

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜRÜN GELİŞTİRME PROJELERİ İÇİN YALIN İLKELERE
DAYALI MELEZ PROJE KONTROL SİSTEMİ TASARIMI**

DOKTORA TEZİ

Serdar BAYSAN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Doktora Programı

TEMMUZ 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜRÜN GELİŞTİRME PROJELERİ İÇİN YALIN İLKELERE
DAYALI MELEZ PROJE KONTROL SİSTEMİ TASARIMI**

DOKTORA TEZİ

**Serdar BAYSAN
(507082113)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Doktora Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU

TEMMUZ 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507082113 numaralı Doktora Öğrencisi **Serdar BAYSAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ÜRÜN GELİŞTİRME PROJELERİ İÇİN YALIN İLKELERE DAYALI MELEZ PROJE KONTROL SİSTEMİ TASARIMI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Tufan V. KOÇ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ziya ULUKAN
Galatasaray Üniversitesi

Prof. Dr. Coşkun ÖZKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Emre ÇEVİKCAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **25 Haziran 2015**
Savunma Tarihi : **23 Temmuz 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu tez kapsamında ürün geliştirme projelerinin yönetimine odaklanılmış ve yalın ilkelere dayalı melez proje kontrol sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan kontrol sistemi, daha kısa sürede ve müşterinin talep ettiği hızda ürün geliştirme projelerinin tamamlanmasını mümkün kılacaktır.

Tez çalışmasını farklı projeler kapsamında destekleyen İTÜ- Bilimsel Araştırmalar Birimi'ne ve TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Uygulamaların gerçekleştirilmesine destek olan Yesari SUALP'e, Dr. Ayşegül SARAÇ, İbrahim YILDIRIM ve Salih ARSLANTAŞ'a teşekkür ederim.

Bu tez sürecinde bana yol gösteren ve “görmeyi” öğreten tez danışmanım sayın Prof. Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU'na teşekkür ederim. Kendisinin desteği olmadan bu tezi tamamlamak değil, başlamak bile mümkün olamazdı.

Bu tezin beşinci ve altıncı bölümlerinin hazırlandığı dönemde doğan kızım Süreyya Çiçek'le beraber bir doktora tezi yazmak mı daha büyük mücadele, yoksa bir bebeği büyütme mi, bilemiyorum. Bunların her ikisini de mümkün kılan, sevgili eşim Semra'ya ilgisi, sabrı, sevgisi ve daha iyilerini yapmak için sağladığı güç için teşekkür ederim.

Haziran 2015

Serdar BAYSAN
Endüstri Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY	xxvii
1. GİRİŞ	1
2. YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME	7
2.1 Ürün Geliştirmede İsrarlar, Aşırı Yüklenme ve Değişkenlik.....	8
2.2 Yalın Ürün Geliştirme İlkeleri	11
2.3 Yalın Ürün Geliştirme Performans Ölçütleri	13
2.3.1 Proje temin süresi.....	14
2.3.2 Proje çevrim süresi.....	14
2.3.3 İlk seferde tam ve doğru oranı	15
2.4 Yalın Ürün Geliştirme Araçları	16
2.4.1 Tasarım yapı matrisi.....	16
2.4.2 Değer Akışı Haritalandırma	17
2.4.3 Çekme Sistemi	19
2.4.4 Tedarikçi Katılımlı Ürün Geliştirme.....	21
2.4.5 Oobeya	23
3. YAYIN İNCELEMESİ	25
3.1 Proje Çizelgeleme Konulu Yayınlar	25
3.2 Yalın Ürün Geliştirme İlkeleri için Yayın İncelemesi	28
3.2.1 Süreç ilkeleri	30
3.2.1.1 İsrarı katma değerden ayırmak için müşterinin değer tanımını belirle	31
3.2.1.2 Ürün geliştirme sürecini, her aşamada çok sayıda alternatif çözümün değerlendirilmesini sağlayacak şekilde kur.....	32
3.2.1.3 Ürün geliştirme değer akışını seviyelendir	33
3.2.1.4 Değişkenliği azaltmak, esnekliği arttırmak ve sonuçları öngörebilmek için standartları kullan	34
3.2.2 Yetkin Çalışan İlkeleri	35
3.2.2.1 Tasarım sürecini baştan sonra bütünleştirmek için şef mühendis sistemi geliştir.....	35
3.2.2.2 Fonksiyonel uzmanlık ve fonksiyonlar arası uzmanlık arasında denge kur.....	36
3.2.2.3 Tüm mühendisler için teknik uzmanlaşmayı sağla	36
3.2.2.4 Ürün geliştirme sürecine tedarikçileri dâhil et.....	37
3.2.2.5 Öğrenme ve sürekli gelişme kültürünü kur.....	38
3.2.2.6 Mükemmelliği ve sürekli gelişmeyi destekleyecek bir kültür kur	38
3.2.3 Araçlar ve Teknoloji İlkeleri.....	39

3.2.3.1 Teknolojinin insanlara ve süreçlere uymasını sağla.....	39
3.2.3.2 Bilgiyi basit ve görsel biçimde tüm organizasyonla paylaş	39
3.2.3.3 Organizasyonel öğrenme ve standartlaştırma için güçlü araçlar kullan	40
4. METODOLOJİ	41
4.1 Mevcut Durum Analizi.....	43
4.1.1 Sistem elemanlarının tanımı.....	43
4.1.2 Süreçlerin tanımlanması.....	44
4.1.3 Tasarım yapı matrisiyle süreç ilişkilerinin görselleştirilmesi	44
4.1.4 Mevcut durum değer akışı haritalandırma	45
4.2 Tasarım Yapı Matrisinin Yalınlaştırılması.....	48
4.2.1 Tasarım yapı matrisinin sıralanması	50
4.2.2 Tasarım yapı matrisinin kümelenmesi	51
4.3 Takım Esaslı İşgücü Atama.....	53
4.3.1 Takt süresine göre işgücü analizi	55
4.3.2 Tasarım yapı matrisiyle yüke dayalı işgücü atama	55
4.3.3 Yetkinlik matrisinin kurulması/güncellenmesi	56
4.4 Melez Proje Kontrol Sistemi Tasarımı	57
4.4.1 Takım süreçleri arası çizelgeleme sistemi tasarımı.....	58
4.4.2 Takımlar arası çekme sistemi tasarımı	60
4.5 Gelecek Durum Tasarımı	60
4.5.1 Gelecek durum değer akış haritası	61
4.5.2 Aksiyon planı	61
5. ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİNDE UYGULAMA: OFİS MOBİLYALARI SEKTÖRÜ.....	63
5.1 Ofis mobilyaları ürün geliştirme sistemi mevcut durum analizi	63
5.1.1 Ofis mobilyaları ürün geliştirme sistemi elemanlarının tanımlanması	63
5.1.2 Süreçlerin tanımlanması.....	63
5.1.3 Süreç ilişkilerinin tasarım yapı matrisiyle görselleştirilmesi	65
5.1.4 Süreç süre ve eşzamanlı çalışan parametrelerinin belirlenmesi	66
5.1.5 Mevcut durum değer akışı haritalandırma	68
5.2 Tasarım yapı matrisinin yalınlaştırılması	73
5.2.1 Tasarım yapı matrisinin yeniden sıralanması.....	74
5.2.2 Tasarım yapı matrisinin kümelenmesi	78
5.3 Takım esaslı işgücü atama.....	83
5.3.1 Takt süresine göre işgücü analizi	83
5.3.2 Tasarım yapı matrisiyle yüke dayalı işgücü atama	88
5.3.3 Yetkinlik matrisinin kurulması/güncellenmesi	89
5.4 Melez proje kontrol sistemi tasarımı	92
5.4.1 Takım süreçleri arası çizelgeleme sistemi tasarımı.....	92
5.4.2 Takımlar arası çekme sistemi tasarımı	99
5.5 Gelecek durum tasarımı.....	103
5.5.1 Gelecek durum değer akış haritası	103
5.5.2 Aksiyon planı	106
5.5.3 Benzetim yöntemiyle uygulama sonuçlarının değerlendirilmesi	108
5.6 Sonuç	112
6. ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİNDE UYGULAMA: BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜ.....	115
6.1 Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi mevcut durum analizi	115
6.1.1 Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi elemanlarının tanımlanması.....	116

6.1.2 Beyaz eşya ürün geliştirme süreçlerinin tanımlanması.....	117
6.1.3 Beyaz eşya ürün geliştirme süreç ilişkilerinin tasarım yapı matrisiyle görselleştirilmesi.....	119
6.1.4 Ürün geliştirme süreçleri süre ve eşzamanlı çalışan parametrelerinin belirlenmesi	123
6.1.5 Ürün geliştirme sistemi mevcut durum değer akış haritası.....	124
6.2 Doğrulama testleri mevcut durum analizi	129
6.2.1 Ürün doğrulama sistem elemanlarının tanımlanması.....	129
6.2.2 Ürün doğrulama süreçlerinin tanımlanması	132
6.2.3 Ürün doğrulama süreç ilişkilerinin tasarım yapı matrisiyle görselleştirilmesi.....	134
6.2.4 Ürün doğrulama süreçleri süre ve çalışan parametrelerinin belirlenmesi.....	135
6.2.5 Ürün doğrulama mevcut durum değer akış haritası	136
6.3 Tasarım yapı matrisinin yalınlaştırılması	139
6.3.1 Tasarım yapı matrisinin yeniden sıralanması.....	139
6.3.2 Tasarım yapı matrisinin kümelenmesi	144
6.4 Takım esaslı işgücü atama.....	149
6.4.1 Takt süresine göre işgücü analizi	150
6.4.2 Tasarım yapı matrisiyle yüke dayalı işgücü atama	155
6.4.3 Yetkinlik matrisinin kurulması/güncellenmesi	156
6.5 Melez proje kontrol sistemi tasarımı	159
6.5.1 Takım süreçleri arası çizelgeleme sistemi tasarımı.....	159
6.5.2 Takımlar arası çekme sistemi tasarımı.....	169
6.6 Gelecek durum tasarımı	175
6.6.1 Gelecek durum değer akış haritası	175
6.6.2 Aksiyon planı	177
6.7 Sonuç	179
7. SONUÇLAR	181
KAYNAKLAR	185
EKLER.....	197
ÖZGEÇMİŞ.....	215

KISALTMALAR

CAF:	Composite allocation factor
ÇAS:	Çalışma süresi
DAH:	Değer akışı haritası
D_n:	<i>n</i> . Doküman
GD-DAH:	Gelecek durum değer akış haritası
GDY:	Geri dönüş yoğunluğu
GO:	Güvenilirlik oranı
GO:	Güvenilirlik oranı
HO:	Hata oranı
HS:	Hazırlık Süresi
İYHY:	İleri yönlü hareket yoğunluğu
MD-DAH:	Mevcut durum değer akış haritası
n_c:	Kanban panosuna yansıtılan hizmet sınıfı sayısı
n_t:	Kanban panosuna yansıtılan takım/hücre/süreç kümesi sayısı
PYKU:	Planla-Yap-Kontrol et-Uyarla
RAF:	Resource allocation factor
ROT:	Resource over time
RS:	Rapor Süresi
SAF:	Stochastic allocation factor
SS:	Süreç süresi
T&D:	Tam ve doğru oranı
TS:	Temin Süresi
TtS:	Test Süresi
TYM:	Tasarım yapı matrisi
TYM₀:	Başlangıç tasarım yapı matrisi
TYM₀' :	Genişletilmiş başlangıç tasarım yapı matrisi
TYM_n:	<i>n</i> . Tasarım yapı matrisi
TZ:	Tam zamanında

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Ürün geliştirme için israflar ve örnek faaliyetler.	9
Çizelge 2.2 : Tedarikçi rol ve sorumlulukları.	22
Çizelge 4.1 : Süreç sınıfları, örnek faaliyetler ve renk kodları.	46
Çizelge 4.2 : Aksiyon planı için temel aşamalar.	61
Çizelge 5.1 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması süreçleri.	64
Çizelge 5.2 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması süreçleri arası ilişki tablosu.	65
Çizelge 5.3 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması başlangıç tasarım yapı matrisi (TYM ₀).	66
Çizelge 5.4 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması vakası süreçleri ve süreç parametreleri.	67
Çizelge 5.5 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması süreç sınıfları ve renk kodları.	69
Çizelge 5.6 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması süreçleri arası akış nesneleri.	71
Çizelge 5.7 : Yeniden sıralanmış ofis mobilyaları geliştirme sistemi tasarım yapı matrisi (TYM ₁).	76
Çizelge 5.8 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi başlangıç durumu tasarım yapı matrisi (TYM ₀) için değerlendirme.	77
Çizelge 5.9 : Yeniden sıralanan ofis mobilyaları geliştirme sistemi tasarım yapı matrisi (TYM ₁) için TORK hesabı.	78
Çizelge 5.10 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için tek bağlantılı kümeleme yöntemi sonucu (TYM ₂).	79
Çizelge 5.11 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için derece sırası algoritması sonucuna göre belirlenen 3 faaliyet grubu (TYM ₃).	80
Çizelge 5.12 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için trafik minimizasyonu algoritması son adımı.	80
Çizelge 5.13 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için trafik minimizasyonu algoritması son adımı (TYM ₄).	81
Çizelge 5.14 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması kümeleme sonucu	82
Çizelge 5.15 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması mevcut durum işgücü atama matrisi	85
Çizelge 5.16 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması fazla mesai beklenen değerleri	87
Çizelge 5.17 : Ofis mobilyası geliştirme sistemi için TYM ₄ temel alınarak yeniden hesaplanan işgören sayıları	88
Çizelge 5.18 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması yetkinlik listesi ..	90
Çizelge 5.19 : Birinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için kritik yol hesabı.	92
Çizelge 5.20 : İkinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için kritik yol hesabı.	93

Çizelge 5.21 :	Üçüncü ofis mobilyaları geliştirme hücresi için kritik yol hesabı.....	93
Çizelge 5.22 :	Birinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT algoritmasına göre öncelik sırası	94
Çizelge 5.23 :	Birinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT sonucuna göre temin süresi hesabı	94
Çizelge 5.24 :	İkinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT algoritmasına göre öncelik sırası	95
Çizelge 5.25 :	İkinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT sonucuna göre temin süresi hesabı	95
Çizelge 5.26 :	Üçüncü ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT algoritmasına göre öncelik sırası	95
Çizelge 5.27 :	Üçüncü ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT sonucuna göre temin süresi hesabı	96
Çizelge 5.28 :	Birinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF algoritmasına göre öncelik sırası	96
Çizelge 5.29 :	Birinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF sonucuna göre temin süresi hesabı	97
Çizelge 5.30 :	İkinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF algoritmasına göre öncelik sırası	97
Çizelge 5.31 :	İkinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF sonucuna göre temin süresi hesabı	98
Çizelge 5.32 :	Üçüncü ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF algoritmasına göre öncelik sırası	98
Çizelge 5.33 :	Üçüncü ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF sonucuna göre temin süresi hesabı	99
Çizelge 5.34 :	Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için ROT ve CAF sezgisellerinin kritik yolla karşılaştırılması	99
Çizelge 5.35 :	Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için kanban sayıları ve gerçekleşen kanban sayıları	100
Çizelge 5.36 :	Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için mevcut durum ve gelecek durum karşılaştırması.....	106
Çizelge 6.1 :	ArGe organizasyonu dışında beyaz eşya ürün geliştirme sürecine katkı sağlayan ürün geliştirme organizasyonu dışı birimler.....	116
Çizelge 6.2 :	Beyaz eşya ürün geliştirme süreçleri.....	117
Çizelge 6.3 :	Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi süreçleri arası ilişkiler.....	118
Çizelge 6.4 :	Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi süreç süreleri ve kaynaklar.	123
Çizelge 6.5 :	Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi değer akışı bölümleri.	127
Çizelge 6.6 :	Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi bölümleri temin süresi ve süreç süresi değerleri.	127
Çizelge 6.7 :	Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi temin süresi ve süreç süresi.	128
Çizelge 6.8 :	Doğrulama test süreçleri ve ilgili laboratuvarlar.	132
Çizelge 6.9 :	Doğrulama test süreçleri arası ilişki tablosu.....	133
Çizelge 6.10 :	Doğrulama testleri, hazırlık, test ve rapor süreleri.	135
Çizelge 6.11:	Doğrulama testleri değer akışı süreç süresi ve temin süresi.....	139
Çizelge 6.12 :	Beyaz eşya ürün geliştirme sisteminde kullanılan kümeleme yöntemlerinin grupta etkililiği ölçütüyle karşılaştırılması.	147
Çizelge 6.13 :	Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi vaka çalışması kümeleme sonucu oluşan süreç kümeleri.	149
Çizelge 6.14 :	Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi vaka çalışması kümeleme sonucu oluşan fonksiyonel alanlar.	149

Çizelge 6.15 : Doğrulama testleri süreç kümesi 1 işyükü analizi.....	155
Çizelge 6.16 : Doğrulama testleri süreç kümesi 2 işyükü analizi.....	156
Çizelge 6.17 : Doğrulama testleri yetkinlik listesi.....	156
Çizelge 6.18 : Yetkinlik seviyeleri ve semboller.....	157
Çizelge 6.19 : Doğrulama Test Hücresi 1 kritik yol hesabı.....	159
Çizelge 6.20 : Doğrulama Test Hücresi 2 kritik yol hesabı.....	162
Çizelge 6.21 : Doğrulama testleri hücre 1 için ROT algoritmasına göre hesaplanan öncelik sırası	164
Çizelge 6.22 : Doğrulama testleri hücre 1 için ROT sıralaması sonucuna göre temin süresi hesabı - süreçler	166
Çizelge 6.23 : Doğrulama testleri hücre 1 için ROT sıralamasına göre temin süresi hesabı - iterasyonlar	168
Çizelge 6.24 : Doğrulama testleri süreçleri için kanban sayıları	172
Çizelge 6.25 : Doğrulama testleri gelecek durumu için aksiyon planı.	178
Çizelge A.1 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.....	199
Çizelge A.2 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.	200
Çizelge A.3 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.	200
Çizelge A.4 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.	202
Çizelge A.5 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.	203
Çizelge A.6 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.	204
Çizelge A.7 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.	205
Çizelge B.1 : Değişkenlik katsayısı 0,5 ve FIFO süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları	206
Çizelge B.2 : Değişkenlik katsayısı 1,0 ve FIFO süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları	207
Çizelge B.3 : Değişkenlik katsayısı 1,5 ve FIFO süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları	208
Çizelge B.4 : Değişkenlik katsayısı 0,5 ve CAF süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları	209
Çizelge B.5 : Değişkenlik katsayısı 1,0 ve CAF süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları	210
Çizelge B.6 : Değişkenlik katsayısı 1,5 ve CAF süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları	211

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Yalın ürün geliştirme kapsamındaki işlevler.....	2
Şekil 1.2 : Problem parametreleri.	3
Şekil 2.1 : Tüketim, üretim ve ürün geliştirme.....	8
Şekil 2.2 : Değişkenliğin ve aşırı yüklenmenin temin süresine etkisi.	9
Şekil 2.3 : Aşırı yüklenmenin temin süresine etkisi.	10
Şekil 2.4 : Tasarım yapı matrisi örneği, Browning (2001)'den uyarlanmıştır.....	17
Şekil 2.5 : Mevcut durum ve gelecek durum ilişkisi.	19
Şekil 2.6 : Kanban panosu örneği.	20
Şekil 2.7 : Örnek bir oobeya yerleşimi.	24
Şekil 3.1 : 1984 – 2014 yılları arası proje çizelgeleme konulu makale sayıları.	25
Şekil 3.2 : Literatür taramasında kullanılan sınıflandırma.	26
Şekil 3.3 : İncelenen çalışmaların türlere göre dağılımı.	29
Şekil 3.4 : İncelenen çalışmaların yıllara göre dağılımı.	29
Şekil 3.5 : Yalın ürün geliştirme ilkeleri referans sayıları.....	30
Şekil 4.1 : Metodoloji temel aşamaları ve alt adımları.....	41
Şekil 4.2 : Süreç sınıflarının renk bantlarıyla gösterimi.....	46
Şekil 4.3 : Ürün geliştirme süreçleri için basitleştirilmiş gösterim.	47
Şekil 4.4 : Ürün geliştirme süreçleri için detaylı gösterim.	47
Şekil 4.5 : Doğrulama testleri değer akışı için parametreler.	48
Şekil 4.6 : Tasarım yapı matrisini yalınlaştırması aşaması ve alt adımları.	49
Şekil 4.7 : Takım esaslı işgücü atama aşaması ve alt adımları.....	54
Şekil 4.8 : Yetkinlik matrisi örneği.....	57
Şekil 4.9 : Melez proje kontrol sistemi tasarımı aşaması ve alt adımları.	58
Şekil 5.1 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması Gantt şeması.	68
Şekil 5.2 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması değer akışı haritası hazırlama sürecinden bir görüntü.	70
Şekil 5.3 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması kümeleme sonucu ağ diyagramı gösterimi.....	83
Şekil 5.4 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi mevcut işgücü düzeyleri.	86
Şekil 5.5 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi fazla mesai şeması 87	
Şekil 5.6 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması yetkinlik listesi.	91
Şekil 5.7 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için kanban kart tasarımı.....	101
Şekil 5.8 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için kanban panosu tasarımı.....	102
Şekil 5.9 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için problemler ve iterasyonlar için emniyet şeridi eklenmiş kanban panosu tasarımı.	102
Şekil 5.10 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için gelecek durum değer akış haritası.	105
Şekil 5.11 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için aksiyon planı Gantt şeması ...	108
Şekil 5.12 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için deney sonuçları: yüksek değişkenlik altında temin süresi ve güven aralıkları 111	

Şekil 5.13 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için deney sonuçları.	112
Şekil 6.1 : Beyaz eşya ürün geliştirme sisteminde sadece ArGe organizasyonu süreçleri için başlangıç tasarım yapı matrisi (TYM ₀).	120
Şekil 6.2 : Beyaz eşya ürün geliştirme sisteminde tüm süreçler için tasarım yapı matrisinden türetilen diyagram (TYM ₀ ').	122
Şekil 6.3 : Beyaz eşya ürün geliştirme sisteminde değer akışı haritalandırma çalışmalarından görüntüler -1.	125
Şekil 6.4 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi değer akışı haritalandırma çalışmalarından görüntüler -2.	125
Şekil 6.5 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi değer akışı haritası temel olarak hazırlanan ağ diyagramı.	126
Şekil 6.6 : Beyaz eşya ürün geliştirme süreçleri temin ve süreç süre değişkenlik aralıklarının takt süresiyle karşılaştırılması.	129
Şekil 6.7 : Ürünün doğrulanması iş akış diyagramı.	131
Şekil 6.8 : Doğrulama test süreçleri için başlangıç yapı matrisi (TYM ₀).	134
Şekil 6.9 : Doğrulama testleri değer akışı haritalandırma çalışmaları.	136
Şekil 6.10 : Doğrulama test laboratuvarları arası akış.	137
Şekil 6.11 : Doğrulama testleri değer akışı haritalandırma süreç içi projelerin laboratuvarlarda sayımı.	138
Şekil 6.12 : Yeniden sıralanmış doğrulama tasarım yapı matrisi, TYM ₁	141
Şekil 6.13 : Doğrulama testleri başlangıç durumu tasarım yapı matrisi (TYM ₀) için değerlendirme.	142
Şekil 6.14 : Doğrulama testleri yeniden sıralanmış tasarım yapı matrisi (TYM ₁) için değerlendirme.	143
Şekil 6.15 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi için görsel arama uygulanarak elde edilen 3 kümeli yapı (TYM ₂).	144
Şekil 6.16 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi için tek bağlantılı kümeleme uygulanarak elde edilen 3 kümeli yapı (TYM ₃).	145
Şekil 6.17 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi için derece sırası algoritması uygulanarak elde edilen 3 kümeli yapı (TYM ₄).	146
Şekil 6.18 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi için trafik minimizasyonu algoritması uygulanarak elde edilen 3 kümeli yapı (TYM ₅).	146
Şekil 6.19 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi için kısıtları sağlayan kümeleme sonucu (TYM ₆).	148
Şekil 6.20 : Doğrulama testleri LAB-E mevcut durum işgücü atama matrisi	151
Şekil 6.21 : Doğrulama testleri LAB-Y mevcut durum işgücü atama matrisi.	152
Şekil 6.22 : Doğrulama testleri LAB-G mevcut durum işgücü atama matrisi.	153
Şekil 6.23 : Doğrulama testleri LAB-M mevcut durum işgücü atama matrisi	154
Şekil 6.24 : Mevcut durum yetkinlik matrisi.	158
Şekil 6.25 : Süreç kümesi 1 için yetkinlik matrisi.	158
Şekil 6.26 : Hücre 1 erken zamanlı çizelgeleme için gantt şeması.	161
Şekil 6.27 : Hücre 1 erken zamanlı çizelgeleme için gantt şeması.	161
Şekil 6.28 : Hücre 1 erken zamanlı çizelgeleme için gantt şeması.	163
Şekil 6.29 : Hücre 2 erken zamanlı çizelgeleme için gantt şeması.	163
Şekil 6.30 : ROT algoritmasıyla elde edilen sıralama sonucu Gantt şeması.	169
Şekil 6.31 : Mevcut durum doğrulama testleri akışı.	171
Şekil 6.32 : Önerilen durum doğrulama test süreçleri akışı.	171
Şekil 6.33 : Doğrulama testleri için kanban panosu tasarımı	173
Şekil 6.34 : Doğrulama testleri gelecek durum değer akış haritası	176
Şekil 6.35 : Doğrulama testleri için aksiyon planı Gantt şeması	179

Şekil C.1 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması mevcut durum değer akış haritası.....	213
--	-----

ÜRÜN GELİŞTİRME PROJELERİ İÇİN YALIN İLKELERE DAYALI MELEZ PROJE KONTROL SİSTEMİ TASARIMI

ÖZET

Bu tez kapsamında ürün geliştirme projeleri için yeni bir proje kontrol sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan kontrol sistemi nitelikleri ve araçları yalın ilkelere uyumludur ve kontrol sistemi, itme ve çekme yapıları bir arada kullanıldığından, melez olarak sınıflandırılabilir. Ürün geliştirme, fırsatın farkedilmesinden pazara kadar pek çok süreci kapsar. Ürün geliştirme süreçleri temelde problem çözme ve bilgi işleme odaklı olduğundan süre ve sonuçları açısından değişkendir ve süreçler arası ilişkiler karmaşık öncelik ilişkilerine sahiptir. Ek olarak uzun süre boyunca birbirinden çok farklı fonksiyonel alanlardan uzmanların tek bir hedef doğrultusunda beraber uyumlu çalışmasını gerektirir. Tüm bu zorluklarına rağmen, müşterinin değer tanımının ilk belirlendiği aşama olması itibarıyla ve bu aşamada verilen kararların tüm işletme fonksiyonlarını ürün ömrü boyunca etkileme potansiyeli bulunduğundan, ürün geliştirme süreçlerine odaklanan iyileştirme çalışmaları doğrudan işletme performansını arttıracaktır. Bu araştırmada ürün geliştirme projelerinin, çok sayıda farklı nitelikteki süreç boyunca akışını kontrol etmek üzere, farklı alanlardan gelen uzmanların takım olarak organize edilmesinden faydalanan yeni bir proje kontrol sistemi tasarlanmıştır. Süreçler arası ilişkilerin karmaşıklığını ve değişkenliğin bozucu etkisini sönmölemek için çekme kontrol yapısının sunduğu öngörülebilirlik ve yarattığı sürekli gelişme kültürü ve itme kontrolünün sağladığı esneklik melez bir yapıda bir araya getirilmiştir. Önerilen proje kontrol sisteminin amacı, yalın ilkelere uyumlu olarak, akışı sağlamak ve dolayısıyla ürün geliştirme temin süresini düşürmektir.

Yalın düşünce'nin temelleri 90'larda atılmıştır ve o zamandan bugüne imalat, lojistik, sağlık hizmetleri, muhasebe gibi pek çok alanda uygulanmıştır. Yalın düşünce, süreçlerin müşterinin değer tanımına göre değer-katan ve değer-katmayan, israf, olarak sınıflandırılmasını esas alır. Yalın düşünce uygulamalarında, akışın sağlanabilmesi için israfların yokedilmesi amaçlanır. Yalın araçlar, israfları görünür kılmayı, israfa neden olan değişkenlik ve aşırı yüklenmeyi kontrol altına almayı amaçlar. Yalın ürün geliştirme de yalın düşüncenin ürün geliştirme sistemlerine uygulanması olarak tanımlanabilir. Yalın düşüncenin farklı uygulama alanında kullanılan araçlar, değer akışı haritalandırma, kanban, oobeya ürün geliştirme sistemlerine uyarlanarak uygulanır veya yalın ilkeleri destekleyen, ürün geliştirmeye özgü tasarım yapı matrisi ve tedarikçi katılımlı ürün geliştirme gibi araçlar da mevcuttur. İsfaf ve değer kavramı da ürün geliştirme sistemlerinde yeniden tanımlanabilir. Yalın ilkelere uyumlu şekilde ürün geliştirme sistemleri için yalın ürün geliştirme ilkeleri de tanımlamıştır. Tez kapsamında önerilen proje kontrol sistemi yalın ilkelere dayanır ve farklı yalın düşünce araçları birbirleriyle etkileşimli şekilde biraraya getirilmiştir.

Yayın incelemesi proje çizelgeleme ve yalın ürün geliştirme ilkeleri için iki ayrı bölümde gerçekleştirilmiştir. Son otuz yılda proje çizelgeleme konusunda hazırlanan

araştırma makalelerinin sayısı incelendiğinde, özellikle son yıllarda artış göze çarpmaktadır. Bu yayınlar içinde “çoklu proje yönetimi” konusunda pek çok yayın mevcuttur fakat ürün geliştirme alanında proje çizelgeleme konulu yayınların sayısının görece az olduğu görülmüştür. Yalın düşünce ve ürün geliştirmeyi biraraya getiren yayınlar mevcut olsa da, proje çizelgeleme ve yalın konularının bir araya geldiği bir makaleye rastlanmamıştır. Ayrıca proje yönetimi/çizelgelemesi konusunda yapılan detaylı taramada tez kapsamında ele alınan problemin özelliklerine sahip sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır.

Yalın ürün geliştirme ilkeleri için yapılan yayın incelemesinde çalışmaların özellikle bilginin paylaşılması, israfı ve değerin tanımlanması konularına odaklanıldığı görülmüştür. Fonksiyonlar arası uzmanlık ve fonksiyonel uzmanlığın dengelenmesi, sürekli gelişmeyi destekleyecek kültürün kurulması konularında çalışmalar görece daha azdır.

Ürün geliştirme projeleri için geliştirilen yalın ilkelere dayalı melez kontrol sistemi metodolojisi hiyerarşik yapıda altı aşamadan oluşur. Aşamalar çok katmanlıdır ve alt adımlara bölünür. İlk aşamada mevcut durum analizi gerçekleştirilir. Tasarım yapı matrisi ve değer akış haritalandırma araçları bu aşamada kullanılır. İkinci aşamada sistemdeki geri dönüşlere odaklanarak, tasarım yapı matrisi yalınlaştırılır. Tasarım yapı matrisinin yeniden sıralanması ve kümelenmesiyle bu aşama tamamlanır. Üçüncü aşamada mevcut işgücü ataması değerlendirilir ve takt süresine göre takım esaslı işgücü ataması yapılır. Bu aşamada planlanan yeni organizasyonel yapının gerektirdiği yetkinlikleri planlamak için yetkinlik matrisleri kullanılır. Dördüncü aşama, önerilen sistemin odak noktası olan melez proje kontrol sisteminin tasarlanması aşamasıdır. Bu aşamaya kadar üretilen bilgiler, bu aşamada girdi olarak kullanılarak takım içi itme, takımlar arası çekme kontrollerinin bir araya geldiği melez proje kontrol sistemi tasarlanır. Beşinci aşamada, tasarlanan sistemin uygulanması için gerekli olan gelecek durum değer akış haritası ve aksiyon planı hazırlanır. Son adımda uygulamaya geçilir ve belirlenen bir sürenin ardından döngüsel olarak metodoloji başa döner.

Önerilen yöntem iki gerçek uygulama örneği aracılığıyla sınanmıştır. Uygulama alanları seçilirken; ölçek, ürün yapısı ve organizasyonel özellikler açısından farklı işletmeler seçilerek, önerilen proje kontrol sisteminin farklı kurulumlarda değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

İlk uygulamada ofis mobilyaları geliştirilen bir sistem incelenmiştir. Ürün tanımından imalata kadar tüm süreçleri içerecek şekilde mevcut durum analiz edilmiştir. Mevcut durum değer akış haritası ve tasarım yapı matrisi sunulmuştur. Süreçler tasarım yapı matrisi kullanılarak kümelere ayrılmış ve takt süresine göre kümelere işgücü ataması yapılmıştır. Artan talebi aynı çalışan sayısı ve çalışanlar arası dengeli işyükü dağılımıyla karşılaşılabilecek takım esaslı yapı kurulmuştur. Hedeflenen bu duruma ulaşmak için gereken yetkinlik artırma çalışmaları yetkinlik matrisi kullanılarak görsel olarak planlanmıştır. Takım içi itme sistemi için farklı önceliklendirme kuralların değerlendirilerek uygun olan seçilmiştir. Takımlararası çekme sistemi için kullanılacak kanban panosu için alternatif tasarımlar hazırlanmıştır. Uygulama hedefli gelecek durum haritası ve aksiyon planı da sunulmuştur. Bu uygulamada sonuçları değerlendirmek için benzetim yönteminden kurulmuştur. Sistemin benzetim modeli kullanılarak yapılan deneylerde geliştirilen proje kontrol sisteminin kullanılmasının temin süresini önemli ölçüde düşürdüğü görülmüştür.

İkinci uygulama beyaz eşya sektöründe gerçekleştirilmiştir. Sistemin ölçeğine ve çok katmanlı yapısına uygun olarak, ilk aşamada tüm sistem geliştirilen mevcut

durum analizinin ardından, seçilen bir alt alan için yeniden mevcut durum analizi gerçekleştirilmiştir. Seçilen doğrulama test süreçleri alt alanı için tüm metodoloji uygulanmıştır. Tasarım yapı matrisi yeniden sıralanmış ve farklı kümeleme yöntemleriyle elde edilen sonuçlar uygulama kısıtları ve olanaklarına değerlendirilmiştir. Seçilen küme yapısına uygun olarak işgücü ataması gerçekleştirilmiş ve yetkinlik planları hazırlanmıştır. Sistemin akış karakteristiklerini dikkate alan bir kanban panosu tasarlanarak, kullanım standardı açıklanmıştır. Son olarak uygulama takvimini içeren aksiyon planı ve gelecek durum değer akış haritası sunulmuştur.

Uygulamalar önerilen sistemin farklı ürün geliştirme organizasyonlarında doğrulanmasını sağlamıştır. Önerilen sistemin farklı koşullara uyarlanabilir olduğu gösterilmiştir ve yaygınlaştırılması için sistemin tüm adımları tez kapsamında detaylarıyla açıklanmıştır. Ayrıca yöntemin aşamalarının veya alt adımlarının özel durumlarda bağımsız olarak kullanılması da fayda sağlayabilir.

Bu araştırmanın sonuçları farklı konularda akademik çalışmalara temel oluşturabilir. İleriki çalışmalarda farklı çekme sistemi tasarımlarına ve proje sıralama problemine odaklanılacaktır.

HYBRID PROJECT CONTROL SYSTEM DESIGN FOR PRODUCT DEVELOPMENT PROJECTS BASED ON LEAN PRINCIPLES

SUMMARY

For this dissertation project, a new project control system is designed for product development projects. Proposed control system and tools are aligned with lean principles. Pull and push frameworks are integrated to form an hybrid control system. Product development begins with the realisation of the opportunity, ends with manufacturing of goods or services. Product development process time and results are variable and process priority relations are complex as product development mainly consists of problem solving and information processing. In addition to that, product development requires a group of experts from diverse fields to work closely for a long time to achieve a specific goal. Despite all this difficulties, improvement efforts focusing on product development systems promises high potential gains for several reasons; (i) product development is the first stage to identify customer value definition and (ii) product development decisions affects all functions of an organization for a period of product lifecycle. This study aims to design a new project control system that uses a team based organization structure to gather wide range of expertise to control project flow through diverse processes. Elements of pull control is used to create a continuous development environment and to absorb the detrimental effects of high variability and overburden. Push control is integrated with pull control to form an hybrid system due to its flexibility. The objective of the proposed control system is to create flow and reduce product development lead time.

The fundamentals of lean thinking is laid in the '90s and since then it has been applied in many fields such manufacturing, logistics, health care, accounting. Lean thinking, classifies processes as value-added and non-value added (waste) based on customer's value definition and aims to eliminate non-value added steps to create uninterrupted flow of goods or information. Lean tools facilitate waste identification and elimination through control of the root causes of waste, variability and overburden. Lean tools also helps to visualize the flow to detect non value added activities. To apply lean thinking to product development processes, conventional lean tools, such as value stream mapping and kanban are used in accordance with tools specific to product development such as design structure matrix and Oobeya. Waste categories that are used for any other application area, can also be applied to product development systems. Lean product development principles are also derived in line with original lean principles.

Waste and redefined the concept of value in the product development system. Lean product development principles to the product development systems compatible with Lean principles have also been defined. The proposed project control system is based on lean principles and tools of lean thinking are different interactive with the thesis has been put together in such a way. For the proposed hybrid project control system, different lean tools are integrated to design a system that conforms lean principles.

Literature review is performed on two levels for both project scheduling literature and lean product development principles. An increasing trend is observed for project

scheduling literature over the last thirty years. A great number of studies has been published on the topic of multi project scheduling. Yet, project scheduling articles that focuses on product development is limited. There are number of studies that addresses both lean thinking and product development. But literature search revealed no results for an article that covers both project scheduling and lean. Also detailed literature search on project management and scheduling shows the gap for the proposed hybrid project control system.

Literature search for lean product development principles show that a majority of the literature focuses on value definition and waste identification, visual information sharing issues, whereas balancing cross functional expertise and sustaining continuous improvement culture issues are neglected.

Proposed methodology for hybrid project control system design for product development projects consists of six stages in multi layered, hierarchical structure. Stages are further divided in steps and substeps to provide a detailed road map for practitioners and researchers. The methodology starts with current system analysis on the first stage. Data concerning process definitions, durations and resource requirements are collected. System analysis results are visualized by value stream mapping and design structure matrix tools. Value stream mapping is a generic visualization tool for lean implementation. But for the proposed system it is further advanced to capture system specific attributes. Design structure matrix conveys process relation information in a concise format to later alter project dependencies. Second stage of the methodology involves in-depth analysis of reverse flows and iterations of product development flow. Design structure matrix is first resequenced, then clustered to form subproject with minimum reverse flow. Current labour assignment performance is analysed on stage three and an alternative team based assignment is performed in accordance to takt time. At this stage, competency matrix are used to analyse and plan for future requirements if the resulting team based assignment may require competency advancement of current workforce. The fourth stage is the focal point of the proposed system, that is pull-push hybrid control. Different prioritization rules are provided to better align push control to selected application area and kanban board examples are provided for pull control system design. Action plan with durations and future state value stream map forms fifth stage directly serves the implementation stage. Last stage is the implementation and later, following a predetermined amount of time, methodology recommence in a cyclic fashion for continuous improvement.

Two real life industrial case studies are used to evaluate the proposed system. Case study companies are selected to cover different types product characteristics, organisational structure and scale to explore the limits of applicability of the proposed system.

The first case study is set on office furniture development system. Product development efforts from product definition to manufacturing is analysed. Value stream mapping and design structure matrix is formed on the first stage of the methodology to visualize system analysis results. Based on takt time information, processes are later grouped to form sub projects by clustering design structure matrix. Several alternative design structure matrix sequences and clustering results are compared and evaluated. Current labour assignment is analysed and a team based assignment is realised for process groups. Required competency expansion is planned and visualized by using competency matrix. For the push section of the control system,

different rules are evaluated and detailed kanban boards are designed for pull control. Future state value stream map and action plan with calendar information is provided for implementation. For this case study a simulation model is also used to evaluate several key characteristics for project control system design that is variability and utilization. Results shows that the use of proposed project control system results in better lead time performance.

The second case study is set on white-goods sector. System scale and hierarchic nature of the system is reflected on the first stage of the methodology. First overall product development system is analysed. Both current state value stream map and design structure matrix are created. Then a part of the flow is selected and later analysed in detail by creating a more detail current state map and design structure matrix for that specific section. All stages of the proposed methodology is performed for verification testing section of the flow. Results of different clustering techniques are evaluated and further examined to fit the real life constraints. Selected clustering structure is used to design testing cells and labour assignment is performed based on takt time. Competency matrix are formed and used to plan for competency expansion for proposed cell structure. An original kanban board is designed, utilization rules are set and a framework for push segment of the control system is developed. On the last stage a detail action plan is provided together with future state value stream map.

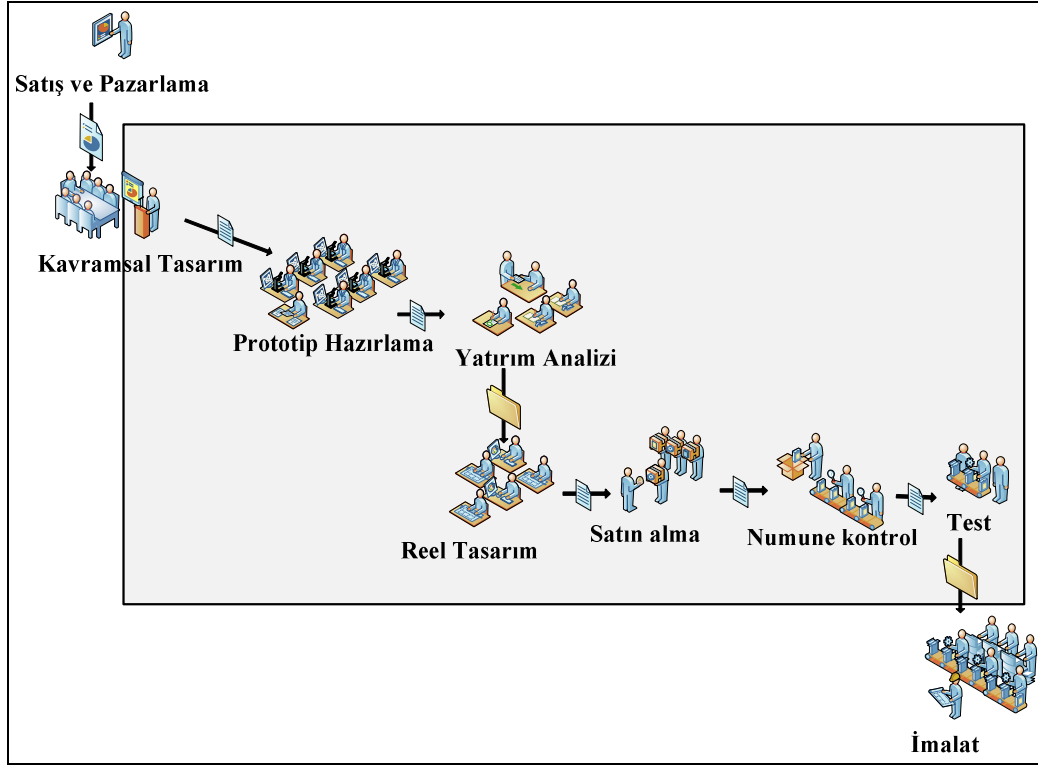
Case studies verified the performance of the proposed system on different settings. The proposed hybrid project control system is adaptable and instructions for each stage of the methodology is provided for further dissemination to different product development systems. Also selected parts of the methodology can also be applied in isolation for targeted improvement efforts.

This study promises several key areas of further research. Future studies will focus on different pull system design and project sequencing problem.

1. GİRİŞ

Bu tez kapsamında ürün geliştirme projeleri için yalın ilkelere dayalı, takım esaslı melez proje kontrol sistemi geliştirilmiştir. Ürün geliştirme, fırsatın fark edilmesinden pazara kadar tüm süreçleri kapsar (Krishnan & Ulrich, 2001). Ürün geliştirme projelerinde değişkenlik yüksektir, süreçler arasında karmaşık öncelik ilişkileri mevcuttur ve proje boyunca farklı alanlarda uzmanlığa sahip kişilerin aynı hedef doğrultusunda uzun süre çalışması gerekir. Tüm bu zorluklara rağmen, müşteri için “değer” tanımının ilk ortaya konduğu aşama olduğu için ürün geliştirme sisteminde yapılacak iyileştirmeler tüm organizasyona etki edecek potansiyele sahiptir. Fakat diğer işletme fonksiyonlarıyla karşılaştırıldığında ürün geliştirme konusundaki çalışmaların görece az olduğu görülmektedir.

Yalın ürün geliştirme ilke ve araçlarını içeren yeni bir metodoloji geliştirilmiş ve uygulama örnekleriyle sunulmuştur. İncelenen problem ürün geliştirme sistemlerinde aynı anda birden fazla projenin kontrol edildiği ve kaynakların kısıtlı olduğu durumda geçerlidir. Şekil 1.1’de ifade edildiği üzere; kavramsal tasarım aşamasında tasarım girdilerinin belirlenmesinden başlayarak, yeni ürün üretim talimatlarının imalata teslim edilmesine kadar olan süreçlere odaklanılacaktır. Ürün geliştirme temin süresi, bir yeni ürün geliştirme projesinin bu iki süreç arasında geçirdiği süre olarak tanımlanabilir ve süreçlerin ideal sürelerinin toplamından farklıdır. Bu farkı, sistemdeki değişkenlik, aşırı yüklenme ve israfların yarattığı katma değeri olmayan süreler oluşturur.

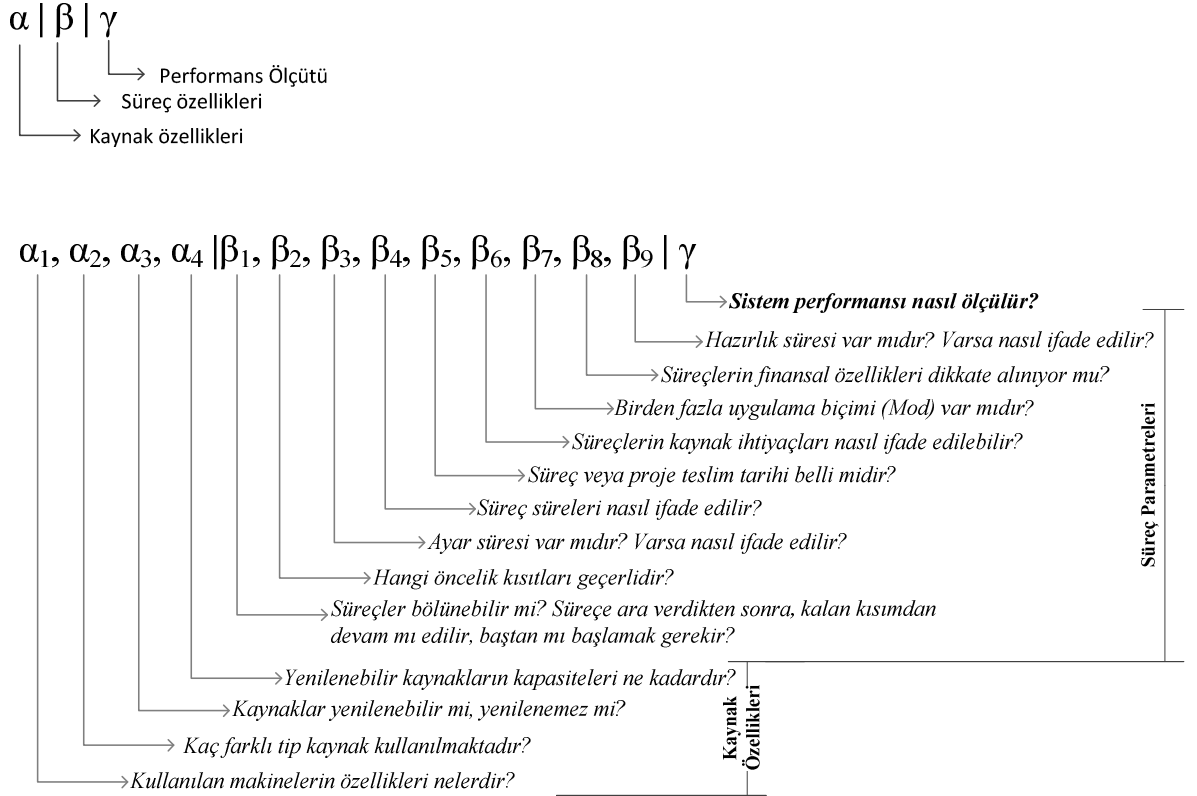


Şekil 1.1 : Yalın ürün geliştirme kapsamındaki işlevler.

Tez çalışmasının ana amacı ürün geliştirme temin süresini düşürecek yalın ilkelere dayalı takım esaslı melez proje kontrol sistemi tasarlanması ve gerçek uygulamalar yardımıyla bu metodolojinin doğrulanmasıdır. Tasarlanan metodoloji, literatürdeki alternatiflerden farklı olarak, ek kaynak kullanımına gerek duymayacak biçimde yapılandırılmıştır. Ana amaca ek olarak, yalın ilkeler ve ilgili araçların kullanımıyla oluşturulacak yeni kontrol sistemi tüm detaylarıyla bir yol haritasına dönüştürülmüş ve yaygınlaştırılması için potansiyel uygulamacılara sunulmuştur. Ayrıca, bu çalışma sayesinde, mevcut bilimsel literatürde kaynak kısıtı altında ürün geliştirme projelerinin yönetimi konusunda tespit edilen açığın giderilmesi ve melez kontrol sistemi tasarımı konusunda bir araştırma alanının tanıtılması amaçlanmıştır.

Önerilen yalın ilkelere dayalı, takım esaslı melez proje kontrol sisteminde, melez yapı “itme” ve “çekme” kontrol sistemlerini bir araya getirilmesiyle kurulmuştur. Çekme, süreç içi proje miktarını sınırlandırırken, israfların yok edilmesine teşvik eden sürekli gelişme ortamını yaratır. Çekme sistemi, imalat sistemlerinde Kanban döngüleriyle çalışır. Fakat bilgi yoğun sistemlerde daha uygun olan Kanban panoları kullanılır (Anderson, 2010; Klipp, 2014; Oostvogels, 2014). Tez kapsamında tasarlanan sistem, ürün geliştirme süreçlerini gruplayarak takımlara atar ve her bir takıma atanan süreçlerin yönetiminde itme sistemi, takımlar arasında ise çekme sistemi kullanılır.

Tez kapsamında ele alınan problem, proje çizelgeleme literatüründe kullanılan sınıflandırmaya uygun olarak tanımlanabilir. Demeulemeester ve Herroelen (2002) proje çizelgeleme problemlerini üç temel özellik ile açıklayan bir sistem geliştirmiştir. Bu üç temel özellik; (i) kaynak özellikleri, (ii) faaliyet özellikleri ve (iii) performans ölçütüdür. Gösterim biçimi ve her bir parametrenin cevapladığı sorular şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.2 : Problem parametreleri (Demeulemeester & Herroelen, 2002).

