*, 124(1), 11–17.
- Ballard, G., & Howell, G. (2003). Lean project management. *Building Research & Information*, 31(2), 119–133.
- Ballard, H. G. (2000). 'The Last Planner System of Production Control' Doctoral Dissertation, University of Birmingham.
- Chinowsky, P., Diekmann, J., & Galotti, V. (2008). Social network model of construction. *Journal of construction engineering and management*, 134(10), 804–812.

- Cooper, R., & Slagmulder, R. (1997). *Factors Influencing the Target Costing Process: Lessons from Japanese Working Paper*. University of Gent and Claremont Business School.
- Crosby Philip, B. (1979). *Quality is Free: The Art of Making Quality Certain*. New American Library.
- Daniel, E., Pasquire, C., & Dickens, G. (2015). Exploring the Implementation of the Last Planner® System Through IGLC Community: Twenty One Years of Experience. *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Perth, Australia* (ss. 153–162).
- Ebbs, P. (2017). *5 Levels of the Last Planner® System “Should, Can, Will, Did and Learn”*, Erişim Tarihi: 21 Ekim 2021, <<https://leanconstructionblog.com/5-Levels-of-the-Last-Planner-System-Should-Can-Will-Did-and-Learn.html>>
- Fauchier, D., & Da Alves, T. C. L. (2013). Last Planner® system is the gateway to lean behaviors. *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013*, (ss. 496–505).
- Faulkner, W., & Badurdeen, F. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (SUS-VSM). *Journal of Cleaner Production*, 10.
- Forbes, L. H., & Ahmed, S. M. (2011). *Modern construction : lean project delivery and integrated practices*. CRC Press.
- Francis, A., & Thomas, A. (2020). Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119913.
- Golzarpour, H., & González, V. (2013). A green-lean simulation model for assessing environmental and production waste in construction. *Proceedings of the 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil*, (ss. 885–894).
- Horman, M. J., Riley, D. R., Pulaski, M. H., & Leyenberger, C. (2004). Lean and green: Integrating sustainability and lean construction. *CIB World Building Congress*, (ss. 2–7).
- Howell, G. A. (1999). What is lean construction-1999. *IGLC-7 Berkeley*, (ss. 26-28).
- Khodeir, L. M., & Othman, R. (2018). Examining the interaction between lean and sustainability principles in the management process of AEC industry. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 1627–1634.
- Kim, J. W., & Bae, Y.-W. (2007). Sustainable value in construction project and application of lean construction method. *Proceedings of the 15th annual conference on lean construction, Michigan, USA*.
- Kim, Y. W., & Bae, J. (2010). Assessing the environmental impacts of a lean supply

- system: Case study of high-rise condominium construction in Korea. *Journal of architectural engineering*, 16(4), 144–150.
- Koranda, C., Chong, W. K., Kim, C., Chou, J.-S., & Kim, C. (2012). An investigation of the applicability of sustainability and lean concepts to small construction projects. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 16(5), 699–707.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland.
- Kyōkai, N. H. R. (1995). *Improvement Engine: Creativity and Innovation Through Employee Involvement--The Kaizen Teian Approach*. CRC Press.
- Lapinski, A. R., Horman, M. J., & Riley, D. R. (2006). Lean Processes for Sustainable Project Delivery. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(10), 1083–1091.
- Laufer, A., & Tucker, R. L. (1988). Competence and timing dilemma in construction planning. *Construction management and economics*, 6(4), 339–355.
- Laufer, A., Tucker, R. L., Shapira, A., & Shenhar, A. J. (1994). The multiplicity concept in construction project planning. *Construction Management and Economics*, 12(1), 53–65.
- Lean Kaizen in Construction Services*, Erişim Tarihi: 04 Ocak 2022, <<https://www.ribcon.com/business-sectors/lean-kaizen-in-construction/>>
- Luo, Y., Riley, D. R., & Horman, M. J. (2005). Lean principles for prefabrication in green design-build (GDB) projects. *Proc. Thirteenth Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Macomber, H., Howell, G., & Barberio, J. (2007). Target-Value Design: Nine Foundational Practices for Delivering Surprising Client Value. The American Institute of Architects. *Practice Management Digest*.
- Mossman, A., Ballard, G., & Pasquire, C. (2010). Lean Project Delivery: Innovation in Integrated Design and Delivery. *Architectural Engineering and Design Management*, 1–28.
- Ofori, G. (1992). The environment: the fourth construction project objective? *Construction Management and Economics*, 10(5), 369–395.
- Ogunbiyi, O., Oladapo, A., & Goulding, J. (2014). An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK. *Construction Innovation*, 14(1), 88–107.
- Pasquire, C. (2012). The 8th flow - Common understanding. *IGLC 2012-20th Conference of the International Group for Lean Construction*.