Ürün geliştirme projeleri çizelgeleme problemi, ürün geliştirmenin kendine özgü özellikleri dikkate alınarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$Q_m, m, 1T, k | pmtn, gpr, p_j, d_j, cont, mu, s_{jk} | early/tardy$$

Parametreler aşağıda açıklanmıştır

Kaynak parametreleri;

Q_m : Sistemde paralel çalışabilen m adet kaynak mevcuttur.

m : Sistemde m adet farklı tipte kaynak mevcuttur.

$1T$: Yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklar mevcuttur.

k : Yenilenebilir kaynak kapasitesi k 'dır.

Süreç parametreleri;

$pmtn$: Süreçler yarıda kesilebilir ve daha sonra kaldığı yerden devam eder.

gpr : Süreçler arasında genelleştirilmiş öncelik ilişkileri mevcuttur ve iki faaliyet arasında üst ve alt sınırı tanımlanmış bir süre bırakılması gerekebilir.

p_j : Ayar süreleri stokastik olarak ifade edilir.

d_j : Faaliyet süreleri stokastik olarak ifade edilir.

$cont$: Faaliyetlerin kaynak ihtiyaçları, faaliyet süresinin sürekli bir fonksiyonu şeklinde ifade edilir.

mu : Faaliyetler birden fazla şekilde gerçekleştirilebilir.

s_{jk} : Hazırlık süreleri stokastik olarak ifade edilir ve sıraya bağımlıdır.

Performans ölçütü

$early/tardy$: Amaç tamamlama zamanındaki sapmaları en küçükmektir.

Tez kapsamında yukarıda özellikleri açıklanan problem alt problemlere bölünecektir. Her bir alt problemin özellikleri aşağıdaki gösterimle açıklanabilir.

$$F, m, 1T, k | pmtn, min, p_j, d_j, cont, mu, s_{jk} | \bar{F}$$

Alt problemleri oluştururken kaynak atamaları tamamlanacaktır. Bu kaynak atamaları sonucu kaynaklar, sınıflandırmada F' ile ifade edildiği üzere, akış hattı gibi çalışacaktır. Her proje için aynı sırayla aynı faaliyetler gerçekleştirilecektir. Faaliyetler arası öncelik ilişkilerinde arada bırakılacak sürenin sadece alt sınırının tanımlandığı varsayılmıştır ve amaç akış süresi ortalamasını enküçükmektir.

İkinci bölümde yalın ürün geliştirme çalışma alanı tanımlanmış, ilke ve araçları tanıtılmıştır. Ürün geliştirme performans ölçütleri ve bu performansı etkileyen değişkenlik, aşırı yüklenme ve israflar açıklanmıştır. Üçüncü bölümde yayın incelemesi proje çizelgeleme yayınları ve yalın ürün geliştirme yayınları açısından iki ayrı alt bölümde sunulmuştur. Dördüncü bölümde tez kapsamında geliştirilen metodoloji sunulmuştur. Metodoloji, katmanlı yapısı ve adımlarının sırasal ilişkileri dikkate alınarak detaylarıyla açıklanmıştır. Beşinci ve altıncı adımda, metodolojinin iki farklı gerçek endüstriyel örnek kullanılarak sınanmıştır. Uygulamada karşılaşılan

güçlükler sunulmuş ve farklı ölçekteki uygulamaların kendilerine has özelliklerinin metodolojiyle uyumu değerlendirilmiştir.

2. YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME

Tez kapsamında, ürün geliştirme temin süresini düşürme hedefiyle, ürün geliştirme projeleri için yalın ilkelere dayalı, takım esaslı melez proje kontrol sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemin temeli yalın ilkelere ve yalın ürün geliştirme ilkelerine dayanır. Önerilen metodoloji yalın ürün geliştirme araçlarından faydalanır. Bu çerçevede, bu bölümde yalın ürün geliştirme kavramları tanıtılacaktır.

Yalın düşüncenin temelleri, otomobilin geleceğini konu edinen ve Uluslararası Motorlu Taşıtlar Programı adı verilen 5 yıl süren 5 milyon \$ bütçeli bir araştırmayla başlamıştır (Womack, Jones, & Roos, 1990). Bu araştırmanın bir bölümü de ürün geliştirmeye odaklanmıştır ve yalın ürün geliştirme kavramlarına kaynaklık eden Japon otomotiv firmalarının üstünlüğü şu şekilde özetlenmiştir:

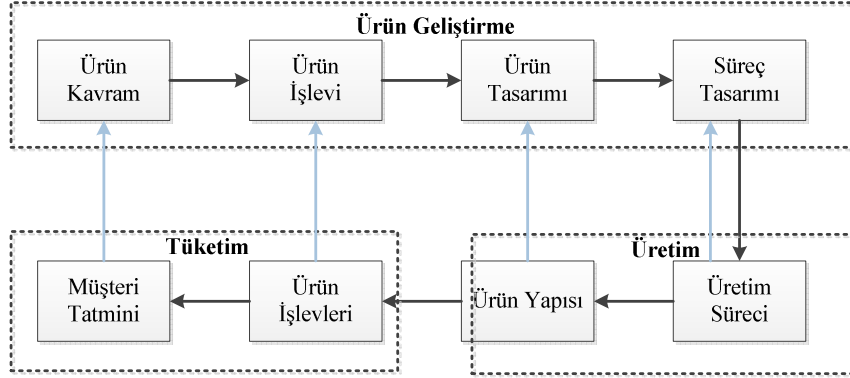
"Japon otomotiv firmaları ürün geliştirme süresi ortalaması 1,7 milyon mühendislik saati ve 46 ay, ABD ve Avrupa'da ise ortalama 3 milyon mühendislik saati ve 60 ay." (Womack et al., 1990)

Yalın terimi de ilk olarak bu araştırmanın sonuçlarını irdeleyen bir çalışmada kullanılmıştır (Krafçik, 1988). Yalın ilkeler de yine bu araştırmadan çıkan kavramsal sonuçlar olarak ortaya konmuştur (Womack & Jones, 2003). Yalın ilkeler aşağıda listelenmiştir;

1. Değeri belirle.
2. Değer yaratmayan adımları (israfları) yok et.
3. Akışı sağla.
4. Müşterilerin değeri çekmelerini sağla.
5. Sürekli mükemmeli ara.

Yalın ilkelerin ilkinde yer alan değer kavramı, yalın düşüncenin tüm uygulama alanları için başlangıç noktasıdır. Değer, müşterinin bedel ödemeye razı olduğu yararlı niteliktir (Dolcemascolo, 2006). Yalın ürün geliştirme, değer odaklı ürün geliştirme

olarak da tanımlanabilir (Khan et al., 2011). Ürün geliştirme sistemlerinde değer kavramı, fiziksel üretimden daha geniş çerçevede düşünülmelidir. Bir ürünün veya sürecin değeri, o sürecin müşterisi tarafından tanımlanır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, fiziksel üretimde değeri, gelecek süreç tanımlar. Ürün geliştirme sistemlerinde ise gelecek sürece ek olarak paralel bir tüketim sürecinden de söz edilebilir. Clark ve Fujimoto (1991) tarafından görselleştirilen bu yapı Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 : Tüketim, üretim ve ürün geliştirme (Clark & Fujimoto, 1991).

Bu yapıya göre ürün geliştirme sürecinde “Değer”in yalnızca gelecek süreç tarafından değil, aynı zamanda eşdeğer olan bir üretim veya tüketim süreci tarafından da tanımlandığı görülebilir. Bu durum ürün geliştirme sistemlerinde karmaşıklığı daha da arttırır.

2.1 Ürün Geliştirmede İsraflar, Aşırı Yüklenme ve Değişkenlik

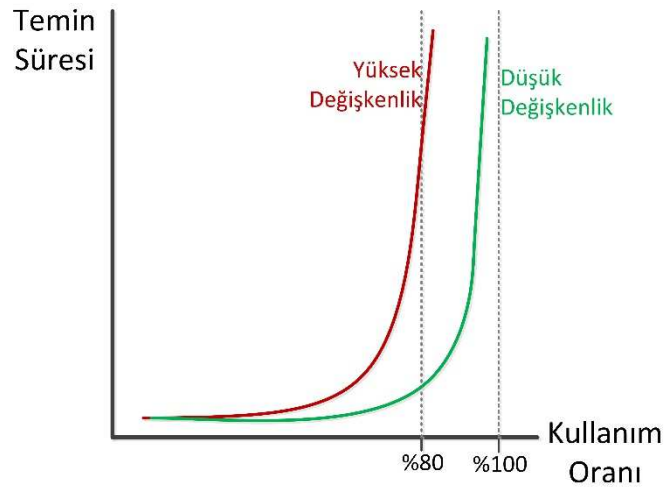
Yalın düşünce temelde Japonca *muda*, *mura*, *muri* olarak anılan üç bozucu etmeni ortadan kaldırmayı hedefler (Liker, 2004). *Muda*, israf; para, zaman ve kaynak tüketen fakat değer katmayan süreç olarak tanımlanabilir (Liker & Morgan, 2006). *Mura*, sistem girdilerindeki değişkenlik ve *Muri* de kabul edilebilir seviyenin üstünde yüklenme olarak tanımlanabilir. Tüm sistemlerde değişkenlik ve aşırı yüklenme, israflara neden olur. Bilgi yoğun sistemlerde müşteri açısından değer katan süreçlerin temin süresi içindeki oranı %1 seviyesindedir (Hines, Silvi, & Bartolini, 2002). McManus ve diğ. (2005) bir mühendislik sürecinde israfın ortalama %60 ile %90 oranında bulunduğunu tespit etmiştir. Oehmen ve Rebentisch (2010) ise ürün geliştirme sistemlerinde %77 oranında israf bulunduğunu belirtmiştir.

İsraflar, “Yalın Üretim” kapsamında tanımlanan 7 israf sınıfı kullanılarak detaylandırılabilir. Muda, ilk olarak Toyota Üretim Sistemi’nin kurucusu kabul edilen Taichi Ohno tarafından sınıflanmıştır (Ohno, 1988). Çizelge 2.1’de ürün geliştirme süreçlerinden örnek faaliyetlere ve ilgili israf sınıflarına yer verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Ürün geliştirme için israflar ve örnek faaliyetler (McManus, 2005).

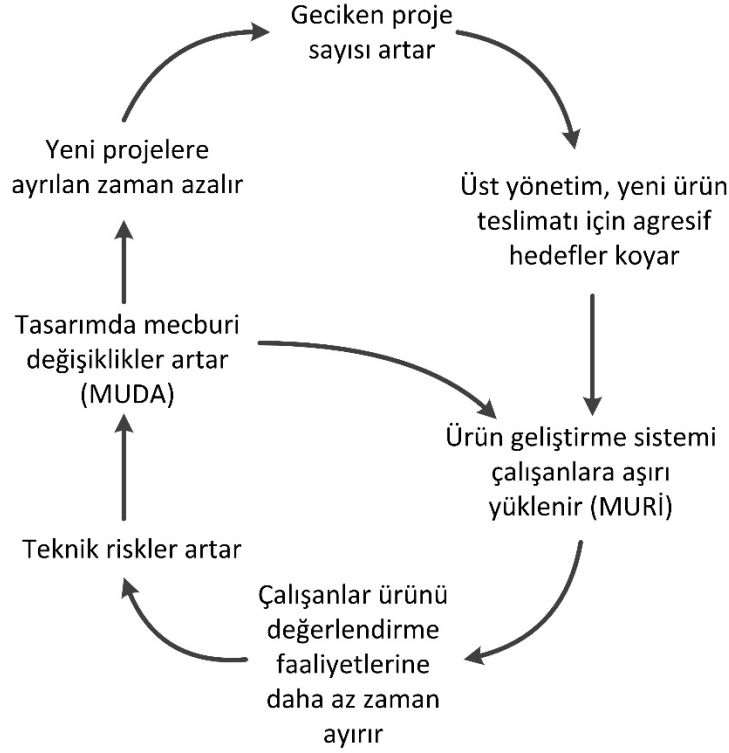
İsraf	Örnek Faaliyet
Bekleme	Bilgi, talimat bekleme Prototip, onay, sözleşme bekleme Gözden geçirme sonucu bekleme
Envanter	E-posta, çizim, maliyet raporu vb. belgede gereğinden fazla bilgi veya detay Geçerliliğini veya güvenilirliğini kaybetmiş bilgi
Gereksiz İşleme	Yönetim onayı Durum bildirim toplantıları Aşırı detaylı prototip
Fazla Üretim	Hazırda var olan bilginin yeniden toplanması Projenin erken aşamalarında aşırı detaylı çalışma
Taşıma	Bilgisayar, arşiv, çizimler, raporlar arasında belli bir bilgiyi bulmak üzere arama veya biçimsel uyumsuzluk nedeniyle bilgiyi taşıma
Hareket	Merkez arşive, ofis donanımlarına yürüme/uzanma
Hatalar	Hatalı tasarım, hatalı ürün veya parça numune, dokümantasyon hataları

Değişkenlik ve aşırı yüklenmenin bozucu etkisi kuyruk teorisi kullanılarak doğrulanabilir. Kingman eşitliğine göre değişkenlik ve sistemin doluluk oranı temin süresinin uzamasına neden olur (Medhi, 1991). Değişkenlik ve aşırı yüklenmenin temin süresine etkisi Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2 : Değişkenliğin ve aşırı yüklenmenin temin süresine etkisi.

Ürün geliştirme sistemleri, fiziksel dönüşüm sağlayan veya bilgi üreten sistemlerden farklı olarak temelde problem çözmeye dayanan mühendislik sistemler oldukları için süreç süreleri, ardışık talep arasındaki süre ve diğer sistem parametreleri değişkendir. Aşırı yüklenme ise yönetim kararlarının bir çıktısıdır. Şekil 2.3'te özetlenen kısır döngünün kaynağı aşırı yüklenmedir sürekli israf yaratarak sistem performansını düşürür.



Şekil 2.3 : Aşırı yüklenmenin temin süresine etkisi (K Radeka, 2012).

Bu durumun en çarpıcı örneklerinden birini TOYOTA'da görülebilir. Toyota'nın 2005-2009 yılları arasındaki başkanı Watanabe bir röportajda, o dönem yaşanan geri çağırımlara neden olan durumu şöyle yorumlamıştır:

“Birkaç vakada, sorunun tasarım hatalarından veya kısa temin sürelerinin mühendisler için yeterli sayıda fiziksel prototip hazırlamaya izin vermemesinden kaynaklandığı bulduk. Eğer ürün tasarımlarını daha açık şekilde düşünseydik veya daha fazla deney yapma imkanımız olsaydı, bu sorunları önleyebilirdik.” (“Lessons from Toyota’s Long Drive - HBR,” n.d.)

2.2 Yalın Ürün Geliştirme İlkeleri

Yalın ilkelere benzer şekilde yalın ürün geliştirme ilkelerinin de kaynağı Toyota'dır (Morgan & Liker, 2006). Bu ilkeler, ürün geliştirme projelerinin yönetiminde, karar vericiler veya sistemi tasarlayanlar için karar vermeye yardımcı kuralları oluşturur. Ayrıca incelenen belli bir ürün geliştirme sisteminin yalınlık düzeyi, bu ilkelere uygunluğu değerlendirilerek belirlenebilir.

Yalın ürün geliştirme ilkeleri aşağıda listelenmiştir;

1. İsrafi katma değerden ayırmak için müşterinin değer tanımını belirle.
2. Ürün geliştirme sürecini, her aşamada çok sayıda alternatif çözümün değerlendirilmesini sağlayacak şekilde kur.
3. Ürün geliştirme değer akışını seviyelendir.
4. Değişkenliği azaltmak, esnekliği arttırmak ve sonuçları öngörebilmek için standartlar kullan.
5. Tasarım sürecini baştan sona bütünleştirmek için “Şef Mühendis” sistemi geliştir.
6. Fonksiyonel uzmanlık ve fonksiyonlar arası uzmanlık arasında denge kur.
7. Tüm mühendislerle (ya da “mühendisler arasında) teknik uzmanlaşmayı sağla.
8. Ürün geliştirme sürecine tedarikçileri dâhil et.
9. Öğrenme ve sürekli gelişme kültürünü kur.
10. Mükemmelliği ve sürekli gelişmeyi destekleyecek bir kültür kur.
11. Teknolojinin insanlara ve süreçlere uymasını sağla.
12. Bilgiyi basit ve görsel biçimde tüm organizasyonla paylaş.
13. Organizasyonel öğrenme ve standardizasyon için güçlü araçlar kullan.

Yalın ürün geliştirme ilkeleri süreç, insan ve araç olmak üzere üç alt başlıkta gruplanabilir. İlk dört ilkenin ortak yanı süreçlerle ilişkili olmalarıdır. İlk ilkede yalın düşünce ilkelerine benzer şekilde değer tanımının oluşturulması yer alır ve bu değer tanımı diğer tüm ilkelerin gerçekleştirilmesinin de önkoşuludur. İkinci ilke “Küme Temelli Tasarım” olarak adlandırılan bir yaklaşımın uygulanmasını gerektirir. Küme Temelli Tasarım (*Set-Based Design*), bir tasarım projesinde farklı konfigürasyonlara

sahip tasarım alternatiflerinin süreç boyunca beraber yürütülmesi ve ancak nihai tasarım kararları verildikten sonra bir konfigürasyonunun tercih edilmesi esasına dayanır (Durward K Sobek, Ward, & Liker, 1999). Üçüncü ilke, değişkenliğin sistem performansı üzerindeki bozucu etkisini hafifletmek için seviyelendirme yaklaşımını önerir. *Mura*’nın (değişkenliğin) etkisini ortadan kaldırmanın yolu farklı tip projeler arası geçişlerdeki beklentileri, duraksamaları en aza indirmektir. Eğer farklı ürün geliştirme projeleri arası geçişte süreklilik sağlanabilirse, müşteri talebine uygun şekilde hızlı tepki vermek mümkün olur. Dördüncü ilke süreç standartlarının önemi vurgulanmıştır. Standartlar belirsizliğin etkisini azaltır, planlamayı kolaylaştırarak proje yönetim performansını artırır ve sürekli gelişme ortamı yaratır.

Beşinci ilkeden onuncu ilkeye kadar olan ilkeler, çalışanlara ilişkin kararları düzenler. Beşinci ilke belirtilen “Şef Mühendis” sistemi, Japon otomotiv firmalarının ürün geliştirme süreçlerinin karakteristik özelliklerinden biridir. ABD ve Avrupa örneklerinde, çalışanlar fonksiyonel esasa göre bölüm müdürlerine bağlı çalışırken; eşzamanlı olarak bir proje koordinatörü liderliğinde ürün geliştirme projelerine katkı sağlarlar. Bu sistemde koordinatörün yetkileri sınırlıdır ve çalışan performansı, operasyonel görevlerindeki başarılarına göre bölüm yöneticileri tarafından değerlendirilir. Ürün geliştirme performansının çalışanlar tarafından sahiplenilmemesi ve koordinatörün unvanıyla sorumlulukları arasındaki uyumsuzluk, ürün geliştirme projelerinin belirlenen süreyi veya bütçeyi aşmasına sebep olur. Japon otomotiv firmalarının kullandığı “Şef Mühendis” modelinde ise, Şef Mühendis geniş yetkilerle donatılmıştır ve bir mühendisin ulaşabileceği en üst makamlardan biri olarak değerlendirilir. Çalışanlar proje süresi için çalıştıkları bölümlerden “ödünç alınıyor”, Şef Mühendis’e bağlı çalışır ve projenin başarısı doğrudan çalışan performansını belirler (Womack et al., 1990). Altıncı ilke belirtilen fonksiyonlar arasındaki uzmanlık ile fonksiyonel uzmanlık arasında dengeyi koruma ilkesi ise özellikle karmaşık endüstriyel ürünlerde yüzlerce kişinin katkı sağladığı yeni ürün geliştirme projelerinde önem kazanır. Bu ilke vurgulanan matris organizasyon yapısı, fonksiyonlarda derin uzmanlığın fonksiyonlar/bölümler arası Şef Mühendis sistemiyle birbirine bağlanmasıyla sağlanır. Yedinci ilke uzmanlaşmayı özendirme, uzmanlaşmayı destekleyecek insan kaynakları geliştirme sistemlerinin kurulmasını ve uzun vadede beceri ve yeteneklere dayalı bir liyakat sistemi kurulması gerektiğini belirtir. Sekizinci ilke, mümkün olduğunda erken evrelerde ürün geliştirme projelerine tedarikçilerin

eklenmesi gerektiğini vurgular. Farklı tedarikçi ilişki düzeyleri ve tedarikçilerin ürün geliştirme projelerindeki rolleri, ileriki bölümde detaylarıyla açıklanacaktır. Bu ilkeleri destekleyecek ve sürekliliğini sağlayacak sürekli öğrenme ve gelişme kültürünün kurulması, onuncu ilke belirtilmiştir. Bu aşama, işbaşı eğitim gibi endüstri tarafından genel kabul görmüş yöntemlerin yanı sıra, *hansei* (özeleştiri) gibi kültürel temelleri itibarıyla Japonlara özgü olduğu düşünülen teknikleri içerir (Liker, 2004).

Son üç ilke araçlar ve teknolojiye ilişkin kararlarda belirleyicidir. Onbirinci ilke teknoloji seçiminde insana ve sürece uyumun dikkate alınması gerektiğini belirtir. Bu ilkeye göre teknoloji, çalışanların yerine geçmemeli ve süreç iyileştirme bir kestirme yol olarak düşünülmemelidir. Onikinci ilke, görsel yönetimin önemini vurgular. Bilgi de israf edilmemeli ve iletişim doğru, öz, odaklı bilgilerle sağlanmalıdır. Bu aşamada A3, Hoshin Kanri gibi sistemler kullanılır. A3 raporları, A3 boyutunda bir kağıdın tek yüzünü dolduracak şekilde belirli bir bilgi akışı yapısına göre hazırlanan problem çözme, öneri geliştirme veya gözden geçirme amacıyla kullanılan bir rapor biçimidir ve Planla-Yap-Kontrol et-Uyarla (PYKU) döngülerinin işletilmesine destek olur (D K Sobek & Smalley, 2011). Hoshin kanri ise, stratejik hedeflerin organizasyon boyunca yayılımını sağlayarak, stratejiler ve aksiyonlar arasında ilişkiyi kuran bir araçtır (Cudney, 2008).

Onüçüncü ve son ilkeye göre de tüm ilkelerin sürekliliğini sağlamak için kontrol listeleri, ödünleşme grafikleri, standart süreç formları gibi araçların kullanılması, organizasyonel öğrenmeyi de artırır.

Yalın ürün geliştirme ilkelerinden, ürün geliştirme projelerinin yönetiminde stratejik ve operasyonel kararlarda yol gösterici olarak faydalanılabilir veya bu ilkeler, uygulanan bir kararın veya hâlihazırda işletilen bir sistemin ne kadar yalın olduğunun bir ölçüsü olarak da kullanılabilir. Tez kapsamında önerilen takım esaslı melez proje kontrol sisteminin bu ilkelere uyacak şekilde tasarlanmıştır.

2.3 Yalın Ürün Geliştirme Performans Ölçütleri

Ürün geliştirme sistemlerinin yönetiminde başta proje geliştirme maliyeti ve süresi olmak üzere çeşitli performans ölçütleri kullanılabilir. Yalın Düşünce bakış açısıyla incelendiğinde ise bugün endüstride rastlanan iş gücü verimliliği (Tamamlanan Proje

Sayısı/Proje Çalışanı Sayısı) gibi pek çok ölçütün, israf oluşmasına sebep olarak sistemi bozduğu söylenebilir. Bu bölümde yalın ürün geliştirme performans ölçütleri açıklanacaktır.

2.3.1 Proje temin süresi

Ürün geliştirme, ilk ürün fikriyle başlar ve ürünün imalata hazır hâle getirilmesiyle son bulur. Ürün geliştirme temin süresi, bu iki nokta arasında geçen süre olarak tanımlanabilir. Bu tanım, melez ürün geliştirme süreçlerine veya tasarım bakım faaliyetlerine de uyarlanabilir. Her koşulda müşteri için temin süresinin kısa olması daha değerlidir. Temin süresinin kısalığı veya başka bir deyişle müşteriye tepki verme hızının artması, sistemin daha yüksek performansla çalıştığı anlamına gelir.

Ürün geliştirme projeleri için temin süresi dört bölümden oluşur; (1) reaksiyon süresi; (2) keşif süresi; (3) odaklanma süresi ve (4) düzeltme süresi (A C Ward & Sobek, 2014). Reaksiyon süresi, fırsatın ortaya çıkmasından işletmenin o fırsatı değerlendirmeye karar vermesine kadar geçen süredir. Keşif süresinde farklı alternatifler değerlendirilir ve odaklanma süresinde, geliştirme faaliyetleri tek bir alternatifte odaklanır. Düzeltme süresinde de, geliştirilen tek tasarımda ortaya çıkan sorunlar çözülür. Bu tez kapsamında reaksiyon süresi haricindeki kısma odaklanılacaktır.

Eşzamanlı mühendislik (Kuşar, Duhovnik, Grum, & Starbek, 2004), tam-zamanında ilkelerinin uygulanması (Meybodi, 2003, 2005), belirsizliğin projenin erken safhalarında giderilmesi (J. Wang & Hwang, 2005), üretim-için-tasarım yaklaşımının projenin erken safhalarında devreye alınması (Herrmann & Chincholkar, 2001), modüler tasarım yapılarının kullanılması (Danese & Filippini, 2010) temin süresini düşüren etkenlere örnek olarak sayılabilir.

2.3.2 Proje çevrim süresi

Ürün geliştirme projeleri performansı, temin süresi dışında çevrim süresi ölçütüyle de değerlendirilebilir. Çevrim süresi; tam ve doğru olarak teslim edilen ardışık iki proje arasında geçen süredir ve proje tamamlama hızının tersi olarak da tanımlanabilir. Amaç, çevrim süresini kısaltarak talep edilenden fazla proje üretilmesine neden olmak değil, çevrim süresinin müşterinin talebine uymasını sağlamaktır. Müşteri talebini tam

olarak karşılayacak çevrim süresi, takt süresi olarak adlandırılır. Fazla üretime izin vermemek için çevrim süresini takt süresine eşitlemek hedeflenir.

Çevrim süresi ile temin süresi arasındaki ilişki, sistemde süreç içi proje sayısı dikkate alınarak açıklanabilir. Little yasasına göre bir sistemde temin süresinin süreç içi stoka oranı, çevrim süresini verir (Hopp & Spearman, 2011; Little & Graves, 2008; Slack, Johnston, & Stuart, 2010) (2.1).

$$\text{Çevrim süresi} = \frac{\text{Süreç içi proje sayısı}}{\text{Temin süresi}} \quad (2.1)$$

Bu ölçütler arasındaki ilişkiyi daha iyi resmetmek için şu basit örnekten hareket edilebilir. Tamamen aynı projelerde çalışan, kapasite ve yetkinlik açısından özdeş iki ürün geliştirme takımı olduğunu düşünelim. Her iki takım için birim zamanda tamamlanan proje sayısı aynıyken, başka bir deyişle proje tamamlama hızı veya çevrim süresi aynıyken, temin süreleri ve süreç-içi-proje sayıları farklı olabilir. Başka bir ifadeyle, aynı çevrim süresi, yüksek süreç-içi-proje sayısı ve uzun temin süreleriyle karşılanabildiği gibi, düşük süreç-içi-proje sayısı ve kısa temin süreleriyle de sağlanabilir. İki sistem arasında farkı yaratan, önceki bölümde açıklanan israflardır. Önceki bölümde tanıtılan ilkelere de uygun şekilde, bu durumda yüksek performans için ilk yapılması gereken israfları bulmak ve yok etmektir.

2.3.3 İlk seferde tam ve doğru oranı

Bir kavramın yeniden tartışılması, bir prototipin incelendikten sonra değişiklikleri yansıtacak şekilde yeniden hazırlanması, onay süreçleri ve iterasyonlar, ürün geliştirme sürecinin doğal bir parçası olarak değerlendirilebilir. Fakat müşterinin bakış açısıyla değerlendirildiğinde bu faaliyetler israftır ve önceki bölümde açıklanan israf sınıflarından “hata”lar sınıfına girer. İlk seferde tam ve doğru gerçekleştirilemeyen her sürecin hata içerdiği, dolayısıyla israf olduğu kabul edilir. Başka bir ifadeyle, müşteri için tasarıma son hâlini verene kadar kaç tane prototip hazırlandığının veya kaç ayrı aşamada üst yönetim onayından geçtiğinin ve revize edildiğinin ürüne katkısı yoktur. Ürün geliştirme sisteminin performansını arttırmak için her aşamada, süreçlerin ilk seferde tam ve doğru gerçekleştirilmesi gerekir.

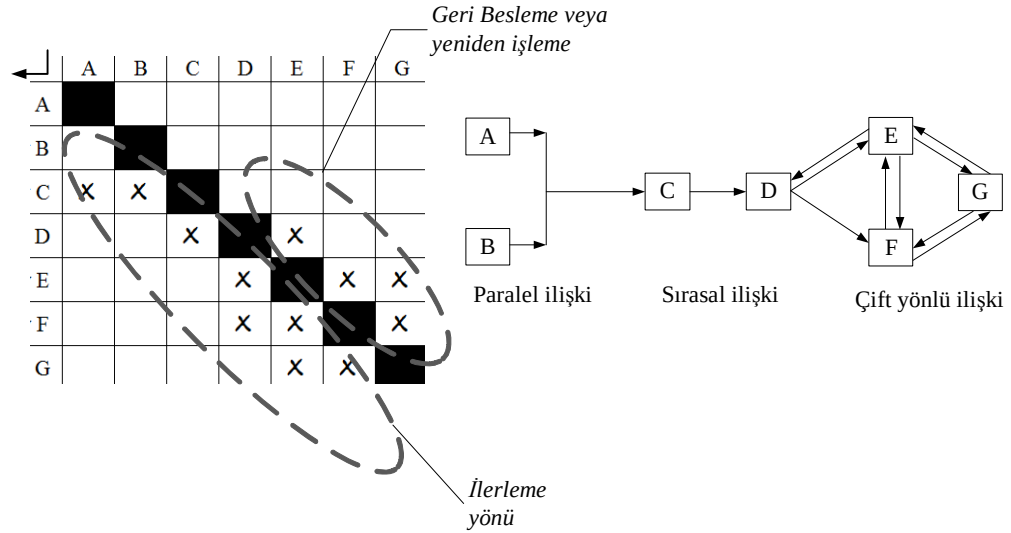
2.4 Yalın Ürün Geliştirme Araçları

Bu bölümde Yalın Ürün Geliştirme ilkelerine uygun bir sistem tasarımında kullanılabilecek araçlar tanıtılacaktır.

2.4.1 Tasarım yapı matrisi

İlişki ağlarının modellenmesinde, karmaşık zamansal ve sırasal ilişkilerin çözümlenmesinde kullanılan görsel bir araçtır (Steward, 1981). Bu matriste kümeleme, basitleştirme veya parçalama yapılarak, ilgili süreçlerle ağı geliştirilebilir. Tasarım yapı matrisi problemleri çözümlemede kök neden analizi gerçekleştirmek için (Schulze & Störmer, 2012) veya değer akışı haritasını desteklemek amacıyla (Nepal, Yadav, & Solanki, 2011; Oppenheim, 2004) kullanılabilir.

TYM’de Tüm süreçler kare matris formunda sıralanır ve hücre değerleri süreç ilişkilerini yansıtacak şekilde işlenir. Şekil 2.4’te örnek bir TYM ve ilişkilerin öncelik diyagramı üzerinden çözümü Browning’dan uyarlanarak verilmiştir (Tyson R Browning, 2001). Matriste satır ve sütunlarda süreçler listelenmiştir. İki süreç arasındaki ilişki $\times$ işaretiyle belirtilmiş, iki süreç arasında ilişki yoksa hücre boş bırakılmış, bir sürecin kendisiyle ilişkisi dikkate alınmadığından matrisin köşegeni gölgelenmiştir. Her X işareti, sütun başlığındaki süreç, satır başlığındaki sürecin girdisi şeklinde okunur ve köşegenin altındaki ilişkiler ileri doğru akışı, köşegenin üstündeki değerler de geri beslemeleri belirtir. Örneğin, A ve B, C için girdi oluşturur. A ve B birbirinden bağımsızdır ve paraleldir. D, girdi olarak C’yi kullanır, D ve C arasında sırasal ilişki mevcuttur. E, F ve G arasında ise daha karmaşık bir ilişki söz konusudur, birbirlerine bağımlıdırlar ve iterasyon döngüleri çıkarır.



Şekil 2.4 : Tasarım yapı matrisi örneği, Browning (2001)'den uyarlanmıştır.

Örnekte sunulan TYM'den farklı olarak x yerine, öncelik ilişkileri 1, 2 veya farklı nümerik değerler kullanılarak da kodlanabilir (Cho & Eppinger, 2005).

TYM'leri basitleştirmek için kümeleme analizi kullanılabilir, belli süreçler alt parçalarına ayrılabilir veya birleştirilebilir, geri dönüşler ortaya çıkarılarak incelenebilir.

2.4.2 Değer Akışı Haritalandırma

Değer akışı, bir ürünün işletme boyunca geçtiği üç temel aşamadan oluşan faaliyetler kümesidir. Bu aşamaların ilki problem çözme (tasarım), ikincisi bilgi yönetimi (sipariş işleme ve diğer imalat dışı faaliyetler), üçüncüsü ise fiziksel dönüşüm (hammadleden ürün elde edilmesi) aşamasıdır (Womack & Jones, 2003). Değer akışı yönetimi, değer akışına ait tüm faaliyetlerin, ölçülmesi, geliştirilmesi, birbirleri ile ilişkilerinin ve akışın düzenlenmesidir (Keyte & Locher, 2004).

Değer akışı yönetimi 8 adımdan oluşur (Tapping, Luyster, & Shuker, 2002)

1. Yalın düşüncüyü anlamak ve benimsemek
2. Değer akışı seçimi
3. Yalın hakkında bilgi birikimini arttırmak
4. Mevcut durumu haritalandırmak
5. Yalın ölçütleri belirlemek
6. Gelecek durumu haritalandırmak

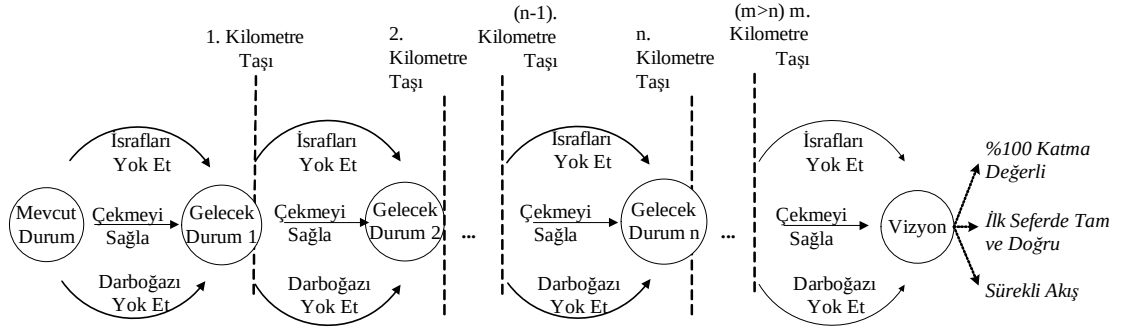
7. Kaizen planlarını oluşturmak

8. Kaizen planlarının hayata geçirmek

Ürün/hizmet/proje ailesi için değer akışının görselleştirilmesi yalın dönüşümü başarmanın adımlarından biri olarak da tanımlanmıştır (Womack & Jones, 2003). Değer Akışı Haritalandırma (DAH) Yalın Üretim'in görselleştirme ve geliştirme aracıdır (Rother & Shook, 2003). İş akış diyagramları ve diğer geleneksel görselleştirme araçlarından farklı olarak, değer akışı haritalandırma yardımıyla değer katan ve değer katmayan faaliyetler arasında ayrımı da görselleştirmek mümkündür. DAH, bilgi yoğun çalışma ortamlarında bilginin paylaşımı için (Lindlöf, Söderberg, & Persson, 2012; Nash & Poling, 2008), israfın sistematik olarak tespit edilmesi için (Schulze & Störmer, 2012) veya operasyon sırasının görselleştirilmesi amacıyla kullanılabilir (Qudrat-Ullah, Seong, & Mills, 2012). DAH tüm değer akışını içerecek şekilde de hazırlanabilir (Jones & Womack, 2002).

Değer akışı haritasında, tedarikçiden müşteriye tüm değer akışı haritalandırılabilirdiği gibi, değer akışının bir bölümüne de odaklanılabilir (Fritzell & Göransson, 2012; Gurumurthy & Kodali, 2011; HL McManus, 2005; Nepal et al., 2011). Ürün geliştirme değer akışı söz konusu olduğunda haritalandırma kavramsal tasarımdan, imalata kadar projenin geçtiği aşamaları yansıtacak şekilde oluşturulabilir (Fiore, 2005; Freire & Alarco, 2002; Fritzell & Göransson, 2012; HL McManus & Millard, 2002; Tyagi, Choudhary, Cai, & Yang, 2015).

Değer akışı haritalandırma uygulamalarında temel yaklaşım, yalın dönüşümün başlangıç aşamasında haritayı oluşturmak ve mevcut durumu yansıtan bu harita üzerinde israfları belirleyerek gelişme olanaklarını tartışmaktır. Devamında, odaklanılacak gelişme alanlarına göre gelecek durum DAH oluşturulur ve bir döngü hâlinde gelişme faaliyetleri devam ettirilir. Şekil 2.5'te verilen mevcut durum ile gelecek durum ilişkisinde görüldüğü üzere sistem için birden fazla gelecek durum tanımlayarak adım adım sistem durumu vizyona doğru ilerler.



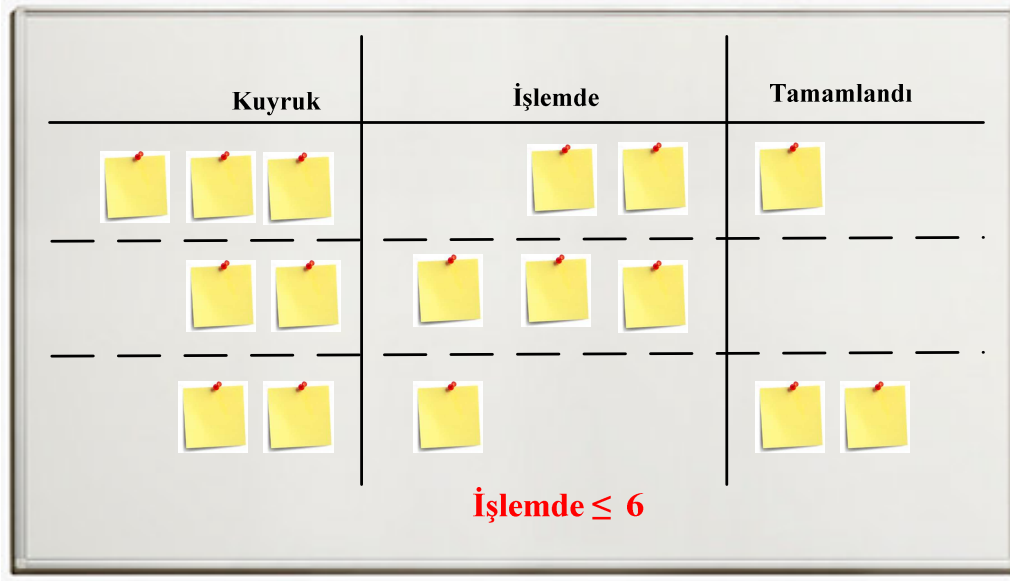
Şekil 2.5 : Mevcut durum ve gelecek durum ilişkisi.

Tanımlı her gelecek durum bir kilometre taşı olarak kurgulandığında, bir sonraki kilometre taşına ulaşmak; israfları yok etmek, çekmeyi sağlamak ve darboğazı ortadan kaldırmakla mümkündür. Bu iteratif yapıda darboğazlar her zaman mevcuttur fakat yapılan iyileştirmelerle süreç içinde yer değiştirebilir.

2.4.3 Çekme Sistemi

Sistemdeki süreç içi stok miktarının artışı doğrudan temin süresini arttırır. Çekme sistemi veya Kanban sistemi, süreç içi stok miktarına bir üst limit uygulanması anlamında gelir. Çekme kullanılarak süreç içi stok seviyelerinin düşürülmesi, temin süresini sınırlandırır ve ayrıca ürün geliştirme çalışanlarının değişen şartlara adapte olma becerisini arttırarak, motivasyona katkı sağlar (Ikonen, 2011). İtme sistemlerinde sistemdeki belirsizliklerin, dengesizliklerin, aşırı yüklenmelerin ve israf oluşturan diğer bozucu faktörlerin etkisi, sisteme daha fazla yeni proje yığılmasıyla örtülmeye çalışılır. Süreç-içi-proje miktarını sınırlamak, bu sorunları görünür kılar ve çözmek için fırsat yaratır. Çekme sistemi, yalın düşüncenin nihai hedefi olan tek parça akışının ürün geliştirme sistemlerinde kurgulanması için de kullanılabilir (Badr Haque & James-moore, 2004). Değer akışı haritalarında da gelecek sistem tasarımının bir ögesi olarak kanban sistemini görselleştirmek mümkündür (Freire & Alarco, 2002; Nepal et al., 2011; Sacks & Goldin, 2007).

Çekme sistemleri imalat sistemlerinde fiziksel kartlar kullanılarak işletilir fakat ürün geliştirme sistemi gibi bilgi işleyen sistemlerde ise Kanban panoları kullanılır (Anderson, 2010; Dude, 2013; Klipp, 2012; Middleton, Flaxel, & Cookson, 2005; Middleton & Joyce, 2010; Oostvogels, 2012). Şekil 2.6'da bir Kanban panosu örneği verilmiştir.



Şekil 2.6 : Kanban panosu örneği.

Kanban panosunun kullanılmasındaki temel amaç, süreç içi projeleri ve kuyruktaki bekleyen projeleri görselleştirmektir. Proje bilgileri post-it'ler aracılığıyla panoya aktarılır. Herhangi bir proje sürece yeni geldiğinde, Kuyruk sütununa eklenir. İşlemde olabilecek proje sayısı için bir üst limit tanımlanır ve limit dolu olduğu sürece kuyruktaki yeni bir proje işleme alınamaz. Ancak işlemdeki bir proje tamamlanıp, tamamlandı bölgesine aktarıldığında, kuyruktaki bekleyenlerden yeni bir proje sürece alınabilir. Kanban panosu yatay olarak farklı proje gruplarına ayrılabilir ve bu yatay grupların her birine de sınırlama getirilebilir. İmalat sistemlerinin kontrolünde kullanılan çekme sistemlerinden farklı olarak burada Kanban, kart değil, işlemde bulunabilecek miktara konan sınır değeridir (örnekte Kanban sayısı 6 olarak belirlenmiştir).

Bir sistemde yer alan süreç içi stok, temin süresi ve çevrim süresi arasındaki ilişki Little Yasası'yla tanımlanmıştır (Hopp & Spearman, 2011; Little & Graves, 2008; Slack et al., 2010). Kanban sayısı hesabında da doğrudan Little yasasından faydalanılır (2.2).

$$Kanban\ sayısı = (Talep \times Temin\ Süresi) * (1 + \alpha), \quad (2.2)$$

$$0 \leq \alpha: Güvenlik\ Katsayısı \leq 1$$

Örneğin bir yılda 20 projenin tamamlanması talep ediliyorsa, temin süresi 60 gün ise ve güvenlik katsayısı 0,25 kabul edilirse, Kanban sayısı 6 bulunur (2.3).

$$\begin{aligned}
\text{Kanban sayısı} &= \left(\frac{20 \text{ proje}}{250 \text{ gün}} \times 60 \text{ gün} \right) * (1,25) \\
&= 6 \text{ Kanban}
\end{aligned}
\tag{2.3}$$

Kanban panosu kurulurken ürün geliştirme sürecini anlamlı büyüklükteki alt parçalara ayırarak, süreç içi proje sınırı her bir süreç grubu için ayrı hesaplanmalıdır. Kanban sayısı hesaplanırken mevcut durum değer akışı haritasında yer alan temin süresi değeri yerine, hedeflenen değerler kullanılmalıdır.

2.4.4 Tedarikçi Katımlı Ürün Geliştirme

Bir ürünün, değer olarak, %60-%80'i tedarikçi tarafından yaratılır (Hugh McManus et al., 2005). Tedarikçilerin, sağlanan malzeme ve komponente göre sınıflandırılması ve değer akışının erken aşamalarında sürece dâhil edilmesi, hem temin süresini kısaltır, hem de tedarikçinin kendi uzmanlığını tasarıma aktarmasını sağlayarak ürünü geliştirir. Geliştirilen ürünün yapısal özellikleri dışında, işletmenin rekabet içindeki yeri, tedarikçilerin müşteri üzerindeki gücü gibi faktörler, tedarikçilerin sürece katılımını sınırlandırabilir. Tedarikçilerin piyasada çok güçlü olduğu, geliştirilmekte olan ürün için fikri hakların henüz tescillenmediği ve firmanın ürün geliştirme teknik yetkinliklerinin rakiplerinden geri olduğu durumlarda tedarikçilerin sürece katılmasını engellemek pahasına gizlilik politikaları güdülebilir. Fakat bu gizlilik, tasarımın ileriki aşamalarında uzun numune ve test süreçlerine, uygunsuz alt sistem tasarımlarına veya daha da ötesi uygun koşulları sağlayacak tedarikçi bulunamamasına dahi yol açabilir.

Önceki bölümde yalın ürün geliştirme ilkeleri başlığında açıklandığı üzere tedarikçilerin ürün geliştirme süreçlerine katılımı, doğrudan süre ve maliyet performansını arttıracak iyileştirmeler sağlar. Fakat yukarıda belirtilen koşullara bağlı olarak her tedarikçinin aynı oranda sürece katılması uygun olmayabilir. Çizelge 2.2'de olgunluk düzeyine göre tedarikçilerin ürün geliştirme süreci açıklanmıştır (Morgan & Liker, 2006).

Çizelge 2.2 : Tedarikçi rol ve sorumlulukları (Morgan & Liker, 2006).

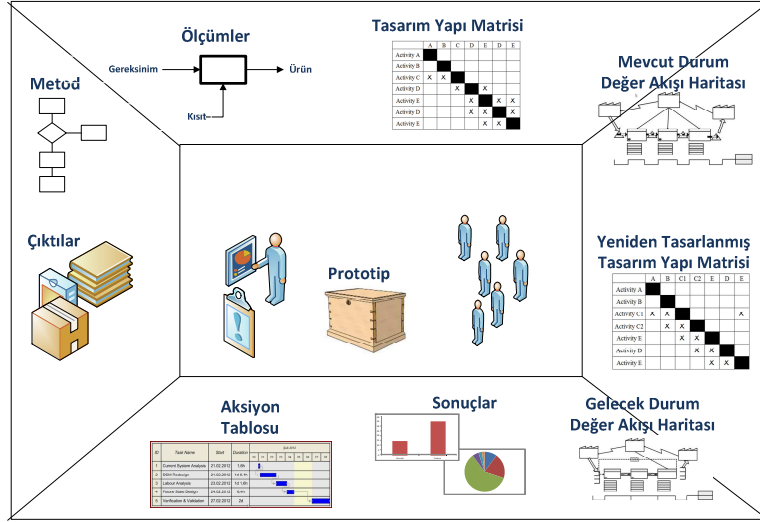
		Sözleşme Düzeyi	Teknik Danışmanlık Düzeyi	Üst Seviye Olgunluk Düzeyi	Ortaklık Düzeyi
Roller ve Sorumluluklar	Tasarım Sorumluluğu	Basit Parçalar Tasarımı	Ortak Tasarım Geliştirme	Karmaşık Montaj Sistemi Tasarımı	Bağımsız Alt Sistem Tasarımı
	Talep Edilen Tasarımın Teknik Tanımı	Tüm Özellikler veya Tedarikçi Kataloğundan Tercih	Detaylı Teknik Tanım	Kritik Özelliklerin Tanımı	Kavramsal Tasarım Tanımı
	Ürün Tanımına Katkı Düzeyi	Katkısı Yok	Mevcut Becerilerle Sınırlı Katkı	Müzakereye Tabi Katkı	İşbirliğiyle Ürün Tanımına Ortak Katkı
	Tasarım Sürecine Katılım Zamanlaması	Prototip Geliştirme Aşamasında Katılım	Kavramsal Tasarım Sonrası Katılım	Kavramsal Tasarım Sürecinde Katılım	Kavramsal Tasarım Geliştirme Öncesi Katılım
	Parça/Ürün Test Sorumluluğu	Sorumluluk Müşteride	Sorumluluk Tedarikçide Başlar, Müşteride Tamamlanır	Sorumluluk Ortak	Sorumluluk Tedarikçide
	Müşterinin Tedarikçiyi Geliştirme Çabası	Düşük Seviye	Orta Seviye	Yüksek Seviye	Sürekli Gelişme
	Öne Çıkan Uygulama	Sürekli Maliyet ve Kalite İzleme	Tedarikçi Merkezli İnovasyon	Tolerans Limitlerinde Serbestlik	Saha Mühendisi Uygulaması
	Örnek (Otomobil Tasarım sürecinde)	Vida, somun, buji tedarikçileri	Lastik, akü tedarikçileri	Güvenlik Sistemleri Tedarikçisi	Fren Sistemi Tedarikçisi

Tedarikçinin sürece katılımı, ilgili parçanın tasarım karmaşıklığı ve diğer parçalarla etkileşimiyle belirlenir. Görece basit parçalarda, tedarikçinin katılımı sınırlıdır ve tasarımın ileriki aşamalarında gerçekleşir. Karmaşık ve özel uzmanlık gerektiren tekil parçalar için tedarikçi süreçte “Teknik Danışman” rolü üstlenebilir. Tedarikçinin karmaşık montaj sistemi tasarımı sorumluluğunu üstlendiği durumda, tedarikçi sürece kavramsal tasarım aşamasında dâhil olur. Bağımsız alt sistem tasarımı söz konusuysa, tedarikçiyle kurulan ilişki ortaklık seviyesindedir. Her aşamada firmanın tedarikçiyi geliştirme çabası artar, hatta tedarikçi uzmanların, Saha Mühendisliği çalışması kapsamında müşteri firmada doğrudan ürün geliştirme projesine dâhil olması dahi söz konusudur.

2.4.5 Oobeya

İsrafın kök nedenlerinden biri bilgiye erişimin sınırlı olmasıdır ve bunu aşmanın yolu bilginin kolayca paylaşımını sağlayacak ortak bir fiziksel alan kurulmasıdır (Mandic et al., 2010). Oobeya, (Japonca: 大部屋) büyük oda anlamına gelir ve bilginin tüm organizasyonla görsel olarak paylaşılabilmesi için ürün geliştirme proje bilgilerinin sergilendiği alan olarak tanımlanabilir (Barnett, 2009; Horikiri, Kieffer, & Tanaka, 2008; Tanaka, Horikiri, & Flynn, 2010; Tanaka & Tanner, 2011). Oobeya aynı zamanda bir bilgi transferi aracıdır (Hoppmann, Rebentisch, Dombrowski, & Zahn, 2011) ve fonksiyonlar arası görsel iletişimi sağlayarak, bilginin içselleştirilmesine destek olur (Lindlöf et al., 2012). Oobeya toplantıları şef mühendisin fonksiyon mühendisleriyle bir araya geldiği mevcut sorunların ve farklı parçaların bütünleştirilmesine ilişkin konuştuğu toplantılardır.

Oobeya alanında ilk kavramsal tasarım girdilerinden, imalat talimatlarına kadar tüm bilgiler, malzeme ve tedarikçi değerlendirmeleri, alternatif komponentler, test sonuçları ve ilgili diğer veriler mevcuttur. Oppenheim (2004) “program odası” olarak tanımladığı fiziksel alanlarda oobeya yapısına benzer şekilde takt periyodlarının sergilendiği alanlar tanımlamış ve fiziksel arayüzlerin dijital arayüzlere üstün yönlerini açıklamıştır. Liker ve Morgan (2011) Ford ürün geliştirme sisteminde oobeya alanının yapısını, duvarlarında sergilenen bilgileri ve oobeya toplantı düzenini açıklamıştır. Middleton ve Joyce (2010) sundukları vaka çalışmasında Oobeya yerleşimini, kanban panolarının kullanımını, günlük 15 dakika süreli ayakta yapılan toplantıları ve toplantılarda oobeya bilgi panolarının kullanımını açıklamıştır. Şekil 2.7’de örnek bir Oobeya yerleşimi verilmiştir.



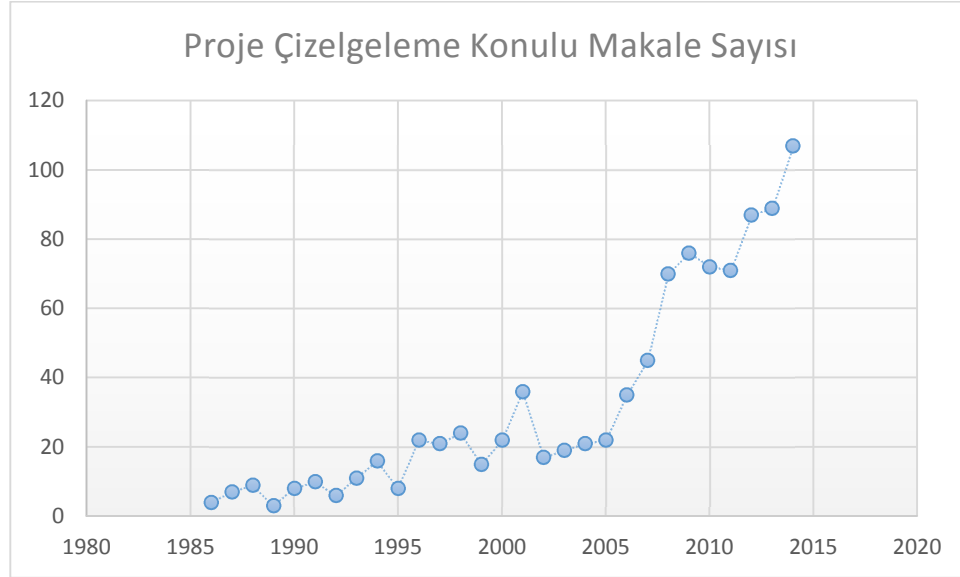
Şekil 2.7 : Örnek bir oobeya yerleşimi.

Oobeya’da projeye ilişkili tüm dokümanlar, güncel bilgileri içerecek şekilde, projede yer alan herkesin ulaşabileceği biçimde sunulur. Toplantılar ve sorun çözme çalışmaları Oobeya’da gerçekleştirilir. Amaç, projeye yeni dâhil olan birinin bile Oobeya’da kısa bir zaman geçirip, sergilenen bilgileri inceleyerek sürece hâkim olmasını sağlayabilmektir.

3. YAYIN İNCELEMESİ

3.1 Proje Çizelgeleme Konulu Yayınlar

Elsevier Scopus veritabanında proje çizelgeleme alanındaki yayın sayıları incelenmiştir. Anahtar kelime listelerinde yapılan incelemeye göre, anahtar kelimeleri arasında “Proje Çizelgeleme” olan 1984-2014 yılları arasında 960 makale yayınlandığı görülmektedir. Bu makalelerin yıllara göre dağılımı Şekil 3.1’de verilmiştir.

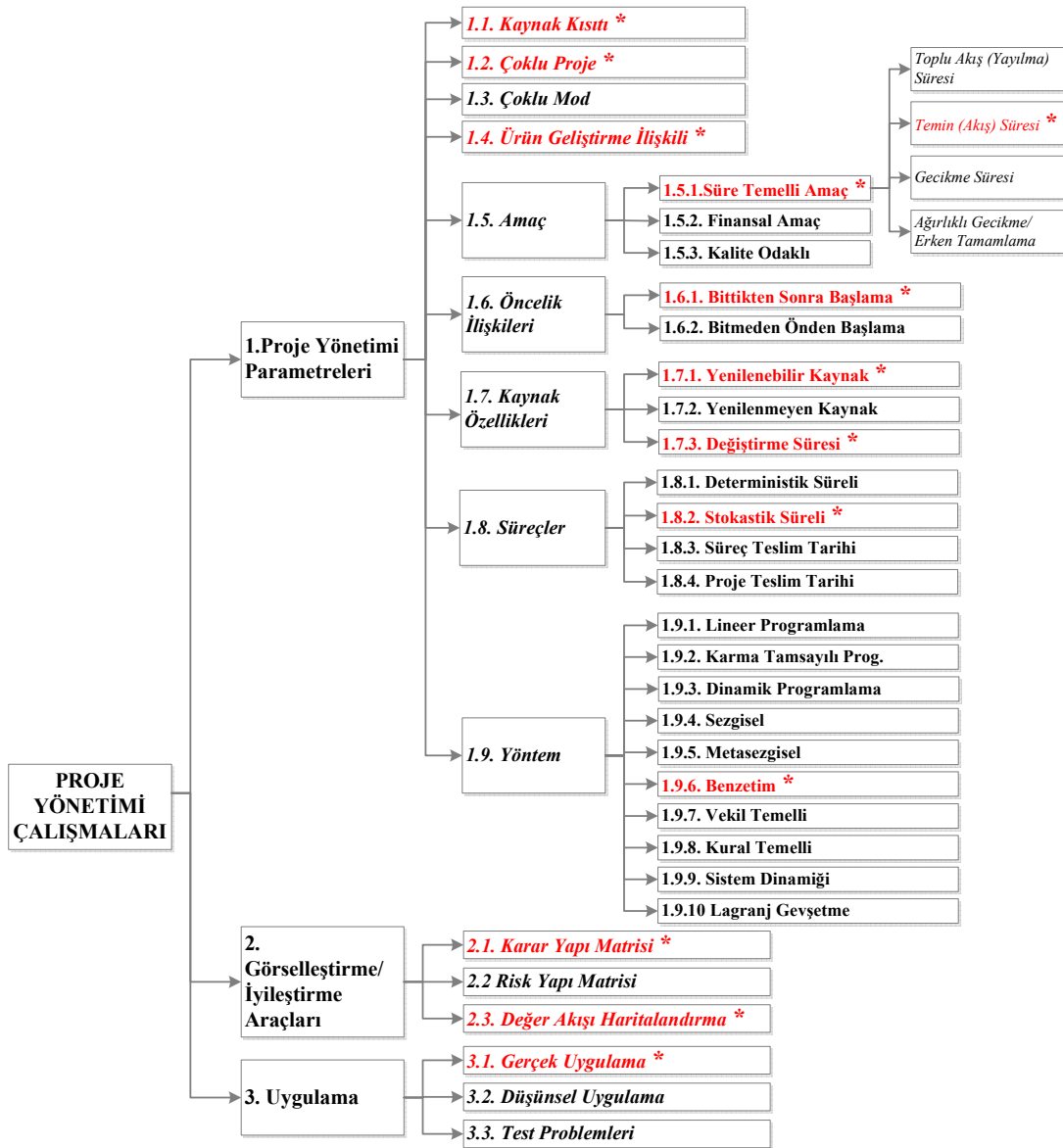


Şekil 3.1 : 1984 – 2014 yılları arası proje çizelgeleme konulu makale sayıları.

Şekil 3.1’de yıllara göre sunulan 960 çalışmanın içinde yalnızca 58 tanesinin anahtar kelime listesinde “Çoklu Proje Çizelgeleme” konusuna rastlanmıştır. Ürün geliştirme ve Proje Çizelgeleme anahtar kelimelerini beraber bulunduran makale sayısı sadece 19’dur. Elsevier Scopus veritabanında yer alan makaleler içinde anahtar kelime listesinde Ürün Geliştirme ve Yalın terimlerini barındıran çalışma sayısı ise 143’tür. Proje Çizelgeleme ve Yalın anahtar kelimelerini beraber barındıran bir makaleye rastlanmamıştır. Bu iki terimi beraber barındıran yalnızca bir konferans bildirisine rastlanmıştır (Kim ve Kim, 2011). Elsevier Scopus veritabanında gerçekleştirilen bu incelemede, bu Doktora Tezi kapsamında incelenen makaleler arasında anahtar kelime

listesinde Ürün Geliştirme, Yalın ve Proje Çizelgeleme terimlerini beraber barındıran bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Literatür araştırmasında proje yönetimi/proje çizelgelemesi alanından 1993–2015 yılları arası yayınlanmış 39 çalışma incelenmiştir (EK A). İncelenen çalışmalar literatürde genel kabul görmüş çalışmalar temel alınarak sınıflandırılmıştır (Brucker, Drexl, Rolf, Neumann, & Pesch, 1999; Demeulemeester & Herroelen, 2002; Herroelen, Demeulemeester, & Reyck, 2001). Sınıflandırma yapısı Şekil 3.2’de verilmiştir. Tez kapsamında ele alınan problem ve yöntemin özellikleri * işaretiyle işaretlenmiştir.



Şekil 3.2 : Literatür taramasında kullanılan sınıflandırma (Brucker et al., 1999; Demeulemeester & Herroelen, 2002; Herroelen et al., 2001).

İncelenen makaleler, proje yönetimi parametreleri, görselleştirme/iyileştirme araçları ve uygulama açısından üç temel alanda incelenmiştir. Proje yönetim parametrelerine göre incelenen çalışmaların çoğunluğunda kaynak kısıtı altında proje yönetimi problemi incelenmiştir. Çoklu proje probleminin yer aldığı çalışmalar, tüm araştırmanın yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır. Faaliyet sürelerinin atanan kaynak sayısına ve tipine göre değişebildiği durumu ifade eden çok modlu faaliyet-kaynak ilişkisi ise, yine incelenen çalışmaların yaklaşık üçte birinde mevcuttur. Önemli bir nokta, bu üç özelliği, kaynak kısıtı altında, çoklu proje ve çok modlu faaliyet-kaynak ilişkisi problemini inceleyen yalnızca üç çalışmaya ulaşılmıştır.

İncelenen tüm çalışmalar arasında sadece dördünde doğrudan ürün geliştirme projelerine ilişkin problem tanımlanmıştır. Yalın odaklı tanımlanmış bir probleme ise, seçilen çalışmalar arasında rastlanmamıştır.

Amaçlar incelendiğinde, süre temelli bir amacın tanımlandığı durumda, temin süresi düşürme ve toplam akış süresi düşürme amaçlarına yaklaşık eşit oranda rastlanmıştır. Finansal amaçlı problemlerde ise proje net değeri veya pozitif nakit akışı hedeflenmiştir. Amaçlar arasında dikkat çekici olan, kalite odaklı (ilk seferde tam ve doğru) olarak tanımlanan amaçtır. Ürün geliştirme sistemlerinde “bozucu faktörlere karşı dayanıklılık” (*Ing*: robustness) niteliğini, yeniden işlemlerin veya iterasyonların sıklığıyla ölçmek mümkündür. Örneğin, dayanıklı bir sistemde daha az iterasyonla projenin tamamlanması beklenirken, iterasyon veya yeniden işleme sayısında artış dayanıklılığın düşük olduğunu gösterir. Bu durumda Herroelen ve diğ. (2001) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre bu çalışmalarda dayanıklılığı artırma amacı kalite odaklı amaç tanımıyla örtüştüğünden bu şekilde sınıflandırılmıştır.

Faaliyet öncelik kısıtları bakımından iki farklı öncelik ilişkisi mevcuttur. Bir faaliyetin ancak öncülü olan başka bir faaliyet tamamlandıktan sonra başlayabildiği (*eng*: finish-to-start) öncelik ilişkisi, incelenen çalışmaların neredeyse tamamında problemin kısıtları arasındadır. Cho & Eppinger (2005) ise ek olarak, bir faaliyetin öncülü olan faaliyetin tamamlanmasından belirli bir süre önce başlatılabildiği (*eng*: finish-to-start +lead) tür öncelik kısıtını da dikkate almıştır.

Kaynak özellikleri açısından, çalışmaların genelinde işgücü, makine kapasitesi gibi yenilenebilir kaynaklar incelenmiş, fakat sınırlı sayıda çalışmada bütçe gibi yenilenemeyen kaynaklar da yer almıştır. Yine kaynaklarla ilgili olarak, dört

çalışmada faaliyetler arası geçiş zamanını ifade edecek şekilde değiştirme zamanının kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Çalışmaların çoğunda faaliyet süreleri deterministik kabul edilmiş, değişkenliğe izin verilmemiştir. Risk değerlendirmesi odaklı çalışmalarda benzetim yöntemini de kullanarak stokastik sürelerin kullanıldığı görülmektedir. Faaliyet teslim tarihi kısıtına sadece bir çalışmada rastlanmıştır (Lova, Tormos, Cervantes, & Barber, 2009). Gecikmeyi enküçükleme hedefli çalışmalarda, proje teslim tarihi kısıtı kullanılmıştır.

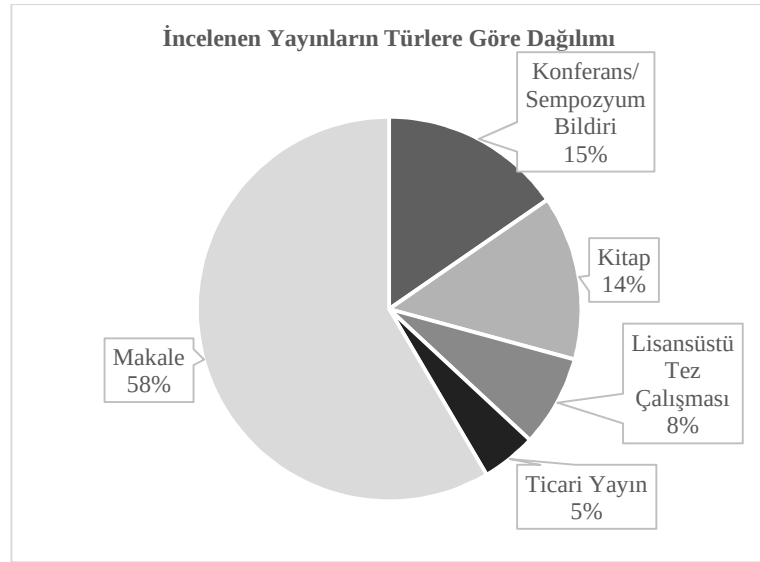
İncelenen çalışmaların çoğunluğunda kaynak kısıtı sözkonusudur ve kaynak kısıtı altında proje çizelgeleme problemi NP-zor olarak tanımlanan bir problemdir (Blazewicz, Lenstra, & Rinnooy Kan, 1983). İncelenen çalışmaların çoğunluğunda buna bağlı olarak, başta metasezgiseller olmak üzere, sezgisel yöntemlere ve benzetim yöntemine rastlanmıştır.

Görselleştirme ve iyileştirme araçlarından sadece Tasarım Yapı Matrisi ve bir çalışma da Risk Yapı Matrisi'ne rastlanmıştır (Fang & Marle, 2012). İncelenen çalışmalarda Değer Akışı Haritalandırma'dan faydalanılmadığı görülmüştür.

Önerilen yaklaşımlar veya çözüm yöntemleri, çalışmaların neredeyse tümünde örnek uygulamayla birlikte sunulmuştur. Fakat genelde, mevcut test problemleri üzerinden yöntemlerin doğrulanması tercih edilmiş ve gerçek uygulamalar, test problemleriyle yapılan uygulamaların gerisinde kalmıştır.

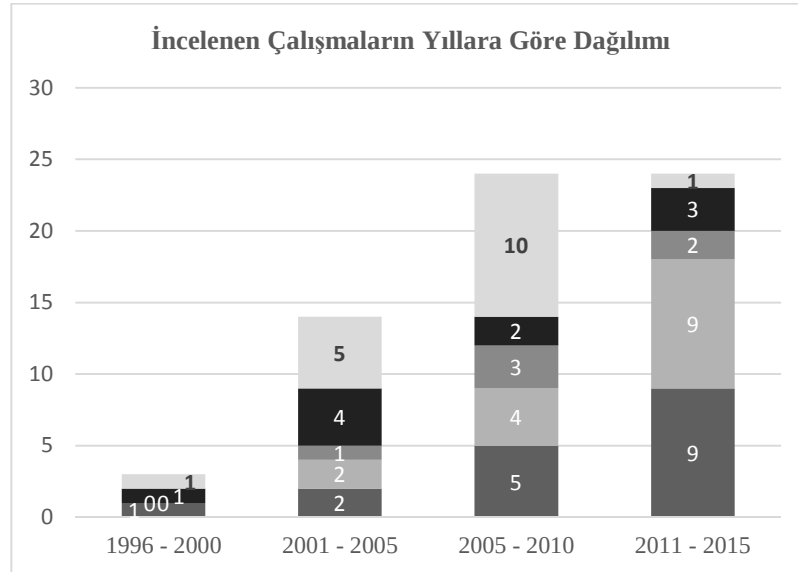
3.2 Yalın Ürün Geliştirme İlkeleri için Yayın İncelemesi

Bu bölümde mevcut yalın ürün geliştirme literatürünün sistematik analizi sunulacaktır. Başta hakemli dergiler ve konferans bildirileri taranmıştır. Başlıkta “Yalın Ürün Geliştirme” ve “Yalın Mühendislik” kavramlarının yer aldığı yayınlar seçilmiştir. Şekil 3.1’de incelenen çalışmaların türlere göre dağılımı verilmiştir.



Şekil 3.3 : İncelenen çalışmaların türlere göre dağılımı.

Literatür taraması kapsamında incelenen çalışmaların büyük kısmını hakemli dergilerde yayınlanan makaleler oluşturmaktadır. Yayınların yıllara göre dağılımı da Şekil 3.2’de verilmiştir. Yayınların artış eğiliminde olduğu söylenebilir.

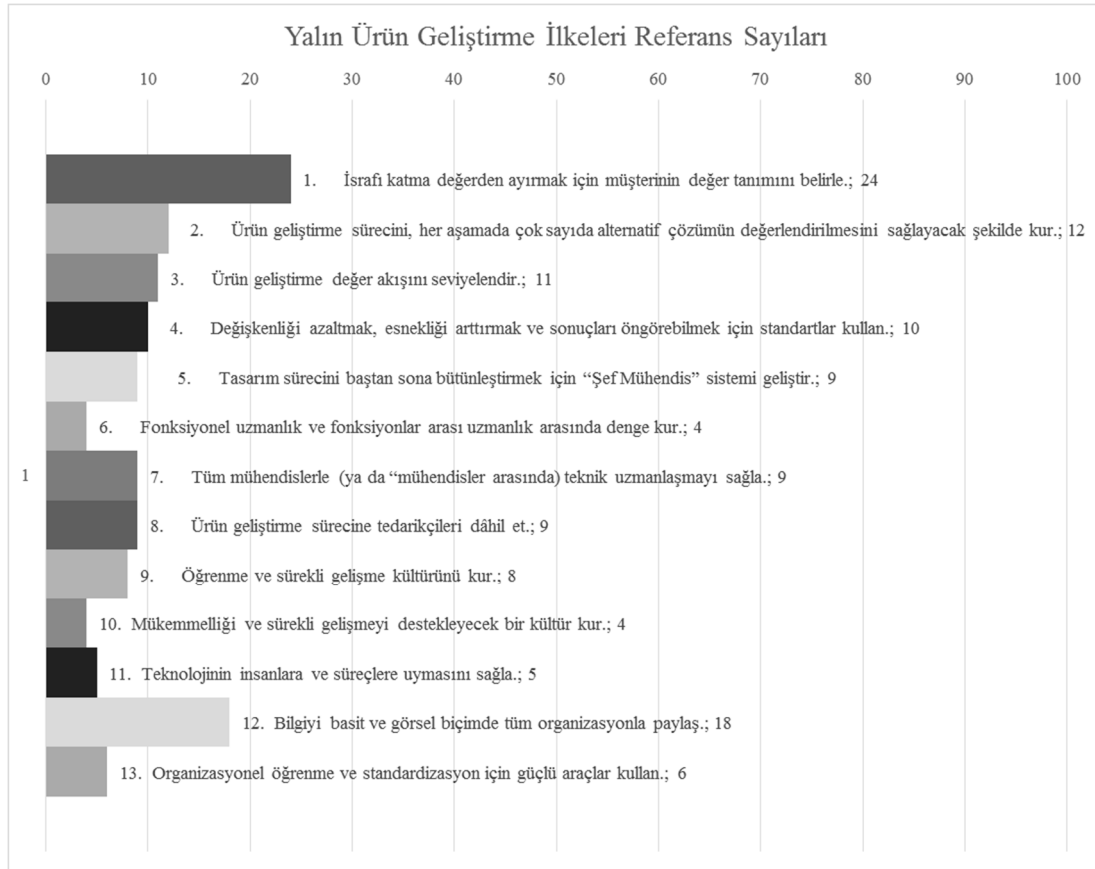


Şekil 3.4 : İncelenen çalışmaların yıllara göre dağılımı.

Literatür taraması çalışmasında ilk olarak, mevcut derlemeler incelenmiştir. Baines ve diğerleri (2006) mevcut literatürün bir derlemesini sunmuşlardır. McManus ve diğerleri. (2005) yalın mühendisliği, ürün geliştirme alanına odaklı yalın çalışmalar olarak tanımlamış ve mevcut literatürü yalın mühendislik açısından incelemişlerdir. Pernstål ve diğerleri (2013) yazılım geliştirme sistemlerinde kullanılan yalın ürün geliştirme teknikleri için literatür taraması sunmuştur. Hoppmann, Rebentisch, Dombrowski ve Zahn, (2011) ve Khan ve diğerleri (2011) ise yalın ürün geliştirme

temel alanlarını ayırtmak amacıyla literatür taraması gerçekleştirmişlerdir. Leon & Farris (2011) yedi temel çalışma alanı belirleyerek yalın ürün geliştirme literatürünü bu çalışma alanlarıyla ilişkilendirerek derlemişlerdir.

Bu bölümde mevcut derleme makalelerinden farklı olarak yalın ürün geliştirme literatürü yalın ilkeler ve bu ilkeleri destekleyecek araçlar açısından sistematik olarak taranacak ve sonuçlar derlenecektir. Ulaşılan çalışmalar türleri açısından sınıflandırıldığında teori geliştirme, literatür taraması, vaka çalışması, kantitatif araştırma yöntemlerini kullanan çalışmalar mevcuttur. İncelenen çalışmalar makine mühendisliği, endüstri mühendisliği, işletme, teknoloji yönetimi alanlarındaki yayınlarda yer almaktadır. Her ilkenin açıklamasında kullanılan referans sayılarının dağılımı Şekil 3.1’de verilmiştir. Bir yayın birden fazla ilkeyi açıklamak için referans olarak kullanılabilir. Şekil 3.5



Şekil 3.5 : Yalın ürün geliştirme ilkeleri referans sayıları.

3.2.1 Süreç ilkeleri

Süreçle ilişkili ilkeler, israfın ve katma değer belirlenerek ayrıştırılması, sistemin mümkün olduğunda çok alternatifle önden yüklenmesi ve akışın seviyelendirilmesidir.

İsraf ve katma değerin ayrıştırılması ve seviyelendirme ilkeleri doğrudan yalın düşünce ilkelerinin uzantısıdır. İkinci ilke, sistemi çok alternatifle önden yüklemek veya küme temelli tasarım, yalın düşünce ilkelerine uyumludur fakat ürün geliştirmeye özgüdür ve diğer alanlarda doğrudan karşılığı yoktur.

3.2.1.1 İsrafı katma değerden ayırmak için müşterinin değer tanımını belirle

Oppenheim (2004) değeri, müşteri tarafından talep edilen herhangi bir karakteristik olarak tanımlamıştır. Benzer şekilde, McManus ve Millard (2002) değer kavramını; müşterinin tanımladığı biçimde doğru zamanda ve doğru fiyatta teslim edilen beceri veya yeterlilik olarak tanımlamıştır. Katma değerli faaliyet ise çıktısı bir müşteri ihtiyacını karşılayan faaliyet olarak tanımlanabilir (Al-ashaab et al., 2010). Müşterinin değer tanımı inovasyon, maliyet ve kalitenin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir (Gautam & Singh, 2008). Benzer şekilde, bir ürünün değeri performans, maliyet ve temin süresinin bir fonksiyonu olarak tanımlanabilir (T R Browning, 2000). Bu tanıma ürünün hatasız olması da eklenebilir (Freire & Alarco, 2002). Schulze ve Störmer (2012) değeri; son ürünün performansını arttırarak veya risk ve belirsizlikleri azaltarak ürün reçetesini iyileştiren bilgi olarak tanımlamıştır. Değerin kaynağı çalışanın tecrübesi, uzmanlığı ve bunları gerçek hayatta kullanma becerisidir (Mandic et al., 2010).

Bauch (2004), Ohno (1988) tarafından belirlenen yedi israf sınıfına; yeniden keşfetme, sistem disiplini eksikliği ve bilgi teknolojileri kaynaklarının sınırlı olmasını da eklemiştir. İsraf sınıfları uygulama alanından bağımsızdır ve tüm sistemlerde bu başlıklar altında değer katmayan faaliyetler tespit edilebilir. Fakat yine de ürün geliştirme sistemleri için genel kabul görmüş bir israf sınıflandırması mevcut değildir (Leon & Farris, 2011). Literatürde ürün geliştirme alanında israf örnekleri mevcuttur. Farklı yayınlarda verilen israf örnekleri aşağıda listelenmiştir;

- Müşterinin talep etmediği ürünün geliştirilmesi (Possamai & Ceryno, 2008).
- Müşterinin değer algısını etkilemeyen ve pazar payına etki etmeyen tasarım değişiklikleri (Gautam & Singh, 2008).
- Kavram geliştirme aşamasında beklemler, mühendislik değişiklikler, parçaların reddedilmesi (Hugh McManus et al., 2005).

- Bitiş koşullarının tanımlanmaması sebebiyle işin genişletilmesi (Reinertsen, 2005)
- Onay bekleme (Letens, Farris, & Aken, 2011; Mahlamäki, Ström, Eisto, & Hölttä, 2009)
- Aşama eşiği (İngilizce: *stage-gate*) sisteminin yarattığı bürokrasi (Liker & Morgan, 2011)
- Değer katmayan iterasyonlar (Baines et al., 2006)

Leon ve Farris (2011) gerçekleştirdikleri literatür taramasının sonucunda, ilgili tüm yayınlarda ortak olarak yer alan israfların; hatalı bilgiyle çalışmak, bekleme, bilgi/öğrenme eksikliği ve etkin olmayan iletişim olduğunu saptamıştır.

Ürün geliştirme sistemlerinde israf kaynakları değerlendirildiğinde Haque ve Moore, (2004) israf kaynaklarını, (i) uygunsuz tasarım değişiklikleri, (ii) gereksiz bilgi ve (iii) mühendislik hataları olarak listelemiştir. Bunlara ek olarak, Mandic ve diğerleri (2010) israf kaynaklarını; (i) karar vermekten kaçınma, (ii) bilgiye sınırlı erişim, (iii) bilginin bozulması (iv) belirsizlik olarak listelemiştir.

3.2.1.2 Ürün geliştirme sürecini, her aşamada çok sayıda alternatif çözümün değerlendirilmesini sağlayacak şekilde kur

Geleneksel ürün geliştirme yaklaşımı parametre uzayında bir başlangıç noktası belirleyip, iterasyonlarla tasarımın evrilmesine dayanır ve bu iterasyonlar neticesinde daha iyi performansa sahip bir noktaya ulaşılabileceği varsayılır. Fakat bu durum çoğu zaman yüksek maliyetli yeniden işlemeyle sonuçlanır. Örneğin, ilk aşamada karar verilen motor tipi, ileriki bir aşamada hedef maliyet aşıldığı için veya tasarlanan dış görünüme uygun olmadığı için vazgeçilebilir. Bu durumda motorun değişmesiyle, buna bağlı pek çok komponent ve destek sisteminin değişmesi gerekecektir. Bu ilke, buna benzer durumları engellemek için kararların mümkün oldukça geç verilmesi, son aşamaya kadar birden fazla alternatifin değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Amaç pazara en uygun alternatife ulaşabilmektir (Qudrat-Ullah et al., 2012).

Bu alternatif yaklaşım, ürün geliştirme sürecinin her anında en fazla alternatifin değerlendirilebileceği, küme temelli eş zamanlı mühendislik veya küme temelli inovasyon olarak adlandırılır (Ward & Sobek, 2014). Küme temelli tasarım yaklaşımının temelleri A. Ward ve Seering (1993) tarafından atılmıştır ve uygulamaları Toyota ürün

geliştirme sisteminde gözlenebilir. Bu yüzden küme temelli tasarım yaklaşımı, Toyota'nın ikinci paradoksu olarak da tanımlanır (Ward, Liker, Cristiano, & Sobek, 1995). Freire ve Alarco (2002) da tasarım kararlarını erteleme temin süresini düşürebildiğini belirtmiştir. Liker ve Morgan (2006) projeyi ön safhalarda yüklemenin ve alternatifleri proje olgunlaşmadan değerlendirmenin olası engellerin baştan çözümlenmesini sağlayarak “ilk seferde doğru” sonuçlar almaya yardımcı olduğunu belirtmiştir. Mahlamäki ve diğerleri (2009) de benzer şekilde yüksek maliyetli mühendislik değişiklikleri ve bunlarla ilişkili israfları önlemek için sürecin başında çok sayıda alternatifin dikkate alınması gerektiğini, bunun ancak sistemin önden yüklenmesi sayesinde mümkün olduğunu belirtmiştir. Oppenheim, (2004) ve Bresnahan (2006) küme temelli tasarımı belirsizliğin bozucu etkisinin sönmek için kullanılabilecek araçlar arasında saymıştır. Sacks ve Goldin (2007) değer yaratmak için geliştirme sürecinin müşteriye maksimum tasarım alanı bırakması gerektiğini veya başka bir deyişle ürünün kişileştirilebilir olması gerektiğini belirtmiştir. Raudberget (2010) küme temelli tasarımın kullanımını İsveçli dört firmanın ürün geliştirme süreçlerinin üç yıl boyunca gözlemleyerek raporlamıştır. Belay, Welo ve Helo (2014) de geleneksel yaklaşımla küme temelli tasarım yaklaşımını örnek vaka üzerinden karşılaştırmışlar, %50 maliyet ve %20 temin süresi tasarrufu sağlandığını belirtmişlerdir. Ayrıca, küme temelli tasarım yaklaşımı maliyetlendirme çalışmalarıyla bütünleştirilerek, kavramsal tasarım aşamasından itibaren maliyetlerin değerlendirilmesinde kullanılabilir (Wasim et al., 2012)

3.2.1.3 Ürün geliştirme değer akışını seviyelendir

Bu ilkede yüklenme ve değişkenliği kontrol altına almak için seviyelendirme araçlarının kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır. Morgan & Liker (2006) Toyota ürün geliştirme sisteminde *Fundoshi* (detaylı iş çizelgesi), faaliyetlerin işlevler arasında dengeli dağıtımı ve senkronizasyonu, takt'a uyum ve çekme kullanılarak seviyelendirmenin gerçekleştirildiğini gözlemlemiştir. Ayrıca Morgan & Liker (2006) Toyota ürün geliştirme sisteminde proje boyunca kaynak atamalarının, projenin orta safhalarına ayrılan kaynak kapasitesi maksimum olacak şekilde, bir çan eğrisini çağrıştırdığını belirtmiştir. Quadrat-Ullah ve diğerleri, (2012) mühendislerin tasarım işlerine seviyeli atanmasıyla, proje boyunca etkinliğin korunduğunu belirtmiştir.

Literatür incelendiğinde, mevcut akademik çalışmalarda bu ilkenin yansımalarının görece zayıf olduğu görülmüştür. Bu durumun sebepleri uygulamada karşılaşılan güçlükler olabilir. Mcmanus ve diğerleri (2005) iterasyonlar ve dallanmalar sebebiyle mühendislik sistemlerde çekme sisteminin kurulmasının daha zor olduğunu belirtmiştir. Buna ek olarak, Hoppmann ve diğerleri (2011) seviyelendirme için ek kapasite bulundurmak gerektiğini belirtmiştir. Yine de farklı alanlardan uygulama örnekleri mevcuttur. Haque ve diğerleri (2004) ve Haque (2003) havacılık sektöründeki uygulama örneklerini inceleyerek, üç farklı işletmede, tek proje akışının başarmak amacıyla kurulan proje kanban'ı sistemini açıklamışlardır. Middleton ve Joyce (2010) gerçek bir yazılım geliştirme sisteminde, talep düzgünleştirme ve kanban panosu kullanımını açıklamıştır. Sacks ve Goldin (2007) inşaat sektöründe basit bir çekme sistemi, ConWIP sistemi uygulanmasını önermiştir. Nepal, Yadav ve Solanki (2011) ise ürün geliştirmede yalın dönüşümü başarmak için takt süresini dikkate alan bir çizelgeleme yaklaşımı önermiş, görsel heijunka kutuları yardımıyla akışı seviyelendirerek, sadece boş kapasite olduğunda yeni bir projeye başlamaya izin veren bir çekme sistemi kurmuşlardır. Karlsson & Åhlström (1996) de proje çizelgesindeki tampon alanların ortadan kaldırılmasıyla proje performansının arttığı sonucuna ulaşmıştır.

3.2.1.4 Değişkenliği azaltmak, esnekliği arttırmak ve sonuçları öngörebilmek için standartları kullan

Ürün geliştirme sistemi, üç temel alanda standart oluşturarak iyileştirilebilir; (i) tasarımın standartlaştırılması, (ii) sürecin standartlaştırılması ve (iii) mühendislik becerilerinin standartlaştırılması. Tasarımın standartlaştırılmasıyla, mevcut bilginin etkin kullanımı sağlanır, fikirden imalata temin süresi kısalmış ve süreç israfları azalır. Süreç standardı ise sonuçların öngörülebilir olması ve sürecin geliştirilmesi için gereklidir. Mühendislik becerilerinin standartlaştırılmasıyla da işgören esnekliği artırılabilir. Tasarım ve süreç standardı aracı olarak kontrol listeleri (Cleveland, 2006; Freire & Alarco, 2002; Allen C Ward et al., 1995) ve geçmiş deneyimlerden edinilen bilgilerin işlendiği tecrübe defterleri (Durward K Sobek et al., 1999; Allen C Ward et al., 1995), Japonca adıyla Hetakuso-sekke (İngilizce: lesson-learned book), kullanılır. Graebisch, Seering ve Lindemann (2007) da standart formlar kullanılarak bilginin bozulmasının engellenebileceğini belirtmiştir.

McManus ve Millard (2002) gelecek durum tasarımı için ilk adımını standartlaştırma, basitleştirme ve fazlalıkları ortadan kaldırmak olarak tanımlamıştır. Letens ve diğerleri (2011) süreç standartlarının bilgiyi yeniden üretme gereksinimini ve israfını ortadan kaldırmak için gerekli olduğunu belirtmiştir. Haque (2003) de standart beceri ve standart tasarıma ek olarak ara ürün seviyesi standardını da tanımlamıştır. Tasarım standardı tedarikçilere de yansıtılır. Toyota yeni ürün geliştirme sürecinde, komponent tedarikçisi Nippondenso'nun standart ürünlerini katalogdan seçerek kullanır (Allen C Ward et al., 1995). Ford ürün geliştirme sisteminde de üründe farklılık yaratmayacak parçalar, örneğin kapı menteşeleri, tüm araçlarda standarttır (Liker & Morgan, 2011). Haque ve Moore (B Haque & Moore, 2004) bu standartların, standart veri toplama ve ölçme sistemleriyle desteklenmesi gerektiğini belirtmiştir.

3.2.2 Yetkin Çalışan İlkeleri

Toyota üretim sisteminin ve yalın düşüncenin önderlerinden Toyota yöneticisi Fujio Cho'nun “git ve gör, neden diye sor, saygı göster” sözü yalın düşüncenin temellerinden biri olan insana saygı ilkesini ifade eder (Barnhart, 2012). Yalın ürün geliştirme uygulamalarında da yalnızca gerçek olguları, gerçekleştiği yerde incelemek ve kök nedeni araştırmak yeterli değildir, incelenen işi gerçekleştiren kişileri de dikkate almak gerekir. “Yetkin çalışanlar” başlığı altında toplanan sıradaki ilkeler; öğrenme, uzmanlaşma, sürekli gelişme, tedarikçi katılımı ve tüm katılımcıların idarisi için şef mühendis yaklaşımını içerir.

3.2.2.1 Tasarım sürecini baştan sonra bütünleştirmek için şef mühendis sistemi geliştir

Şef mühendis unvanı, yeni ürün geliştirme sistemlerinde sıkça rastlanan proje koordinatörü unvanından farklı olarak üst düzey mutlak yetkinlik ifade eder. Şef mühendisin yeni ürünün tüm detaylarına hâkim olması ve ilgili sorunları çözebilecek yetkinlikte olması beklenir. Proje takımı doğrudan şef mühendise bağlı olarak görev yapar ve performansları da bağlı bulundukları fonksiyonel birimin yöneticisi tarafından değil şef mühendis tarafından değerlendirilir. Şef mühendisin en önemli sorumluluğu, müşterinin sesini yeni ürüne aktarabilmektir (Quadrat-Ullah et al., 2012). Örneğin, Toyota Sienna'nın şef mühendisi müşterinin değer tanımını anlayabilmek için ABD, Meksika ve Kanada'da toplam 80000 km mesafeyi geliştirilecek ürüne benzer bir araçla katetmiş ve böylece tasarım için müşterinin değer tanımına uygun bir

dizi girdi oluşturmuştur (Radeka & Sutton, 2007; Smith, 2007; “The Smartest Company of the Year - January 1, 2005,” n.d.).

Oppenheim ve diğlerleri (Oppenheim, 2004) şef mñhendisin ùrñn geliştirme sistemindeki sorumluluklarını listelemiştir. Ward ve diğlerleri (Allen C Ward et al., 1995) ise şef mñhendisin rollerini tanıtır, ek olarak Chrysler ve Toyota ùrñn geliştirme sistemlerini bu açıdan karşılaştırmıştır. Proje yñnetimi rolñne ek olarak, Haque (B Haque, 2003) şef mñhendisin beceri ve uzmanlık geliştirme sorumluluğu olduğunu da belirtmiştir. Benzer şekilde, Wang (L. Wang, Ming, Kong, Li, & Wang, 2012) da şef mñhendisin fonksiyonel uzmanlık ve fonksiyonlar arası bñtñnleřmeyi dengelediğini belirtmiştir. Ayrıca, Oppenheim (Oppenheim, 2004) Toyota’da birim yñneticilerinin, şef mñhendise verdileri desteğe gñre değerlendirildiklerini belirtmiştir.

3.2.2.2 Fonksiyonel uzmanlık ve fonksiyonlar arası uzmanlık arasında denge kur

Ùrñn geliştirme sistemlerinde fonksiyonel uzmanlığın derinleşmesiyle fonksiyonel birimler arasındaki mesafeler açılır ve bilginin her el değerıştirmesinde bekleme, taşıma ve sñreç israfları oluşur. Bu ilke, fonksiyonel uzmanlık kadar, fonksiyonlar arası uzmanlığın da geliştirilmesi gerektiğini, farklı fonksiyonların bir araya gelebilmesi için organizasyonel dñzenlemelerin yapılması gerektiğini vurgular. Fonksiyonel uzmanlık ve fonksiyonlar arası denge, birim yñneticileri ile şef mñhendis arasındaki ilişki da olarak tanımlanabilir (Quadrat-Ullah et al., 2012). Farklı fonksiyonların birarada bulunduğu takım yapılarının ùrñn geliştirme temin sñresini dñřñrñr (Griffin, 1997; Viswanadham & Narahari, 2001). Uygulamada dengeyi sağlamak için farklı yaklaşımlar mevcuttur. Haque (2003) Toyota mñhendislerinin fonksiyonlar arası rotasyona da tabi tutulduğunu belirtmiştir. Liker & Morgan (2006) modñl tasarım ekiplerinin, fonksiyonlar arası yapıya òrnek oluşturabileceğini belirtmiştir. Fonksiyonlar arası işbirliği için Ford ùrñn geliştirme sisteminde de Oobeya kullanılır (Liker & Morgan, 2011).

3.2.2.3 Tñm mñhendisler için teknik uzmanlaşmayı sağla

Bu ilkede vurgulanan, mñhendislerin teknik yetkinliklerini arttırmak için sñrekli òđrenme imkñnlarının yaratılmasıdır. Yalın dñřñncenin temel ilkelerinden *genchi-gembutsu* (gerçek olguları, gerçek yerinde gñzlemlemek) teknik uzmanlaşmayı destekler (Liker, 2004). Teknik uzmanlaşma çabasının yansımaları Toyota ùrñn

geliştirme sistemlerinde açıkça görülebilir. Ward ve diğerleri (1995) bir Toyota mühendisinin yönetim pozisyonuna geçmek için minimum 15 yıl tecrübeye sahip olması gerektiğini belirtmiştir. Sobek ve diğerleri (1999) bir Toyota yöneticisi için idaresi altında çalışanların teknik becerilerinin gelişmesine katkı sağlamasının, kendi teknik uzmanlığından daha kritik olduğunu belirtmiştir. Quدرات-Ullah ve diğerleri, (2012) Toyota mühendislerinin sınıf tipi formel yapıda geniş içerikli bir eğitim yerine, seçilmiş birkaç fonksiyonel uzmanlık için iş üstünde eğitim gördüğünü belirtmiştir. Liker ve Morgan (2006) Toyota’da teknik yetkinliklere verilen önemi açıklamak için her mühendisin işe girdiği ilk yıl genchi-gembutsu prensibiyle hatta çalışmasını örnek olarak göstermiştir. Haque (2003) Toyota’da her 10-20 yılda bir fonksiyonlar arası iş rotasyonu uygulamasının yaygın olduğunu belirtmiştir. Cleveland (2006) Toyota’da otoritenin gücünü teknik bilgiden aldığından, hiyerarşinin artan teknik uzmanlığın bir yansıması olduğunu belirtmiştir. Lindlöf, Söderberg ve Persson (2012) Toyota’da uygulanana benzer koçluk sistemlerinin de eğitimin bir türü olduğunu belirtmiştir. Diğer otomobil firmalarında da benzer örneklerle rastlamak mümkündür. Ford’un “teknik olgunluk modeli” ve “bireysel teknik gelişme planı” (Liker & Morgan, 2011) buna örnek gösterilebilir.

3.2.2.4 Ürün geliştirme sürecine tedarikçileri dâhil et

Ürün geliştirme sürecinde, malzeme ve komponent bilgisinin tedarikçinin süreçlerinde hazırlanarak değer akışına katılması beklentiler yaratır ve hatta ürün geliştirme değer akışında tedarikçiler darboğaz olabilir. Oppenheim (2004) tedarikçiler ve ürün geliştirme takımı arasında iletişim eksikliği yaşanmasını israf kaynaklarından biri olduğunu belirlemiştir. Haque ve James-Moore (2004) ürün modüllerinin tedarikçiler tarafından tasarlanmasının yalın ürün geliştirme yaklaşımının temel unsurlarından biri olarak değerlendirir. Benzer şekilde, Khan ve diğerleri (2011) yalın ürün geliştirme yaklaşımının temel unsurlarından biri olan küme temelli eş zamanlı mühendisliği gerçekleştirebilmek için tedarikçi katılımına ihtiyaç olduğunu belirtmiştir.

Diğer ilkelere olduğu gibi tedarikçilerin ürün geliştirme sürecine dahil edilmesi konusunda da literatürdeki örnekler çoğunlukla otomotiv alanındandır. Toyota’nın malzeme tedarikini geliştirme sürecinin erken aşamalarında gerçekleştirerek ve tedarikçi mühendisleri ürün geliştirme amaçlı kendi bünyesinde bulundurarak tedarikçilerle bütünleşmeyi sağlar (Liker & Morgan, 2006). Tedarikçi seçiminde de

Toyota her alternatif tedarikçiden beş-altı farklı tasarım talep eder ve tedarikçi performansını da buna göre değerlendirir (Durward K Sobek et al., 1999). Ford'da ise süreç mühendisleri ve satınalma birimi, tedarikçi değerlendirme ve geliştirme amacıyla beraber çalışır (Liker & Morgan, 2011). Schulze ve Störmer (2012), Almanca konuşulan ülkelerde otomotiv tedarikçilerini, Ringen ve Holtskog (2011) Norveç otomotiv tedarikçileriyle yalın ürün geliştirme yaklaşımlarını irdeleyen kapsamlı vaka çalışmaları gerçekleştirmiştir.

3.2.2.5 Öğrenme ve sürekli gelişme kültürünü kur

Toyota'da gelişme kültürünün bir parçası olarak her seviyede Hansei yaygındır (Qudrat-Ullah et al., 2012). Ford ürün geliştirme sisteminde de kilometre taşlarında Hansei'ye benzer şekilde, değerlendirmeler mevcuttur (Liker & Morgan, 2011). Liker ve Morgan (2006) hansei ve koçluk programlarının öğrenme ve sürekli gelişme kültürüne katkı sağladığını ve temin süresinin düşüşünün öğrenme eğrilerini kısalttığını belirtmiştir. Middleton ve Joyce (2010) da temin süresinin kısalmasıyla öğrenmenin hızlandığını belirtmiştir. Oppenheim (2004) şef mühendis sisteminin ve takım eğitiminin de sürekli gelişme kültürüne katkı sağladığını belirtmiştir. Ayrıca İjiwara testleri (bozma testleri) kullanarak alt sistemlerin sınırları keşfedilmelidir (Khan et al., 2011). İjiwara testlerine benzer şekilde testlerle hata türleri ve parametreler arasındaki ödünleşmelerin ortaya çıkarılması, küme temelli eş zamanlı mühendislik yaklaşımının bir parçasıdır (Hoppmann et al., 2011).

3.2.2.6 Mükemmelliği ve sürekli gelişmeyi destekleyecek bir kültür kur

Yalın dönüşümü başarmak için sürekli gelişmenin işletmenin kültürüyle bütünleşmesi gerekir. Kültürü oluşturan temel öğeler iş etiği ve disipline ek olarak *Kaizen* (iyileştirme) ve *Nemawashi* de hayata geçirilmelidir. Nemawashi, fikir birliği yaratmak için ön çalışma olarak tanımlanabilir (Allen C Ward et al., 1995). Haque ve James-moore (2004) tarafından sunulan bir vaka çalışmasında Kaizen uygulamaları sonucu %94 oranında süre tasarrufu sağlandığını raporlanmıştır. Freire ve Alarco (2002) geliştirdikleri iyileştirme metodolojisinin ilk adımı olarak süreç kaizeni yöntemini önermiştir. Qudrat-Ullah ve diğerleri (2012) Toyota'da kariyer planlarının dahi sürekli gelişmeyi destekleyecek şekilde kurulduğunu belirtmiştir.

3.2.3 Araçlar ve Teknoloji İlkeleri

Yalın ürün geliştirmede kullanılan araçların ve teknolojinin de israflardan arınmış ve ürün geliştirme projesinin değer akışı boyunca kesintisiz akışını sağlaması gerekir. Bunun için daha önceki bölümlerde listelenen ilkeleri dikkate alan süreçlere ve teknolojiyi kullanan çalışanlara uyumlu, görsel biçimde tüm organizasyonla bilgi paylaşımına olanak veren, standartlaştırma ve organizasyonel öğrenmeyi motive eden araçlara ve teknolojilere ihtiyaç vardır.

3.2.3.1 Teknolojinin insanlara ve süreçlere uymasını sağla

En kolay kopyalanabilen rekabet etmeni teknolojidir ve bu yüzden teknolojiyi hâlihazırda iyi işleyen bir sisteme uyumunu sağlamaya odaklanmak gerekir (Liker ve Morgan, 2006). Freire ve Alarco (2002) intranet sistemlerinin etkin kullanımıyla bilgi arama israfının ortadan kaldırılabileceğini belirtmiştir. McManus ve diğerleri (2005) havacılık sektöründe ortak alt sistem kullanımı sayesinde pilot eğitim giderlerinin %25-%30 oranında azaldığını belirtmiştir. Reinertsen (2005) test otomasyonu teknolojisinin yazılım geliştirmede küçük partilerle çalışmayı mümkün hale getirdiğini belirtmiştir. Middleton & Joyce, (2010) sundukları BBC Worldwide yazılım geliştirme sistemi vakasında, hata önlemek amaçlı otonomasyon (Jidoka) tekniğinin kullanıldığını gözlemlemişlerdir.

3.2.3.2 Bilgiyi basit ve görsel biçimde tüm organizasyonla paylaş

Görsel ürün belgesi olan *Kozokeikaku* bilgiyi görsel biçimde paylaşmanın araçlarından biridir (Durward K Sobek et al., 1999; Allen C Ward et al., 1995). Bu belgede ürüne ait alt modüllerin detaylı çizimleri bulunur ve ürün geliştirme akışının planlama safhasının çıktısı olarak tanımlanabilir. Değer akışı haritalandırma yöntemi de bilginin görsel biçimde paylaşılmasını sağlar ve ürün geliştirme sistemlerine uyarlanabilir (Freire & Alarco, 2002; Graebisch et al., 2007; Badr Haque & James-moore, 2004; Letens et al., 2011; HL McManus, 2005). Sacks ve Goldin, (2007) bilgi ve iş akış diyagramlarını kullanarak mevcut ve önerilen sistemleri görsel olarak karşılaştırmıştır. Bilgi israfının ortadan kaldırılmasında etkin başka bir araç da A3 raporlarıdır (Hoppmann et al., 2011; Khan et al., 2011; Liker & Morgan, 2011; Lindlöf et al., 2012; Qudrat-Ullah et al., 2012).