- Peng, W., & Pheng, L. S. (2011). Lean production, value chain and sustainability in precast concrete factory—a case study in Singapore. *Lean Construction Journal*, 92–109.
- Rajendran, S., Gambatese, J. A., & Behm, M. G. (2009). Impact of green building design and construction on worker safety and health. *Journal of construction engineering and management*, 135(10), 1058–1066.
- Riley, D., Sanvido, V., Horman, M., McLaughlin, M., & Kerr, D. (2005). Lean and green: The role of design-build mechanical competencies in the design and construction of green buildings. *Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives*, (ss. 1–10).
- Rothenberg, S., & Fritz, P. (2011). James MAXWELL (2001). Lean, green, and the quest for superior performance. *Production and Operations Management*, 10(3), 228–243.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- Salem, O., Pirzadeh, S., Ghorai, S., & Abdel-Rahim, A. (2014). Reducing environmental, economic, and social impacts of work-zones by implementing Lean Construction techniques. *Proceeding of 221h Annual Conference of IGLC*, (ss. 145–155).
- Shafii, F., Arman Ali, Z., & Othman, M. Z. (2006). Achieving sustainable construction in the developing countries of Southeast Asia. *Proceedings of the 6th Asia-Pacific Structural Engineering and Construction Conference (APSEC 2006)*, (ss. 5-6).
- Sobek, D. K., Ward, A. C., & Liker, J. K. (1999). Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering, *Sloan Management Review*. 40(2): 67-83.
- Sobek II, D. K., & Smalley, A. (2008). *Understanding A3 thinking: a critical component of Toyota's PDCA management system*. Productivity Press.
- Team, P. P. D. (2002). *Kanban for the Shopfloor*. EUA: The Productivity Press Development Team.
- Tsao, C. C. Y. (1996). "Use of Work Structuring to Increase Performance of Project-Based Production Systems" PhD thesis, University of California, Berkeley, CA.
- Tsao, C. C. Y., Tommelein, I. D., Swanlund, E., & Howell, G. A. (2000). Case study for work structuring: Installation of metal door frames. *Proc. Eighth Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (ss. 17–19).
- Turan, I., Şimşek, Ü., & Aslan, H. (2015). Eğitim Araştırmalarında Likert Ölçeği ve Likert-Tipi Soruların Kullanımı ve Analizi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(1), 186-203.
- Vieira, A. R., & Cachadinha, N. (2011). Lean construction and sustainability - Complementary paradigms? A case study. *19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2011*, (ss. 584–594).

8. EKLER

8.1. EK 1: YALIN VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TEKNİK VE ARAÇLARIN ŞANTİYELERDE UYGULANMASI HAKKINDA ANKET ÇALIŞMASI

Değerli Katılımcı,

Bu anket çalışmasında "Yalın Proje Teslim Sistemi ve Sürdürülebilir İnşaat ile İlişkisi" konulu yüksek lisans tezi için hazırlanmış sorular yer almaktadır.

Anket verileri kimseyle paylaşılmayacak olup, tarafımızca saklı tutulacaktır.

Değerli vaktinizi ayırdığınız ve yüksek lisans tez çalışmalarına sağladığınız katkıdan dolayı sizlere kendim ve danışman hocam Prof. Dr. Rıfat Akbıyıklı adına teşekkür ederim.

Saygılarımla,
Nilden Kaylar
İnşaat Mühendisi

Yaş aralığınız?

<30
30-40
41-50
>50

Eğitim durumunuz?

Lisans
Yüksek Lisans
Doktora

Şirketinizin faaliyet alanı?

Yapı
Ulaştırma
Altyapı

Pozisyonunuz?

Saha Mühendisi
Kısım Şefi
Şantiye Şefi

Proje Müdürü

1- Kesinlikle Katılmıyorum

2- Katılmıyorum

3- Kararsızım

4- Katılıyorum

5-Kesinlikle Katılıyorum

SORULAR	1	2	3	4	5
1. Yalın inşaat hakkında bilgi sahibiyim.					
2. Yalın teknikler ve araçlar hakkında (JIT, KANBAN, POKA YOKE, 5S, KAIZEN, A3, VSM) bilgi sahibiyim.					
3. Türkiye inşaat sektöründe yalın inşaat uygulanabilir.					
4. Şantiyemde en az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretim yapıyorum.					
5. Şantiyemde hataların tekrarlanmasını önlemek için çalışmalar yapılır.					
6. Şantiyemde imalattan artan ürünlerin en aza indirmek için izlediğimiz bir yöntem vardır.					
7. İmalat aşamasında oluşan problemleri, çalışanlar çekinmeden, daha sorunun başında tarafıma bildirilir.					
8. Şantiyemde iş planlaması yaparken, planlama sürecine o işle ilgili olan tüm ekipleri dahil ederim.					
9. Şantiyedeki tüm ekipler ve çalışanlar birbirleriyle iş birliği içerisinde dirler.					
10. Yapılan imalatlar arasında ya da imalat aşamalarında zaman israfını engellemek için önlemler alırım.					
11. Firma sahibimiz çalışanlarını bilinçli/bilinçsiz olarak yalın üretime teşvik eder.					
12. Sürdürülebilir inşaat (inşaat projesinde kullanılan ve çevreye daha az zarar veren, topluma fayda sağlayan ve şirketin karını artıran farklı yöntemler) hakkında bilgi sahibiyim.					
13. İmalatlarımda geri dönüştürülebilen, çevre dostu malzemeler kullanırım.					
14. Hatalı imalatları yıkıp/söküp yeniden inşa etmek yerine, iyileştirmeyi ve onarmayı tercih ederim.					
15. İnşaatıta harcanan enerjiyi en aza indirmek için enerji tasarruflu çözümleri tercih ederim.					
16. Çevre kirliliğini en aza indirmek için standartlara (ISO vb.) uymaya özen gösteririm.					
17. Su kullanımını en aza indirmek için suyu verimli kullanmaya özen gösteririm.					
18. İş ilerleyişi sırasında yerel topluma ve iş gücüne duyarlı olmaya özen gösteririm.					
19. Sürekli iyileştirme için önceki işlerimle karşılaştırmalar yaparak hedefler koyarım.					
20. İmalat aşamasında doğal çevreyi korumaya ve geliştirmeye özen gösteririm.					

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nilden KAYLAR

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	İnşaat Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2022
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Sakarya Üniversitesi	2013