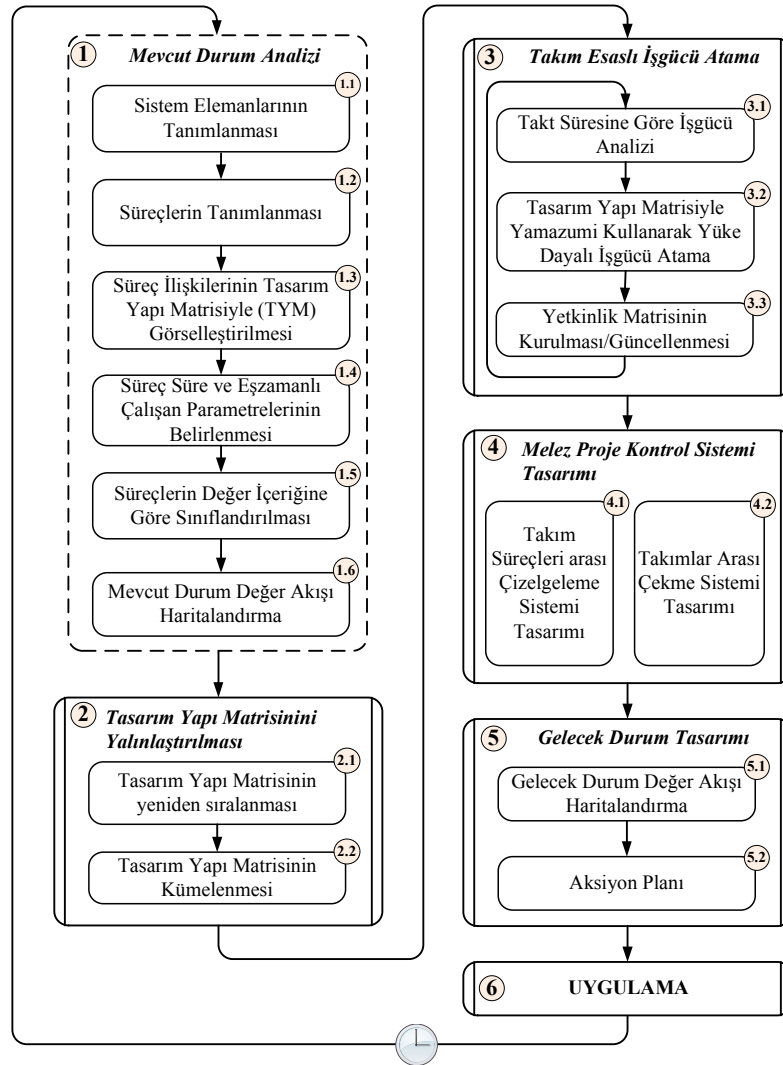
Yürürlükte olan projelerin mevcut durumları da görsel olarak izlenmelidir. Bu amaçla Oobeya’da takt periyodlarının görsel olarak sergilenebilir (Oppenheim, 2004) veya iş atamalarının takibi, proje durumunu ve hedefleri göstermede için renk kodlaması kullanılabilir (Cleveland, 2006; Middleton et al., 2005). Schuh ve diğerleri (2010) görev atama panolarını ve günlük toplantılarda bu panoların kullanımını açıklamıştır. (Nepal ve diğerleri (2011) akışı görsel olarak kontrol edebilmek için Heijunka panolarından yararlanmıştır. Middleton ve Joyce (2010) Kanban panolarının kullanımını örneklemiştir.

3.2.3.3 Organizasyonel öğrenme ve standartlaştırma için güçlü araçlar kullan

Ürün geliştirme sistemlerinde bir başka israf kaynağı da hazırda var olan bilginin aranması veya bir bilginin tekrar aynı süreçlerden geçerek yeniden üretilmesidir. Ödünleşme eğrileri (İngilizce: *trade-off curves*) organizasyonel öğrenmenin bir aracı olarak bilginin saklanması kullanılabilir (Cleveland, 2006). Sobek ve diğerleri (1999) performans ve tasarım alternatiflerinin farklı eksenlerde yansıtıldığı tasarım matrislerini, ödünleşme eğrilerini ve kontrol listelerinin kullanımını örneklemiştir. Freire ve Alarco (2002), “proje öncesi” ve “proje sonrası” kontrol listeleri kullanımını önermiştir. Hoppmann ve diğerleri (2011) standartlaşmaya görsel kontrol listelerinin ve Andon panolarının kullanımını örnek göstermiştir. Leon ve Farris (2011) kontrol listelerinin organizasyonel öğrenme aracı olduğunu belirtmiştir. Liker ve Morgan (2011) standartlaştırma ve standartların korunması için Toyota’da özel bir birim bulunmadığını ve bir işin standardının ilgili işin sorumlusu tarafından düzenlendiğini ve güncellendiğini belirtmiştir.

4. METODOLOJİ

Tez kapsamında ürün geliştirme projeleri için yalın ilkelere dayalı melez proje kontrol sistemi geliştirilmiştir. Metodoloji hiyerarşik bir yapıda altı temel aşamadan oluşmaktadır. Temel aşamalar ve alt adımları Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Metodoloji temel aşamaları ve alt adımları.

Önerilen metodoloji “takt’a uyum” amacını da sağlayacak şekilde kurulmuştur. Takt süresi, müşterinin talep ettiği proje tamamlama temposudur ve “takt’a uyum” sistemin çevrim süresi ve takt süresinin eşleştirilmesi anlamına gelir. Bu özellik değer akışında seviyelendirmeyi sağlar. Sonuç olarak israfların ortadan kaldırılmasına yardımcı olur.

Yalın ilkelerle uyumlu olarak, bilginin görsel olarak paylaşılmasını sağlamak amacıyla Tasarım Yapı Matrisi ve Değer Akışı Haritalandırma araçları kullanılmıştır. Her iki yöntem de sistemde akışın ve israfların görselleştirilmesinde kullanılacak ve uygulamada katılımlı şekilde oluşturulacaktır.

İlk aşamada sistemin mevcut durumu analiz edilecektir. Tüm süreçler, aralarındaki ilişkiler ve parametreleri katılımlı şekilde belirlenir. Bu aşamanın çıktıları mevcut durum değer akış haritası (MD-DAH) ve başlangıç tasarım yapı matrisidir (TYM₀). İkinci aşama, yeniden işleme israfına odaklanır ve tasarım yapı matrisinin yeniden sıralanmasıyla yeniden işlemlerin ortadan kaldırılması veya etkisinin azaltılmasını hedefler. Bu aşamada matrisi yalınlaştırmak amacıyla süreçler kümelenerek alt süreç grupları yaratılır. Yeniden işlemler ortadan kaldırılamadığı takdirde, kümelemede bu yeniden işleme süreç çiftlerinin aynı küme kapsamına alınması hedeflenebilir. Dördüncü aşamada kümeleme sonucu elde edilen süreç kümelerine takt süresine uygun proje iş yükü dikkate alınarak işgücü atanır. Her çalışanın kümedeki her işi yapması hedeflenerek, çalışanlar için yetkinlik analizleri gerçekleştirilir ve yetkinlik artırma planları yapılır. Dördüncü aşama metodolojinin merkezini oluşturur. Daha önceki aşamalar bu aşamada tasarlanacak melez proje kontrol sistemine girdi oluşturmak için gerçekleştirilir. Paralel iki alt adımda takım süreçleri arası çizelgeleme sistemi ve takımlar arası çekme sistemi tasarlanır. İtme-çekme arayüzünü ikinci aşamada belirlenen kümeler oluşturur. Melez yapı; küme süreçleri arasında, takımın kontrol alanında, itme sistemi ve takımlar arasında çekme sistemi kullanılmasından kaynaklanır. Yine bu aşamada kontrol sistemi için yalın ilkelere uygun olarak görsel bir araç olan kanban panosu kullanılır. Beşinci aşamada, yeniden tasarlanan ürün geliştirme sistemi için yakın ve/veya orta vadeli gelecek durum değer akış haritası (GD-DAH) hazırlanır ve mevcut durumu, bu tasarlanan geleceğe dönüştürmek için kullanılacak aksiyonlar, aksiyon planı biçiminde sunulur. Son adımda aksiyon planının yardımıyla uygulamaya geçilir. Döngüsel yapı, orta vadeli aralıklarla metodolojinin ilk adımdan yeniden başlamasını gerektirir ve metodolojinin her

yeniden uygulanışında sistemin geliştirilmesini sağlayarak sürekli gelişme ilkesine hizmet eder.

4.1 Mevcut Durum Analizi

Metodolojinin ilk aşamasında mevcut durumun analizi gerçekleştirilir. Sistem elemanları tespit edilir. Sistemin müşterileri ve tedarikçileri tanımlanır. Sistem girdileri ve çıktıları belirlenir. Sistem sınırları içindeki tüm süreçler, her süreçte kullanılan kaynaklar ve süreçler arasındaki öncelik ilişkileri listelenir. Büyük ölçekli proje geliştirme yapılarında bu aşamada yerleşik kilometre taşları da listede işaretlenir.

Süreçlere ilişkin detaylı bilgi toplanarak Tasarım Yapı Matrisi ve Değer Akışı Haritası aracılığıyla görselleştirilir. Tasarım yapı matrisi, süreçler arası sırasal ilişkilerin görselleştirilmesine ve analizine odaklanır. Değer akış haritasıyla ise her sürece ilişkin temin süresi, süreç süresi, çalışan sayısı vb. parametreler, öncelik ilişkileri, belge/bilgi/malzeme akışları ve süreçler arası bekleyen proje sayıları gösterilir. Metodolojinin mevcut durum analizi aşaması sistemin ilgili tüm çalışanlarının katılımıyla gerçekleştirilir. Bu bölümde mevcut durum analizi aşamasının alt adımları detaylarıyla açıklanacaktır.

4.1.1 Sistem elemanlarının tanımı

Sistem elemanlarının tanımında ilk olarak sistem sınırları, sistemin müşterileri ve tedarikçileri belirlenir. Bu bilgiler ileriki aşamalarda mevcut durum değer akışına girdi oluşturacak potansiyel gelişme noktalarıdır. Sistem sınırları, ürün geliştirmenin tanımı gereği pazarda fırsatın fark edilmesinden, ürünün pazara sunulmasına kadar olan tüm süreçleri kapsayacak genişlikte tanımlanabileceği gibi, ilk prototipten, imalat talimatlarının hazırlanmasına kadar olan daha dar aralıkta da tanımlanabilir. Sınırlar sisteme özgü tanımlanmalı ve sınırları belirlerken ürün geliştirme organizasyonunun yetki ve sorumlulukları dikkate alınmalıdır. Örneğin, bir ürün geliştirme sisteminde, ürün geliştirme biriminin sorumluluğu ancak müşteri ikinci siparişi verdiğinde son buluyorsa; ürünün pazara sunulmasından sonraki destek faaliyetleri de bu sınırlar içine katılır. Sistemin sınırları, müşteri ve tedarikçiyi de belirler. Ürün geliştirme sistemlerinde, imalat sistemlerinden farklı olarak müşteri ve tedarikçi aynı olabilir. Örneğin, satış ve pazarlama birimi hem ürün özelliklerini tanımlayarak sistemin tedarikçisi konumundadır, hem de tamamlanan ürün geliştirme projesinin müşterisi

olabilir. Ürün geliştirmeye özgü karmaşık müşteri-tedarikçi yapıları 2. bölümde, Şekil 2.1’de açıklanmıştır.

4.1.2 Süreçlerin tanımlanması

Sistem sınırlarının belirlenmesinin ardından, sınırlar dahilindeki süreçler listelenir. Bu aşamada süreçler arasındaki ayrım, proje akışı takip edilerek gerçekleştirilir. Akışın kesintiye uğradığı her noktada süreçler ayrılarak, ayrı isimlendirilir. Dolayısıyla, akış ne kadar kesintiye uğruyorsa veya sistem yalınlıktan ne kadar uzaksa, süreç listesi de o kadar uzun olacaktır. Yalın dönüşümün hedeflerinden biri akışı sağlayarak bu süreç listesinin kısaltılmasıdır.

Mevcut durumda süreçlerde kullanılan kaynaklara ilişkin bilgiler de bu adımda toplanır. Bu sayede bir kaynak listesi de oluşturulur. Kaynaklar, uzmanlık, birim veya kişi esaslı kaydedilebilir. Ürün geliştirme, yapısı gereği sorun çözmeye odaklıdır ve yoğun uzmanlık gerektirir. Bu sebeple darboğaz kaynaklar çalışanlardır ve süreç listesine eklenecek kaynak bilgisi de çalışanlardan oluşur. Fakat sistemdeki kilit donanımlarla ilgili bilgiler de , örneğin hızlı prototipleme aracı, test laboratuvarı vb., bu aşamada toplanır.

Süreçler arası ilişkiler de ürün geliştirme sistemlerinin karmaşıklaşmasına neden olur. Bu adımda süreçler arasındaki bağımlılık değerlendirilir. Yeniden işleme ve iterasyonlar sebebiyle döngüsel ilişkiler bulunabileceğinden, bağımlılık çift yönlü de olabilir. Bu adımda toplanan tüm bilgiler TYM ve DAH kullanılarak ileriki adımlarda görselleştirilecektir.

4.1.3 Tasarım yapı matrisiyle süreç ilişkilerinin görselleştirilmesi

Bu adımda süreç ilişkilerinin basit ve görsel bir biçimde sunulması için tasarım yapı matrisi kullanılır. Tasarım yapı matrisi, 2. Bölüm’de de tanıtıldığı üzere satır ve sütunlarında süreçlerin listelendiği ve süreçler arası ilişkilerin matrisi oluşturan hücrelerde işaretlendiği bir yapıya sahiptir. Bu adımda TYM₀ olarak ifade edilen başlangıç tasarım yapı matrisi kurulur. Bu tez kapsamında “sütundan satıra” akış notasyonu tercih edilmiştir. Bu notasyonda matris sütundan satıra doğru okunur. Başka bir deyişle, işaretli hücrenin sütun başlığında yer alan süreç, satır başlığında yer alan sürece girdi oluşturur. Matriste köşegen üzerinde yer alan hücreler değerlendirme dışıdır, köşegenin altında kalan hücreler ileri yönlü, köşegenin üstünde kalan hücreler

geri yönlü akışı temsil eder. Tüm matris dikkate alındığında matrisin doluluk oranı, sistemin karmaşıklığının bir ölçüsü olarak düşünülebilir. Tüm hücrelerin dolu olduğu durum sistemin tüm elemanları arasında çift yönlü akışı ifade eder. Sadece her köşegenin altındaki hücrenin dolu olduğu durum da ileri yönlü doğrusal ilişkiyi ifade eder. Eğer incelenen süreç için satırda ve sütunda tüm hücreler boş ise, o süreç diğer süreçlerden bağımsızdır.

Ürün geliştirme projelerinin matrisle ifade edilmesi durumunda, ürün geliştirmenin iteratif yapısı gereği, TYM’de köşegenin üst kısmında geri dönüşleri ifade eden işaretler yer alacaktır. İkinci aşamada, tasarım yapı matrisinin yalınlaştırılması başlığı altında bu durumu oluşturan süreç çiftleri incelenecektir.

4.1.4 Mevcut durum değer akışı haritalandırma

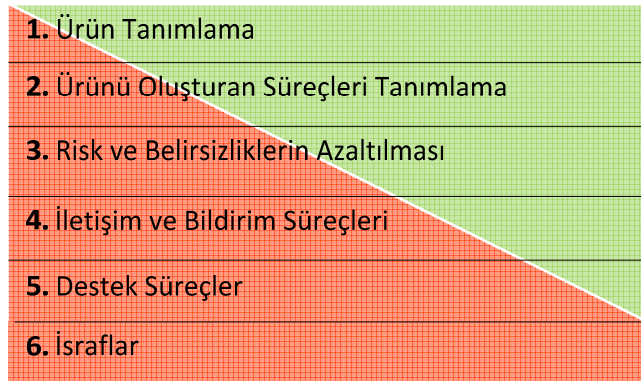
Bu adımda sistemin mevcut durumu için değer akış haritası oluşturulur. Haritalandırma çalışması, sistem çalışanlarının katılımıyla analog arayüzler kullanılarak yapılır. Yazı tahtası, pano gibi yüzeyler üzerinde yapışkanlı kartların kullanımı buna örnek verilebilir. Amaç, dijital arayüzlerin sınırlayıcılığını aşır, herkesin katkı sağlayabileceği bir çalışma ortamı yaratmak ve fiziksel etkileşimlerin avantajlarını kullanmaktır.

Ürün geliştirme sistemlerinde, ayrıntılı süreç analizleri gerçekleştirilmeden faaliyetleri tam olarak değer katan faaliyet ve israf olarak sınıflara ayırtırmak mümkün değildir. Bu amaçla değer içeriğine göre faaliyetler sınıflandırılabilir (Chase, 2001; HL McManus, 2005). Süreç sınıfları, bu süreç sınıflarıyla ilişkilendirilmiş örnek faaliyetler ve daha sonra değer akışı haritalandırma sürecinde kullanılabilecek renk kodları Çizelge 4.1’de listelenmiştir. Bu sınıflandırmada, yalın üretim literatüründe israfların sınıflandırılmasına benzer bir yaklaşımla, faaliyetler, değer içeriği azalan sırada sınıflandırılmıştır. Örneğin “Ürün Tanımlama” faaliyetleri değer içeriği en yüksek grubu oluştururken, destek süreçler en düşük değer içeriğine sahiptir.

Çizelge 4.1 : Süreç sınıfları, örnek faaliyetler ve renk kodları (Chase, 2001).

#	Süreç Sınıfları	Renk Kodu
I	Ürün tanımlama	
II	Ürünü oluşturan süreçleri tanımlama	
III	Risk ve belirsizliklerin azaltılması	
IV	İletişim ve bildirim süreçleri	
V	Destek süreçler	
İsraf		

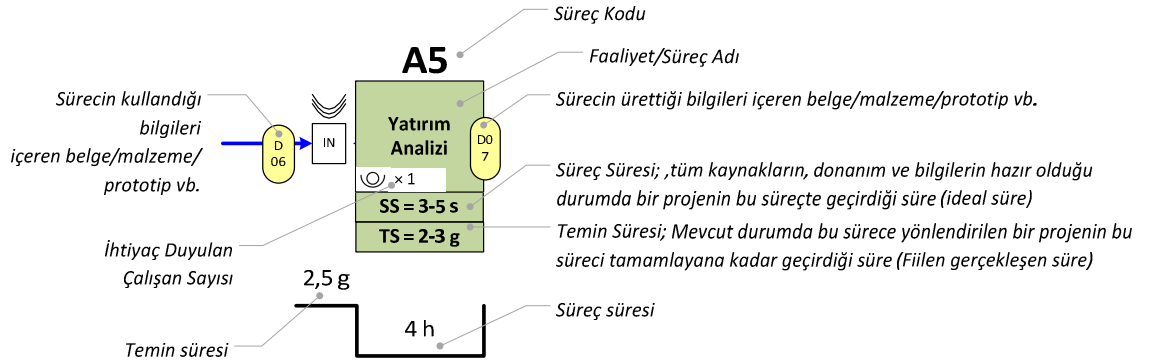
Renk kodlamasına alternatif olarak haritada süreçler renk bantlarıyla da etiketlenebilir. Renk bantları için örnek bir tasarım Şekil 4.2 'de verilmiştir.



Şekil 4.2 : Süreç sınıflarının renk bantlarıyla gösterimi.

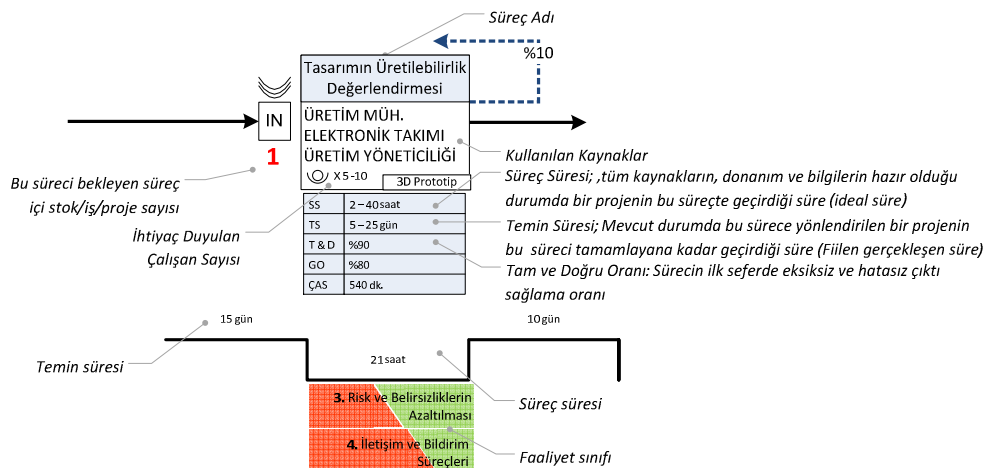
Her bir faaliyet için gözlem ve görüşmeler sonucu elde edilen süreç süresi ve temin süresi parametreleri değer akışı haritasına işlenir. Süreç süresi; bir faaliyetin gerçekleştirilmesi için gereken tüm araç, malzeme, işgücü ve bilgi eksiksiz olarak mevcut olduğu durumda, faaliyet herhangi bir nedenden dolayı kesintiye uğramadan gerçekleştiğinde, tam ve doğru çıktıyı oluşturmak için gereken süredir. Temin süresi ise; bu faaliyetin kuyruğuna eklenen bir işin, bir sonraki faaliyete ulaştırılincaya kadar geçirdiği süredir ve yeniden işleme/değerlendirme, onay/bilgi/belge bekleme, toplantı/acil iş vb. sebeplerle işin bölünmesi, eksik bilgi/malzeme arama gibi israfların etkisini de içerir. Örnek bir gösterim Şekil 4.3'te verilmiştir. Bu gösterimde süreç

parametrelerinden süreç süresi (SS), temin süresi (TS), çalışan sayısı yer almaktadır. Sürecin kullandığı ve ürettiği bilgiler de haritada gösterilebilir. Süreçler kodlarla ifade edildiği durumda, süreç kodları da haritaya eklenir. Her süreç Çizelge 4.1’de yer alan renk kodlaması kullanılarak, renklendirilebilir.



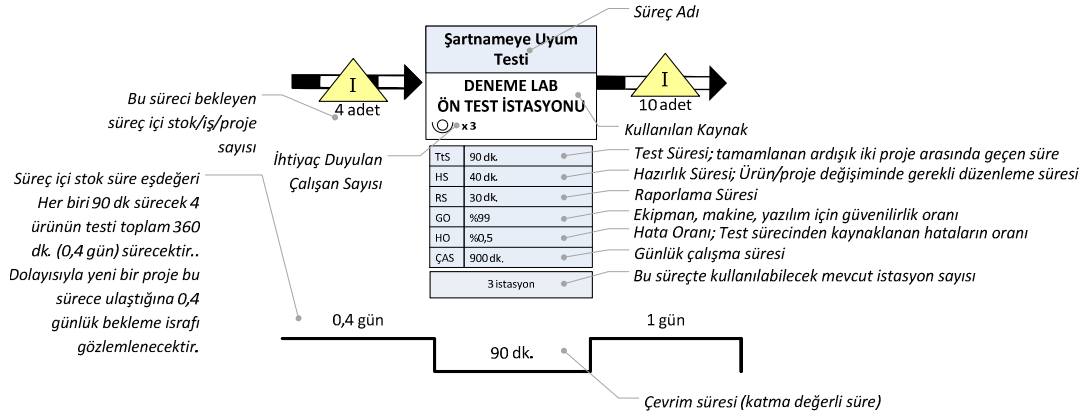
Şekil 4.3 : Ürün geliştirme süreçleri için basitleştirilmiş gösterim.

Süreç süresi ve temin süresi dışında süreçle ilgili farklı parametreler de toplanabilir. Sürecin ürettiği bilginin uygunluğunu belirlemek amacıyla tam ve doğru tamamlanan iş sayısının oranı, kullanılan araçların güvenilirlik oranı ve sistemin günlük çalışma süresi parametreleri her süreç için haritaya işlenebilir. Şekil 4.4'te bu duruma örnek bir çizim verilmiştir. Süreç ilişkilerinin gösteriminde geri dönüşler de haritaya, geri dönüş olasılıklarıyla birlikte işlenebilir. Ayrıca her süreç için kuyrukta bekleyen iş sayısının da haritaya eklenmesiyle temin süresinin doğrulanması mümkün olabilir.



Şekil 4.4 : Ürün geliştirme süreçleri için detaylı gösterim.

Değer akışı haritasında süreç parametreleri incelenen sisteme özgü olarak çeşitlendirilebilir. Şekil 4.5’de bir test süreci için değer akışı gösterimi verilmiştir. Parametrelere; test süresi, test hazırlık süresi, test raporu hazırlama süresi eklenmiştir. Ayrıca, test objesinin fiziksel akışı, genel kabul görmüş değer akışı haritalandırma sembollerine uygun olarak, fiziksel akışı gösteren oklarla ifade edilmiştir.



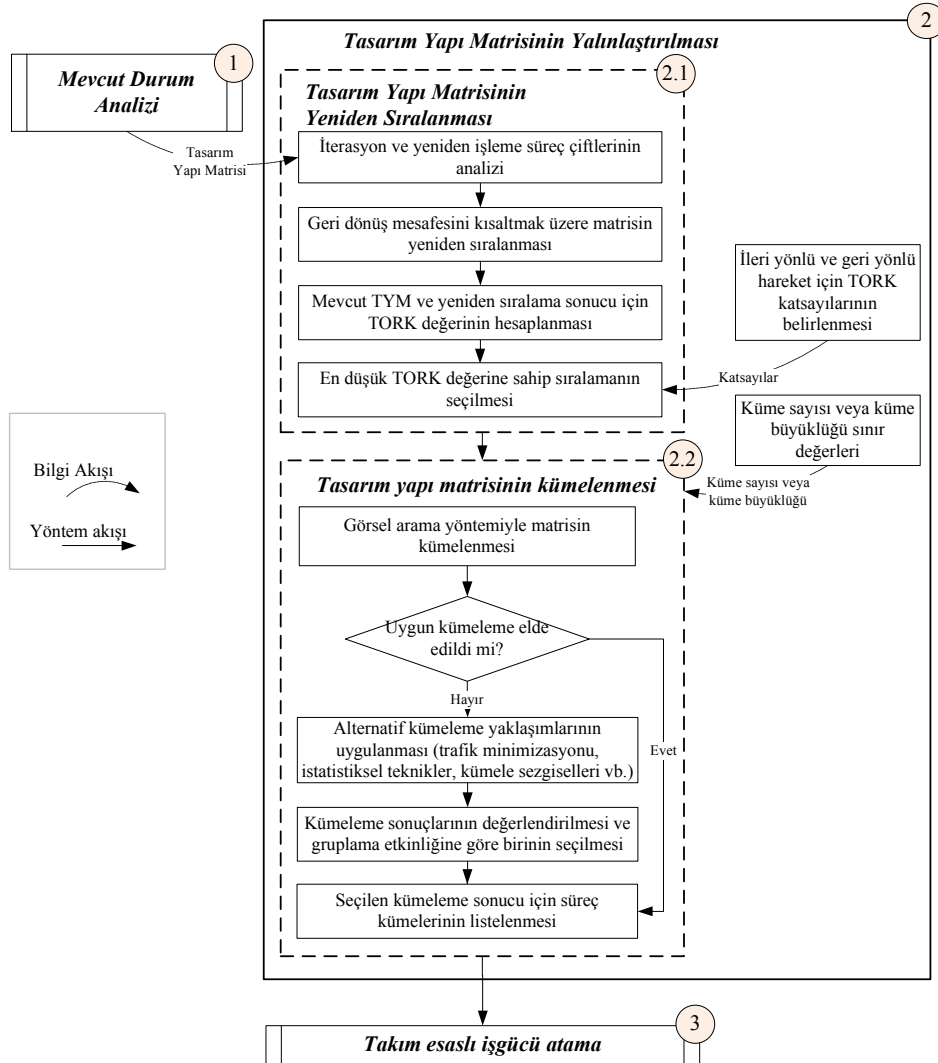
Şekil 4.5 : Doğrulama testleri değer akışı için parametreler.

Değer akışı haritasındaki bilgilerden hareketle temin süresini hesaplamak için iki farklı yöntem mevcuttur. Kritik yol üzerindeki her sürecin beyan edilen temin süresi toplanarak toplam temin süresi bulunabilir. Veya süreç kuyruğunda bekleyen proje sayıları takt süresiyle çarpılarak (Little yasası kullanılarak) temin süresi hesaplanabilir. Beyana dayalı ve sayıma dayalı bu iki farklı temin süresi hesaplama yöntemi sisteme ilişkin farklı bilgiler verebildiği için aynı haritada her ikisinin de kullanılabilmesi mümkündür. Sayıma dayalı temin süresi, sayım yapıldığı gün itibariyle bekleyen işleri dikkate aldığı için mevsimsellikten etkilenir ve bu yöntemle elde edilen değer ortalamadan farklı olabilir. Beyana dayalı temin süresi ise, kişisel yargılardan etkilendiği için gerçekten daha uzun veya daha kısa temin süreleri bulunmasına yol açabilir. Temin süresinin hesaplanmasında ve yorumunda bu dezavantajların dikkate alınması gerekir.

4.2 Tasarım Yapı Matrisinin Yalınlaştırılması

Metodolojinin ikinci aşamasında, ilk aşamada hazırlanan Tasarım Yapı Matrisi yalınlaştırılır. Ürün geliştirme süreci iteratif bir süreçtir fakat iterasyon yoluyla süreçlerin sürekli tekrarlanması temin sürelerinin uzamasına yol açar ve sistem

performansını düşürür. İterasyon ve yeniden işleme yeni bilgi ürettiği takdirde değer katar, aksi durumda israftır. Bu aşamada, tasarım yapı matrisinin yalınlaştırmak amacıyla doğrudan yeniden işleme israfına odaklanılacaktır. Adımlar detaylı olarak Şekil 4.6.'da verilmiştir. Eğer ilk aşamada hazırlanan başlangıç tasarım yapı matrisinde (TYM₀) hiç geri yönlü hareket mevcut değilse, doğrudan kümelemeye geçilebilir. Aksi durumda ilk olarak geri dönüş mesafesini dikkate alarak matris yeniden sıralanır. Farklı alternatif sıralamalar, seçilecek bir performans ölçütüyle karşılaştırılabilir. Kümeleme adımında ise amaç takım düzenine uygun alt süreç kümeleri tespit etmektir. İdeal olan gruplar arası geri dönüş olmayan bir yapının kurulmasıdır. Kümeleme adımında farklı kümeleme tekniklerinden faydalanılabilir.



Şekil 4.6 : Tasarım yapı matrisini yalınlaştırması aşaması ve alt adımları.

4.2.1 Tasarım yapı matrisinin sıralanması

Tasarım yapı matrisinde akışın kesintiye uğramasına neden olan, sistemin karmaşıklığını arttıran ve proje temin süresini uzatan yeniden işleme ve iterasyonlar tasarım yapı matrisinin yeniden sıralanmasıyla ortadan kaldırılabılır. Fakat öncelikle iterasyon ve yeniden işleme içeren süreç çiftleri analiz edilmelidir. Bu analiz sonucunda süreçler geri yönlü hareketi ortadan kaldıracak şekilde geliştirilebilir. Örneğin, ürün geliştirme dışındaki birimlerin sürece erken safhalarda katılımını sağlayarak, dışarıdan gelen katkının onaylanması ve uyumunun sağlanmasıyla ilgili iterasyonlar ortadan kaldırabilir. Örneğin, hedef maliyet/performans/ömür gibi parametrelerin projenin başlangıç aşamalarında tanımlanması veya değer akışı için standart değerler kullanılması onay süreçlerini ve bunlarla ilişkili yeniden işlemleri ortadan kaldırabilir. Ürün geliştirme süreçlerinde üretilen bilgileri yeniden kullanılabilir ve kolay ulaşılabilir formda sunacak altyapının kurulmasıyla bir projede yeniden işlemeye neden olan sorunların, başka projelerde tekrarlanmasının önüne geçilebilir.

Süreç çiftlerinin analizi tamamlandıktan sonra matrisin yeniden sıralanması alt adımına geçilir. Tasarım yapı matrisinin yeniden sıralanması yoluyla tüm ilişkiler diagonalin alt kısmına toplanabilir veya bunun mümkün olmadığı durumda ilişkiler diagonale mümkün oldukça yaklaştırılmaya çalışılır (Meier, Yassine, & Browning, 2007; Yassine, 2004). Geri dönüşlerin oluşturduğu karmaşıklık nedeniyle, özellikle büyük ölçekli problemlerde en iyi sıralamayı bulmak mümkün olmayabilir ve bu sebeple sezgisel yöntemler geliştirilmiştir (Qian, Lin, Goh, & Xie, 2011). Örnek problemin yeniden sıralamasında Ulaşılabilirlik Matrisi Yöntemi (Eng: *Reachability Matrix Method*) kullanılacaktır. Bu yöntem, bir birim matrisi, tüm girdileri 1 veya tüm girdileri 0 olan kare matrislere ayırmayı hedefler (Warfield, 1973). Başta Ulaşılabilirlik Matrisi Yöntemi olmak üzere, farklı sıralama yöntemlerini uygulamak için akademik amaçlı kullanıma açık araçlar mevcuttur ("DSMweb.org: Research Tools," n.d.).

Sıralama sonucu elde edilen yeni tasarım yapı matrisi TYM_1 olarak adlandırılır. Farklı sezgisel yöntemler kullanılarak, alternatif sıralamalar türetilebilir.

Metodolojinin devamı için, başlangıç tasarım yapı matrisi (TYM_0) ve yeni faaliyet sıralamaları kullanılarak hazırlanan tasarım yapı matrislerinden birinin seçilmesi

gerekir ($TYM_1, TYM_2, \dots, TYM_n$). Kümelemede kullanılacak matrise karar vermek amacıyla matrisler farklı ölçütlere göre karşılaştırılabilir. Bu kapsamda geri dönüş yoğunluğu ölçütü ve Tork ölçütleri kullanılabilir.

Geri dönüşsüz bir sıralama bulunmadığı durumda alternatifleri karşılaştırmak için geri dönüş yoğunluğu, GDY ölçütü kullanılabilir. Diagonalin üst kısmında yer alan girdiler (i satır numarası ve j sütun numarası olmak üzere, $i > j$) incelenir. Her hücre için geri dönüş mesafesi toplanarak sıralama için toplam geri dönüş yoğunluğu hesaplanır (4.1).

h_{ij} hücre değeri olmak üzere; her $i > j$ için;

$$\text{geri dönüş yoğunluğu (GDY)} = \sum_{i=1}^n |(h_{ij} \times j) - i|, i > j, h_{ij} > 0 \quad (4.1)$$

Geri dönüş yoğunluğu ölçütünden farklı olarak tesis tasarımı literatüründe bulunan Tork ölçütü de kullanılabilir (Apple, 1977). Tork, geri dönüş ek olarak ileri yönlü hareketleri de dikkate alır ve tüm hareketlerin oluşturduğu yoğunluğu hesaplar (4.2). k_g , geri dönüş yoğunluğu için etki katsayısı ve k_i , ileri yönlü hareket yoğunluğu için etki katsayısı olmak üzere; geri dönüş hareketlerine daha yüksek değerli bir çarpan verilerek, toplam hareket yoğunluğu içinde geri dönüşlerin etkisi artırılabilir (4.3).

$$\text{ileri yönlü hareket yoğunluğu (İYHY)} = \sum_{i=1}^n |(h_{ij} \times j) - i|, j > i, h_{ij} > 0 \quad (4.2)$$

$$\text{toplam hareket yoğunluğu (TORK)} = (GDY \times k_g) + (İYHY \times k_i) \quad (4.3)$$

Tercih edilen alternatif sıralamada, geri dönüşlerin olduğu hücreler incelenerek, birbirine bağlı ardışık faaliyetlerin birleştirilmesi veya bir faaliyetin çeşitli aşamalarda farklı kısımlarının tekrar etmesini sağlayacak şekilde faaliyetin parçalanması alternatifleri değerlendirilir.

4.2.2 Tasarım yapı matrisinin kümelenmesi

İleriki aşamada işgücü takımlarına atanacak süreç gruplarının tespit edilmesi için tasarım yapı matrisi gruplandırılır. Bu adımda amaç; birbirinden bağımsız alt matrisler veya süreç kümeleri yaratmak veya bunun mümkün olmadığı durumda, sadece ileri yönlü hareketle, birbirlerine minimum bağlantıya sahip kümeler oluşturmaktır.

Kümeleme adımı farklı Grup Teknolojisi yöntemleri kullanılabilir. Grup teknolojisi, benzer makine ve parçaları gruplayarak üretim etkinliğini arttırmayı amaçlayan bir yaklaşımdır (Ham, Hitomi, & Yoshida, 1985). İlk olarak, matriste görsel aramayla kümeler tespit edilmeye çalışılır (Ham et al., 1985). Görsel arama yoluyla

uygun kümeler tespit edilebildiği takdirde bu alt adım tamamlanır. Aksi durumda farklı grup teknolojisi yöntemleri kullanılabilir.

Grup teknolojisi tekniklerinden tek bağlantılı kümeleme, derece sırası kümeleme yöntemi, trafik minimizasyonu yöntemleri değerlendirilecektir. Tek bağlantılı kümeleme, Jaccard katsayısı kullanarak hesaplanan benzerlik ölçütüyle kümelerin oluşturulduğu, hiyerarşik bir yöntemidir (Singh & Rajamani, 2011). Derece sırası, her satır ve sütun için konum esaslı ağırlıklandırma kullanan sezgisel bir yöntemdir (King, 1980). Trafik minimizasyonu yönteminde ise, trafik yoğunluğuna göre hücreler birleştirilerek kümeler oluşturulur (Nagi & Harhalakis, 1990). Kullanılan tüm yöntemlerden küme büyüklüğünü parametrik olarak belirlemek gerekir. Grup teknolojisi yöntemlerinin bu adımda kullanılmasında dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta da kümelenmiş matrisin yapısıdır. TYM, kare matris olduğundan, makine-parça matrisinden farklıdır. Satırda ve sütunda aynı süreçler yer aldığından kümeleme sonucunda hedeflenen bağımsız alt projelere ulaşılmasıdır. Eğer uygulanan kümeleme yöntemiyle elde edilen sonuç matrisin kare yapısını veya diagonalin konumunu bozuyorsa, bulunan sonucun kullanılabilmesi mümkün olmayabilir.

Kümeleme yöntemlerinin sonuçları gruptama etkinliği ölçütüyle karşılaştırılabilir (Kumar & Chandrasekharan, M, 1990). Gruptama etkinliği (η);

$$\eta = q \left(\frac{e_1}{e_1 + e_v} \right) + (1 - q) \left(\frac{o - e_v}{(o - e_v) + (e - e_1)} \right) \quad (4.4)$$

q : ağırlıklandırma faktörü ($0 \leq q \leq 1$)

e : matristeki 1'lerin sayısı

o : matristeki 0'ların sayısı

e_1 : diagonalde yer alan kümelerdeki 1'lerin sayısı

e_v : diagonalde yer alan kümelerdeki 0'ların sayısı

e_0 : kümelerin dışında kalan 1'lerin sayısı

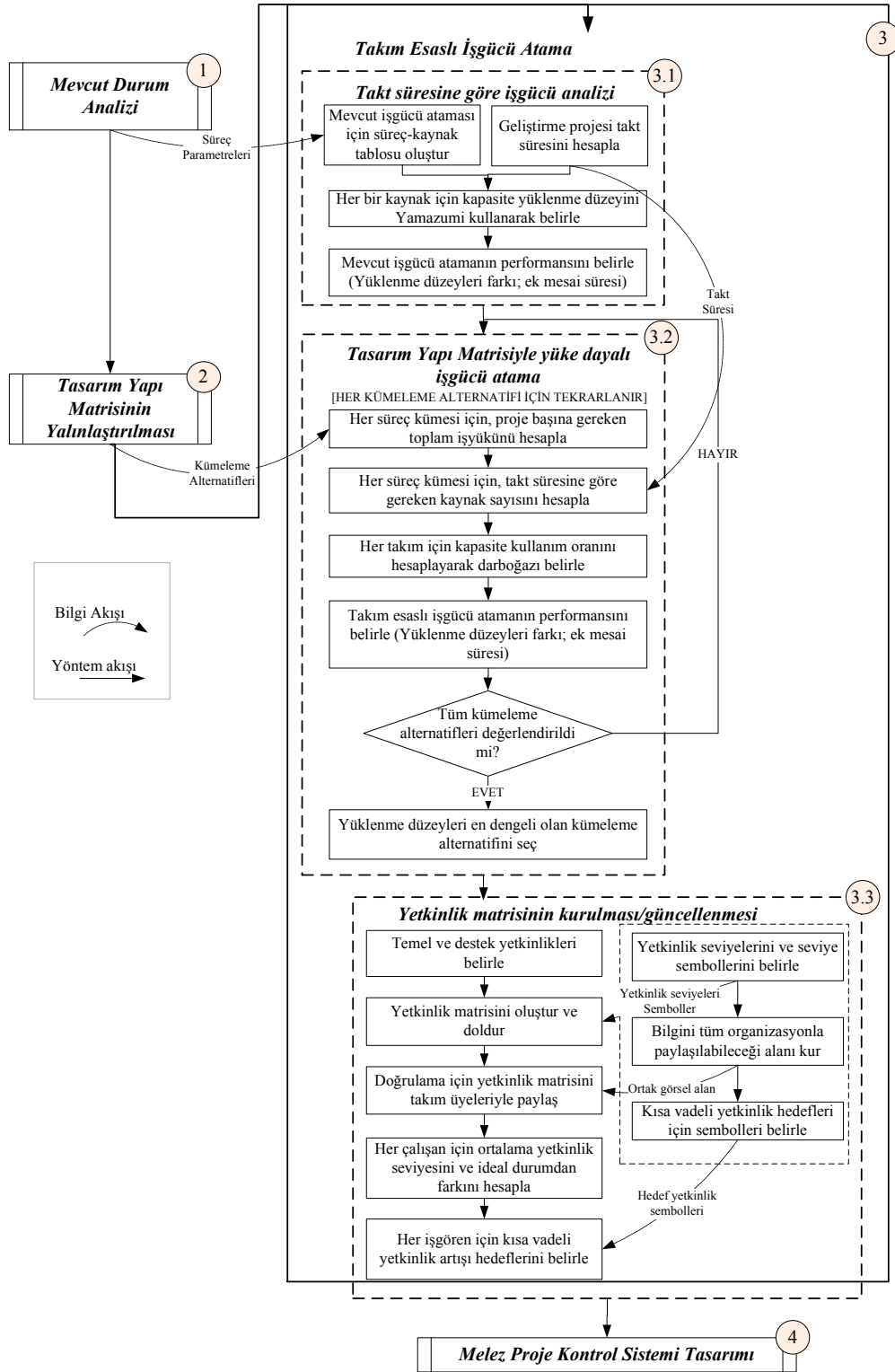
Karşılaştırma yapılırken farklı ağırlıklandırma faktör değerleri kullanılarak karar verilebilir.

Son olarak elde edilen kümeleme sonuçlarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi gerekir. Uygulama olanakları incelendiğinde, kümeleme yöntemiyle elde edilen sonucun doğrudan uygulanmasını engelleyen kısıtlar farkedilebilir veya daha geniş

küme yapıları kurgulamaya imkan tanıyacak fırsatlar görülebilir. Kümeleme aşaması, yöntemle elde edilen sonucun, uygulama olanakları ve kısıtlarıyla beraber değerlendirilmesiyle sonlanır.

4.3 Takım Esaslı İşgücü Atama

Takım esaslı işgücü atama aşamasında, önceki aşamada belirlenen süreç kümelerinin yüküne göre işgören ataması yapılır. Yüklenme düzeyleri arası farklılıklar dikkate alınarak, farklı alternatifler arasında en dengeli atamaya sahip olan tercih edilir. İşgören yetkinliklerinin süreç kümesinin gerektirdiği yetkinliklerle uyumunu kontrol etmek ve gelişme alanlarının planlamak için yetkinlik matrislerinden faydalanılır. Adımlar detaylı olarak Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 : Takım esaslı işgücü atama aşaması ve alt adımları.

4.3.1 Takt süresine göre işgücü analizi

Takım esaslı işgücü atama aşamasının ilk adımında takt süresi belirlenir ve takt süresine göre mevcut işgören ataması değerlendirilir. Bu metodoloji, yeni kurulan bir sisteme uygulandığında, mevcut işgücü atamasının performansı değerlendirilmeden sıradaki alt adıma devam edilir.

İlk olarak, mevcut işgören ve süreçlerin içeren süreç-kaynak tablosu oluşturulur. Bu tabloda her hücrede, satır başlığında yer alan kaynağın, sütun başlığında yer alan sürece sunduğu katkı süre/proje biriminden yazılır. Bu tablonun hazırlanmasıyla eş zamanlı olarak takt süresi hesaplanır. Takt süresi müşterinin talep ettiği proje tamamlanma hızıdır ve amaç çevrim süresini takt süresine eşleştirmektir. Ürün geliştirme sistemleri değerlendirildiğinde müşteri; satış ve pazarlama fonksiyonu veya üst yönetim olabilir. Takt süresi, aynı zamanda, yüklenme için sınır değeri ifade eder. Bir sürecin süresi, takt süresini aştığı takdirde, o sürece ek kaynak atanması gerekir. Dolayısıyla, süreç-kaynak tablosunda yer alan bilgiler, takt süresi dikkate alınarak, yüklenmeyi değerlendirmek için kullanılabilir. Takt ve yüklenme bilgisi Yamazumi grafiğinde beraber gösterilebilir. Yamazumi, “üst üste yığmak” anlamına gelen Japonca bir terimdir ve yalın üretim sisteminde hat dengeleme faaliyetlerini ifade etmek için kullanılır. Yamazumi kullanılarak görselleştirilen yüklenme düzeyi ve takt süresi incelenerek gerekli ek mesai süresi de tespit edilebilir. Ayrıca, yüklenme seviyelerinin işgörelere dağılımındaki farklılıklar da gözlemlenebilir. İşgörelar arasında yüklenme düzeyi farklılıkları ve proje başına gereken ek mesai süresi, mevcut işgörelar atamanın performansını değerlendirmede kullanılır.

4.3.2 Tasarım yapı matrisiyle yüke dayalı işgücü atama

Bu adımda, tasarım yapı matrisinin yalınlaştırılması aşamasında belirlenen küme yapısı ve önceki adımda belirlenen takt süresi kullanarak, yüke dayalı yeni işgücü ataması yapılır. İlk olarak her süreç kümesi için proje başına gereken toplam işyükü hesaplanır ve takt süresine oranlayarak her süreç kümesi için gerekli kaynak sayısı bulunur. Her süreç kümesine atanan işgücü takımı için yüklenme düzeyleri dikkate alınarak darboğaz süreç kümesi belirlenir. Önceki adımda olduğu gibi, bu takım esaslı işgücü atamanın performansı, yüklenme düzeyleri farkı ve ek mesai ihtiyacı dikkate alınarak değerlendirilebilir. Önceki aşamada farklı kümeleme alternatifleri belirlendiyse, her biri için takım esaslı işgücü ataması yapılarak en uygunu seçilebilir.

Bu adımda süreçlere atanacak işgücü sayısı veya takım büyüklüğü doğrudan takt süresiyle ilişkili olarak hesaplanır. Fakat incelenen sürecin doğası gereği birden fazla işgörenin eşzamanlı çalışmasını gerektiren durumlarda, sürecin ihtiyaç duyduğu işgören sayısı takt süresi dikkate alınarak hesaplanan sayıdan fazla olabilir. Bu durumda sürecin niteliği gereği, takımın yüklenme düzeyi diğer takımların yüklenme düzeyinin altında kalabilir.

Bu adım sonucunda süreç kümeleri ve takımlar eşleştirilerek, ürün geliştirme hücreleri yaratılmış olur.

4.3.3 Yetkinlik matrisinin kurulması/güncellenmesi

Önerilen takım esaslı yapının kurulabilmesi için, bir takımı oluşturan tüm işgörenlerin, o takıma atanan süreç kümesindeki tüm süreçleri beklenen sürede ve doğrulukta yerine getirebilecek yetkinlik düzeyinde olması gerekir. Takım esaslı yapı, süreçlerin bireylere tahsis edildiği yapıya göre, değişkenliğin olumsuz etkisini hafifletmesi sebebiyle daha yüksek performans sağlar. Fakat mevcut durumdan önerilen duruma geçmek işgören yetkinliklerinin artırılmasını gerektirecektir. Yetkinlik matrisi, mevcut ve gelecek yetkinlik düzeylerinin görselleştirilmesi ve organizasyonla paylaşılması için kullanılır. Ayrıca, yetkinlik matrisinden kısa ve orta dönem için hedefler, yetkinlik ortalama değerleri de yer alır. Yetkinlik matrisinin tasarımında ilk olarak yetkinlik seviyeleri ve bu yetkinlikleri ifade eden görsel semboller seçilir. Ayrıca yetkinlik matrisinde yer alan bilgilerin paylaşılması için matrisin sergileneceği alanının kurulması gerekir.

İncelenen ürün geliştirme sisteminde mevcut durumda süreçlerden sorumlu kişilerin de katılımıyla her süreçle ilişkili temel ve destek yetkinlikler belirlenmelidir. Bu yetkinlik listesi kullanılarak yetkinlik matrisi oluşturulur. Yetkinlik matrisinde satır başlıklarında işgörenler ve sütun başlıklarında yetkinlikler yer alır. Aynı takıma üye olan işgörenler gruplanabilir veya benzer yetkinlikler bir üst başlık altında bir araya getirilebilir. Matris, her işgören ve her yetkinlik için değerlendirilerek doldurulur. Eğer bir işgörenden belli bir yetkinliğe sahip olması beklenmiyorsa, o hücre boş bırakılabilir. Matris doldurulduktan sonra, her yetkinlik düzeyinin ortalaması ve her işgörenin yetkinlik ortalaması hesaplanır. Gelecek duruma geçişi planlamak için, kısa ve orta vadeli hedefler de matriste işaretlenir ve bu hedefleri hesaba katan ortalamalar

da hesaplanarak matris üzerinde gösterilir. Örnek bir yetkinlik matrisi Şekil 4.8’de verilmiştir.

	Yetkinlik 1	Yetkinlik 2	Yetkinlik 3		Yetkinlik n	Ortalama Yetkinlik Puanı	Yakın Dönem Hedef Yetkinlik Puanı
İşgören 1							
İşgören 2							
İşgören 3							
İşgören m							
Yetkinlik Ortalama Puanı							
Yetkinlik Yakın Dönem Hedef Puanı							

İş göremez

Gözetim altında iş görebilir

İş beklenen kalitede ve doğrulukta yapabilir

İş yapabilir ve başkalarını eğitebilir

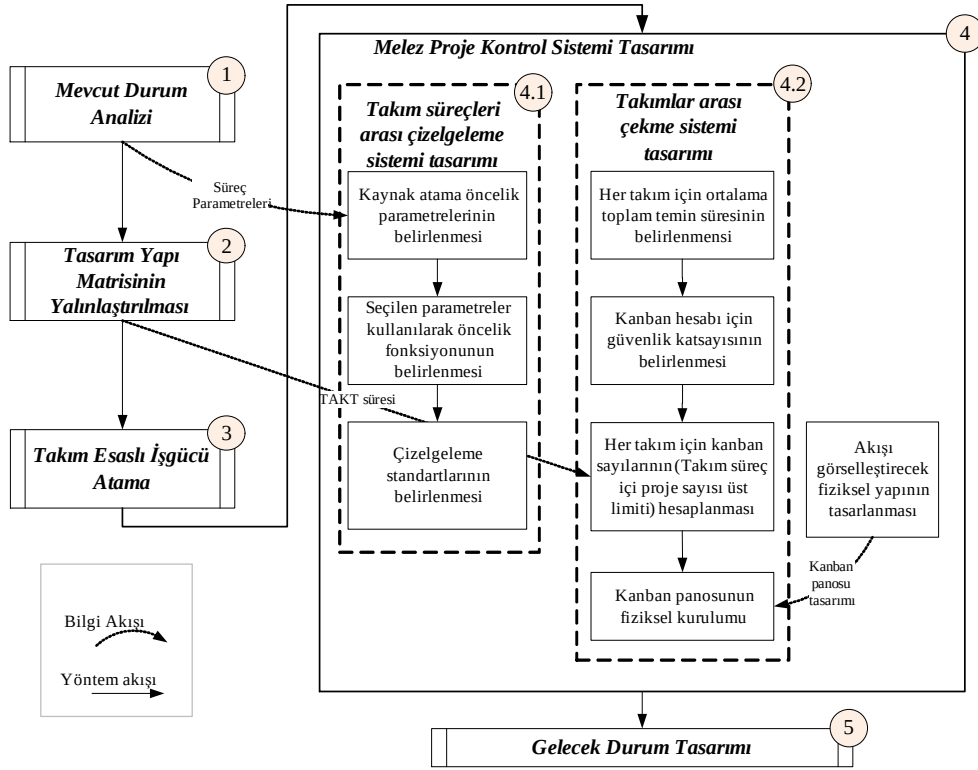
Süreci iyileştirebilir ve başkalarını eğitebilir

Yakın dönem yetkinlik artış hedefleri

Şekil 4.8 : Yetkinlik matrisi örneği.

4.4 Melez Proje Kontrol Sistemi Tasarımı

Melez proje kontrol sistemi tasarımı aşaması önerilen metodolojinin en önemli aşamasıdır. Bundan önceki tüm aşamalar, melez proje kontrol sistemi tasarımı aşamasına girdi oluşturmak amacıyla gerçekleştirilir. Bu aşamada, iki paralel adımda takım süreçleri arası çizelgeleme sistemi ve takımlar arası çekme sistemi tasarlanır. Bu itme ve çekme yapılarının biraraya gelmesiyle melez yapı oluşur. Adımlar detaylarıyla şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9 : Melez proje kontrol sistemi tasarımı aşaması ve alt adımları.

4.4.1 Takım süreçleri arası çizelgeleme sistemi tasarımı

Ürün geliştirme süreçleri değişkenliğin yüksek olduğu süreçlerdir. Yüksek değişkenlik sebebiyle süreçlerin ve kaynakların önceden planlanması ve çizelgelenmesi durumunda, değişkenliğin oluşturduğu sapmalar bu çizelgeyi kısa zamanda kullanılamaz hale getirebilir. Dolayısıyla takım süreçleri arası çizelgeleme sistemi tasarımında esas olan, birden fazla proje aynı anda kaynak talep ettiğinde, kısıtlı kaynakların atanmasında kullanılacak öncelik parametrelerinin belirlenmesidir. İncelenen sistemin niteliklerine göre süre, kaynak gereksinimi, değişkenlik gibi parametreler dikkate alınabilir.

Takım süreçleri arasında önceliklendirme için bu parametreleri kullanan iki farklı sezgisel değerlendirilebilir. Bunlar; (i) birim zamandaki kaynak gereksinimine göre süreçleri önceliklendiren ROT (resource over time) ve (ii) kaynak gereksinimi ve değişkenliği beraber dikkate alan CAF (composite allocation factor) sezgiselleridir.

ROT süreçleri birim zamandaki kaynak tüketimlerine göre önceliklendirir (Elsayed & Boucher, 1994). İlk olarak, her süreç için; gerekli kaynak miktarı, süreç süresine

oranlanarak hesaplanır. Her süreç için, o süreçten itibaren proje sonuna kadar tüm alternatif yollar için kaynak/süre toplamaları bulunur. Bu değerlerin en büyüğü o süreç için ROT değeridir ve süreçler ROT değerlerine göre önceliklendirilir.

CAF ise kaynak ihtiyacı değeri ve süre değişkenliği değerini belirlenen ağırlıkla bütünleştirir (Badiru, 1988, 1993). CAF hesabı aşağıda verilmiştir (4.5).

$$CAF_i = (w)RAF_i + (1 - w)SAF_i \quad (4.5)$$

Bu hesabın ilk bölümünde kullanılan RAF (resource allocation factor); oransal olarak kaynak gereksinimlerini değerlendirir (4.6)

w : ağırlıklandırma faktörüdür; 0 ve 1 arasında bir değer alır.

t_i : i süreci süre süresi

x_{ij} : i süreci için j tipi kaynak gereksinimi

y_j : tüm süreçler dikkate alındığında j tipi kaynaktan en fazla gereksinim duyulan miktar, olmak üzere;

$$RAF_i = \frac{1}{t_i} \sum_{j=i}^R \frac{x_{ij}}{y_j} \quad (4.6)$$

Her süreç için hesaplanan RAF, en yüksek RAF değerine sahip süreçle oranlanarak birimden arındırılır ve normalize edilir (4.7)

$$RAF_{i.norm} = \frac{RAF_i}{\max RAF} \times 100 \quad (4.7)$$

CAF hesabının ikinci kısmını oluşturan SAF (stochastic allocation factor) ise süreçlerdeki değişkenliği dikkate alır (4.8).

μ_i : i . süreç süresi ortalaması

σ_i : i . süreç süresi standart sapması

σ_i / μ_i : i . süreç süresi değişkenlik katsayısı

$$SAF_i = \mu_i + \frac{\sigma_i}{\mu_i} \quad (4.8)$$

Süreç süresi ortalaması da, birimsiz değişkenlik katsayısıyla işleme alabilmek için en büyük ortalama süreyle oranlanır (4.9).

$$\mu_{i.norm} = \frac{\mu_i}{\max \mu} \times 50 \quad (4.9)$$

Benzer şekilde değişkenlik katsayısı da oranlanarak aynı düzeye getirilir (4.10).

$$\frac{\sigma_i}{\mu_i}.norm = \frac{\frac{\sigma_i}{\mu_i}}{\max_{\mu} \frac{\sigma}{\mu}} \times 50 \quad (4.10)$$

Ürün geliştirme sistemleri tekrarlı ve değişken süreçler içerir. Değişkenliğin bozucu etkisini sönümlemek için CAF yönteminin kullanılması tercih edilebilir. Veya incelenen sisteme özgü olarak kritik yola daha yakın değeri veren önceliklendirme kuralı kullanılabilir.

4.4.2 Takımlar arası çekme sistemi tasarımı

Takımlar arası çekme sisteminin tasarımı 2. Bölümde verilen Kanban sayısı hesabını esas alır. Bunun için temin süresi ve güvenlik katsayılarının belirlenmesi gerekir. Her takıma ait süreç kümesi için temin süresi bilgisi mevcut durum değer akışından elde edilebilir. Kanban hesabı için güvenlik katsayısı durumsal olarak belirlenir fakat sistemde değişkenlik ne kadar yüksekse, güvenlik katsayısını da o kadar büyük bir değer seçmek uygun olacaktır. Temin süresi ve güvenlik katsayısı belirlendikten sonra her takım için o takıma atanan süreçlerin temin süresi takt süresine oranlanır ve (1+ güvenlik katsayısı) ile çarpılarak kanban sayısı hesaplanır.

Kanban sisteminin işletilebilmesi için, yalın ilkelere ve yalın ürün geliştirme ilkelerine uygun olarak, sistemin görsel yönetimle bütünleştirilmesi gerekir. Bunun için akışı görselleştirecek fiziksel yapıya ihtiyaç vardır. Bu yapıda, Bölüm 2’de tanıtıldığı üzere kanban panoları kullanılabilir. Sistemin ihtiyaçlarına göre kanban panosu farklı değer akışlarını içerecek şekilde şeritlere bölünebilir veya acil işler için bir emniyet şeridi eklenebilir. Kanban panosu değer akışının bir izdüşümü olmalı ve doğrudan değer akışının yapısını yansıtmalıdır.

Katılımın sağlanabilmesi ve dijital arayüzlerin sınırlarının aşılabilmesi için kanban panosunun fiziken kurulması ve işletilmesi gerekir. Fakat aynı fiziksel alanı kullanması mümkün olmayan takımlar için, farklı alanlarda kurulan fiziksel panolar bir yazılım aracılığıyla ortak alanda takip edilebilir.

4.5 Gelecek Durum Tasarımı

Gelecek durum tasarımı aşamasında, tasarlanan sistemi hayata geçirmek için yakın veya orta vadeli gelecek durum değer akış haritası oluşturulur. Mevcut durumdan

gelecek duruma geçmek için gereken adımlar aksiyon planlarına dönüştürülerek organizasyonla paylaşılır.

4.5.1 Gelecek durum değer akış haritası

Gelecek durum değer akış haritası, seçilecek planlama ufku için, örneğin 6 ay için, oluşturulur. Bu adımda amaç, sistemin gelecek durumunu tüm detaylarıyla görselleştirmek ve tasarım üstünde fikir birliği yaratmaktır. Metodoloji kapsamında kurgulanan takım esaslı yapı ve melez proje kontrol sistemi değer akışına yansıtılır. Ayrıca mevcut durum değer akış haritasında gözlenen israflar, darboğazlar ve diğer gelişme fırsatları da bu adımda haritaya aktarılır. Gelecek durum değer akış haritası, hedef ifadesi olarak düşünülebilir ve belirlenen süre sonunda yeniden mevcut durum değer akış haritası oluşturup bu gelecek durum haritasıyla karşılaştırmak gerekir.

4.5.2 Aksiyon planı

Mevcut durumdan gelecek duruma geçmek için, planlanan dönüşümü sağlayacak aksiyonlar bu adımda listelenir. Çizelge 4.2’de bir aksiyon planını hazırlamada kullanılabilecek örnek aşama listesi verilmiştir. Beş aşamalı bu yapı süreç takımları veya hücrelerini esas alır. İlk aşamada takım üyelerinin atanan süreç grubunda yetkinlikleri artırılır ve ardından fiziksel dönüşümle ilk hücre kurulur. Devamında planlama, kontrol vb. yetkiler ve ilgili sorumluluklar hücreye aktarılır. Pilot hücrenin ardından farklı değer akışlarını da içerecek şekilde diğer hücreler kurularak sistem yaygınlaştırılır ve son olarak çekme kontrolüyle hücreler arasındaki akış kontrol edilir.

Çizelge 4.2 : Aksiyon planı için kullanılabilecek temel aşamalar.

	Olgunluk seviyesi	Hücre sayısı	Aşama
0	Süreç grubu seviyesi	0	Çalışan yetkinliği artırma planlarının hazırlanması
1	Pilot Hücre Seviyesi	1	Fiziksel dönüşüm
2	Yetkilendirilmiş Hücre Seviyesi	1	Hücreye yetki devri (Organizasyonel dönüşüm)
3	Proje odaklı hücreler seviyesi	>1	Yaygınlaştırma
4	Çekme kontrolüne göre çalışan hücreler seviyesi	>1	Kanban uygulaması

5. ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİNDE UYGULAMA: OFİS MOBİLYALARI SEKTÖRÜ

Tez kapsamında önerilen yalın ilkelere dayalı takım esaslı melez proje kontrol sistemi gerçek endüstriyel uygulamalar kullanılarak sınanmıştır. İlk uygulamada, bir ofis mobilyaları ürün geliştirme sistemi incelenmiştir. Fikirden imalata kadar tüm sistem önerilen metodoloji kullanılarak yeniden tasarlanmıştır. Bu uygulamada metodolojinin tüm aşamaları ve alt adımları örneklenmiştir. Uygulama alanına özgü nitelikler açıklanmış ve metodolojiye etkisi tartışılmıştır. Son olarak metodolojinin uygulanmasıyla ortaya çıkan yeni sistem tasarımı simülasyon kullanılarak doğrulanmıştır.

5.1 Ofis mobilyaları ürün geliştirme sistemi mevcut durum analizi

5.1.1 Ofis mobilyaları ürün geliştirme sistemi elemanlarının tanımlanması

İncelenen sistemde; ürün geliştirme, satış ve pazarlama biriminden gelen taleple başlar ve yeni ürün duyurusuyla son bulur. Satış ve pazarlama birimi, ürün fikrinin detaylarını belirlediği ve sistemin ürettiği yeni ürün modellerini kullandığı için sistemin hem müşterisi, hem de tedarikçisidir. Pazar araştırması sonuçları değerlendirilerek potansiyel ürün nitelikleri listelenir ve ürün geliştirme sistemi girdi olarak bu listeler kullanır. Sistemin çıktısı ise detaylı imalat talimatları ve katalog bilgilerini içeren ürün duyurusudur. Sistem sınırları içinde farklı birimler ve tedarikçiler sisteme katkı sağlar veya ürün geliştirme projesinin ilerleyişi için onay verir. İşletmede proje yönetim sisteminde tanımlı kilometre taşları mevcut değildir fakat onay döngüleri bu işlevi görür.

5.1.2 Süreçlerin tanımlanması

Sistem çalışanları ve yöneticileriyle yapılan yarı-yapılandırılmış görüşmeler ve geçmiş proje kayıtlarından yola çıkılarak Çizelge 5.1’de yer alan süreç listesi oluşturulmuştur. Süreçler, akışın kesintiye uğradığı her noktada bölünerek listelenmiştir.

Çizelge 5.1 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması süreçleri.

Süreç kodu	Süreç
A1	<i>Tanımlama ve Değerlendirme</i>
A2	<i>Kavramsal Tasarım</i>
A3	<i>Görsel Prototip Hazırlama</i>
A4	<i>Fonksiyonel Prototip Hazırlama</i>
A5	<i>Yatırım Analizi</i>
A6	<i>Ürün Maliyeti Belirleme</i>
A7	<i>Maliyet Onayı</i>
A8	<i>Proje Faaliyet Planı</i>
A9	<i>Gerçek Tasarım</i>
A10	<i>Satınalma</i>
A11	<i>Satınalma Onayı</i>
A12	<i>Üretim Araçları Takibi</i>
A13	<i>Parça Numune Kontrol</i>
A14	<i>Ön Numune Kontrol</i>
A15	<i>Test</i>
A16	<i>Dokümantasyon</i>
A17	<i>Ürün Sunumu</i>
A18	<i>Üretim ve Montaj Talimatları</i>
A19	<i>Ürün Duyurusu</i>

Yapılan görüşmelerde süreçler arası öncelik ilişkilerine ilişkin bilgiler de toplanmıştır. Süreçler arasındaki bağımlılık Çizelge 5.2’de verilmiştir. Süreçler arasındaki bağımlılık, ideal durumda doğrusal olarak sıralanabilecek süreçlerdeki geri dönüşlere bağlı karmaşıklığı göstermektedir. Örneğin; *Tanımlama ve Değerlendirme* süreci, akıştaki ilk süreçtir fakat *Maliyet Onayı* veya *Gerçek Tasarım* süreçlerinin çıktılarından etkilenir. Başka bir ifadeyle, *Maliyet Onayı* ve *Gerçek Tasarım* süreçlerinin çıktılarına göre *Tanımlama ve Değerlendirme* sürecinin tekrar etmesi veya çıktısının revizyonu gerekebilir.

Çizelge 5.2 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi süreçleri arası ilişki tablosu.

Süreç	Bağlı bulunduğu süreç
Tanımlama ve Değerlendirme	Maliyet Onayı, Gerçek Tasarım
Kavramsal Tasarım	Tanımlama ve Değerlendirme, Görsel Prototip Hazırlama, Fonksiyonel Prototip Hazırlama
Görsel Prototip Hazırlama	Kavramsal Tasarım
Fonksiyonel Prototip Hazırlama	Kavramsal Tasarım
Yatırım Analizi	Kavramsal Tasarım
Ürün Maliyeti Belirleme	Kavramsal Tasarım
Maliyet Onayı	Yatırım Analizi, Ürün Maliyeti Belirleme
Proje Faaliyet Planı	Kavramsal Tasarım, Maliyet Onayı
Gerçek Tasarım	Kavramsal Tasarım, Maliyet Onayı, Test
Satınalma	Gerçek Tasarım, Satınalma Onayı
Satınalma Onayı	Satınalma
Üretim Araçları Takibi	Satınalma, Satınalma Onayı, Test
Parça Numune Kontrol	Gerçek Tasarım, Satınalma Onayı, Üretim Araçları Takibi
Ön Numune Kontrol	Gerçek Tasarım, Satınalma Onayı, Üretim Araçları Takibi, Parça Numune Kontrol
Test	Parça Numune Kontrol, Ön Numune Kontrol
Dokümantasyon	Gerçek Tasarım, Satınalma Onayı, Üretim Araçları Takibi, Ön Numune Kontrol, Test
Ürün Sunumu	Dokümantasyon
Üretim ve Montaj Talimatları	Dokümantasyon, Ürün Sunumu
Ürün Duyurusu	Dokümantasyon, Ürün Sunumu, Üretim ve Montaj Talimatları

5.1.3 Süreç ilişkilerinin tasarım yapı matrisiyle görselleştirilmesi

Metodolojinin mevcut durum analizi aşamasında, süreçler arası ilişkiler ilk olarak başlangıç tasarım yapı matrisi (TYM₀) ve daha sonra detaylı olarak mevcut durum değer akış haritası (MD-DAH) görselleştirilecektir.

Çizelge 5.3'te incelenen sistem için hazırlanan başlangıç tasarım yapı matrisi sunulmuştur. Matriste süreç isimleri yerine Çizelge 5.1'de yer alan süreç kodları kullanılmıştır. Süreçlerin ilişkili olduğu durum için matriste, ilgili hücrede “1” değeri yer alır. İlişki bulunmayan durumda hücre boş bırakılmıştır. Matrisin son üst köşesinde bulunan ok işareti, okuma yönünün “sütundan-satıra” olduğunu gösterir. Buna göre diagonalin altında kalan hücreler ileri yönlü, diagonalin üstünde yer alan hücreler geri yönlü akışı ifade eder. Örneğin; *Kavramsal Tasarım* (A2) süreci, *Tanımlama ve Değerlendirme* (A1) faaliyetinin çıktısını kullanır ve aralarında öncelik ilişkisi mevcuttur. Bu sebeple çizelgede A2 satırı-A1 sütunu kesişiminde yer alan hücreye “1” değeri yazılmıştır. *Görsel Prototip Hazırlama* (A3) ve *Fonksiyonel Prototip Hazırlama* (A4) süreçleri, hem *Kavramsal Tasarım* (A2) sürecinin çıktısını kullanır,

hem de bu süreçlerin çıktıları *Kavramsal Tasarım* (A2) sürecinin tekrar etmesine neden olabilir. Süreçler arası ilişkiler daha karmaşık döngüler de oluşmasına neden olabilir. Örneğin; *Gerçek Tasarım* (A9) sürecinin çıktısı değerlendirildiğinde, projenin ilk süreç olan *Tanımlama ve Değerlendirme* (A1) sürecine dönmesi gerekebilir. Fakat bu durumda yeniden *Gerçek Tasarım* (A9) sürecini işletebilmek için projenin sırayla; *Kavramsal Tasarım* (A2), *Yatırım Analizi* (A5), *Ürün Maliyeti Belirleme* (A6), *Maliyet Onayı* (A7) süreçlerinden geçmesi gerekir.

Çizelge 5.3 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi başlangıç tasarım yapı matrisi (TYM₀).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	A1						1		1										
A2	1	A2	1	1															
A3		1	A3																
A4		1		A4															
A5		1			A5														
A6		1				A6													
A7					1	1	A7												
A8		1					1	A8											
A9		1					1		A9						1				
A10									1	A10	1								
A11										1	A11								
A12										1	1	A12			1				
A13									1		1	1	A13						
A14									1		1	1	1	A14					
A15													1	1	A15				
A16									1		1	1		1	1	A16			
A17																1	A17		
A18																1	1	A18	
A19																1	1	1	A19

Başlangıç tasarım yapı matrisinin geneli incelendiğinde, toplam 42 hücrenin dolu olduğu görülür. Tüm matrisin doluluk oranı %12'dir. Doluluk oranı da karmaşıklığın bir ölçüsü olarak düşünülebilir. Tüm süreçlerin doğrusal olarak dizildiği bir yapı söz konusu olsaydı, 18 hücrenin dolu olması, doluluk oranının %5 olması beklenirdi. Ayrıca diagonalin üzerinde gösterilen geri yönlü hareketler ve bu hareketlerin yaşandığı süreç çiftleri arası mesafe sistemi daha da karmaşıklaktadır.

5.1.4 Süreç süre ve eşzamanlı çalışan parametrelerinin belirlenmesi

Sistemde kullanılan temel kaynak; işgörenlerdir. Prototip hazırlama atölyesi ve test laboratuvarları bünyesinde kullanılan donanımların ve makinelerin kullanım oranları, işgörenlerin doluluk oranlarından daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca süreçlerin çoğunda birden fazla işgörenin doğrudan katkısı gerekir. Örneğin *Gerçek*

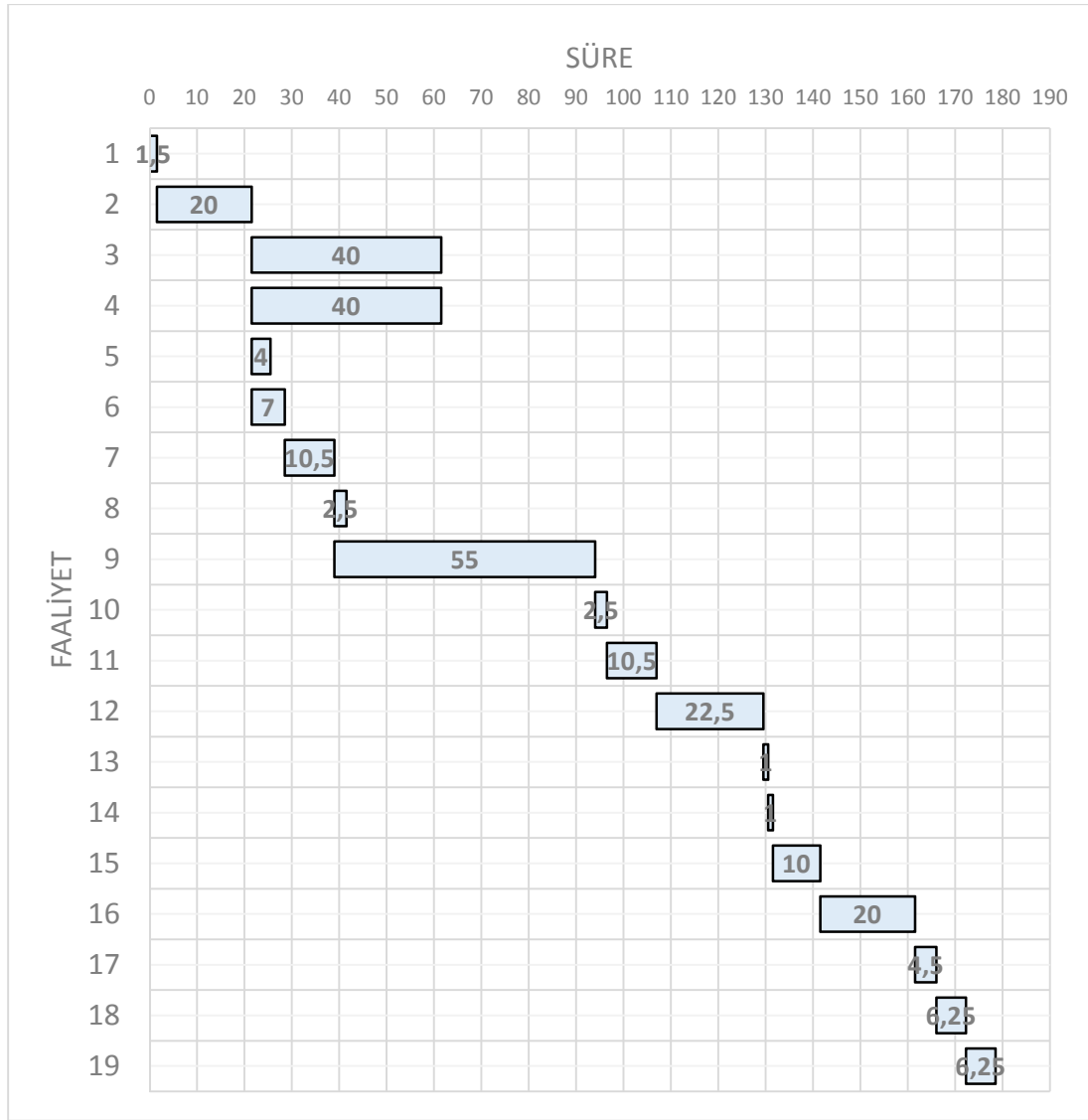
Tasarım (A9) aşamasında 3 işgören farklı uzmanlıkları yansıtacak şekilde beraber çalışmaktadır. *Maliyet Onayı (A7)* ve *Satınalma Onayı (A11)* süreçleri ürün geliştirme organizasyonu dışındaki kaynaklar kullanılarak gerçekleştirildiğinden Çizelge 5.4’de “0” olarak belirtilmiştir.

Çizelge 5.4 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması vakası süreçleri ve süreç parametreleri.

Süreçler		Çalışan sayısı	Süreç Süresi (saat)	Süreç Süresi (saat)
			<i>min</i>	<i>maks</i>
A1	<i>Tanımlama ve Değerlendirme</i>	4	1,00	2,00
A2	<i>Kavramsal Tasarım</i>	3	15,00	25,00
A3	<i>Görsel Prototip Hazırlama</i>	2	20,00	25,00
A4	<i>Fonksiyonel Prototip Hazırlama</i>	2	20,00	25,00
A5	<i>Yatırım Analizi</i>	1	3,00	5,00
A6	<i>Ürün Maliyeti Belirleme</i>	3	6,00	8,00
A7	<i>Maliyet Onayı</i>	0	1,00	20,00
A8	<i>Proje Faaliyet Planı</i>	2	2,00	3,00
A9	<i>Gerçek Tasarım</i>	3	14,00	26,00
A10	<i>Satınalma</i>	2	2,00	3,00
A11	<i>Satınalma Onayı</i>	0	1,00	20,00
A12	<i>Üretim Araçları Takibi</i>	3	20,00	25,00
A13	<i>Parça Numune Kontrol</i>	1	0,50	1,50
A14	<i>Ön Numune Kontrol</i>	2	0,50	1,50
A15	<i>Test</i>	1	5,00	15,00
A16	<i>Dokümantasyon</i>	1	10,00	20,00
A17	<i>Ürün Sunumu</i>	1	1,00	8,00
A18	<i>Üretim ve Montaj Talimatları</i>	2	0,50	12,00
A19	<i>Ürün Duyurusu</i>	1	0,50	12,00

Süreç süreleri, geçmiş proje bilgileri incelenerek ve sistem çalışanlarıyla yapılan görüşmelerde belirlenmiştir. Süreç süreleri, proje karmaşıklığına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Değişkenlik, sistem performansını bozan faktörler arasında yer aldığından, ortalama değerler yerine değişkenliği ifade edecek şekilde minimum ve maksimum süre değerleri tabloda listelenmiştir.

Mevcut bilgiler, öncelik ilişkileri ve süreç süreleri kullanılarak yeni ürün geliştirme projeleri Gantt diyagramında da gösterilebilir. Görselleştirmede gantt şemasının kullanılması süre değişkenliğini, iterasyonları ve yeniden işlemleri göstermediği için sistemdeki israfların ayrıştırılması için uygun değildir. Bu sebeple, metodolojide tanımlandığı üzere, görselleştirme için değer akışı haritası kullanılacaktır.



Şekil 5.1 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması Gantt şeması.

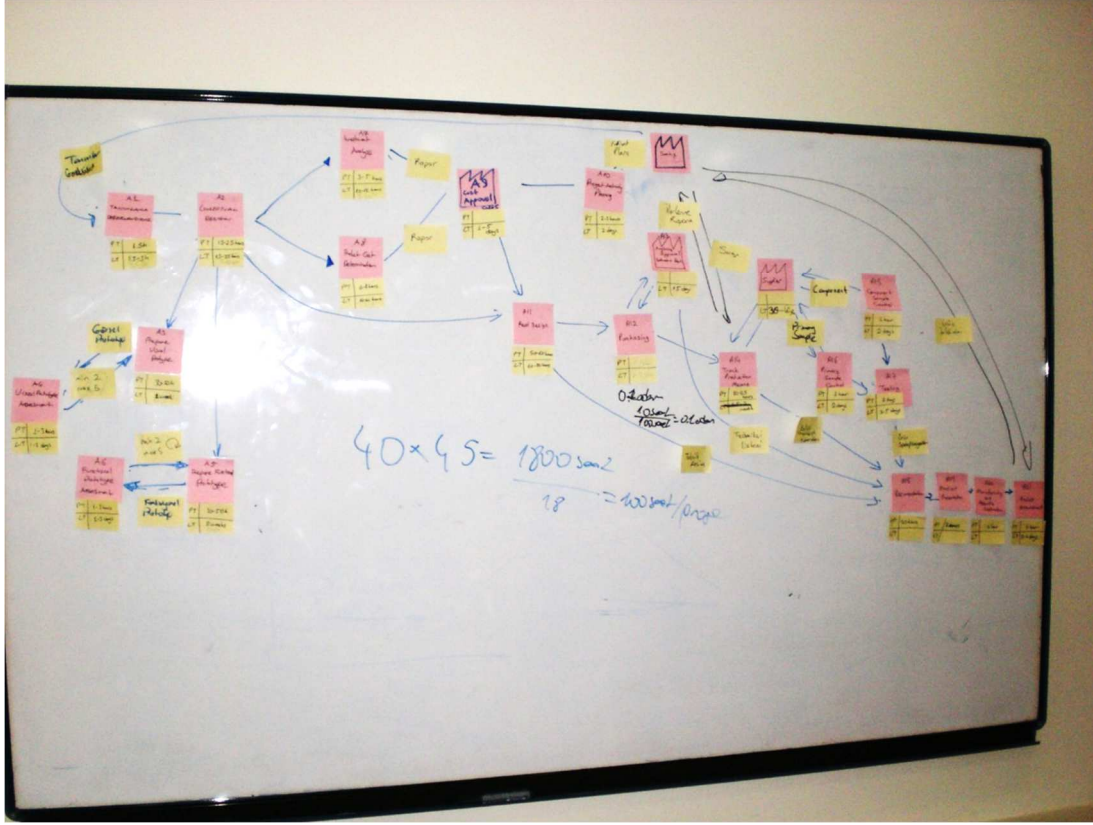
5.1.5 Mevcut durum değer akışı haritalandırma

Değer akışı haritalandırma adımına geçmeden önce tüm süreçler değer içeriklerine göre Bölüm 4, Çizelge 4.1’de verilen sıralamaya uygun olarak sınıflara ayrılmış ve Çizelge 5.5’de sunulmuştur. Sınıflandırmada, mevcut durum değer akışı haritasında kullanılmak üzere renk kodları da verilmiştir. Müşteri için daha fazla değer üreten süreçler için daha koyu renkler seçilmiştir. Maliyet onayı ve satınalma onayı süreçleri, müşteri açısından değer katmadığı için israf kabul edilmiş ve kırmızı renkle işaretlenmiştir. Çizelgede süreçlerin sınıflara dağılımı incelendiğinde, özellikle “Risk ve belirsizliklerin azaltılması” amaçlı süreçlerin yoğun olduğu görülür.

Çizelge 5.5 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması süreç sınıfları

#	Süreç sınıfları	Süreç	Renk Kodu
I	Ürün tanımlama	<i>Tanımlama ve Değerlendirme (A1)</i> <i>Kavramsal Tasarım (A2)</i> <i>Gerçek Tasarım (A9)</i>	
II	Ürünü oluşturan süreçleri tanımlama	<i>Üretim Araçlarının Takibi (A12)</i>	
III	Risk ve belirsizliklerin azaltılması	<i>Görsel Prototip Hazırlama (A3)</i> <i>Fonksiyonel Prototip Hazırlama (A4)</i> <i>Yatırım Analizi (A5)</i> <i>Ürün Maliyeti Belirleme (A6)</i> <i>Parça Numune Kontrol (A13)</i> <i>Ön Numune Kontrol (A14)</i> <i>Test (A15)</i>	
IV	İletişim ve bildirim süreçleri	<i>Dokümantasyon (A16)</i> <i>Ürün Sunumu (A17)</i> <i>Üretim ve Montaj Talimat Hazırlama (A18)</i> <i>Ürün Duyurusu (A19)</i>	
V	Destek süreçler	<i>Proje Faaliyet Planı (A8)</i> <i>Satınalma (A10)</i>	
	İsraf	<i>Maliyet Onayı (A7)</i> <i>Satınalma Onayı (A11)</i>	

Değer akış haritası hazırlanırken, fiziksel yüzey üzerinde kartlarla hazırlanmış ve daha sonra yazılıma aktarılmıştır. Şekil 5.2’de ilk aşamada yazı tahtası ve yapışkanlı kartlar kullanılarak hazırlanan taslak değer akışının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.2 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması değer akışı haritası hazırlama sürecinden bir görüntü.

Mevcut durum değer akışı haritasına süreçler aktarılırken, süreçler arası akışta yer alan tüm bilgi, belge, malzeme gibi akış nesneleri de belirlenmiş ve haritada gösterilmek üzere kodlanmıştır.

Sistemin mevcut durum değer akış haritası Ek C’de verilmiştir. Bu haritada, süreçler değer katma oranlarına göre Çizelge 5.4’te verilen renkler kullanılarak görselleştirilmiştir. Süreç, müşterinin talebiyle başlayıp, yeni ürün geliştirme proje çıktılarının müşteriye iletilmesiyle son bulur. Sistemde yeni ürün talebi, Satış ve Pazarlama biriminden geldiğinden, ürün geliştirme sisteminin müşterisi de bu birimdir. Haritada her süreç, süreçler arası ilişkiler, döngüler ve döngü sayıları, kuyrukta bekleyen süreç içi proje sayıları belirtilmiştir. Ayrıca her süreç için süreç süresi (S/S) ve temin süresi (T/S) bilgisi de verilmiştir. Temin süresi; o sürece yönlendirilen bir projenin tamamlanarak o süreçten çıkma süresini ifade eder ve kuyrukta geçirilen süreyi, onay ve geri besleme döngüleriyle kaybedilen süreyi de içerir. Süreç süresi ise, o süreci gerçekleştirmek için tüm kaynakların mevcut olduğu ve tüm bilgilerin doğru ve hazır bulunduğu, ilk seferde tam ve doğru olarak sürecin

işletilebildiği ideal durumda kuyrukta beklemeden ve herhangi bir nedenle iterasyona tabi tutulmadan o süreçte geçen süreyi ifade eder.

Çizelge 5.6 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması süreçleri arası akış nesneleri.

Nereden	Nereye	Kod	Akış Nesnesi	Akış Tipi
A1	A2	D01	Tanımlar	Bilgi
A2	A3	D02	Estetik konusunda geri besleme	Bilgi
A2	A5	D03	İşlev konusunda geri besleme	Bilgi
A3	A2	D04	Görsel prototip	Malzeme
A5	A2	D05	Fonksiyonel prototip	Malzeme
A2	A5	D06	Tasarım parametreleri	Belge
A2	A6	D06		
A2	A9	D06		
A5	A7	D07	Yatırım analizi raporu	Belge
A6	A7	D08	Ürün maliyeti raporu	Belge
A7	A8	D09	Satış ve pazarlama onayı	Bilgi
A7	A9	D09		
A8	S&P	D10	Proje planı	Belge
A9	A10	D11	Malzeme listesi	Belge
A9	A16	D12	Teknik resim	Belge
A10	A11	D13	Tedarikçi sözleşmeleri	Belge
A10	A12	D13		
A11	A16	D13		
A11	A10	D14	Satınalma onayı	Bilgi
A12	A16	D15	Kalıp ve master bilgileri	Belge
S&P	A12	D16	İlerleme raporu – değerlendirme	Belge
A12	S&P	D17	İlerleme raporu	Belge
A12	Tedarikçi	D18	Siparişle ilgili geri besleme	Bilgi
Tedarikçi	A12	D19	Numune	Malzeme
Tedarikçi	A14	D20	Ön numune	Malzeme
A14	A15	D20		
Tedarikçi	A13	D21	Parça numune	Malzeme
A13	A15	D21		
A15	A16	D22	Tedarikçi onayı	Bilgi
A16	A17	D23	Ürün dokümantasyonu	Belge
A17	A18	D23		
A18	A19	D23		

(S&P: Satış ve Pazarlama)

Ürün geliştirme projelerinin akışı satış ve pazarlama biriminden gelen taleple, *Tanım ve Değerlendirme* toplantılarıyla başlar. Bu sürecin çıktısı *Kavramsal Tasarım*

aşamasında kullanılır. Sistemde ürünle ilgili görsel ve işlevsel olmak üzere iki farklı prototip hazırlanmaktadır. Prototip hazırlama süreçleri *Kavramsal Tasarım* tamamlandıktan sonra paralel olarak gerçekleştirilir. Prototipler, *Kavramsal Tasarım* sürecinde yeniden değerlendirilebilir ve bunun sonucunda gerektiğinde tekrarlanır. Süreler incelendiğinde *Kavramsal Tasarım* süreç süresi en az 15 saat, en çok 25 saattir fakat temin süresi 5 ile 10 gün arasındadır. Başka bir ifadeyle, *Tanımlama ve Değerlendirme* sürecinden *Kavramsal Tasarım* sürecine yönlendirilen bir projenin, *Kavramsal Tasarım* sürecinden ortalama 7,5 günde geçmesi beklenir.

Gerçek Tasarım süreci, ürün tasarımı sürecinde ürüne ilişkin teknik çözümlemenin yapıldığı ve diğer süreçlere girdi sağlayacak teknik bilgilerin hazırlandığı süreçtir. İncelendiğinde temin süresi 12-15 günle en uzun süreçlerden biri olduğu görülmektedir. *Satış ve Pazarlama Onayı* ürün geliştirme sistemi dışında Satış ve Pazarlama biriminde gerçekleştirildiğinden ve süreç süresi bilinemediğinden sadece temin süresi yazılmıştır.

Ürün geliştirme akışı, satınalma süreçlerinin ve tedarik süreçlerinin planlanmasıyla ilgili süreçlerle devam eder. İlk aşamada, *Satınalma* süreci kapsamında uygun niteliklerde tedarikçi aranır ve sonuçlar Satınalma birimine raporlanır. Satış ve Pazarlama biriminde olduğu gibi burada da ürün geliştirme sisteminin dışına çıkıldığından yalnızca temin süresi bilgisi haritada gösterilmiştir. Satınalma biriminin, şirketin satınalma stratejisine göre yaptığı değerlendirmeler sonucunda *Satınalma* sürecinin tekrarlanması gerekebilir. Ayrıca sistem dışından kalıp, master, taşıma ekipmanı gibi üretim araçlarının da temin edilmesi gerekir. Bu araçların temini de sürece dâhil olur ve tüm bu gereksinimlerin tedarikçiler tarafından hazırlanması 30-40 gün arası sürer. Tedarikçiden gelen parçalar *Ön Numune Kontrol* ve *Parça Numune Kontrol* sonrası *Test*'e girer.

Test sürecinin ardından ürün geliştirme akışı projenin sonlanması için gerekli duyuru, sunum ve dokümantasyon süreçleri gerçekleştirilir. İncelendiğinde bu süreçlerin görece daha kısa süreç süresine ve temin süresine sahip olduğu görülür.

Değer akışı haritasında süreç süreleri ve temin sürelerini belirlemek için geçmiş proje verileri değerlendirilmiş ve çalışanlarla görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bir ürün geliştirme projesi için toplam süreç süresi 166.5 saat, beyan edilen toplam temin süresi ise 118 gün veya 1062 saat olarak hesaplanmıştır. Süreç süresinin, temin süresine oranı olarak ifade edilen yalınlık oranı %15.7'dir. Temin süresi, Little yasası kullanarak da hesaplanabilir.

İncelenen ürün geliştirme sistemi takt süresi (5.1);

$$Takt\ Süresi = \frac{48 \frac{hafta}{yıl} \times 45 \frac{saat}{hafta}}{60\ projeler/yıl} = 36\ saat/proje \quad (5.1)$$

Sistemde toplam 33 süreç-içi proje sayılmıştır. Bu durumda Little yasası kullanılarak toplam temin süresi hesaplanabilir (5.2).

$$Toplam\ Temin\ Süresi = 33\ proje \times 36 \frac{saat}{proje} = 1188\ saat = 132\ gün \quad (5.2)$$

Temin süresi; beyan edilen sürelerin toplamı olarak 118 gün ve sayım sonucu Little Yasasının uygulanmasıyla 132 gün olarak hesaplanmıştır. Aradaki fark; sistemin, sayımın olduğu gün ortalamanın altında dolu olduğunu gösteriyor olabilir. Veya çalışanlar, süreçlerin temin süresi sorulduğunda, yanlış takdirde bulunmuş olabilirler. Her iki temin süresi hesabı da dikkate alındığında, temin süresinin %80 oranında iyileştirme potansiyelinin mevcut olduğu söylenebilir.

Değer akış haritası incelendiğinde, farklı gelişme alanları tespit edilebilir. Akış boyunca bir proje en az 34 kez el değiştirmektedir. Yeniden işlemlerin söz konusu olduğu durumda bu sayı daha da artmaktadır. Ürün geliştirme organizasyonu dışından katkı sağlayan satış ve pazarlama, satınalma, tedarikçiler gibi birimler, temin süresinin uzamasına ve ürün geliştirmenin kontrolünün dışına taşmasına neden olmaktadır.

5.2 Tasarım yapı matrisinin yalınlaştırılması

Örnek sistemin başlangıç tasarım yapı matrisi (TYM₀) bu aşamada analiz edilecektir. Amaç matriste geri yönlü hareketleri ortadan kaldırmak veya bunun mümkün olmadığı durumda, tasarım yapı matrisini yeniden sıralayarak, diagonalin üstündeki dolu hücreleri mümkün olduğunca diagonale yaklaştırarak geri dönüş mesafesini azaltmaktır. Tasarım yapı matrisinin yalınlaştırmanın ikinci aşamasında ise, matris

kümelenecek alt parçalara bölünecek ve böylece ileriki aşamalarda takımlara atanacak alt projeler ortaya çıkarılacaktır.

5.2.1 Tasarım yapı matrisinin yeniden sıralanması

İlk olarak iterasyon ve yeniden işleme süreç çiftleri incelenir. TYM_0 'da mevcut durumda, 7 süreç çifti için geri yönlü hareket söz konusudur. Bu süreç çiftlerinin her biri, potansiyel iyileştirme noktası olarak değerlendirilebilir.

- *Maliyet Onayı* (A7) sürecinden, *Tanımlama ve Değerlendirme* (A1) sürecine geri dönüş.

Maliyet Onayı sürecinde, daha önceki süreçlerin çıktısı olan ürün maliyeti ve yatırım maliyeti sonuçları incelenir. Bu maliyetlerin yüksek bulunması durumunda *Tanımlama ve Değerlendirme* sürecine geri dönülerek, ürüne ilişkin tanımlar baştan gerçekleştirilir. Mevcut durumda bu süreç çifti arasındaki geri yönlü akışı ortadan kaldırmak mümkün değildir. Fakat gelecek durum tasarımında hedef maliyetlendirme yaklaşımının kullanılmasıyla bu israf yokedilebilir. Hedef maliyetlendirme, geliştirilmesi hedeflenen ürün için piyasanın belirlediği kazanç ve organizasyonun karlılık hedefi arasındaki fark olarak tanımlanabilir (Afonso, Nunes, Paisana, & Braga, 2008; Everaert & Bruggeman, 2002; Locher, 2008).

- *Gerçek Tasarım* (A9) sürecinden, *Tanımlama ve Değerlendirme* (A1) sürecine geri dönüş

Gerçek Tasarım aşamasında, tanımlanan ürünün beklenen özelliklere sahip olmadığı fark edilirse veya ilgili testleri geçemeyeceği öngörülürse, *Tanım ve Değerlendirme* aşamasına geri dönülür. Küme-temelli tasarım gibi teknikler uygulandığı takdirde, bu durum ortadan kaldırılabilir veya etkisini sönmülenebilir. Küme temelli tasarım, Bölüm 2'de açıklanan yalın ürün geliştirme ilkelerinden ikincisi olan “Ürün geliştirme sürecini, her aşamada çok sayıda alternatif çözümün değerlendirilmesini sağlayacak şekilde kur” ilkesini temel alır. Baştan itibaren çok sayıda alternatif için geliştirme süreçlerinin yürütülmesi ve bir alternatife mümkün olduğunca geç adanarak geri dönüşlerin önlenmesi esasına dayanır (Durward K Sobek et al., 1999; A C Ward & Sobek, 2014; A. Ward & Seering, 1993; Allen C Ward et al., 1995).

- *Görsel Prototip Hazırlama (A3) sürecinden, Kavramsal Tasarım (A2) sürecine geri dönüş*

Görsel prototip, kavramsal tasarım sürecinde belirlenen görsel nitelikler için kontrol edilir. Görsel prototip değerlendirme süreci iteratif bir süreçtir ve bu aşamada geri dönüşün engellenmesi mümkün değildir. Hatta bu durumda, iterasyon yeni bilgi üretilmesine yardımcı olduğu için değer katan süreç olarak değerlendirilebilir. İyileştirme için süreçleri kesintisiz akışı sağlayacak şekilde bütünleştirmek mümkün olabilir.

- *Fonksiyonel Prototip Hazırlama (A4) sürecinden, Kavramsal Tasarım (A2) sürecine geri dönüş*

Fonksiyonel prototip, kavramsal tasarım sürecinde belirlenen fonksiyonel nitelikler için kontrol edilir. Fonksiyonel prototip değerlendirme süreci de görsel prototip sürecine benzer şekilde iteratif bir süreçtir ve kavramsal tasarım süreciyle kesintisiz akışın sağlanacağı şekilde bütünleştirilmesi mümkün olabilir.

- *Test (A15) sürecinden, Gerçek Tasarım (A9) sürecine geri dönüş*

Üründe kullanılan malzemelerin test sonuçlarının yetersiz olması durumunda farklı bir malzemenin kullanımını içerecek şekilde gerçek tasarım sürecinin yinelenmesi gerekebilir. Bu hareket, gelecek durum tasarımında küme-temelli tasarım tekniği kullanılarak ortadan kaldırılabilir.

- *Satınalma onayı (A11) sürecinden, Satınalma (A10) sürecine geri dönüş*

Satınalma sürecinde, potansiyel tedarikçilerle belirlenen malzeme fiyatları ve performans öngörülerini satınalma onayı sürecinde değerlendirilir. Satınalma onayı sürecinin ardından tedarikçi seçim kriterleri güncellenerek satınalma sürecinin tekrarlanması talep edilebilir. Bu israf, Bölüm 2’de açıklanan tedarikçi katılımlı ürün geliştirme yapısının kurulmasıyla ve tedarikçilerin ürün geliştirme sürecine, sürecin erken aşamalarında dahil olmalarını sağlayarak ortadan kaldırılabilir.

- *Test (A15) sürecinden, Üretim Araçlarının Takibi (A12) sürecine geri dönüş*

Test sürecinde tedarikçiden temin edilen ön numune ve parti numunelerinin testleri gerçekleştirilir. Bu aşamada numunelerin testi geçememesi durumunda, alternatif

tedarikçiler için üretim araçlarının takibi süreci yeniden işletilebilir. Bu israf da tedarikçilerin geliştirme sürecine erken katılımını sağlayarak aşılabilir.

Süreç çiftlerinin analizi sonucunda bu aşamada doğrudan ortadan kaldırılacak yeniden işleme israfı tespit edilememiştir. Sıradaki adımda, matrisin yeniden sıralanarak, geri dönüşlerin etkisinin daha düşük olacağı bir yapı elde edilmeye çalışılır.

Ulaşılabilirlik matrisi yöntemi kullanılarak yeniden sıralanan tasarım yapı matrisi (TYM_1) Çizelge 5.7’de verilmiştir. TYM_1 ’de diagonalin üst kısmında, Çizelge 5.3’te verilen başlangıç matrisi TYM_0 ’a göre daha fazla sayıda dolu hücre mevcuttur. Fakat karşılaştırıldığında, TYM_1 ’de dolu hücrelerin diagonale daha yakın konumda bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 5.7 : Yeniden sıralanmış ofis mobilyaları ürün geliştirme sistemi tasarım yapı matrisi (TYM_1).

	A1	A7	A5	A2	A3	A4	A6	A9	A15	A13	A11	A10	A12	A14	A8	A16	A17	A18	A19
A1	A1	1						1											
A7		A7	1				1												
A5			A5	1															
A2	1			A2	1	1													
A3				1	A3														
A4				1		A4													
A6				1			A6												
A9		1		1				A9	1										
A15									A15	1				1					
A13								1		A13	1		1						
A11											A11	1							
A10								1			1	A10							
A12									1		1	1	A12						
A14								1		1	1		1	A14					
A8		1		1											A8				
A16								1	1		1		1	1		A16			
A17																1	A17		
A18																1	1	A18	
A19																1	1	1	A19

Geri dönüşsüz bir sıralama bulunamadığından TYM_0 ve TYM_1 ’i karşılaştırarak birini seçmek gerekir. Bu amaçla, her iki matris içinde geri dönüş yoğunluğu ve Tork değerleri hesaplanacaktır. Tork değeri hesabında, ileri yönlü hareketin etki katsayısı $k_i = 1$, geri yönlü hareketin etki katsayısı $k_g = 2$ seçilmiştir. Çizelge 5.8.’de TYM_0 için geri dönüş yoğunluğu ve Tork değeri görülmektedir.

Çizelge 5.8 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi başlangıç durumu tasarım yapı matrisi (TYM₀) için değerlendirme.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	Geri Yönlü	İleri Yönlü	Tork
A1	A1						1		1											14	0	28
A2	1	A2	1	1																3	1	7
A3		1	A3																	0	1	1
A4		1		A4																0	2	2
A5		1			A5															0	3	3
A6		1				A6														0	4	4
A7					1	1	A7													0	3	3
A8		1					1	A8												0	7	7
A9		1					1		A9						1					6	9	21
A10									1	A10	1									1	1	3
A11										1	A11									0	1	1
A12										1	1	A12			1					3	3	9
A13									1		1	1	A13							0	7	7
A14									1		1	1	1	A14						0	11	11
A15													1	1	A15					0	3	3
A16									1		1	1		1	1	A16				0	19	19
A17																1	A17			0	1	1
A18																1	1	A18		0	3	3
A19																1	1	1	A19	0	6	6
Başlangıç Durumu (TYM ₀) Değerlendirme sonucu																				27	85	139

TYM₀ için geri dönüş yoğunluğu 27, Tork değeri ise 139 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 5.9’da yeniden sıralanan Tasarım Yapı Matrisi için geri dönüş yoğunluğu 30 ve tork değeri 166 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda, uygulamanın geri kalan adımlarında TYM₀ ile devam edilir.

Çizelge 5.9 : Yeniden sıralanan ofis mobilyaları geliştirme sistemi tasarım yapı matrisi (TYM₁) için TORK hesabı.

	A1	A7	A5	A2	A3	A4	A6	A9	A15	A13	A11	A10	A12	A14	A8	A16	A17	A18	A19	Geri Yönlü	İleri Yönlü	Tork
A1	A1	1						1												8	0	16
A7		A7	1				1													6	0	12
A5			A5	1																1	0	2
A2	1			A2	1	1														3	3	9
A3				1	A3															0	1	1
A4				1		A4														0	2	2
A6				1			A6													0	3	3
A9		1		1				A9	1											1	10	12
A15									A15	1				1						6	0	12
A13								1		A13	1		1							4	2	10
A11											A11	1								1	0	2
A10								1			1	A10								0	5	5
A12									1		1	1	A12							0	7	7
A14								1		1	1		1	A14						0	14	14
A8		1		1											A8					0	24	24
A16								1	1		1		1	1		A16				0	25	25
A17																1	A17			0	1	1
A18																1	1	A18		0	3	3
A19																1	1	1	A19	0	6	6
Yeniden Sıralanmış Matris (TYM ₁) Değerlendirme sonucu																				30	106	166

5.2.2 Tasarım yapı matrisinin kümelenmesi

Bu adımda, mevcut ürün geliştirme sistemi alt kümelere ayrıştırılacaktır. Kümeleme ilerideki aşamalarda kurulacak işgören takımları ve melez proje kontrol sistemi yapısının temelini oluşturacaktır. İlk olarak seçilen tasarım yapı matrisi (TYP₀) kümeleme için görsel olarak değerlendirilir. Bu matris kullanılarak birbiriyle tek noktada bağlı ve aralarında geri dönüş bulunmayan alt süreç kümeleri tespit edilmeye çalışılır. Fakat görsel arama yöntemiyle bu koşulları sağlayan uygun bir sonuç bulunamamıştır.

Görsel aramaya ek olarak kümelemede Tek Bağlantılı Kümeleme yöntemi, Derece Sırası Algoritması ve Trafik minimizasyonu yöntemleri uygulanabilir. Tek bağlantılı kümeleme yöntemi SPSS yazılımı kullanarak gerçekleştirilmiştir ve sonuçları Çizelge 5.10'de sunulmuştur. Tek bağlantılı kümeleme sonucunda oluşan 3 kümeli yapıda (TYM₂), matriste diagonalin bozulduğu, bir sürecin bir kümede girdi, başka bir

kümeye ise çıktı olarak kümelendiği görülmektedir. Bu durum, ileriki aşamalarda küme süreçlerinin takımlara atanmasını karmaşıktırabilir.

Çizelge 5.10 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için tek bağlantılı kümeleme yöntemi sonucu (TYM₂).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A2	1	A2	1	1															
A3		1	A3																
A4		1		A4															
A5		1			A5														
A6		1				A6													
A7					1	1	A7												
A1	A1						1		1										
A8		1					1	A8											
A9		1					1		A9						1				
A10								1	A10	1									
A11									1	A11									
A12									1	1	A12				1				
A13								1		1	1	A13							
A14								1		1	1	1	A14						
A15												1	1	A15					
A16								1		1	1		1	1	A16				
A17															1	A17			
A18															1	1	A18		
A19															1	1	1	A19	

Çizelge 5.11’de derece sırası algoritması uygulanarak elde edilen 3 kümeli yapı sunulmuştur (TYM₃). Benzer karmaşıklık bu küme yapısında da mevcuttur.

Çizelge 5.11 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için derece sırası algoritması sonucu (TYM₃).

	A1	A2	A3	A4	A7	A9	A15	A8	A5	A6	A11	A12	A14	A16	A13	A10	A17	A18	A19
A2	1	A2	1	1															
A1	A1				1	1													
A3		1	A3																
A4		1		A4															
A9		1			1	A9	1												
A8		1			1			A8											
A5		1							A5										
A6		1								A6									
A7					A7				1	1									
A16						1	1				1	1	1	A16					
A14						1					1	1	A14		1				
A13						1					1	1			A13				
A10						1					1					A10			
A12							1				1	A12				1			
A15							A15						1		1				
A11											A11					1			
A19														1			1	1	A19
A18														1			1	A18	
A17														1			A17		

Son olarak trafik minimizasyonu yöntemi farklı küme büyüklükleri için uygulanmıştır. Yöntemin son adımını gösteren özet tablo Çizelge 5.12’de verilmiştir. Küme büyüklüğü üst sınırının 7 olduğu durum, bir kümeye sadece Proje Faaliyet Planı (A8) süreci atandığı için tercih edilmemiştir.

Çizelge 5.12 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi trafik minimizasyonu algoritması uygulaması son adımı.

Küme üst sınırı = 7 süreç

	A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7	A8	A9 A10 A11 A12 A13 A14 A15	A16 A17 A18 A19
A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7	---			
A8	2	---		
A9 A10 A11 A12 A13 A14 A15	3	0	---	
A16 A17 A18 A19	0	0	5	---

Küme üst sınırı = 8 süreç

	A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8	A9 A10 A11 A12 A13 A14 A15 A16	A17 A18 A19
A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8	---		
A9 A10 A11 A12 A13 A14 A15 A16	2	---	
A17 A18 A19	0	3	---

Küme büyüklüğü üst sınırının 8 süreç olduğu durum için trafik minimizasyonu algoritması sonucu Çizelge 5.13’de verilmiştir (TYM₄).

Çizelge 5.13 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için trafik minimizasyonu algoritması sonucu (TYM₄).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	A1						1		1										
A2	1	A2	1	1															
A3		1	A3																
A4		1		A4															
A5		1			A5														
A6		1				A6													
A7					1	1	A7												
A8		1					1	A8											
A9		1					1		A9						1				
A10								1	A10	1									
A11									1	A11									
A12									1	1	A12				1				
A13									1		1	1	A13						
A14									1		1	1	1	A14					
A15													1	1	A15				
A16									1		1	1		1	1	A16			
A17																1	A17		
A18																1	1	A18	
A19																1	1	1	A19

Trafik minimizasyonu algoritması, tasarım yapı matrisinin kare matris yapısını ve diagonalin pozisyonunu koruyan bir sonuç üretmiştir. Bu yapıda, diğer yöntemlerin sonuçlarına göre süreç kümeleri birbirlerinden daha ayrıktır. Ayrıca, TYM₄ incelendiğinde bir kümeden diğerine geri dönüş olduğu gözlemlenmektedir. İkinci kümeye atanacak *Gerçek Tasarım* (A9) sürecinden, birinci kümeye ait *Tanımlama ve Değerlendirme* (A1) sürecine geri dönüş olduğu görülmektedir. Kümeler arası geri dönüş sebebiyle bulunan sonuç ideal değildir.

Kümeleme sonuçları, gruplama etkinliği kullanılarak karşılaştırılacaktır. 19 süreçten oluşan kare matriste yer alan 361 hücrenin, 61'i doludur. Kümeleme etkinliği hesabında kullanılan değerler ve farklı ağırlıklandırma faktörlerine göre sonuçlar Çizelge 5.14'te verilmiştir. Trafik minimizasyonu yöntemi sonuçları, derece sırası algoritması ve tek bağlantılı kümeleme yöntemlerinin sonuçlarına göre tüm ağırlıklandırma değerlerinde daha yüksek gruplama etkinliği sağlamıştır. Bu sebeple, bu adımda trafik minimizasyonu yönteminin sonucu kullanılacaktır.

Çizelge 5.14 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi kümeleme yöntemlerinin gruplama etkinliği ölçütüyle karşılaştırılması

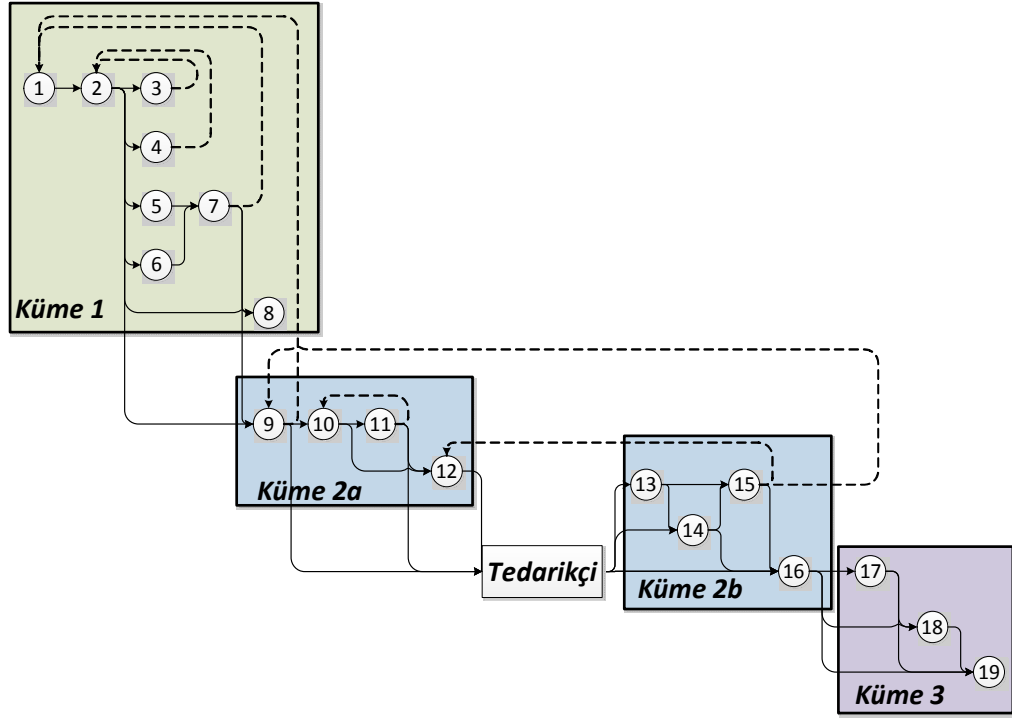
	e_1	e_v	e_0	q								
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Trafik Minimizasyonu	55	82	6	0,92	0,86	0,80	0,74	0,69	0,63	0,57	0,52	0,46
Derece Sırası Algoritması	54	87	9	0,91	0,85	0,79	0,73	0,68	0,62	0,56	0,50	0,44
Tek Bağlantılı Kümeleme	55	84	2	0,92	0,86	0,80	0,74	0,68	0,63	0,57	0,51	0,45

TYM₄'de verilen süreç kümeleri Çizelge 5.15'de listelenmiştir.

Çizelge 5.15 : Ofis mobilyaları ürün geliştirme sistemi kümeleme sonucu.

Süreç Kümesi 1		Süreç Kümesi 2		Süreç Kümesi 3	
A1	Tanımlama ve Değerlendirme	A9	Gerçek Tasarım	A17	Ürün Sunumu
A2	Kavramsal Tasarım	A10	Satınalma	A18	Üretim ve Montaj Talimatları
A3	Görsel Prototip Hazırlama	A11	Satınalma Onayı	A19	Ürün Duyurusu
A4	Fonksiyonel Prototip Hazırlama	A12	Üretim Araçları Takibi		
A5	Yatırım Analizi	A13	Parça Numune Kontrol		
A6	Ürün Maliyeti Belirleme	A14	Ön Numune Kontrol		
A7	Maliyet Onayı	A15	Test		
A8	Proje Faaliyet Planı	A16	Dokümantasyon		

Mevcut uygulama olanakları ve kısıtları değerlendirildiğinde önerilen bu küme yapısında Takım 2'ye atanan süreçlerin, arada proje tedarikçide işlem gördüğü için iki alt kümeye bölünmesi gerektiği görülmüştür.. Kümeleme sonrası durum Şekil 5.3'te verilen ağ diyagramıyla da ifade edilebilir. Diyagramda düz oklar ileri yönlü, kesikli oklar geri yönlü akışı ifade etmektedir.



Şekil 5.3 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması kümeleme sonucu ağ diyagramı gösterimi.

5.3 Takım esaslı işgücü atama

Bu aşamada, TYM yalınlaştırma aşamasında kümeleme sonucu elde edilen TYM₄ temel alınarak, süreç kümelerine işgücü ataması yapılacaktır. İlk olarak mevcut atamanın performansı takt süresine göre değerlendirilecektir. Daha sonra süreç kümelerine yüke dayalı işgücü ataması gerçekleştirilecektir. Son olarak planlanan atamanın uygulanabilmesi için yetkinlik planlaması yapılacaktır.

5.3.1 Takt süresine göre işgücü analizi

Takım esaslı işgücü atama aşamasının bu ilk adımında takt süresi temel alınarak mevcut atama değerlendirilir. Takt süresi; müşterinin belirlediği çevrim süresi veya proje tamamlanma hızıdır. İncelenen ofis mobilyaları geliştirme sisteminde müşteri satış ve pazarlama bölümüdür. Önceki yıl 60 yeni ürün geliştirme projesi tamamlanmıştır. Daha önce mevcut durum değer akışının açıklandığı aşamada hesaplandığı üzere bu durumda takt süresi 36 saat/proje'dir (5.1). Fakat gelecek yıl talebin artması beklenmektedir ve hedef gelecek yıl 80 yeni ürün geliştirmektir. Bu durumda takt süresi aşağıdaki gibi yeniden hesaplanır (5.3).

$$Takt\ Süresi = \frac{48 \frac{hafta}{yıl} \times 45 \frac{saat}{hafta}}{80\ proje/yıl} = 27\ saat/proje \quad (5.3)$$

Mevcut işgücü ataması, 36 saat/proje ve 27 saat/proje olmak üzere her iki takt değerine göre de değerlendirilecektir. Gelecek durum için yapılacak takım esaslı işgücü atamasında, gelecek yılın hedefine uygun olarak takt süresi 27 saat/proje kabul edilecektir.

Mevcut işgören atamasının takt süresine göre yüklenme düzeylerini değerlendirmek amacıyla Çizelge 5.16'da verilen süreç-kaynak tablosu oluşturulmuştur . Bu tabloda satırlarda işgörenler, sütunlarda süreçler yazılıdır (Çizelgede çalışanlar R₁'den R₁₆'a kadar kodlarla ifade edilmiştir). Hücre değerleri, satır başlığında yazılı işgörenin, sütun başlığında yazılı sürece olan katkısı saat/proje birimiyle belirtir. Sistemde 16 çalışan mevcuttur ve her çalışana 1 ile 4 adet arası süreç atanmıştır. Takt süresi 2014 verilerine göre 36 saat/proje kabul edilerek ortalama yüklenme düzeyleri de hesaplanmış ve Çizelge 5.16'da sunulmuştur. R₉ olarak kodlanan işgören %26 yüklenme seviyesinde, R₁₄ olarak kodlanan işgören %90 yüklenme seviyesine sahiptir.

Çizelge 5.16 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması mevcut durum işgücü atama matrisi.

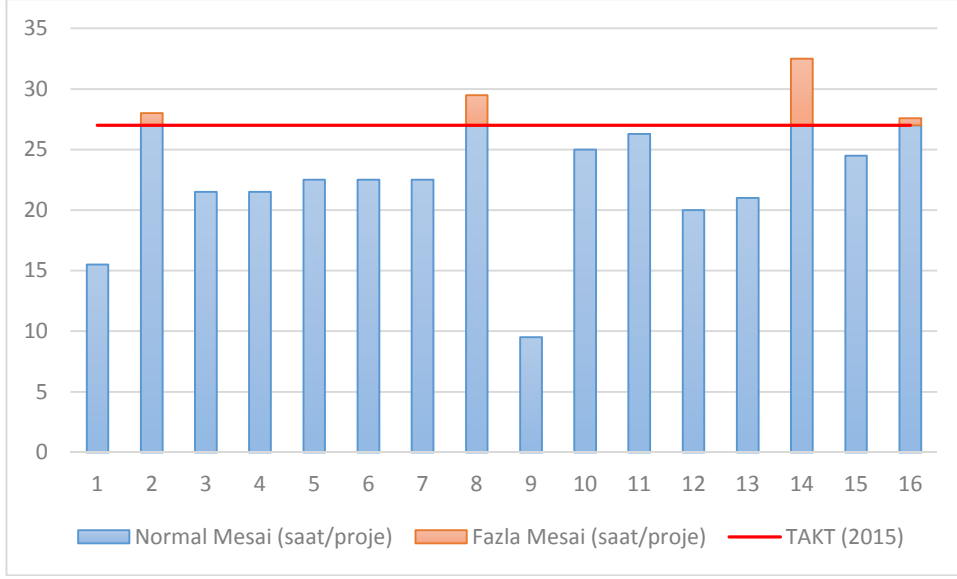
	Süreçler																			Süreç Sayısı	Yüklenme (2014)
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19		
R₁	1,5					7		2,5									4,5			4	43%
R₂	1,5	20			4			2,5												3	78%
R₃	1,5	20																		2	60%
R₄	1,5	20																		2	60%
R₅			22,5																	1	63%
R₆			22,5																	1	63%
R₇				22,5																1	63%
R₈				22,5		7														2	82%
R₉						7				2,5										2	26%
R₁₀										2,5		22,5								2	69%
R₁₁									20									6,3		2	73%
R₁₂									20											1	56%
R₁₃									20					1						2	58%
R₁₄												22,5			10					2	90%
R₁₅												22,5	1	1						3	68%
R₁₆																15		6,3	6,3	3	77%
Kaynak İhtiyacı	4	3	2	2	1	3	0	2	3	2	0	3	1	2	1	1	1	2	1		

Yüklenme düzeyleri Şekil 5.4'te verilen Yamazumi tablosu incelenerek değerlendirilebilir. Çalışanların yüklenme düzeyleri arasında farklılıklar mevcuttur ve 2015 hedeflerine uygun olarak Takt süresi 27 saat kabul edildiğinde R2, R8, R14, R16 kodlu işgörenlerin fazla mesai yapması gerekecektir.



Şekil 5.4 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi mevcut işgücü düzeyleri.

Fazla mesai ihtiyacına odaklanmak amacıyla Şekil 5.5'te verilen Yamazumi tablosu basitleştirilerek Şekil 5.5'de sunulmuştur.



Şekil 5.5 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi fazla mesai şeması

Mevcut işgören atamasıyla devam edildiği takdirde, 2015 proje hedeflerine ihtiyaç duyulacak fazla mesai değerleri hesaplanarak Çizelge 5.17’de sunulmuştur. Bu tabloda basitleştirme amacıyla değişkenliğin etkisi dikkate alınmamıştır. Gerçekleşen fazla mesai değerleri tabloda verilen değerlerin de üstünde olacaktır.

Çizelge 5.17 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması fazla mesai beklenen değerleri.

	Proje başına fazla mesai	2015 toplam fazla mesai
R ₂	1 saat	80 saat
R ₈	2,5 saat	200 saat
R ₁₄	5,5 saat	440 saat
R ₁₆	0,6 saat	80 saat
Toplam	9,6 saat	800 saat

Yüklenme düzeyleri arasında da büyük farklılıklar mevcuttur. R₁₄ ve R₉ kodlu işgörenler arasında proje başına yüklenme farklı 23 saattir. R₁₄ kodlu işgören proje yükünden dolayı her çalışma gününde fazla mesai yaparken, R₉ kodlu işgören sadece günün üçte birinde doludur.

5.3.2 Tasarım yapı matrisiyle yüke dayalı işgücü atama

Bu adımda, önceki aşamada bulunan kümeleme sonucu TYM₄ ve 2015 yılı hedefi kullanılarak hesaplanan Takt süresine göre işgücü ataması gerçekleştirilecektir. Çizelge 5.18’de her süreç kümesi için toplam işyükü hesaplanmış ve takt süresine oranlayarak, takım büyüklükleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.18 : Ofis mobilyası geliştirme sistemi için TYM₄ temel alınarak yeniden hesaplanan işgören sayıları.

Süreç Grubu	Süreç	Eş zamanlı çalışması gereken işgören sayısı	Ortalama Süre	İşgücü İhtiyacı (saat /proje)	İhtiyaç /Takt	İhtiyaç duyulan işgören sayısı
1	A1	Tanımlama ve Değerlendirme	4	1,50	6,00	7
	A2	Kavramsal Tasarım	3	20,00	60,00	
	A3	Görsel Prototip Hazırlama	2	22,50	45,00	
	A4	Fonksiyonel Prototip Hazırlama	2	22,50	45,00	
	A5	Yatırım Analizi	1	4,00	4,00	
	A6	Ürün Maliyeti Belirleme	3	7,00	21,00	
	A7	Maliyet Onayı	0	10,50	0,00	
	A8	Proje Faaliyet Planı	2	2,50	5,00	
	TOPLAM		17,00	90,50	186,00	
2	A9	Gerçek Tasarım	3	20,00	60,00	6
	A10	Satınalma	2	2,50	5,00	
	A11	Satınalma Onayı	0	10,50	0,00	
	A12	Üretim Araçları Takibi	3	22,50	67,50	
	A13	Parça Numune Kontrol	1	1,00	1,00	
	A14	Ön Numune Kontrol	2	1,00	2,00	
	A15	Test	1	10,00	10,00	
	A16	Dokümantasyon	1	15,00	15,00	
	TOPLAM		10,00	82,50	160,50	
3	A17	Ürün Sunumu	1	4,50	4,50	2
	A18	Üretim ve Montaj Talimatları	2	6,25	12,50	
	A19	Ürün Duyurusu	1	6,25	6,25	
	TOPLAM		4,00	17,00	23,25	

Her süreç kümesi için toplam işyükü takt süresine oranlanıp, tamsayı olacak şekilde yukarı yuvarlanmıştır. Fakat üçüncü süreç kümesinde yer alan *Üretim ve Montaj Talimatları* (A18) süreci eşzamanlı olarak iki çalışanın katkısını gerektirdiği için kümeye yüklenme düzeyi dikkate alınmadan iki kişilik takım atanmıştır. *Üretim ve*

Montaj Talimatları (A18) sürecini tek işgörenle gerçekleştirilebilmesini sağlayacak bir iyileştirme yapıldığı takdirde, işgücü ihtiyacı bir kişiye düşecektir..

Ayrıca üç kümenin çalışan sayıları, takım büyüklükleri, dikkate alındığında toplam işgören ihtiyacının 15 olduğu görülür. Mevcut sistemdeki 16 çalışandan biri proje akışını sağlamak, iyileştirme çalışmalarını koordine etmek ve devamsızlık durumunda eksik işgörenin yerini doldurmak amacıyla takım lideri olarak atanacaktır.

Takımların yüklenme düzeyleri incelendiğinde sırayla doluluk oranlarının Takım 1, Takım 2 ve Takım 3 olarak sıralandığı görülmektedir. Darboğazın akışın başında olması, arada beklemlerin oluşmaması için bir avantajdır.

Yüklenme düzeyleri arasındaki fark, daha önce açıklanan 3. Takımla ilgili özel durum sebebiyle ortaya çıkmaktadır. Fakat yine de mevcut durumdaki farktan daha küçüktür. Ayrıca takt süresini dikkate alarak işyükü hesabı yapıldığı için fazla mesai ihtiyacı oluşması beklenmemektedir.

Bu adım itibarıyla süreç kümelerine atanan takımların işleyişi görece bağımsız şekilde gerçekleşeceğinden, bunların her biri değer akışının alt parçalarını oluşturan ürün geliştirme hücreleri haline gelir.

5.3.3 Yetkinlik matrisinin kurulması/güncellenmesi

Önerilen ürün geliştirme hücreleri yapısında, hücre takımının her üyesinin, o takıma atanan tüm süreçleri istenen kalitede ve sürede yapması gerekmektedir. Mevcut işgören yetkinliklerinin bu hedefe uygunluğu ve dönüşüm için gerekli yetkinlik artırma çalışmalarının planlanmasında yetkinlik matrisi kullanılacaktır. Yetkinlik matrisi incelenen ürün geliştirme organizasyonunda üç amaca hitap edecektir; (i) her çalışan için yetkinlik eksiklerinin belirler, (ii) mevcut yetkinliklerin ve gelecek yetkinlik hedeflerinin tüm organizasyonla paylaşılabılır şekilde görselleştirilmesini sağlar ve (iii) yetkinlik arttırmaya ilişkili aksiyon planının temelini oluşturur.

Çizelge 5.19’da incelenen sistem için seçilen 22 yetkinlik listelenmiştir. Bunların 18’i doğrudan süreçler için gerekli temel yetkinlikler, geri kalan 3’ü ise destek yetkinliklerdir. Yetkinlik listesi uygulama sırasında ihtiyaç duyulduğu takdirde genişletilebilir veya daraltılabilir. Bir yetkinlik alt parçalara bölünebileceği gibi, birden fazla yetkinlik bir başlıkta toplanabilir.

Çizelge 5.19 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi yetkinlik listesi.

Temel yetkinlikler				Destek Yetkinlikler	
1	Malzeme ve teknoloji eğilimlerini araştırma	11	Malzeme tedariki ve tedarikçi seçimi	1	Yazılı iletişim
2	Ürün niteliklerini belirleme	12	Pazarlık	2	Sözlü iletişim
3	Pazardaki ikame/rakip ürünleri araştırma	13	Satınalma yönetimi	3	İşbirliği ve takım çalışması
4	Üç boyutlu modelleme	14	Kalite güvence	4	Çatışma yönetimi
5	Prototip hazırlama ve araçlarının kullanımı	15	Test sistemi kurulumu ve araçlarının kullanımı		
6	Alt sistem montajı	16	Dökümantasyon, arşivleme ve raporlama		
7	Yatırım analizi	17	Sunum		
8	Ürün maliyetlendirme	18	İmalat standartları belirleme		
9	Proje planlama				
10	CAD/CAM yazılımları kullanımı				

Önceki adımda eşleştirilen takımlar ve süreç kümelerinin yetkinlik açısından uyumu yetkinlik matrisiyle denetlenebilir. Şekil 5.6’de yetkinlik matrisi ve matriste kullanılan simgelerin açıklamaları verilmiştir. Her çalışan her yetkinlik için değerlendirilmiştir. Eğer yetkinlik, çalışanın bağlı bulunduğu takımla ilişkili değilse ve çalışanın o alanda halihazırda yetkinliği yoksa, sözkonusu yetkinlik o çalışan için değerlendirme dışı bırakılmış ve hesaba katılmamıştır.

Hedef değerler belirlenirken, her çalışanın ilgili yetkinlikte “iş beklenen hızda ve kalitede yapabilir düzeye gelmesi” hedeflenmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde, mevcut %29 olan ortalama yetkinlik düzeyinin üç ay içerisinde %44 seviyesine gelmesi hedeflenmektedir.

[illegible]

Şekil 5.6 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi vaka çalışması yetkinlik listesi.

5.4 Melez proje kontrol sistemi tasarımı

Bu aşamada paralel iki adımda; takım süreçleri arası çizelgeleme sistemi ve takımlar arası çekme sistemi tasarımı örnek vaka üzerinden açıklanacaktır. Önceki aşamanın sonucunda üç süreç kümesi belirlenmiş ve mevcut 15 çalışan, 1 takım lideriyle birlikte bu kümelere atanarak, üç ürün geliştirme hücresi oluşturulmuştur.

5.4.1 Takım süreçleri arası çizelgeleme sistemi tasarımı

Önceki aşamada belirlenen her ürün geliştirme hücresinde projelerin hücre içi süreçlerde akışını çizelgelemek için çizelgeleme sistemi tasarlanacaktır. Birden fazla projenin aynı anda kaynak talep ettiği durum için hangi sürece öncelik verileceğinin belirlenmesi gerekir. Seçilecek önceliklendirme/çizelgeleme yaklaşımıyla elde edilen temin süresi ideal durumda kritik yola eşit olmalıdır. İlk olarak karşılaştırma yapabilmek ve ürün geliştirme hücreleri temin süreleri alt sınırlarını belirlemek için her süreç kümesinin kritik yolu hesaplanmıştır.

İlk ürün geliştirme hücresinde sekiz süreç mevcuttur ve bu hücreye yedi işgören atanmıştır. Kritik yol hesabı detaylarıyla Çizelge 5.20’de verilmiştir. Kritik yol *Tanımlama ve Değerlendirme (A1)*, *Kavramsal Tasarım (A2)*, *Görsel Prototip Hazırlama (A3)*, *Fonksiyonel Prototip Hazırlama (A4)* süreçlerinden oluşur ve kritik yolun süresi 44 saattir. Kaynak kısıtını dikkate almadan hesaplanan bu değer ideal durumu yansıtır.

Çizelge 5.20 : Birinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için kritik yol.

Süreç	Çalışan Sayısı	Ortalama Süre	Erken Başlama	Geç Başlama	Erken Tamamlanma	Geç Tamamlanma	Toplam Boşluk
A1 Tanımlama ve Değerlendirme	4	1,50	0	0,00	1,50	1,50	0,00
A2 Kavramsal Tasarım	3	20,00	1,50	1,50	21,50	21,50	0,00
A3 Görsel Prototip Hazırlama	2	22,50	21,50	21,50	44,00	44,00	0,00
A4 Fonksiyonel Prototip Hazırlama	2	22,50	21,50	21,50	44,00	44,00	0,00
A5 Yatırım Analizi	1	4,00	21,50	27,00	25,50	31,00	5,50
A6 Ürün Maliyeti Belirleme	3	7,00	21,50	24,00	28,50	31,00	2,50
A7 Maliyet Onayı	0	10,50	28,50	31,00	39,00	41,50	2,50
A8 Proje Faaliyet Planı	2	2,50	39,00	41,50	41,50	44,00	2,50

İkinci ürün geliştirme hücresinde de sekiz süreç mevcuttur ve bu hücreye altı çalışan atanmıştır. Kritik yol hesabı Çizelge 5.21’de verilmiştir. Sırayla; *Gerçek Tasarım* (A9), *Satınalma* (A10), *Satınalma Onayı* (A11), *Üretim Araçları Takibi* (A12), *Parça Numune Kontrol* (A13), *Ön Numune Kontrol* (A14), *Test* (A15), *Dokümantasyon* (A16) olmak üzere tüm süreçler kritik yol üzerindedir ve kritik yolun uzunluğu 82,5 saattir.

Çizelge 5.21 : İkinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için kritik yol.

Süreç		Çalışan Sayısı	Ort.	Erken Başlama	Geç Başlama	Erken Tam.	Geç Tam.	Toplam Boşluk
A9	Gerçek Tasarım	3	20,00	0,00	0,00	20,00	20,00	0,00
A10	Satınalma	2	2,50	20,00	20,00	22,50	22,50	0,00
A11	Satınalma Onayı	0	10,50	22,50	22,50	33,00	33,00	0,00
A12	Üretim Araçları Takibi	3	22,50	33,00	33,00	55,50	55,50	0,00
A13	Parça Numune Kontrol	1	1,00	55,50	55,50	56,50	56,50	0,00
A14	Ön Numune Kontrol	2	1,00	56,50	56,50	57,50	57,50	0,00
A15	Test	1	10,00	57,50	57,50	67,50	67,50	0,00
A16	Dokümantasyon	1	15,00	67,50	67,50	82,50	82,50	0,00

Benzer şekilde üçüncü geliştirme hücresi için de kritik yol hesaplanmış ve Çizelge 5.22’de sunulmuştur. Üçüncü hücrede iki çalışan ve üç süreç mevcuttur. *Ürün Sunumu* (A17), *Üretim ve Montaj Talimatları* (A18) ve *Ürün Duyurusu* (A19) kritik yol üzerindedir ve kritik yol uzunluğu 17 saattir.

Çizelge 5.22 : Üçüncü ofis mobilyaları geliştirme hücresi için kritik yol.

Süreç		Çalışan Sayısı	Ort.	Erken Başlama	Geç Başlama	Erken Tam.	Geç Tam.	Toplam Boşluk
A17	Ürün Sunumu	1	4,50	0	0,00	4,50	4,50	0,00
A18	Üretim ve Montaj Talimatları	2	6,25	4,50	4,50	10,75	10,75	0,00
A19	Ürün Duyurusu	1	6,25	10,75	10,75	17,00	17,00	0,00

Takım süreçleri arası öncelik fonksiyonunu belirlemek için ROT ve CAF sezgiselleri değerlendirilecektir. Bu amaçla her süreç kümesi için önce ROT ve sonra CAF sezgiselleri uygulanarak sonuçları karşılaştırılacaktır.

Çizelge 5.23’de birinci ürün geliştirme hücresi süreçleri için ROT değerleri hesaplanmıştır. İlk olarak her sürecin kaynak/süre değerleri hesaplanmış, daha sonra incelenen süreçten başlayan paralel tüm akışların kaynak/süre değerleri toplamı en büyük olanın değeri ROT değeri olarak yazılmıştır. Buna göre bulunan sıra; A1 -A2 - A6 -A5 -A7 -A8 -A3 -A4’dır.

Çizelge 5.23 : Birinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT algoritmasına göre öncelik sırası.

Süreç		Kaynak	Süre	Kaynak/süre	ROT değeri	Rot Sırası (azalan sırada)
A1	Tanımlama ve Değerlendirme	4	1,5	2,667	4,045	1
A2	Kavramsal Tasarım	3	20	0,150	1,379	2
A3	Görsel Prototip Hazırlama	2	22,5	0,089	0,089	7
A4	Fonksiyonel Prototip Hazırlama	2	22,5	0,089	0,089	8
A5	Yatırım Analizi	1	4	0,250	1,050	4
A6	Ürün Maliyeti Belirleme	3	7	0,429	1,229	3
A7	Maliyet Onayı	0	10,5	0,000	0,800	5
A8	Proje Faaliyet Planı	2	2,5	0,800	0,800	6

Bulunan sıralamaya göre kaynaklar süreçlere yönlendirildiğinde birinci ürün geliştirme hücresinde proje tamamlanma süresi Çizelge 5.24’de hesaplanmış ve 48 saat bulunmuştur. Bu değer kritik yolun süresi olan 44 saatten daha uzundur.

Çizelge 5.24 : Birinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT sonucuna göre temin süresi hesabı.

	A1	A2	A6	A5	A7	A8	A3	A4
ROT	4,045	1,379	1,229	1,050	0,800	0,800	0,089	0,089
Süre	1,5	20,0	7,0	4,0	10,5	2,5	22,5	22,5
Kaynak	4	3	3	1	0	2	2	2
T_{erken}	0	1,5	21,5	21,5	28,5	44,0	21,5	21,5
T_{başlangıç}	0	1,5	21,5	21,5	28,5	44,0	21,5	25,5
T_{son}	1,5	21,5	28,5	25,5	39,0	46,5	44,0	48,0
T_{şimdi}	0	1,5	21,5	25,5	28,5	44		
Kullanılabilir Kaynak	7 - 3	7 - 4	7 - 4 - 3 - 1	2 - 0	3-3	3 - 1		
İzin verilen aktivite	A1	A2	A6, A5, A3	A4	A7	A8		
İterasyon #	1	2	3	4	5	6		

İkinci geliştirme hücresi için de benzer şekilde ROT değerleri hesabı Çizelge 5.25’te sunulmuştur. ROT sezgiseline göre elde edilen süreç sıralaması; A9- A10- A12- A11- A13- A14- A15- A16’dır.

Çizelge 5.25 : İkinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT algoritmasına göre öncelik sırası.

Süreç		Kaynak	Süre	Kaynak/süre	ROT değeri	Rot Sırası (azalan sırada)
A9	Gerçek Tasarım	3	20	0,150	4,250	1
A10	Satınalma	2	2,5	0,800	4,100	2
A11	Satınalma Onayı	0	10,5	0,000	3,300	4
A12	Üretim Araçları Takibi	3	22,5	0,133	3,300	3
A13	Parça Numune Kontrol	1	1	1,000	3,167	5
A14	Ön Numune Kontrol	2	1	2,000	2,167	6
A15	Test	1	10	0,100	0,167	7
A16	Dokümantasyon	1	15	0,067	0,067	8

Kaynak kısıtı dikkate alınarak sistem işletildiğinde, bu sıraya göre Çizelge 5.26’da gösterildiği üzere proje temin süresi 82,5 saat bulunur. Bu değer kritik yolun uzunluğuna eşittir.

Çizelge 5.26 : İkinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT sonucuna göre temin süresi hesabı.

	A9	A10	A12	A11	A13	A14	A15	A16
ROT	4,250	4,100	3,300	3,300	3,167	2,167	0,167	0,067
Süre	20,0	2,5	22,5	10,5	1,0	1,0	10,0	15,0
Kaynak	3	2	3	0	1	2	1	1
T_{terken}	0	20,0	33,0	22,5	55,5	56,5	57,5	67,5
T_{başlangıç}	0	20,0	33,0	22,5	55,5	56,5	57,5	67,5
T_{son}	20,0	22,5	55,5	33,0	56,5	57,5	67,5	82,5
T_{şimdi}	0	20,0	22,5	33,0	55,5	56,5	57,5	67,5
Kullanılabilir Kaynak	6 - 3	6- 4	6 -6	6 - 3	6 - 5	6-4	6 - 5	6 - 5
İzin verilen aktivite	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
İterasyon #	1	2	3	4	5	6	7	8

Üçüncü geliştirme hücresi için ROT sırası Çizelge 5.27’de verildiği gibi hesaplanabilir. Rot sırası A17- A18- A19 olmak üzere kritik yolla aynı sıra bulunur.

Çizelge 5.27 : Üçüncü ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT algoritmasına göre öncelik sırası.

Süreç		Kaynak	Süre	Kaynak/süre	ROT değeri	Rot Sırası (azalan sırada)
A17	Ürün Sunumu	1	4,5	0,222	0,702	1
A18	Üretim ve Montaj Talimatları	2	6,25	0,320	0,480	2
A19	Ürün Duyurusu	1	6,25	0,160	0,160	3

Üçüncü geliştirme hücresi için ROT sırası kullanılarak yapılan önceliklendirme sonucunda temin süresi Çizelge 5.28’de sunulduğu üzere 17 saat bulunur.

Çizelge 5.28 : Üçüncü ofis mobilyaları geliştirme hücresi için ROT sonucuna göre temin süresi hesabı.

	A17	A18	A19
ROT	0,702	0,480	0,160
Süre	4,50	6,25	6,25
Kaynak	1	2	1
Terken	0	4,5	10,8
Tbaşlangıç	0	4,5	10,8
Tson	4,50	10,75	17,00
Tşimdi	0	4,5	10,75
Kullanılabilir Kaynak	2 - 1	2 - 0	2 - 1
İzin verilen aktivite	A17	A18	A19
İterasyon #	1	2	3

ROT sezgiseline ek olarak, CAF sezgiseline göre de süreç önceliklendirilmesi yapılacak ve sonuçlar karşılaştırılacaktır. CAF sezgiseli kullanılırken, birim süredeki kaynak yoğunluğu ve süreç değişkenliği için aynı ağırlık değeri kabul edilerek, $w = 0,5$ değeri kullanılmıştır. Çizelge 5.29’da ilk hücre için öncelik sırası hesaplanmıştır. Sürelerin uniform dağılıma uyduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 5.29 : Birinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF algoritmasına göre öncelik sırası.

Süreç	RAF_i	$RAF_{i,norm}$	μ_i	$\mu_{i,norm}$	$\frac{\sigma_i}{\mu_i}$	$\frac{\sigma_i}{\mu_i}_{norm}$	SAF_i	CAF_i	CAF_i (azalan sırada)
A1 Tanımlama ve Değerlendirme	0,67	100,00	1,50	3,33	0,29	2,63	5,96	52,98	1
A2 Kavramsal Tasarım	0,04	5,63	20,00	44,44	2,89	26,32	70,76	38,19	2
A3 Görsel Prototip Hazırlama	0,02	3,33	22,50	50,00	1,44	13,16	63,16	33,25	4
A4 Fonksiyonel Prototip Hazırlama	0,02	3,33	22,50	50,00	1,44	13,16	63,16	33,25	4
A5 Yatırım Analizi	0,06	9,38	4,00	8,89	0,58	5,26	14,15	11,76	8
A6 Ürün Maliyeti Belirleme	0,11	16,07	7,00	15,56	0,58	5,26	20,82	18,45	7
A7 Maliyet Onayı	0,00	0,00	10,50	23,33	5,48	50,00	73,33	36,67	3
A8 Proje Faaliyet Planı	0,20	30,00	2,50	5,56	0,29	2,63	8,19	19,09	6

CAF algoritması sonucu bulunan sıralamaya göre kaynak ataması yapıldığı takdirde birinci ürün geliştirme hücresi temin süresi Çizelge 5.30’da verildiği üzere 45,5 saat olarak hesaplanır. Bu değer; ROT algoritmasıyla elde edilen sırayla bulunan temin süresinden kısa, kritik yolun süresinden uzundur.

Çizelge 5.30 : Birinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF sonucuna göre temin süresi hesabı.

	A1	A2	A7	A3	A4	A8	A6	A5
CAF	52,982	38,193	36,667	33,246	33,246	19,094	18,445	11,764
Süre	1,5	20,0	10,5	22,5	22,5	2,5	7,0	4,0
Kaynak	4	3	0	2	2	2	3	1
Terken	0	1,5	32,5	21,5	21,5	43,0	21,5	21,5
Tbaşlangıç	0	1,5	32,5	21,5	21,5	43	21,5	28,5
Tson	1,5	21,5	43,0	44,0	44,0	45,5	28,5	32,5
Tşimdi	0	1,5	21,5	28,5	32,5	43		
Kullanılabilir Kaynak	7 - 3	7 - 4	7-5-3-0	3 - 2	3	3 - 1		
İzin verilen aktivite	A1	A2	A3- A4- A6-A5	A5	A7	A8		
İterasyon #	1	2	3	4	5	6		

İkinci ürün geliştirme hücresi için CAF algoritmasıyla elde edilen sıralama Çizelge 5.31’de sunulmuştur. Öncelik sırası A14, A9, A11, A12, A16, A13, A15, A10’dur.

Çizelge 5.31 : İkinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF algoritmasına göre öncelik sırası.

Süreç	RAF_i	$RAF_{i.norm}$	μ_i	$\mu_{i.norm}$	$\frac{\sigma_i}{\mu_i}$	$\frac{\sigma_i}{\mu_i}.norm$	SAF_i	CAF_i	CAF_i (azalan sırada)
A9 Gerçek Tasarım	0,05	7,50	20,00	44,44	3,46	31,58	76,02	41,76	2
A10 Satınalma	0,27	40,00	2,50	5,56	0,29	2,63	8,19	24,09	8
A11 Satınalma Onayı	0,00	0,00	10,50	23,33	5,48	50,00	73,33	36,67	3
A12 Üretim Araçları Takibi	0,04	6,67	22,50	50,00	1,44	13,16	63,16	34,91	4
A13 Parça Numune Kontrol	0,33	50,00	1,00	2,22	0,29	2,63	4,85	27,43	6
A14 Ön Numune Kontrol	0,67	100,00	1,00	2,22	0,29	2,63	4,85	52,43	1
A15 Test	0,03	5,00	10,00	22,22	2,89	26,32	48,54	26,77	7
A16 Dokümantasyon	0,02	3,33	15,00	33,33	2,89	26,32	59,65	31,49	5

CAF sonucuna göre elde edilen sıra dikkate alındığında ikinci geliştirme hücresi temin süresi 82,5 saat olarak hesaplanır.

Çizelge 5.32 : İkinci ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF sonucuna göre temin süresi hesabı.

	A14	A9	A11	A12	A16	A13	A15	A10
CAF	52,427	41,762	36,667	34,912	31,491	27,427	26,769	24,094
Süre	1,0	20,0	10,5	22,5	15,0	1,0	10,0	2,5
Kaynak	2	3	0	3	1	1	1	2
T_{erken}	56,5	0,0	22,5	33,0	67,5	55,5	57,5	20,0
T_{başlangıç}	56,5	0,0	22,5	33,0	67,5	55,5	57,5	20,0
T_{son}	57,5	20,0	33,0	55,5	82,5	56,5	67,5	22,5
T_{şimdi}	0	20,0	22,5	33,0	82,5	56,5	57,5	67,5
Kullanılabilir Kaynak	6 - 3	6 - 4	6 - 6	6 - 3	6 - 5	6 - 4	6 - 5	6 - 5
İzin verilen aktivite	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
İterasyon #	1	2	3	4	5	6	7	8

Son olarak üçüncü geliştirme hücresi için de CAF sıralaması hesaplanmış ve Çizelge 5.33’de sunulmuştur. Buna göre sıralama A18-A17-A19’dur.

Çizelge 5.33 : Üçüncü ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF algoritmasına göre öncelik sırası.

Süreç	RAF_i	$RAF_{i.norm}$	μ_i	$\mu_{i.norm}$	$\frac{\sigma_i}{\mu_i}$	$\frac{\sigma_i}{\mu_i}.norm$	SAF_i	CAF_i	CAF_i (azalan sırada)
A17 Ürün Sunumu	0,11	69,44	4,50	36,00	2,02	202,07	238,07	69,44	2
A18 Üretim ve Montaj Talimatları	0,16	100,00	6,25	50,00	3,32	331,98	381,98	100,00	1
A19 Ürün Duyurusu	0,08	50,00	6,25	50,00	3,32	331,98	381,98	50,00	3

CAF algoritması sonucuna göre süreçler önceliklendirildiğinde üçüncü geliştirme hücresi temin süresi Çizelge 5.34’de sunulduğu üzere 17 saat bulunur.

Çizelge 5.34 : Üçüncü ofis mobilyaları geliştirme hücresi için CAF sonucuna göre temin süresi hesabı.

	A18	A17	A19
CAF	100,00	69,44	50,00
Süre	6,3	4,5	6,3
Kaynak	2	1	1
Terken	4,5	0,0	10,8
Tbaşlangıç	4,5	0,0	10,8
Tson	10,8	4,5	17,0
Tşimdi	0	4,5	10,75
Kullanılabilir Kaynak	2 - 1	2 - 0	2 - 1
İzin verilen aktivite	A17	A18	A19
İterasyon #	1	2	3

Takım süreçleri arası çizelgeleme sisteminde değerlendirilen ROT ve CAF sezgisellerinin kritik yolla karşılaştırılması Çizelge 5.35’te verilmiştir.

Çizelge 5. 35 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için ROT ve CAF sezgisellerinin kritik yolla karşılaştırılması.

		Kritik yol	ROT Sonucu	CAF Sonucu
Hücre 1	Sıralama	A1-A2-A6-A7-A8	A1-A2-A6-A5-A7-A8-A3-A4	A1-A2-A7-A3-A4-A8-A6-A5.
	Süresi	44 saat	48 saat	45,5 saat
Hücre 2	Sıralama	A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16	A9-A10-A12-A11-A13-A14-A15-A16	A14-A9-A11-A12-A16-A13-A15-A10
	Süresi	82,5 saat	82,5 saat	82,5 saat
Hücre 3	Sıralama	A17-A18-A19	A17-A18-A19	A18-A17-A19
	Süresi	17 saat	17 saat	17 saat

Karşılaştırma sonucunda incelenen sistem için CAF sezgiselinin ROT’a göre kritik yola daha yakın sonuç verdiği görülmüştür. Bu sebeple, sistemde süreç öncelikleri için CAF sonucu kullanılacaktır.

5.4.2 Takımlar arası çekme sistemi tasarımı

Takımlar arası çekme sisteminin tasarımında sistemin gelecek yıl hedeflerini temel olarak hesaplanan takt süresi ve mevcut durum değer akış haritası kullanılarak hesaplanan temin süresi kullanılacaktır. Değişkenliğin bozucu etkisini sönmölemek için güvenlik faktörü kullanılacaktır. Tasarlanan sistem kanban panosuyla yönetilecektir.

Mevcut durum değer akış haritasında birinci ürün geliştirmeye hücresi temin süresi 29 gün, ikinci hücrenin tedarikçiye kadar olan süreçlerinin temin süresi 38 gün, tedarikçi temin süresi 35 gün ve tedarikçi sonrası ikinci hücre süreçlerinin temin süresi 8 gün ve üçüncü hücre temin süresi 9,5 gündür. Gelecek durumda her süreç takımı için temin süresini yarıya düşürme hedefiyle kanban sayıları hesaplanacaktır. Güvenlik faktörü %25 seçilmiştir fakat sonucun tam sayıya yuvarlanmasıyla gerçekleşen güvenlik faktörü daha büyük olacaktır. Çizelge 5.36’da kanban sayıları ve gerçekleşen güvenlik faktörü sunulmuştur. Sistemde bir anda toplam 27 proje bulunmasına izin verilecektir. Takt süresiyle oranlandığında hedeflenen temin süresinin 729 saat (81 gün) olduğu bulunur.

Çizelge 5.36 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için kanban sayıları ve gerçekleşen kanban sayıları.

	Mevcut Durum Temin Süresi/2	Kanban Sayısı	Gerçekleşen Güvenlik Faktörü
Hücre 1	130,5	7	0,45
Hücre 2a	171	8	0,26
Tedarikçi	157,5	8	0,37
Hücre 2b	36	2	0,50
Hücre 3	42,75	2	0,26
TOPLAM	537,75	27	

Beklenen Temin: 729 saat.

Kanban panosu tasarım ve işletim standartları aşağıda sıralanmıştır. Emniyet şeridi içeren ve içermeyen farklı iki alternatif oluşturulacaktır.

- Kanban panosu $2 + n_t$ kadar sütuna ayrılır.

n_t : Sistemdeki hücre/takım/süreç kümesi sayısı. Diğer iki sütun ise “Ürün fikirleri” ve “Teslim edilen projeler” sütunlardır.

- Kanban panosu $1 + n_c$ kadar satıra ayrılır.

n_c : Farklı hizmet sınıflarının sayısı. Diğer satır ise emniyet şerididir.

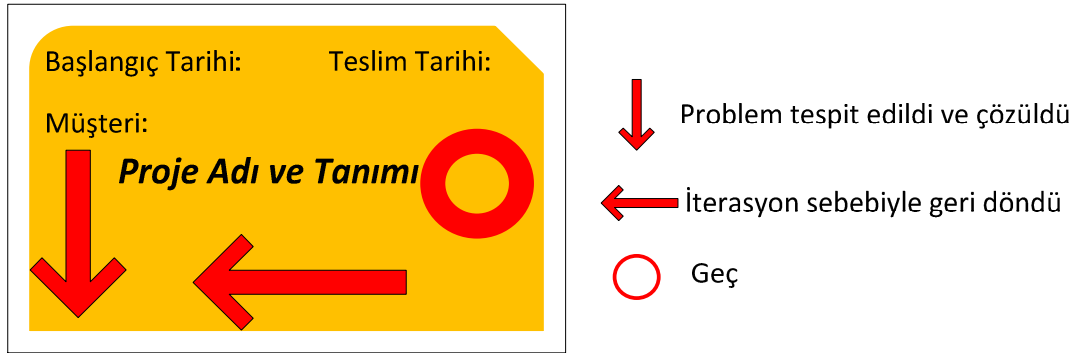
- Hesaplanan kanban değerlerine göre limit bilgisi sütun başlıklarına yazılır.

Kanban sayısı kadar boş kart çerçevesi sütunlara eklenir. Emniyet şeridinin de her sütununda bir boş çerçeve çizilir.

- Her yeni ürün fikri karta yazılarak “Ürün fikirleri” sütununa konur.

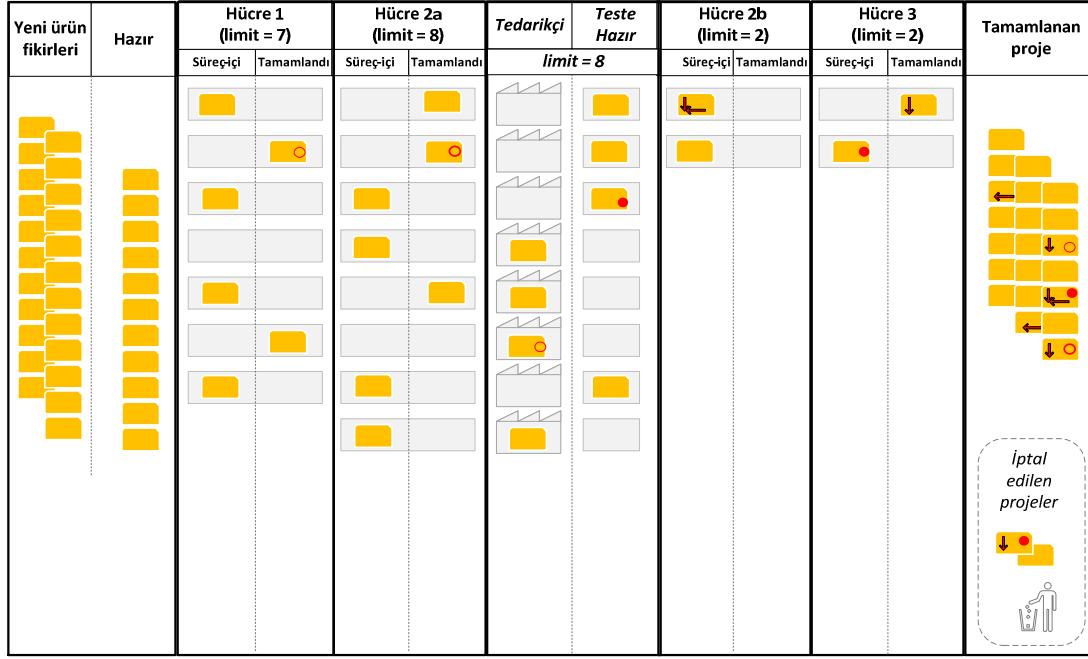
- Kartlar kanban limitleri izin verdiği takdirde panoda ilerletilir.
- Proje iterasyon sebebiyle önceki aşamalara geri dönerse veya projede bir sorunla karşılaşılırsa, kart emniyet şeridine alınır ve o projeye öncelik verilir.

Kanban panosunda kullanılacak kartların tasarımı da Şekil 5.7’de verilmiştir. Kart üzetrinde başlangıç ve teslim tarihleri, müşteri ve iterasyon, gecikme ve yaşanan sorunlarla ilgili bilgiler yer alır.



Şekil 5.7 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için kanban kart tasarımı

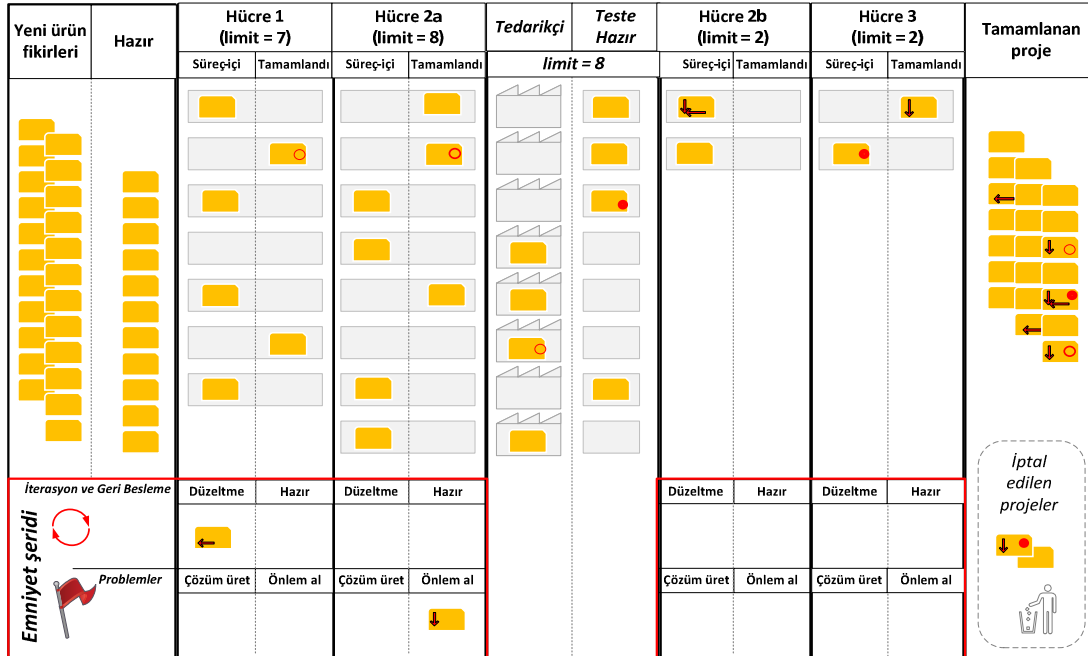
Şekil 5.8’de kanban panosu tasarımı sunulmuştur. Pano, her süreç kümesi için sütunlara ayrılmıştır. Panoda kanban sayısı kadar kart çerçevesi çizilmiştir ve iptal edilen projeler için bir alan ayrılmıştır. Bu kanban panosu kullanımında projenin akışını kesen sorunlar veya geri dönüşler yaşandığı takdirde kart sorun çözümlenene kadar bulunduğu çerçevede kalacaktır.



Zaman →

Şekil 5.8 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için kanban panosu tasarımı.

Şekil 5.9’da emniyet şeritli kanban panosu tasarımı sunulmuştur. Bu tasarımda akışı kesen sorunlar ve geri dönüşler de pano üzerinde gösterilir. Emniyet şeridine geçen projelere öncelik verilerek, kaybedilen zaman kazanılmaya çalışılır.



Zaman →

Şekil 5.9 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için problemler ve iterasyonlar için emniyet şeridi eklenmiş kanban panosu tasarımı.

Bu iki farklı tasarım karşılaştırıldığında emniyet şeridinin eklenmesinin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar değerlendirilmiştir. Sorunların ortaya çıkarılması ve görselleştirilmesi açısından emniyet şeridi içeren tasarım daha avantajlıdır. Fakat aynı yapı sorunların normalleşmesine neden olabilir. Başka bir deyişle, emniyet şeridinin varlığı ve emniyet şeridinde yer bulunması nedeniyle sistemde sorunların çözümüne gereken önem verilmeyebilir.

Çekme sistemi tasarımı için Şekil 5.9’da verilen kanban panosu seçilmiştir. Süreçler arası itme sisteminde süreçler CAF algoritmasına göre önceliklendirilecektir.

5.5 Gelecek durum tasarımı

Bu aşamada, tasarlanan sistemin uygulanabilmesi için gelecek durum değer akış haritası ve bununla ilişkili aksiyon planı oluşturulacaktır.

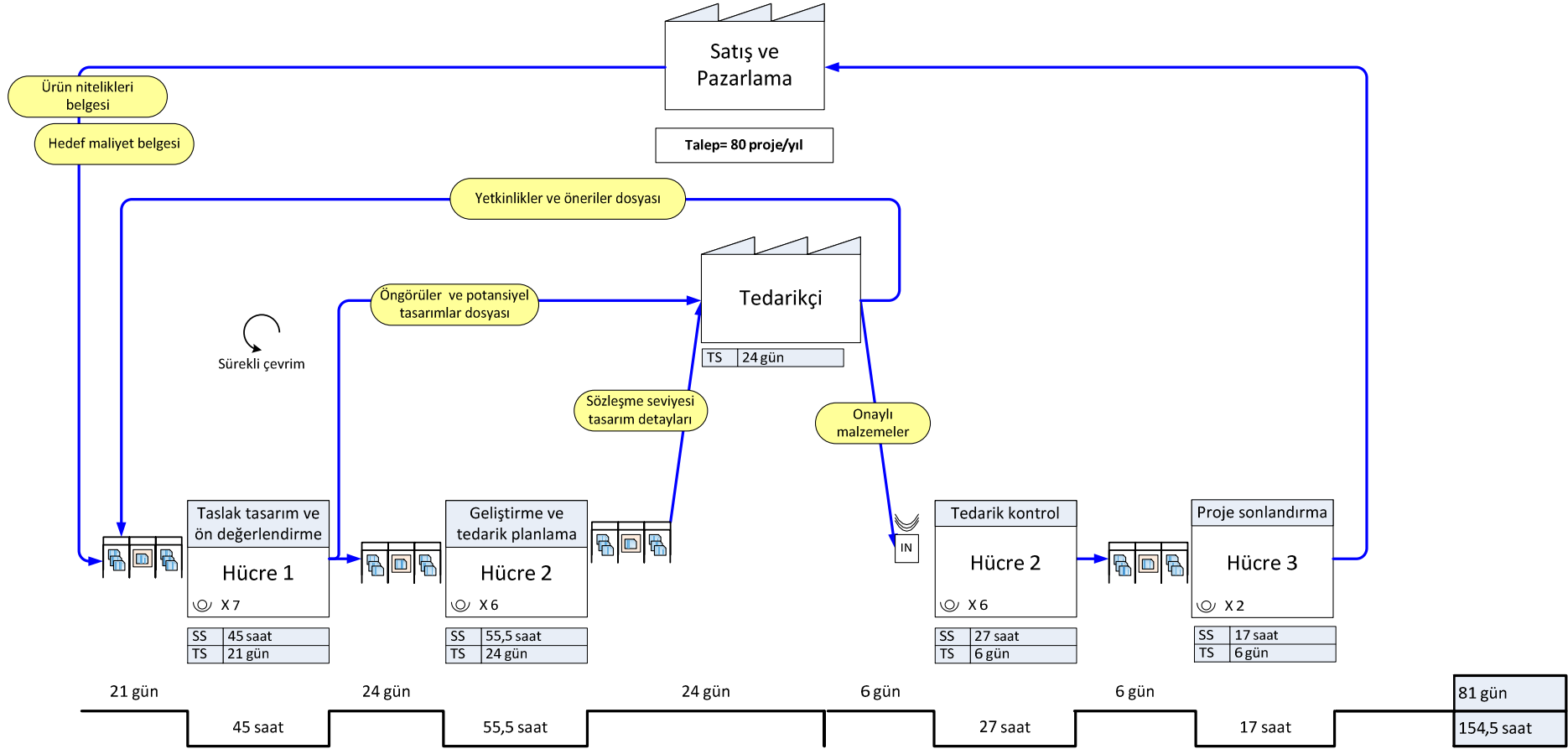
5.5.1 Gelecek durum değer akış haritası

Gelecek durum değer akış haritası oluşturulduktan sonra planlama ufku olarak 1 yıl seçilmiştir. Şekil 5.10’da yer alan harita, sistemin 1 yıl sonraki hedef durumunu yansıtır. Daha sık aralıklarla, örneğin 3 ay veya 6 ay, bu metodoloji yeniden uygulanmalı ve mevcut durum değer akış haritası çizilerek bu haritayla karşılaştırılmalıdır.

Birinci ürün geliştirme hücresine atanan süreçler “Taslak tasarım ve ön değerlendirme” adıyla tek bir süreçte birleştirilmiştir. Bu hücreyle tedarikçi arasında sürekli çevrim halinde bilgilendirme sistemi kurulması planlanmıştır. Böylece tedarikçi kaynaklı gecikmeler ve yeniden işlemlerin önüne geçilecektir. Tedarikçi tasarımları taslak aşamasında inceleyerek, kendi süreçlerini önden planlayabilecektir. Ayrıca tedarikçi kendi yetkinliklerini ve ilgili önerilerini sunacaktır. İkinci geliştirme hücresinin sorumluluğundaki işlerden tedarikçi öncesinde yer alan süreçler birleştirilerek “Geliştirme ve tedarik planlama” olarak adlandırılmıştır. Bu süreçlerden sözleşme seviyesinde tasarım detayları tedarikçiye gönderilir. Tedarikçinin geliştirme süreçlerine eşlik ederek, doğrudan onaylı malzemenin sisteme girişi sağlanır. Hücre 2’nin kalan süreçlerine “tedarik kontrol” süreci adı verilmiştir. Bu aşamanın ardından projeler, kapanış süreçleri için üçüncü geliştirme hücresine aktarılır. Bu hücrenin süreçlerine “proje sonlandırma” süreci adı verilmiştir. Her aşamada kanban panosunun kullanılması gerektiği de haritada gösterilmiştir.

Bu aşamaya kadar açıklanan iyileşmelere ek olarak, aşağıda listelenen iyileşme aksiyonları planlanmıştır.

- Hedef maliyetlendirme yaklaşımı kullanılarak ekonomik fizibilite, yatırım analizi ve ürün maliyeti belirleme çalışmaları kolaylaştırılacaktır. Satış ve pazarlamanın maliyet onayı süreci de hedef maliyetlendirme sayesinde ortadan kalkacaktır.
- Tedarikçi sayısı azaltılarak, gelişme potansiyeli olan tedarikçilerle ortaklık düzeyinde ilişki kurulacaktır.
- “Gerçek tasarım” sürecindeki darboğaz, ilgili yetkinliğin tüm takıma yaygınlaştırılmasıyla aşılabacaktır.
- Dokümantasyon proje kapanışa bırakılmadan, akış boyunca eş zamanlı olarak gerçekleştirilecektir.
- “Ürün sunumu” ve “Ürün duyurusu” süreçleri, daha sık organize edilerek beklentiler aşılabacaktır.



Şekil 5.10: Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için gelecek durum değer akış haritası.

Hedeflenen temin süresi 81 gün ve toplam süreç süresi 154,5 saattir. Süreç süresinin temin süresine oranı yaklaşık %21'dir. Mevcut durum ve gelecek durum Çizelge 5.37'de karşılaştırılmış ve farklar sunulmuştur.

Çizelge 5.37 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için mevcut durum ve gelecek durum karşılaştırması.

	Mevcut Durum	Gelecek Durum	Fark
Takt süresi	36 saat/proje	27 saat/proje	%25 artış
Akış nesnesi sayısı	23 nesne	6 nesne	%74 iyileşme
Süreç sayısı	19 süreç	4 süreç	%79 iyileşme
Dışarıdan müdahale sayısı	4 dış kaynak	2 dış kaynak	%50 iyileşme
Bilginin el değiştirme sayısı	34	8	%76 iyileşme
Potansiyel geri dönüş noktası	5	1	%80 iyileşme
Toplam süreç süresi	166,5 saat	154,5 saat	%7 iyileşme
Ortalama temin süresi	118 gün	81 gün	%32 iyileşme

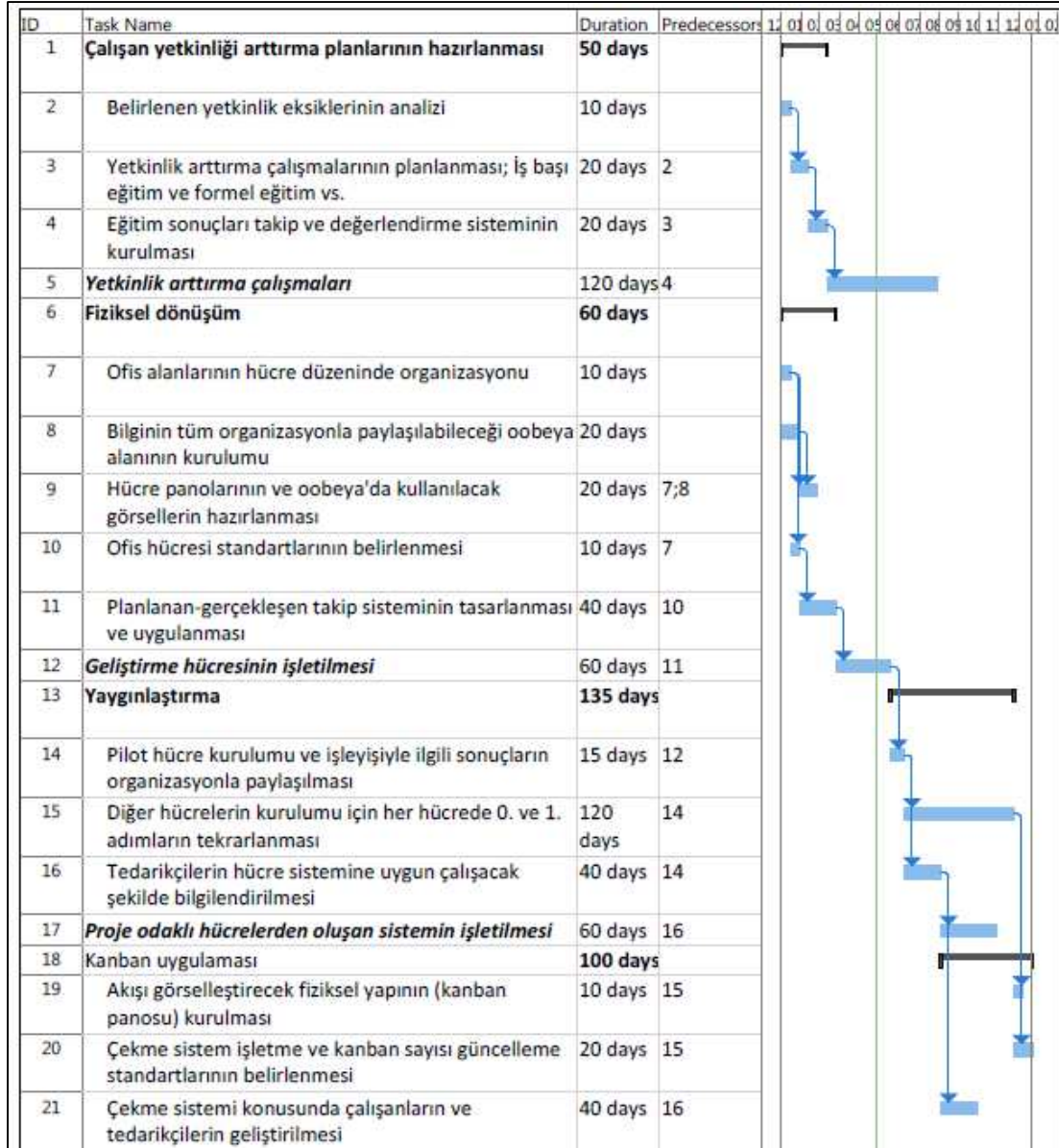
Gelecek durumda takt süresi kısılmasına rağmen, ek kaynak kullanmadan temin süresi ve diğer tüm ölçütler iyileştirilmiştir.

5.5.2 Aksiyon planı

Tasarlanan gelecek duruma dönüşüm için aksiyon planı hazırlanmıştır. Aksiyon planı dört temel seviyede gerçekleşecektir; (i) süreç kümesi seviyesi, (ii) pilot ürün geliştirme hücresi seviyesi, (iii) proje odaklı hücreler seviyesi ve (iv) çekme kontrolüne göre çalışan hücreler seviyesi. Her seviyenin detaylı adımları Çizelge 5.38'de, plan Gantt şeması da Şekil 5.11'de sunulmuştur. Dönüşümün toplam bir yılda tamamlanması öngörülmektedir.

Çizelge 5.38. Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için aksiyon planı.

Olgunluk seviyesi		Hücre sayısı	Aşamalar	
0	Süreç kümesi seviyesi	0	Çalışan yetkinliği artırma planlarının hazırlanması	Belirlenen yetkinlik eksiklerinin analizi
				Yetkinlik artırma çalışmalarının planlanması; İş başı eğitim ve formel eğitim vs.
				Eğitim sonuçları takip ve değerlendirme sisteminin kurulması
			Yetkinlik artırma çalışmaları	
1	Pilot Ürün Geliştirme Hücresi Seviyesi	1	Fiziksel dönüşüm	Ofis alanlarının hücre düzeninde organizasyonu
				Bilginin tüm organizasyonla paylaşılabilmesi oobeya alanının kurulumu
				Hücre panolarının ve Oobeya’da kullanılacak görsellerin hazırlanması
				Ofis hücresi standartlarının belirlenmesi
				Planlanan-gerçekleşen takip sisteminin tasarlanması ve uygulanması
			Geliştirme hücresinin işletilmesi	
2	Proje odaklı hücreler seviyesi	>1	Yaygınlaştırma	Pilot hücre kurulumu ve işleyişiyle ilgili sonuçların organizasyonla paylaşılması
				Diğer hücrelerin kurulumu için her hücrede 0. ve 1. adımların tekrarlanması
				Tedarikçilerin hücre sistemine uygun çalışacak şekilde bilgilendirilmesi
			Proje odaklı hücrelerden oluşan sistemin işletilmesi	
3	Çekme kontrolüne göre çalışan hücreler seviyesi	>1	Kanban uygulaması	Akışı görselleştirecek fiziksel yapının (kanban panosu) kurulması
				Çekme sistem işletme ve kanban sayısı güncelleme standartlarının belirlenmesi
				Çekme sistemi konusunda çalışanların ve tedarikçilerin geliştirilmesi



Şekil 5.11 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için aksiyon planı Gantt şeması

5.5.3 Benzetim yöntemiyle uygulama sonuçlarının değerlendirilmesi

Ürün geliştirme sistemlerinde temin süresini düşürmeye odaklanan çalışmalarda değişkenliği dikkate alan modelleme yaklaşımlarından kuyruk modelleri (Dragut & Bertrand, 2008; Narahari, Viswanadham, & Kumar, 1999; Viswanadham & Narahari, 2001) ve benzetim yöntemleri (Abdelsalam & Bao, 2006; Beauregard & Bhuiyan, 2011) tercih edilebilir. Önerilen sistemin, performansa etkisini değerlendirmek amacıyla benzetim modeli kullanılacaktır. Benzetim, sistem davranışını gözlemlemek için etkin bir modelleme aracıdır (Law, 2007).

Benzetim yardımıyla takım esaslı, melez proje kontrol sisteminin temin süresine etkisi incelenecektir. Farklı yüklenme seviyeleri ve değişkenlik düzeyleri için deney tasarımı gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistemin etkisini izole edebilmek için takım esaslı melez proje kontrol sistemi dışındaki gelecek durum önerileri modele dahil edilmemiştir. Örneğin tedarikçi temin süresi dağılım parametreleri mevcut durum ve önerilen durum için aynı olduğu kabul edilerek, tedarikçiyle ilgili iyileştirmeler modellenmemiştir. Ayrıca, aşağıda sıralanan varsayımlar kullanılmıştır.

- *Varsayım 1:* Başlanan her ürün geliştirme projesi tamamlanır. Yapılan görüşmelerde, temin sürelerinin uzaması nedeniyle geliştirilen ürün pazardaki fırsatı kaçırdığında proje iptal edilebilmektedir. Bu durum temel olarak pazarın durumuna ve rakip ürünlere bağlı olduğundan benzetim modelinde incelenmeyecektir.
- *Varsayım 2:* Projeler, dış kaynak kullanımı ve fazla mesai gibi ek kapasite yaratacak çözümler olmadan yürütülür.

Deney tasarımında kullanılan parametreler aşağıda listelenmiştir.

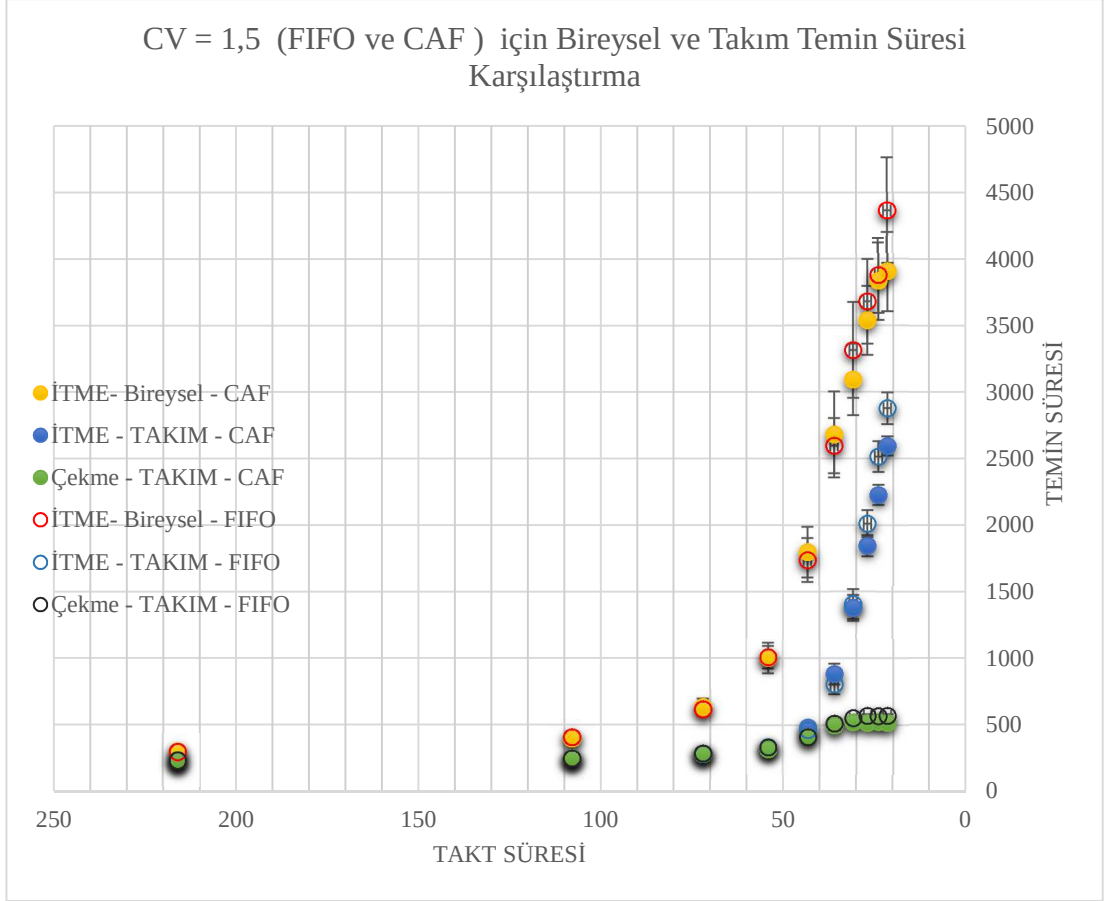
- Organizasyon;
 - Mevcut durum; her işgörene belli süreçlerin tahsis edildiği yapı)
 - Takım esaslı; takımı oluşturan her işgörenin, o takıma atanan tüm işleri yapabildiği yapı)
- Süreç önceliklendirme
 - Mevcut durum; projelerin kaynak talepleri ilk-gelen-ilk-hizmet görür kuralına uyarak karşılanır)
 - CAF'a göre önceliklendirme; projelerin kaynak talebi, kaynağın kullanılacağı sürecin değişkenliğini ve talep edilen kaynak miktarının bir fonksiyonuna göre önceliklendirilir.
- Proje kontrolü

- Mevcut durum; projeler, ileriki sürecin kapasitesini dikkate almadan itme sistemine göre sistemde işlem görür
- Takım esaslı çekme sistemi; projeler takımlar arasında önceden belirlenen kanban limitlerine uygun şekilde ilerler.
- Değişkenlik düzeyi
 - Düşük değişkenlik; değişkenlik katsayısı = 0,5
 - Orta seviye değişkenlik; değişkenlik katsayısı = 1
 - Yüksek seviye değişkenlik; değişkenlik katsayısı = 1.5
- Yüklenme düzeyi
 - Takt süresi 108 saat (20 proje/yıl)
 - Takt süresi 72 saat (30 proje/yıl)
 - Takt süresi 54 saat (40 proje/yıl)
 - Takt süresi 43,2 saat (50 proje/yıl)
 - Takt süresi 36 saat (60 proje/yıl)
 - Takt süresi 30,86 saat (70 proje/yıl)
 - Takt süresi 27 saat (80 proje/yıl)

Bu parametreler dikkate alınarak tam faktöriyel deney tasarımı neticesinde 168 deney hazırlanmıştır. Sistem Rockwell Arena 11.00 simülasyon yazılımı kullanarak hazırlanmıştır. Sistem her seferinde 10800 saat (5 yıl) olmak üzere 50 koşum için çalıştırılmıştır.

Değişkenlik seviyesi 1,5 için farklı senaryoların temin süresi sonuçları, güven aralıklarıyla birlikte Şekil 5.12’de verilmiştir.

ROT önceliklendirme yapısına göre elde edilen sonuçlar, CAF önceliklendirme sonucu kritik yol değerine daha yakın sonuç verdiği için değerlendirmede kullanılmamıştır.



Şekil 5.12 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için deney sonuçları: yüksek değişkenlik altında temin süresi ve güven aralıkları

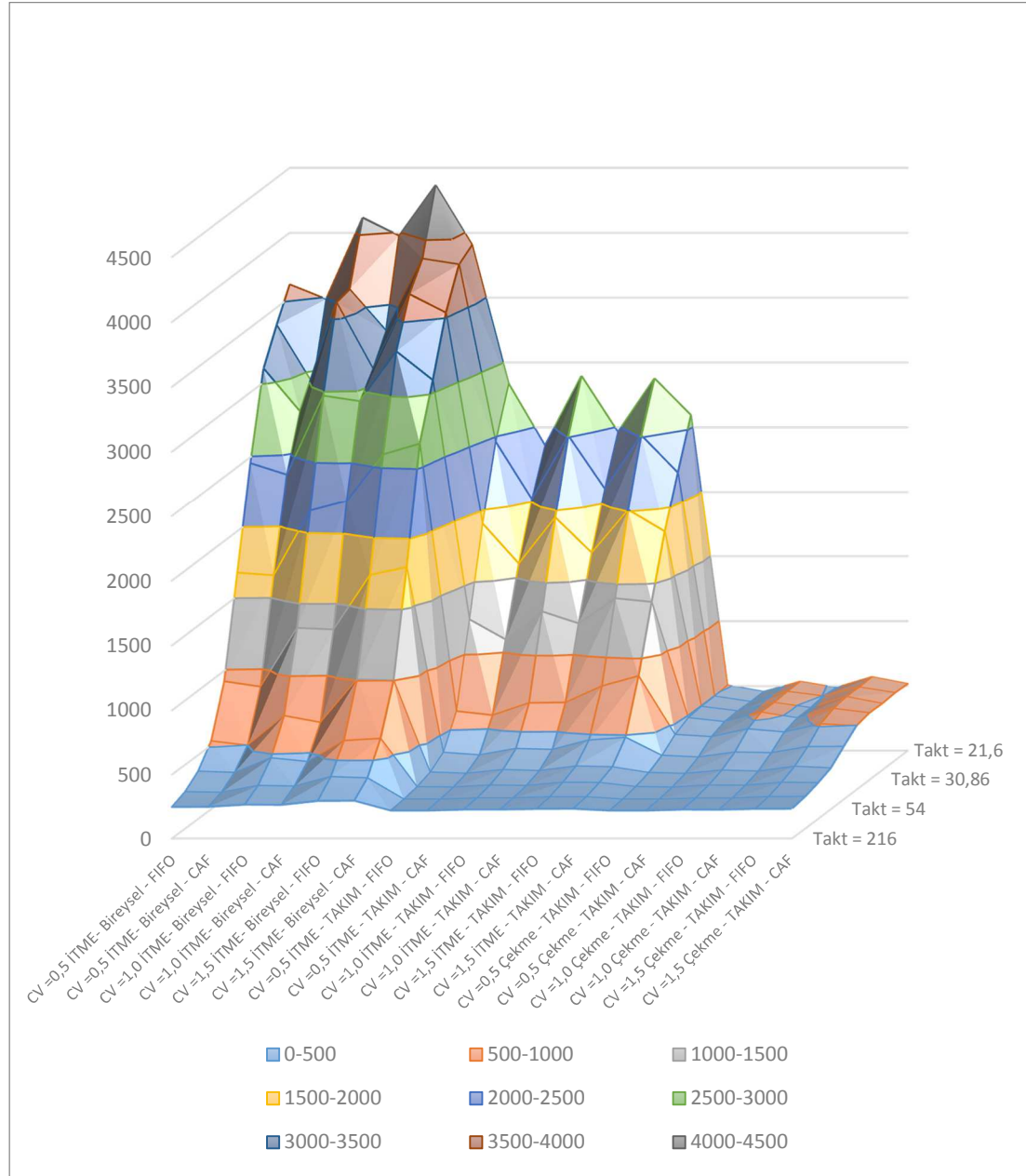
Sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Aynı yüklenme düzeyinde takım esaslı yapı, bireysel olana göre daha kısa temin süresi sağlar
- Yüklenmenin artışıyla belli bir doyma noktasından sonra, çekme sistemi temin süresini sınırlar fakat itme kontrolünde yüklenme arttıkça temin süresi artmaya devam eder.
- FIFO ve CAF önceliklendirme yaklaşımları değerlendirildiğinde, sadece takım esaslı itme kontrolünün yüklenmenin yüksek olduğu durumlarda fark mevcuttur.

Bu durumda CAF daha düşük temin süresi sağlar.

Değişkenlik katsayısının 0,5 ve 1 olduğu durumlarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 5.13’de tüm sonuçlar bir diyagramda ifade edilmiştir. Fakat

değişkenlik arttıkça yukarıda sıralanan sonuçların daha belirgin hale geldiği söylenebilir.



Şekil 5.13 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi için deney sonuçları.

Tüm deney sonuçları Ek B.'de sunulmuştur.

5.6 Sonuç

Tez kapsamında geliştirilen takım esaslı melez proje kontrol sistemi, gerçek bir ürün geliştirme sistemi aracılığıyla sınanmıştır. Metodolojinin tüm adımları detaylarıyla açıklanmış, tasarlanan sistem ve mevcut sistem benzetim modeliyle karşılaştırılmıştır. Başta yetkinliklerin geliştirilmesi olmak üzere, aksiyon planında listelenen diğer

aksiyonların yerine getirilmesiyle ürün geliştirme süresinin çarpıcı şekilde düşürülebileceği görülmüştür.

Bu uygulama neticesinde yöntemle ilgili aşağıda listelenen sonuçlara ulaşılmıştır.

- Uygulama fikirden, imalata tüm ürün geliştirme süreçlerini kapsamaktadır. Önerilen yöntemin bu ölçekte, çok farklı niteliklere sahip süreçlere sahip bir geliştirme sisteminin planlı dönüşümünü gerçekleştirmek için uygun olduğu görülmüştür.
- Uygulamada ürün geliştirme organizasyonu dışı kaynakların kullanılması sözkonusudur. Kümeleme sonucu elde edilen küme yapısı uygun şekilde bölünerek, yöntemin bu duruma uyarlanabildiği görülmüştür.
- Ürün geliştirme organizasyonu dışı kaynaklar tarafından yürütülen süreçlerde kanban sistemine entegre edilmiş ve akış kanban panosunda görselleştirilmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, önerilen yöntemin uygulama sahasının incelenen organizasyondan daha geniş olabildiği görülmüştür.
- Süreç sürelerinin değişkenliği sebebiyle, ROT yöntemi yerine değişkenliği temel dikkate alan CAF yönteminin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

6. ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİNDE UYGULAMA: BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜ

Tez kapsamında önerilen yalın ilkelere dayalı takım esaslı melez proje kontrol sistemi, geniş ölçekli bir endüstriyel uygulama kullanılarak da sınanacaktır. Bu bölümde, bir beyaz eşya ürün geliştirme sistemi incelenmiştir. Önceki uygulamayla kıyaslandığında, bu sistem daha fazla sürece ve çalışana sahip, daha karmaşık bir sistemdir. Ayrıca önceki uygulamadan farklı olarak, hiyerarşik yapıdaki ürün geliştirme sisteminin bir alt bölümüne de odaklanılacaktır. Odaklanılan doğrulama testleri bölümünün seçimi, genel akışla ilişkili olarak açıklanacaktır.

Önerilen metodolojinin ilk aşaması olan mevcut durum analizi aşaması tüm ürün geliştirme sistemi için uygulanmıştır. Daha sonra sistemin bir alt parçası olan doğrulama testleri seçilerek, mevcut durum analizi bu alt parça için tekrarlanmıştır. Doğrulama testleri akışı, ölçek olarak önceki bölümde sunulan ofis mobilyaları geliştirme sisteminden daha büyüktür ve ondan farklı olarak sadece bilgi akışını değil, sistem boyunca malzeme akışını da içerdiğinden daha karmaşıktır. Ayrıca, metodolojinin, doğrulama testleri değer akışına uygulanmasıyla, benzer süreçlere sahip pek çok ArGe sistemi için de örnek bir yol haritası oluşturulmuştur.

6.1 Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi mevcut durum analizi

İncelenen organizasyon, bir beyaz eşya ürünü için Ar-Ge ve ürün geliştirme süreçlerini yürütmektedir. Organizasyonun temel odağı, katma değeri yüksek, şirket ana iş hedeflerine hizmet edecek projelerin seçimi ve bu projelerin planlara uygun şekilde tamamlanmasıdır. Şirket stratejileri ile entegre edilen Ar-Ge süreçleri “Uzun Vadeli Planları” hazırlanması sürecinde projelere dönüştürülür. Böylelikle projelerle şirket uzun dönemli hedefleri ile ilişki kurulur. Şirketin stratejik planına uygun olarak tespit edilen yıllık hedefleri “Hedef Yayılım” süreci içinde üst yönetimden Ar-Ge personeline kadar hedeflerin birbirleri ile ilişkileri korunarak ve sorumluluk alanları içinde kalacak şekilde yaygınlaştırılır. Şirket Uzun Vadeli Planları (Ürün ve Teknoloji

Yol Haritaları), orta vade için hedef pazar ve ürünleri de içerecek şekilde projeler listesi ve gerekli kaynakları kapsar. Ar-Ge projelerindeki yenilik unsurları, ürün özellikleri bu süreç içinde ortaya konulur. Bu dokümanların hazırlanmasına tüm ilgili birimler katılır: (i) Satış – Pazarlama – Ürün Planlama grupları pazar ve müşteri beklentileri ile çalışılacak konuların önceliklerini belirler ve (ii) Ar-Ge Bölümleri teknolojik gelişmeler ile çözüm yollarını, projeleri ve gerekli kaynakları belirler. Organizasyonda eş zamanlı çok sayıda proje yürütülmektedir. Bu projeler aynı ekipler tarafından tamamlanmaktadır. Eş zamanlı çoklu projeler kaynak ve zaman yönetimini zorlaştırmaktadır. Proje tamamlanma süreleri bu karmaşıklık nedeniyle hedeflenenden daha uzun sürebilmektedir. Tez kapsamında önerilen yalın ilklere dayalı melez proje kontrol sisteminin kullanılmasıyla proje tamamlanma sürelerinin düşürülmesi hedeflenmektedir.

6.1.1 Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi elemanlarının tanımlanması

Beyaz eşya ürün geliştirme sisteminde akış, yönetimden gelen yeni ürün geliştirme talebiyle başlar ve seri üretim sonrası proje kapanışıyla son bulur. Yönetim; sistemin hem müşterisi, hem de tedarikçisidir. Üretim de doğrudan proje bilgilerini kullandığı için sistemin müşterisidir. Bunlar dışında farklı birimler ürün geliştirme organizasyonu dışından sisteme katkı sağlar. Çizelge 6.1’de ürün geliştirme sürecine katkı sağlayan ArGe organizasyonu dışındaki birimler listelenmiştir. Bu birimlerden özellikle genel müdürlük, yönetim, tasarım ve tedarikçiler farklı noktalarda çeşitli seferler müdahalede bulunurlar. Önceki bölümde sunulan vakadan farklı olarak bu sistemde ürün geliştirme organizasyonu dışından birimler doğrudan bazı ürün geliştirme süreçlerini de tetikleyebilir. Hatta bir ürün geliştirme süreci doğrudan ürün geliştirme organizasyonu dışından bir birimin etkisine ihtiyaç duyabilir.

Çizelge 6.1 : ArGe organizasyonu dışında beyaz eşya ürün geliştirme sürecine katkı sağlayan ürün geliştirme organizasyonu dışı birimler.

1	Genel Müdürlük	7	Tasarım
2	Yönetim	8	Tedarikçi
3	Merkez Araştırma Birimi	9	Enstitü
4	Satınalma	10	Lojistik birimi
5	Satış	11	Planlama
6	Finans	12	İmalat

Farklı adımlarda proje ilerleyişini kontrol etmek amacıyla kilometre taşları ve onaylar mevcuttur. Kilometre taşları değer akışı haritasında gösterilecek ve açıklanacaktır.

6.1.2 Beyaz eşya ürün geliştirme süreçlerinin tanımlanması

Sistem çalışanlarıyla yapılan görüşmelerde ve geçmiş proje kayıtlarının incelenmesi sonucunda süreç listesi hazırlanmıştır. Bu listede süreçler akışın kesintiye uğradığı noktalara odaklanarak bölünerek yazılmıştır. Bu adımda hazırlanan süreç listesi ileriki aşamalarda yeniden gözden geçirilerek Çizelge 6.2’de verilen nihai liste oluşturulmuştur. İleriki aşamalarda kullanmak üzere süreçler kodlanmış ve kodlar da çizelgede verilmiştir.

Çizelge 6.2 : Beyaz eşya ürün geliştirme süreçleri

Süreç Kodu	Süreç	Süreç Kodu	Süreç
A01	Ürün parametreleri belirleme	A26	Resim yayını
A02	Ön fizibilite - test	A27	Teklif talebi oluşturma
A03	Ön fizibilite - tasarım	A28	Alternatif değerlendirme
A04	Doğrulama	A29	Üretim ön hazırlık
A05	Değerlendirme	A30	Kalıp kabul
A06	Yatırım değerlendirme	A31	Pilot üretim
A07	Maliyet fizibilitesi hazırlama	A32	Ürün doğrulama
A08	Teknik yeterlilik değerlendirme	A33	Üretim kurulum
A09	Proje talebi değerlendirme	A34	Varyant listeleme
A10	Proje ekibi seçimi	A35	Ürün ağacı hazırlama
A11	Proje lideri ve çalışanlarının atanması	A36	Deneme üretimi
A12	Planlama	A37	Kalite kabul testleri
A13	Proje dosyası hazırlama	A38	Servis dökümanı hazırlama
A14	ARGE yönetimi - değerlendirme	A39	Onay testleri
A15	Yönetim - değerlendirme	A40	Saha testi
A16	Elektronik kart tasarımı	A41	Kullanıcı kılavuzu hazırlama
A17	Sistem dokümanlarının hazırlanması	A42	Servis eğitim malzemeleri hazırlama
A18	Parça geliştirme	A43	Servis eğitimi
A19	Prototip	A44	Kalite enstitü onayları
A20	Malzeme testleri	A45	Tek ürün üretimi
A21	Tasarım fizibilitesi	A46	Tek ürün kontrolü
A22	Yazılımla performans öngörüsü çalışmaları	A47	İlk numune testleri
A23	Elektronik tasarım ve testleri	A48	Seri üretim onayı
A24	Yazılım sunumu	A49	Proje kapanış
A25	Gözden geçirme		

Süreçler ve bağlı bulundukları süreçler Çizelge 6.3’te listelenmiştir.

Çizelge 6.3 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi süreçleri arası ilişkiler.

Süreç	Bağlı bulunduğu süreç
Tanımlama	Değerlendirme, Proje Talep Formu Değerlendirme
Teknik Yapılabilirlik Analizi - Ön Test	Tanımlama
Teknik Yapılabilirlik Analizi - Kavramsal Tasarım	Tanımlama, Teknik Yapılabilirlik Analizi - Ön Test
Teknik Yapılabilirlik Analizi - Doğrulama Testi	Teknik Yapılabilirlik Analizi - Kavramsal Tasarım
Değerlendirme	Teknik Yapılabilirlik Analizi - Kavramsal Tasarım, Teknik Yapılabilirlik Analizi - Doğrulama Testi
Yatırım Maliyeti Analizi	Değerlendirme
Ürün Maliyeti Analizi	Değerlendirme
Teknik Fizibilite (Türev)	Tanımlama
Proje Talep Formu Değerlendirme	Teknik Fizibilite (Türev)
Proje Lideri ve Takımı Belirleme	Proje Talep Formu Değerlendirme
Proje Lideri, Ekibi ve Grup Sorumlularının Belirlenmesi	
Proje Planının Hazırlanması	Proje Lideri ve Takımı Belirleme, Proje Lideri, Ekibi ve Grup Sorumlularının Belirlenmesi
Proje Kitabının Hazırlanması	Proje Lideri, Ekibi ve Grup Sorumlularının Belirlenmesi
ArGe Yöneticisi Değerlendirme	Proje Kitabının Hazırlanması
Yönetim Değerlendirme	Proje Planının Hazırlanması, ArGe Yöneticisi Değerlendirme
Kart Boyutlarının Etüt Edilmesi	Proje Planının Hazırlanması
Sistem ve Yazılım Dokümanlarının Hazırlanması	Proje Planının Hazırlanması
Parça Tasarımı, Yerleşim Tasarımı ve Etüdü, FMEA	Kart Boyutlarının Etüt Edilmesi, Sistem ve Yazılım Dokümanlarının Hazırlanması, Tasarım Üretilebilirlik Değerlendirilmesi, Ürün Doğrulama
Prototipleme, Numune Tedariki, Testler	Proje Planının Hazırlanması
Malzeme ve Komponent Analizi	Parça Tasarımı, Yerleşim Tasarımı ve Etüdü, FMEA, Prototipleme, Numune Tedariki, Testler
Tasarım Üretilebilirlik Değerlendirilmesi	Prototipleme, Numune Tedariki, Testler
Prototip ve Simülatörle Performans Geliştirme ve Tasarım	Proje Planının Hazırlanması, Ürün Doğrulama
Elektronik Tasarım ve Doğrulama Testleri	Prototip ve Simülatörle Performans Geliştirme ve Tasarım
Yazılım Yayınlama	Elektronik Tasarım ve Doğrulama Testleri
Tasarım Gözden Geçirme	Prototipleme, Numune Tedariki, Testler, Malzeme ve Komponent Analizi, Tasarım Üretilebilirlik Değerlendirilmesi, Teamcenter Üzerinde Kalıp ve Ekipman Teklifine Çıkılması
Teknik Resim Yayını	Tasarım Gözden Geçirme

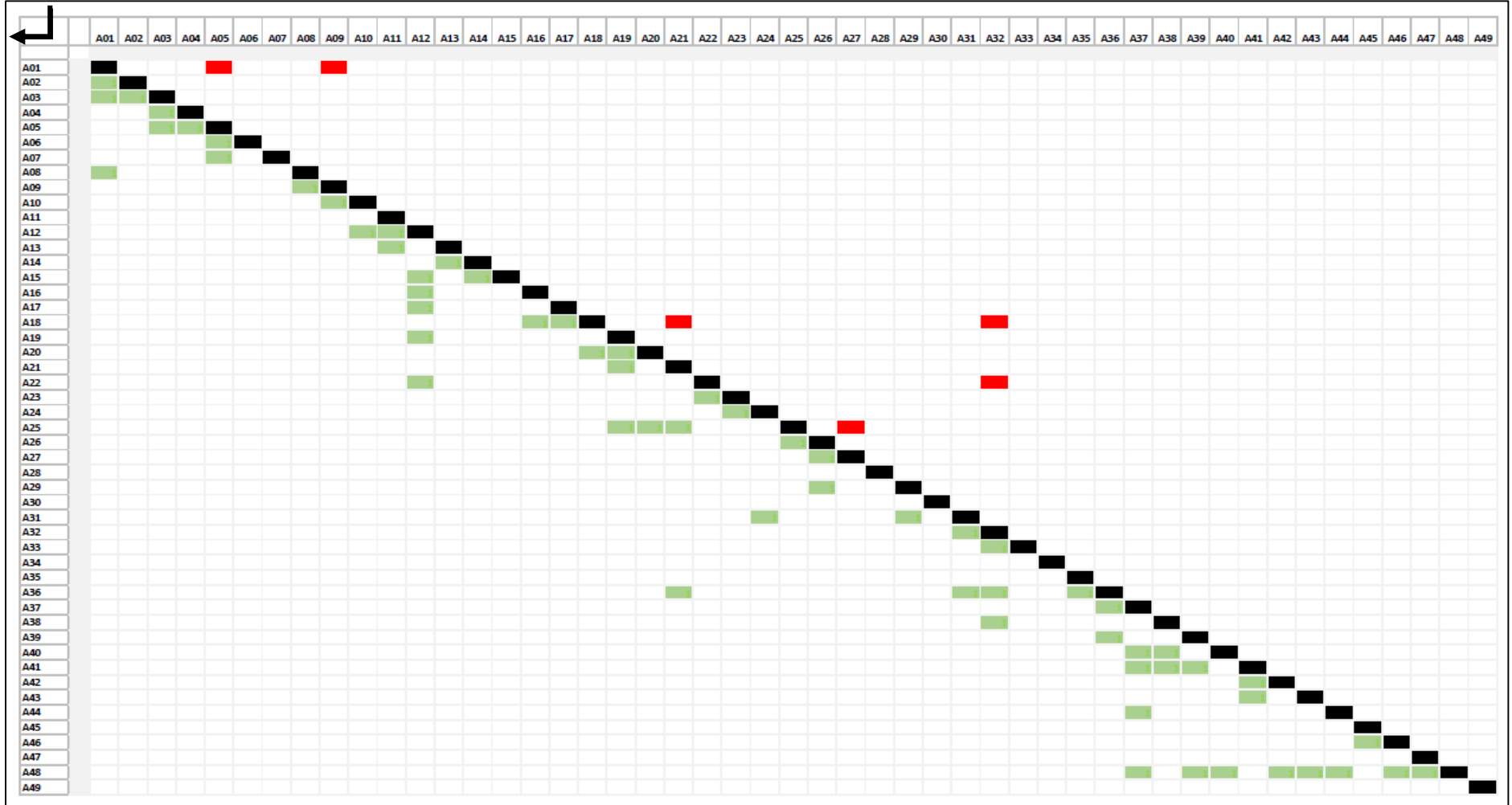
Çizelge 6.3 (devam) : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi süreçler arası ilişkiler .

Süreç	Bağlı bulunduğu süreç
Teamcenter Üzerinde Kalıp ve Ekipman Teklifine Çıkılması	Teknik Resim Yayını
Tekliflerin Değerlendirilmesi	
Pilot Üretim	Yazılım Yayınlama, Deneme Ürün Ağacı Hazırlama
Ürün Doğrulama	Pilot Üretim
Üretim Ekipmanı Kurulumu ve Operasyon Planı Hazırlama	Ürün Doğrulama
Varyant Listesi Belirleme + Değerlendirme	
Ürün Ağacı Hazırlama	
Deneme Üretimi	Tasarım Üretilbilirlik Değerlendirilmesi, Pilot Üretim, Ürün Doğrulama, Ürün Ağacı Hazırlama
Audit Testleri ve Kritik Onay Testleri	Deneme Üretimi
Kılavuz Hazırlama	Ürün Doğrulama
Onay Testleri	Deneme Üretimi
Saha Testi	Audit Testleri ve Kritik Onay Testleri, Kılavuz Hazırlama
Teknik Değerler Tablosu + Variant Kılavuzu Hazırlama	Audit Testleri ve Kritik Onay Testleri, Kılavuz Hazırlama, Onay Testleri
Servis Elkitabı Hazırlama	Teknik Değerler Tablosu + Variant Kılavuzu Hazırlama
Servis Eğitimi	Teknik Değerler Tablosu + Variant Kılavuzu Hazırlama
Dış Kaynak Enstitü Onayları + TSE Onayları + Test ve Dokümantasyon	Audit Testleri ve Kritik Onay Testleri
Tek Ürün Üretimi	
Tek Ürün Kontrolü	Tek Ürün Üretimi
İlk Numune Kabul Süreci	
Seri Üretim Onayı	Audit Testleri ve Kritik Onay Testleri, Onay Testleri, Saha Testi, Servis Elkitabı Hazırlama, Servis Eğitimi, Dış Kaynak Enstitü Onayları + TSE Onayları + Test ve Dokümantasyon, Tek Ürün Kontrolü, İlk Numune Kabul Süreci
Proje Kapanış	

Listelenen süreçler içinde başka bir ürün geliştirme sürecine bağlı olmayan süreçler demecuttur. Bu süreçler, doğrudan ürün geliştirme organizasyonu dışı süreçler tarafından tetiklenir.

6.1.3 Beyaz eşya ürün geliştirme süreç ilişkilerinin tasarım yapı matrisiyle görselleştirilmesi

Mevcut durum analizinin bu adımımda, süreçler arası ilişkiler başlangıç tasarım yapı matrisi (TYM₀) kullanarak görselleştirilmiş ve Şekil 6.1’de sunulmuştur.



Şekil 6.1 : Beyaz eşya ürün geliştirme sisteminde sadece ArGe organizasyonu süreçleri için başlangıç tasarım yapı matrisi (TYM₀) .

Matris boyutlarının büyük olması nedeniyle süreçler arası ilişkiler rakamlarla değil, renk kodlarıyla gösterilmiştir. Diagonal altındaki ileri yönlü ilişkiler yeşil renkle, matrisin üstünde kalan geri yönlü ilişkiler kırmızı renkle gösterilmiştir. TYM_0 incelendiğinde tüm matrisin doluluk oranının %3 olduğu görülür. Tüm hareketlerin yaklaşık %9'u geri yönlüdür.

Ürün geliştirme akışını tasarım yapı matrisiyle tam olarak ifade edebilmek için ürün geliştirme organizasyonu dışı süreçlerin de tasarım yapı matrisiyle ifade edilmesi gerekir. Şekil 6.2'de genişletilmiş başlangıç tasarım yapı matrisi TYM_0' sunulmuştur. TYM_0' 'da sarı renkli işaretler ArGe organizasyonu dışından tetiklenen süreçleri ifade etmektedir. Pembe renkle işaretlenen hücreler, birbirini tetikleyen ArGe organizasyonu dışı birimleri ifade eder. Koyu kırmızı işaretli hücreler ise, ArGe organizasyonu dışı birimlerin dahil olduğu geri yönlü hareketleri göstermektedir.

TYM_0' incelendiğinde matrisin %5 oranında dolu olduğu görülür. Toplam 124 dolu hücre, 124 ilişkiyi temsil eder. Bu ilişkilerin yaklaşık yarısı, 56 hücre, ArGe organizasyonu dışı süreçlerle ilişkilidir.

6.1.4 Ürün geliştirme süreçleri süre ve eşzamanlı çalışan parametrelerinin belirlenmesi

Ürün geliştirme süreçleri süreleri ve ihtiyaç duyulan çalışan sayıları Çizelge 6.4'te verilmiştir. Süreç süreleri ve çalışan sayıları proje karmaşıklığına bağlı olarak değişebildiğinden parametreler minimum ve maksimum değerleriyle tanımlanmıştır.

Çizelge 6.4 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi süreç süreleri ve kaynaklar.

Süreçler		Süreç Süresi (saat)		Çalışan sayısı	
		min	maks	min	maks
A01	Ürün parametreleri belirleme	17	34	11	11
A02	Ön fizibilite - test	1,7	102	5	9
A03	Ön fizibilite - tasarım	306	612	11	23
A04	Doğrulama	76,5	153	5	15
A05	Değerlendirme	3,4	13,6	11	11
A06	Yatırım değerlendirme	6,8	13,6	11	11
A07	Maliyet fizibilitesi hazırlama	6,8	13,6	15	15
A08	Teknik yeterlilik değerlendirme	8,5	59,5	3	5
A09	Proje talebi değerlendirme	1,7	5,1	3	6
A10	Proje ekibi seçimi	0,34	0,34	6	9
A11	Proje lideri ve çalışanlarının atanması	3,4	5,1	8	15
A12	Planlama	1,7	51	2	2
A13	Proje dosyası hazırlama	34	59,5	5	11
A14	ARGE yönetimi - değerlendirme	3,4	6,8	2	2
A15	Yönetim - değerlendirme	0,85	1,7	2	2
A16	Elektronik kart tasarımı	68	68	11	11
A17	Sistem dokümanlarının hazırlanması	3,4	119	3	6
A18	Parça geliştirme	153	612	8	30
A19	Prototip	102	306	6	11
A20	Malzeme testleri	34	306	3	8
A21	Tasarım fizibilitesi	3,4	45,9	8	15
A22	Yazılımla performans öngörüsü çalışmaları	25,5	42,5	3	6
A23	Elektronik tasarım ve testleri	102	153	9	12
A24	Yazılım sunumu	1,7	15,3	9	12
A25	Gözden geçirme	6,8	27,2	15	45
A26	Resim yayını	68	306	3	9
A27	Teklif talebi oluşturma	20,4	40,8	3	9
A28	Alternatif değerlendirme	6,8	13,6	3	15
A29	Üretim ön hazırlık	13,6	13,6	8	8
A30	Kalıp kabul	102	204	11	11
A31	Pilot üretim	1,7	6,8	6	9

Çizelge 6.4 (devam) : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi süreç süreleri ve kaynaklar.

Süreçler		Süreç Süresi (saat)		Çalışan sayısı	
		<i>min</i>	<i>maks</i>	<i>min</i>	<i>maks</i>
A32	Ürün doğrulama	153	382,5	9	30
A33	Üretim kurulum	34	306	6	9
A34	Varyant listeleme	1,7	3,4	8	9
A35	Ürün ağacı hazırlama	13,6	13,6	8	8
A36	Deneme üretimi	1,7	3,4	6	9
A37	Kalite kabul testleri	25,5	34	6	12
A38	Servis dökümanı hazırlama	45,9	45,9	5	5
A39	Onay testleri	76,5	229,5	6	6
A40	Saha testi	612	918	5	5
A41	Kullanıcı kılavuzu hazırlama	3,4	3,4	3	3
A42	Servis eğitim malzemeleri hazırlama	13,6	13,6	3	3
A43	Servis eğitimi	5,1	10,2	3	5
A44	Kalite enstitü onayları	25,5	51	5	8
A45	Tek ürün üretimi	1,7	25,5	2	2
A46	Tek ürün kontrolü	17	25,5	2	2
A47	İlk numune testleri	51	102	11	11
A48	Seri üretim onayı	8,5	25,5	3	5
A49	Proje kapanış	5,1	5,1	6	8

6.1.5 Ürün geliştirme sistemi mevcut durum değer akış haritası

Mevcut durum değer akışı haritasını hazırlama aşamasında ilk olarak ürün geliştirme sistemi çalışanlarına yalın düşünce ve değer akışı haritalandırma konusunda eğitimler verildi. Çalışmalar için kurulan oobeya alanında katılımlı olarak değer akışı haritalandırma çalışmaları Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te görüldüğü gibi yapıldı.

Haritanın oluşturulmasında ürün geliştirme organizasyonunun farklı birimlerinden katılımcılar katkı sağlamış ve haritanın oluşturulması 6 seans sürmüştür. Sayım öncesi de harita değerlendirilerek revizyonlar yapılmıştır. Her aşamada harita MS Visio programı kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır fakat veri toplama, değerlendirme ve haritalandırma için yapışkanlı kartlar ve pano kullanılmıştır. Haritanın okunabilecek şekilde basılı hali yaklaşık 4 metre uzunluğunda ve 1 metre genişliğindedir. Şekil 6.5'te oobeya alanında sergilenen haritanın görüntüsü ve değer akışının basitleştirilmiş hali sunulmuştur.

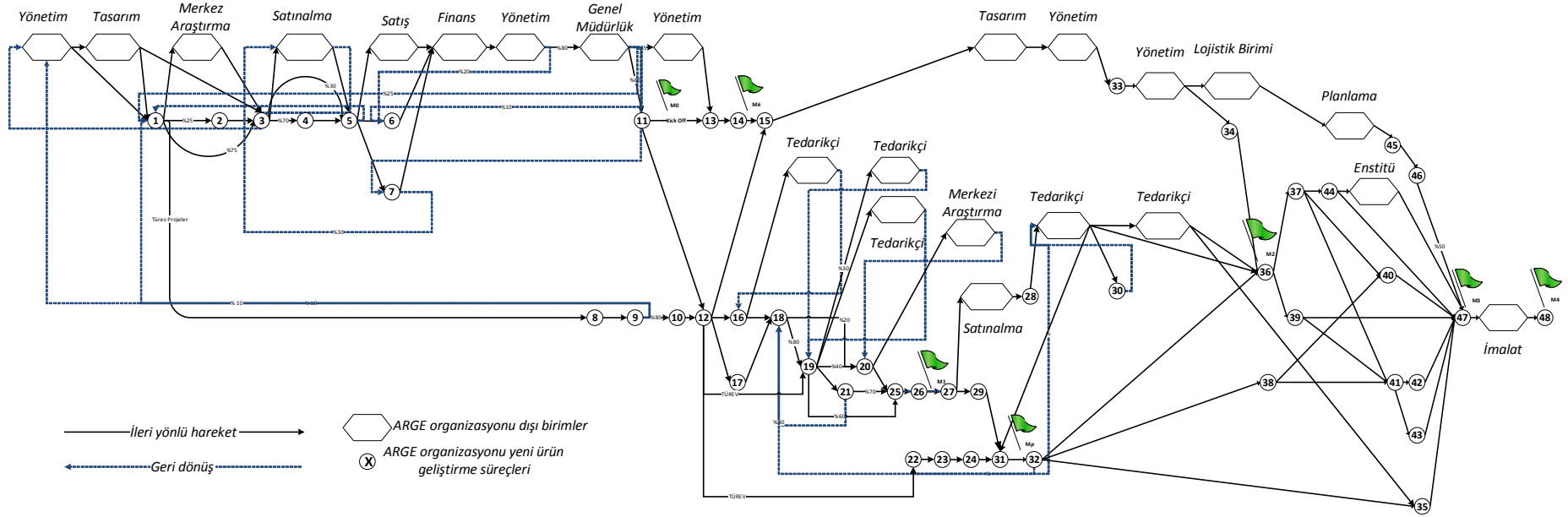
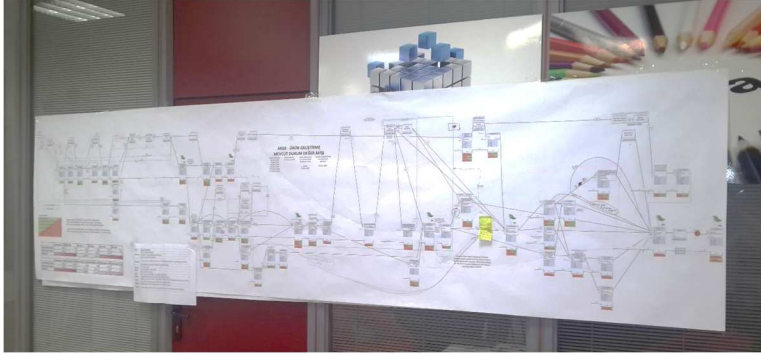


Şekil 6.3 : Beyaz eşya ürün geliştirme sisteminde değer akışı haritalandırma çalışmalarından görüntüler -1.



Şekil 6.4 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi değer akışı haritalandırma çalışmalarından görüntüler -2.

EK D’de Değer Akışı Haritası sunulmuştur.



Şekil 6.5 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi değer akışı haritası temel olarak hazırlanan ağ diyagramı.

Değer akışı alt bölümlere ayrılarak da incelenebilir. Kilometre taşları dikkate alarak yapılan bölümlendirme Çizelge 6.5’te verilmiştir.

Çizelge 6.5 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi değer akışı bölümleri.

Kodlama	Değer akışı bölümü
tanımlama - M₀	Ürün parametreleri belirleme sürecinden proje lideri ve çalışanlarının atanması sürecine kadar
M₀- M_k	Proje lideri ve çalışanlarının atanmasının ardından, yönetim-değerlendirme aşamasına kadar
M₀ -M₁	Proje lideri ve çalışanlarının atanmasının ardından, planlama sürecinden gözden geçirme sürecinin tamamlanmasına kadar
M₁- M₂	Gözden geçirme sürecinden, resim yayınından deneme üretiminin tamamlanmasına kadar
M₂- M₃	Deneme üretiminin ardından, resim yayınından seri üretim onayı verilene kadar
M₃- M₄	Seri üretim onayının ardından, üretimden projenin kapanışına kadar

Temin süresi ve toplam çevrim süresi her bölüm için hesaplanarak Çizelge 6.6’da sunulmuştur. Bu temin süresi değerleri, değer akışı haritasında yer alan tüm süreçlerden geçen bir proje esas alınarak hesaplanmıştır. Fiili durumda, projenin niteliğine göre, proje ekibinin inisiyatifıyla bazı süreçlerin atlanması ve temin süresinin kısılması mümkündür. Bu açıdan, tüm projeler için bu temin süresinin geçerli olmadığı ve daha kısa sürede tamamlanan benzer nitelikte projeler bulunduğu da gözönünde bulundurulmalıdır.

Çizelge 6.6 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi bölümleri temin süresi ve süreç süresi değerleri.

	tanımlama - M ₀	M ₀ - M _k	M ₀ -M ₁	M ₁ - M ₂	M ₂ - M ₃	M ₃ - M ₄
Temin Süresi (gün)	356,15	137,7	365,5	243,1	262,65	89,25
Süreç Süresi (saat)	682,55	74,8	1106,7	762,45	408,85	22,1
ORAN (%)	21,29%	6,04%	33,64%	34,85%	17,30%	2,75%

Ürün parametreleri belirleme sürecinden proje lideri ve çalışanlarının atanması sürecine kadar olan (**tanımlama - M₀**) süreçlerinin yalınlık oranı %21’dir. Burada ürün ön geliştirme süreçleri ve fizibilite çalışmaları mevcuttur ve diğer bölümlerle karşılaştırıldığında yalınlık oranı görece yüksektir. Proje lideri ve çalışanlarının atanmasının ardından, yönetim-değerlendirme aşamasına kadar (**M₀- M_k**) süreçlerin

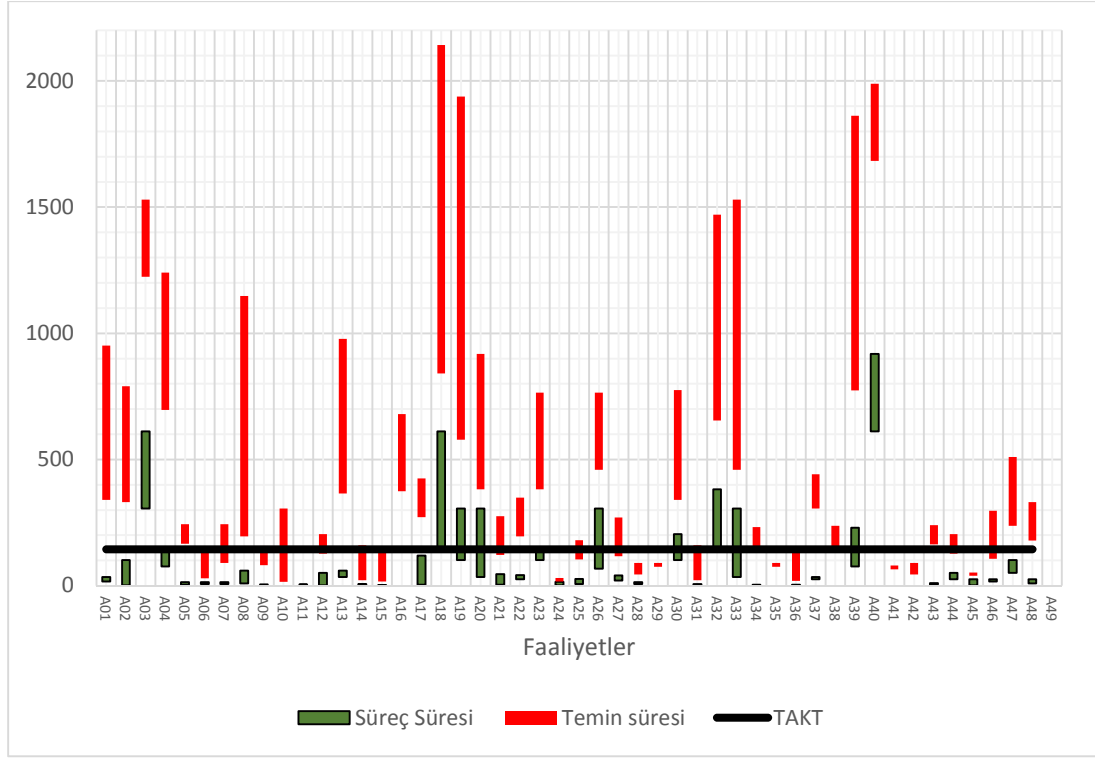
yalınlık oranı düşüktür fakat bu süreçler ana geliştirme sürecine paralel ilerlediğinden doğrudan ürün geliştirme kritik yolu üzerinde değildir. Proje lideri ve çalışanlarının atanmasının ardından, planlama sürecinden gözden geçirme sürecinin tamamlanmasına kadar olan (**M₀- M₁**) süreçlerin ve gözden geçirme sürecinden, resim yayınından deneme üretiminin tamamlanmasına kadar olan (**M₁- M₂**) süreçlerin yalınlık oranı görece yüksektir. Son aşama olan seri üretim onayının ardından, üretimden projenin kapanışına kadar olan (**M₃- M₄**) süreçlerin yalınlık oranı düşüktür. Seri üretimin başlamasının ardından proje kapanışı daha önceden belirlenen bir süre boyunca beklenmesi bu değer akışı bölümünün yalınlık oranının düşük olmasına sebep olur. Tüm bölümler içinde en dikkat çekici olan deneme üretiminin ardından, resim yayınından seri üretim onayı verilene kadar olan (**M₂- M₃**) süreçlerdir. Bu süreçlerin yalınlık oranı düşüktür ve müşteriye en yakın bölüm olduğu için, bu bölümde yapılan iyileştirmeler doğrudan müşteriye yansıtılabilir.

Çizelge 6.7.'de tüm akış dikkate alınarak hesaplanan temin süresi ve süreç süresi kademeli olarak verilmiştir.

Çizelge 6.7 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi temin süresi ve süreç süresi.

	Tanım. - M₀	Tanım.- M_k	Tanım.- M₁	Tanım.- M₂	Tanım.- M₃	Tanım.- M₄
Temin Süresi (gün)	356,15	493,85	722,5	965,6	1228,25	1317,5
Süreç Süresi (saat)	682,55	757,35	1789,25	2552,55	2959,7	2981,8
ORAN (%)	21,29%	17,04%	27,52%	29,37%	26,77%	25,15%

Değer akışını değerlendirmek amacıyla sistemin takt süresi hesaplanarak süreç süreleri ve temin süreleriyle karşılaştırılmıştır. Sistemin takt süresi mevcut 2160 saat, 15 orta ölçekli projeye oranlanarak, takt süresi 144 saat/proje hesaplanmıştır. Şekil 6.6'da verilen grafikte her sürecin süreç süresi minimum ve maksimum değerleri, temin süresi minimum ve maksimum değerleri takt süresiyle karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.6 : Beyaz eşya ürün geliştirme süreçleri temin ve süreç süre değişkenlik aralıklarının takt süresiyle karşılaştırılması.

6.2 Doğrulama testleri mevcut durum analizi

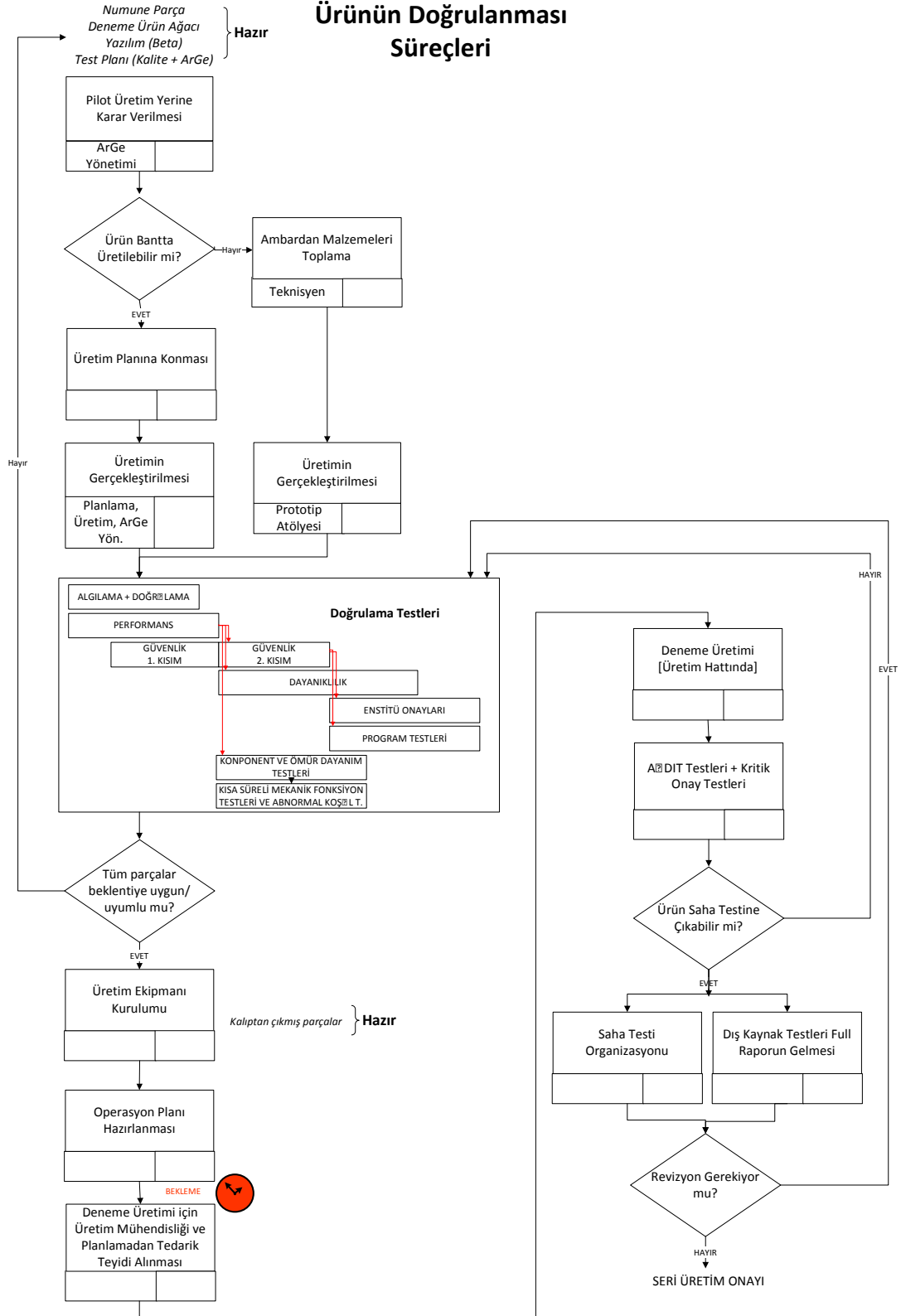
Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi değerlendirilerek, değer akışının bir parçasına odaklanılmasına ve iyileştirme çalışmalarının kademeli olarak diğer parçalara yayılmasına karar verilmiştir. Çizelge 6.6 ve Çizelge 6.7’de verilen parçalar içerisinde deneme üretiminden seri üretim onayına kadar olan süreçleri kapsayan parça, iki nedenden dolayı seçilmiştir; (i) temin süresi süreç süresi oranı düşüktür, dolayısıyla iyileştirme potansiyeli yüksektir, (ii) müşteriye yakın olduğu için etkisi doğrudan müşteriye yansıtılabilir.

Tez kapsamında önerilen yalın ilkelere dayalı takım esaslı melez proje kontrol sistemi metodolojisi, ilk aşamadan itibaren doğrulama testleri değer akışına uygulanacaktır.

6.2.1 Ürün doğrulama sistem elemanlarının tanımlanması

Beyaz eşya ürün geliştirme sisteminin *Pilot Üretim (A31)*, *Ürün Doğrulama (A32)*, *Deneme Üretimi (A36)*, *Kalite Kabul Testleri (A37)*, *Onay Testleri (A39)*, *Saha Testi (A40)* *Kalite Enstitü Onayları (A44)*, *İlk Numune Testleri (A47)* süreçlerine odaklanılacaktır. Bu süreç grubu ürün doğrulama değer akışı olarak adlandırılabilir.

Bu aşamadan sonra seri imalata geçildiği için, sistemin müşterisi imalat birimidir. Bu aşamaya kadar projeyi yürüten proje ekibi, bu aşamada test talepleri oluşturarak projeyi geçici olarak laboratuvarlara devreder. Dolayısıyla sistemin tedarikçisi proje ekibidir. Süreçleri daha iyi değerlendirmek amacıyla ilk olarak akış diyagramı hazırlanmıştır. Şekil 6.7’de verilen süreç akış diyagramında da görülebileceği üzere doğrulama testleri sürecinin daha detaylı olarak incelenmesi gerekir. Tasarım yapı matrisi ve değer akışı haritasıyla test süreçleri incelenecek ve değerlendirilecektir. Sistemde dört laboratuvar bulunmaktadır. Yıkama Laboratuvarı (LAB-Y); yıkama performansını değerlendirmede kullanılan testleri içerir. Güvenlik Laboratuvarı (LAB-G); ürünün güvenlik şartlarına uygunluğunu değerlendirir. Elektronik Laboratuvarı (LAB-E); üründe kullanılan elektronik sistemleri ve yazılımların uygunluğunu değerlendirir. Dayanım Laboratuvarı (LAB-D); ürünün farklı koşullar altında dayanıklılığını test eder. Manyetik Uygunluk Laboratuvarı (LAB-MU), standartlara göre hazırlanmış ve ürünlerin manyetik uyumluluğunu değerlendiren bir laboratuvardır. Akustik Laboratuvarı (LAB-A), ürünlerin, komponentlerin ve malzemelerin ses düzeylerinin ölçüldüğü laboratuvardır. Bu altı laboratuvara ek olarak Kalite departmanının kontrolünde kalite testlerinin yapıldığı bir laboratuvar da mevcuttur (LAB-K)



Şekil 6.7 : Ürünün doğrulanması iş akış diyagramı.

6.2.2 Ürün doğrulama süreçlerinin tanımlanması

Ürün doğrulama süreçleri bir dizi testten oluşur. Uygulanabilecek test sayısı, ürüne, ürünün hedeflediği pazara ve projenin getirdiği yeni özelliklere göre farklılık gösterebilir. Bir proje için iki yüzden fazla test yapılması mümkün olsa da, temsili orta ölçekli bir projenin için 40 test listelenebilir. Çizelge 6.8.'de temsili orta ölçekli bir projenin testleri ve ilgili laboratuvarlar listelenmiştir.

Çizelge 6.8 : Doğrulama test süreçleri ve ilgili laboratuvarlar.

TEST		Laboratuvar	TEST		Laboratuvar
T1	Denge Testi 1	LAB-E	T21	Yarım Sertifika Testi	LAB-M
T2	Denge Testi 2	LAB-E	T22	Tam Sertifika Testi	LAB-M
T3	Denge Testi 3	LAB-E	T23	Limit Testi	LAB-M
T4	Denge Testi 4	LAB-E	T24	Manyetik Uyum Testi	LAB-MU
T5	Yürüme Testi	LAB-E	T25	Akustik Uyum Testi	LAB -A
T6	Su Testi	LAB-Y	T26	Şartlandırılmış Test 1	LAB-G
T7	Temel Performans Testi	LAB-Y	T27	Şartlandırılmış Test 2	LAB-G
T8	Program Testi 1	LAB-Y	T28	Şartlandırılmış Test 3	LAB-G
T9	Program Testi 2	LAB-Y	T29	Şartlandırılmış Test 4	LAB-G
T10	Hareket Testi	LAB-G	T30	Şartlandırılmış Test 5	LAB-G
T11	Kısa Devre Testi	LAB-G	T31	Şartlandırılmış Test 6	LAB-G
T12	Güvenlik Testi 1	LAB-G	T32	Şartlandırılmış Test 7	LAB-G
T13	Güvenlik Testi 2	LAB-G	T33	Nakliye Testi 1	LAB-M
T14	Tuş Takım Testi	LAB-E	T34	Nakliye Testi 2	LAB-M
T15	Güvenlik Testi 3	LAB-E	T35	Nakliye Testi 3	LAB-M
T16	Zaman Takip Testi	LAB-E	T36	Nakliye Testi 4	LAB-M
T17	Servis Testi	LAB-E	T37	Nakliye Testi 5	LAB-M
T18	Yük Testi	LAB-E	T38	Nakliye Kontrol Testi	LAB-M
T19	Deterjan Testi	LAB-E	T39	Ürün Güvence Testi	KGB
T20	Müşteri Testi	LAB-E	T40	Program Güvence Testi	KGB

Test süreçleri listelenirken, akışın kesintiye uğradığı durumda süreçler ayrıştırılarak yazılmıştır. Test süreçleri arasında doğrusal olmayan karmaşık bir ağ yapısı mevcuttur. Fakat liste hazırlanırken yine de, önceliklere mümkün olduğunca uygun bir sıralama gözetilmiştir. Çizelge 6.8’de, laboratuvar bilgilerinin listelendiği sütun incelendiğinde, temsili orta ölçekli bir projenin laboratuvar akışının karmaşıklığı gözlemlenebilir.

Test süreçleri arasındaki ilişkiler Çizelge 6.9’da verilmiştir.

Çizelge 6.9 : Doğrulama test süreçleri arası ilişki tablosu.

Süreç	Bağlı bulunduğu süreç
Denge Testi 1	Denge Testi 4, Hareket Testi, Yük Testi, Yarım Sertifika Testi, Tam Sertifika Testi, Akustik Uyum Testi, Nakliye Testi 1, Nakliye Testi 2, Nakliye Testi 3, Nakliye Testi 4, Nakliye Testi 5, Nakliye Kontrol Testi
Denge Testi 2	Denge Testi 1
Denge Testi 3	Denge Testi 2, Denge Testi 4
Denge Testi 4	Denge Testi 3
Yürüme Testi	Denge Testi 4, Akustik Uyum Testi
Su Testi	Denge Testi 2, Hareket Testi
Temel Performans Testi	Su Testi, Hareket Testi
Program Testi 1	Temel Performans Testi
Program Testi 2	Temel Performans Testi
Hareket Testi	Program Testi 1, Program Testi 2
Kısa Devre Testi	Hareket Testi
Güvenlik Testi 1	Hareket Testi, Şartlandırılmış Test 1, Şartlandırılmış Test 2, Şartlandırılmış Test 3, Şartlandırılmış Test 4, Şartlandırılmış Test 5, Şartlandırılmış Test 6, Şartlandırılmış Test 7
Güvenlik Testi 2	Hareket Testi, Kısa Devre Testi
Tuş Takım Testi	Yürüme Testi, Program Testi 1, Program Testi 2
Güvenlik Testi 3	Kısa Devre Testi, Güvenlik Testi 1, Tuş Takım Testi
Zaman Takip Testi	Kısa Devre Testi, Güvenlik Testi 1, Güvenlik Testi 3
Servis Testi	Güvenlik Testi 3, Zaman Takip Testi
Yük Testi	Zaman Takip Testi
Deterjan Testi	Zaman Takip Testi
Müşteri Testi	Güvenlik Testi 3
Yarım Sertifika Testi	Denge Testi 2, Hareket Testi
Tam Sertifika Testi	Denge Testi 2, Hareket Testi
Limit Testi	Denge Testi 4, Güvenlik Testi 2, Servis Testi, Yük Testi, Deterjan Testi
Manyetik Uyum Testi	Servis Testi, Yük Testi, Deterjan Testi, Müşteri Testi, Şartlandırılmış Test 1, Şartlandırılmış Test 2, Şartlandırılmış Test 3, Şartlandırılmış Test 4, Şartlandırılmış Test 5, Şartlandırılmış Test 6, Şartlandırılmış Test 7
Akustik Uyum Testi	Temel Performans Testi, Yük Testi, Yarım Sertifika Testi, Tam Sertifika Testi
Şartlandırılmış Test 1	Güvenlik Testi 1
Şartlandırılmış Test 2	Güvenlik Testi 1
Şartlandırılmış Test 3	Güvenlik Testi 1
Şartlandırılmış Test 4	Güvenlik Testi 1
Şartlandırılmış Test 5	Güvenlik Testi 1
Şartlandırılmış Test 6	Güvenlik Testi 1
Şartlandırılmış Test 7	Güvenlik Testi 1

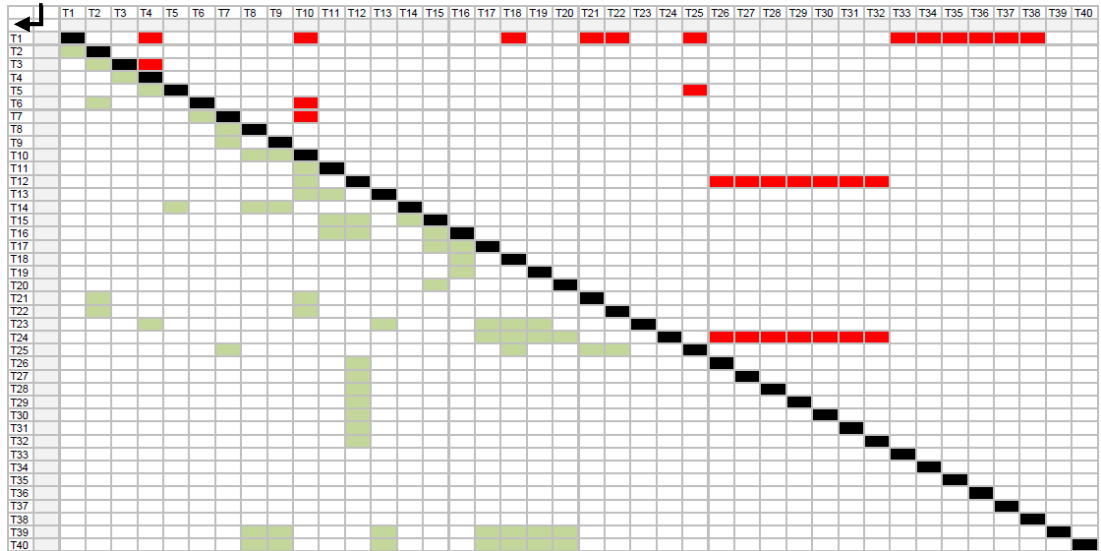
Çizelge 6.9 (devam) : Doğrulama test süreçleri arası ilişki tablosu.

Süreç	Bağlı bulunduğu süreç
Nakliye Testi 1	
Nakliye Testi 2	
Nakliye Testi 3	
Nakliye Testi 4	
Nakliye Testi 5	
Nakliye Kontrol Testi	
Ürün Güvence Testi	Program Testi 1, Program Testi 2, Güvenlik Testi 2, Servis Testi, Yük Testi, Deterjan Testi, Müşteri Testi
Program Güvence Testi	Program Testi 1, Program Testi 2, Güvenlik Testi 2, Servis Testi, Yük Testi, Deterjan Testi, Müşteri Testi

Listelenen test süreçleri içinde başka bir sürece bağlı olmayan süreçler de mevcuttur. Örneğin Nakliye testleri diğer süreçlerden bağımsız olarak gerçekleştirilebilir.

6.2.3 Ürün doğrulama süreç ilişkilerinin tasarım yapı matrisiyle görselleştirilmesi

Doğrulama test süreçleri arasındaki ilişkiler tasarım yapı matrisine aktarılarak renklerle görselleştirilmiş ve Şekil 6.8’de sunulmuştur. İleri yönlü ilişkileri gösteren hücreler yeşil, geri yönlü ilişkileri gösteren hücreler kırmızı işaretlenmiştir. Matriste 96 hücre doludur ve matrisin doluluk oranı %6’dır. Tüm ilişkilerin yaklaşık üçte biri (30 hücre) geri yönlü ilişkilerdir. Geri dönüşlerin özellikle *Denge Testi 1*, *Güvenlik Testi 1* ve *Manyetik Uyum Testi*’ne olduğu görülmektedir.



Şekil 6.8 : Doğrulama test süreçleri için başlangıç yapı matrisi (TYM₀).

6.2.4 Ürün doğrulama süreçleri süre ve çalışan parametrelerinin belirlenmesi

Sistemde işgörenler ve test istasyonları birlikte kullanılır. Her test öncesi işgören makineyi test düzeneğine bağlar ve teste özgü diğer hazırlıkları yapar. Çoğu testte işgörenin tüm test süresi boyunca gözlem yapması gerekmeyebilir. Fakat tüm testlerden sonra test sonuçlarının raporlanarak sisteme yüklenmesi gerekir. Testlerin çoğunluğunda test süresi standarttır fakat bazı testlerde talep içeriğine göre test, hazırlık ve rapor süreleri değişkenlik gösterebilir. Çizelge 6.10’da süreler sunulmuştur. Değişken süreye sahip olan testler için değerler minimum-maksimum olmak üzere aralıklı tanımlanmıştır. Listelenen testlerin tamamında tek işgören yeterlidir ve tamamında test istasyonu kullanılır.

Çizelge 6.10 : Doğrulama testleri, hazırlık, test ve rapor süreleri.

		Hazırlık Süresi	Test Süresi	Rapor süresi
T1	<i>Denge Testi 1</i>	0,9 - 3,4	13,6	0,9
T2	<i>Denge Testi 2</i>	0,9	30,6	1,7
T3	<i>Denge Testi 3</i>	1,1	10,2	1,1
T4	<i>Denge Testi 4</i>	0,9	5,1	0,9
T5	<i>Yürüme Testi</i>	0,9	35,7	1,7
T6	<i>Su Testi</i>	1,7	357	0,9
T7	<i>Temel Performans Testi</i>	1,7	88,4	0,9
T8	<i>Program Testi 1</i>	1,7	63,8	0,9
T9	<i>Program Testi 2</i>	1,7	63,8	0,9
T10	<i>Hareket Testi</i>	3,4	45,9	0,9
T11	<i>Kısa Devre Testi</i>	0,9	1,7	0,9
T12	<i>Güvenlik Testi 1</i>	0,4	0,4	0,9
T13	<i>Güvenlik Testi 2</i>	1,7 - 10,2	51	0,9 - 3,4
T14	<i>Tuş Takım Testi</i>	0,4	3,4	0,9
T15	<i>Güvenlik Testi 3</i>	1,7	51	0,9
T16	<i>Zaman Takip Testi</i>	1,7	54,4	1,7
T17	<i>Servis Testi</i>	1,7 - 5,1	13,6	0,9
T18	<i>Yük Testi</i>	0,9	25,5	0,9
T19	<i>Deterjan Testi</i>	0,9	61,2	0,9
T20	<i>Müşteri Testi</i>	1,7	15878	25,5
T21	<i>Yarım Sertifika Testi</i>	1,7	1020	25,5
T22	<i>Tam Sertifika Testi</i>	1,7	1632	25,5
T23	<i>Limit Testi</i>	1,7	9271	25,5
T24	<i>Manyetik Uyum Testi</i>	1,7	153	1,7
T25	<i>Akustik Uyum Testi</i>	3,4	20,4	0,9
T26	<i>Şartlandırılmış Test 1</i>	40,8	15,3	0,9

Çizelge 6.10 (devam) : Doğrulama testleri, hazırlık, test ve rapor süreleri.

		Hazırlık Süresi	Test Süresi	Rapor süresi
T27	Şartlandırılmış Test 2	1,7	40,8	0,9
T28	Şartlandırılmış Test 3	40,8	163,2	0,9
T29	Şartlandırılmış Test 4	40,8	5,1	0,9
T30	Şartlandırılmış Test 5	40,8	5,1	0,9
T31	Şartlandırılmış Test 6	40,8	40,8	0,9
T32	Şartlandırılmış Test 7	40,8	81,6	0,9
T33	Nakliye Testi 1	1,7	1,7	25,5
T34	Nakliye Testi 2	3,4	1224	25,5
T35	Nakliye Testi 3	1,7	1,7	25,5
T36	Nakliye Testi 4	1,7	1,7	25,5
T37	Nakliye Testi 5	1,7	1,7	25,5
T38	Nakliye Kontrol Testi	1,7	1,7	25,5
T39	Ürün Güvence Testi	1,7	510	1,7
T40	Program Güvence Testi	1,7	255	1,7

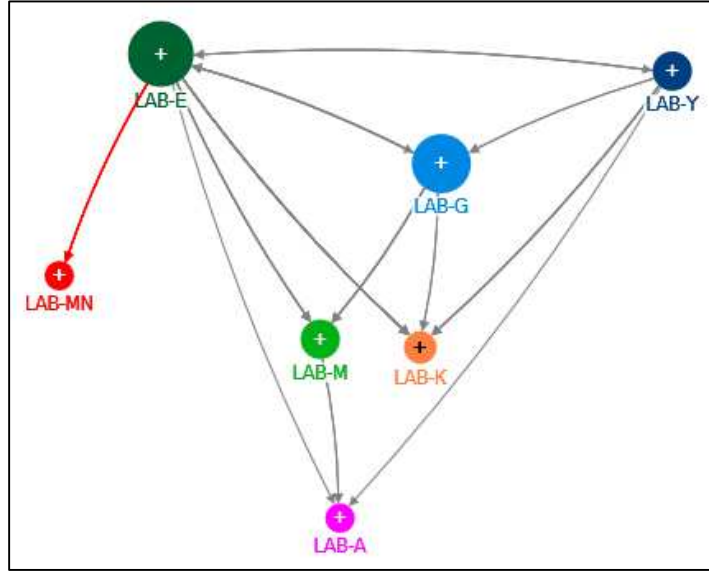
6.2.5 Ürün doğrulama mevcut durum değer akış haritası

Doğrulama testleri değer akışı haritası, test sistemi yöneticilerinin katılımıyla oobeya alanında Şekil 6.9’da da görüldüğü üzere hazırlanmıştır.



Şekil 6.9 : Doğrulama testleri değer akışı haritalandırma çalışmaları.

Bir projenin testleri, sistem boyunca takip edildiğinde, farklı laboratuvarlar arasında Şekil 6.10.’da sunulduğu üzere karmaşık bir akış mevcuttur.



Şekil 6.10 : Doğrulama test laboratuvarları arası akış.

Sistemin karmaşıklığı değer akışının hazırlanması sürecini de güçleştirmiştir. Bu sebepten harita hazırlanırken, değer akışı haritalandırma yönteminin genel kabul görmüş adımlarının dışına çıkılarak aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

- Sık talep edilen testleri içeren temsili bir proje örnek olarak seçilmiş ve test listesi incelenmiştir.
- Temsili proje test listesinde bulunmayan fakat olağan durumda laboratuvar kapasitesini önemli oranda meşgul eden farklı testler listeye eklenmiştir.
- Test parametreleri, laboratuvar yöneticileri ve çalışanlarıyla tartışılarak, geçmiş proje deneyimleri temel alınarak yazılmıştır.
- Listelenen testlerin tamamı yapışkan kağıtlar kullanılarak panoya aktarılmış ve önceliklerine göre dizilmiştir.
- Önceliklendirilmiş testlerin oluşturduğu ağ diyagramı çeşitli seferler değerlendirilmiş ve bu aşamada da farklı testlerin eklenmesiyle genişletilmiştir.
- Tüm test parametreleri eklenerek değer akış haritası oluşturulmuştur.
- Laboratuvardaki tüm istasyonlar ve laboratuvar alanında bekleyen tüm makineler Şekil 6.11'de görüldüğü üzere incelenmiş ve ait oldukları proje bilgisi haritaya işlenmiştir.



Şekil 6.11 : Doğrulama testleri değer akışı haritalandırma süreç içi projelerin laboratuvarlarda sayımı.

- Harita her aşamada MS Visio programı kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır.

Doğrulama testleri değer akış haritası EK E’de sunulmuştur.

Sistemin temin süresi hesaplanırken, sistemin dengede olduğu varsayılmıştır. Takt süresi sistemin hızına eşit kabul edilmiş ve kuyrukların takt süresinin belirlediği tempoda ilerlediği kabul edilerek, Little yasası kullanılarak temin süresi hesaplanmıştır. Sistemde pek çok sürecin paralel işlemesi nedeniyle kritik yol hesaplanarak süreç süresi ve temin süresi karşılaştırılmıştır. Ömür testlerinin süreleri diğer testlerle karşılaştırıldığında çok daha uzun olduğundan, ömür testleri dahil ve hariç olmak üzere kritik yol iki ayrı şekilde incelenmiştir. Temin süresi ve süreç süreleri incelenirken Ürün Güvence Testi (T39) ve Program Güvence Testi (T40) kalite biriminin sorumluluğundaki testler oldukları için değerlendirmeye alınmamıştır.

- Süreç süresi için kritik yol; *Denge Testi 1, Denge Testi 2, Su Testi, Temel Performans Testi, Program Testi 1, Hareket Testi, Kısa Devre Testi, Güvenlik Testi 3* ve
 - o Ömür testleri dahil edildiğinde; *Müşteri Testi,*

- o Ömür testleri ve nakliye testlerinin dahil olmadığı; *Zaman Takip Testi, Deterjan Testi, Manyetik Uyum Testi*
- Temin süresi için kritik yol; *Denge Testi 1, Denge Testi 2, Su Testi, Temel Performans Testi, Program Testi 1, Hareket Testi, Güvenlik Testi 1, Güvenlik Testi 3* ve
 - o Ömür testleri dahil edildiğinde; *Müşteri Testi,*
 - o Ömür testleri ve nakliye testlerinin dahil olmadığı durumda; *Zaman Takip Testi, Yük Testi, Akustik Uyum Testi*

Temin süresi ve süreç süresi kritik yolları arasında sadece bir süreç fark etmektedir. Her durum için kritik yol süresi hesaplanarak aşağıdaki değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 6.11: Doğrulama testleri değer akışı süreç süresi ve temin süresi

	Ömür testleri ve nakliye testleri hariç kritik yol uzunluğu	Ömür testleri dahil kritik yol uzunluğu
Süreç süresi	1017,75 saat	16645,75 saat
Temin Süresi	2338,775 saat	17720,55 saat
Yalınlik oranı	%43	%94

Ömür testlerinin dahil olmadığı durum dikkate alındığında, yalınlik oranının yaklaşık %43 olduğu, dolayısıyla temin süresinin yaklaşık %57 oranında iyileştirilebileceği görülmektedir.

6.3 Tasarım yapı matrisinin yalınlaştırılması

İncelenen beyaz eşya ürün geliştirme sistemi başlangıç tasarım yapı matrisi (TYM₀) bu adımda detaylı incelenecektir. Yeniden işleme süreç çiftleri incelenecek ve yeniden işleme israfını ortadan kaldırma imkanları tartışılacaktır. Toplam akış yoğunluğunu dikkate alarak alternatif sıralamalar karşılaştırılacak ve matris alt parçalara, alt projelere, kümeleme yöntemleri kullanarak bölünecektir. Bu adım, ürün geliştirme hücre yapıları için girdi oluşturur.

6.3.1 Tasarım yapı matrisinin yeniden sıralanması

Başlangıç tasarım yapı matrisinde (TYM₀), aşağıda sıralanan süreç çiftleri arasında geri yönlü akış mevcuttur.

Denge Testi (T1)'e geri yönlü akış;

- *Denge Testi 4 (T4)* sürecinden, *Denge Testi (T1)* sürecine
- *Hareket Testi (T10)* sürecinden, *Denge Testi (T1)* sürecine
- *Yük Testi (T18)* sürecinden, *Denge Testi (T1)* sürecine
- *Yarım Sertifika Testi (T21)* sürecinden, *Denge Testi (T1)* sürecine
- *Tam Sertifika Testi (T22)* sürecinden, *Denge Testi (T1)* sürecine
- *Akustik Uyum Testi (T25)* sürecinden, *Denge Testi (T1)* sürecine
- *Nakliye Testleri (T33, T34, T35, T36, T37, T38)* süreçlerinden, *Denge Testi (T1)* sürecine

Denge testi 1, ürünün yapısında bulunan tüm parçalardan, bu parçaların birbirlerine göre konumlarından etkilenir. Parçaların malzemeleri de ağırlığı etkilediği için dengeyi etkiler. Ürün herhangi bir testte beklenen sonucu vermediğinde, üründe yapısal bir değişiklik gerçekleştirilirse, bu durum yeniden Denge Testi yapılmasını gerektirebilir.

Şartlandırılmış Testlerden (T25, T26, T27, T28, T29, T30, T31, T32) geri yönlü akış;

- *Şartlandırılmış Testlerden (T25, T26, T27, T28, T29, T30, T31, T32), Güvenlik Testi 1 (T12)* sürecine
- *Şartlandırılmış Testlerden (T25, T26, T27, T28, T29, T30, T31, T32), Manyetik Uyum Testi (T24)* sürecine

Şartlandırılmış testlerde ürünler özel çalışma koşullarına tabi tutulurlar. Bu özel koşullarda özellikle elektrik sistemiyle ilgili açıklar veya farklı potansiyel güvenlik ihlalleri fark edilebilir. Bu durumları aşmak için yapılan değişiklikler Güvenlik Testi (T12) ve Manyetik Uyum Testi (T24)'ün tekrarını gerektirebilir.

Hareket Testi (T10) sürecinden geri yönlü akış

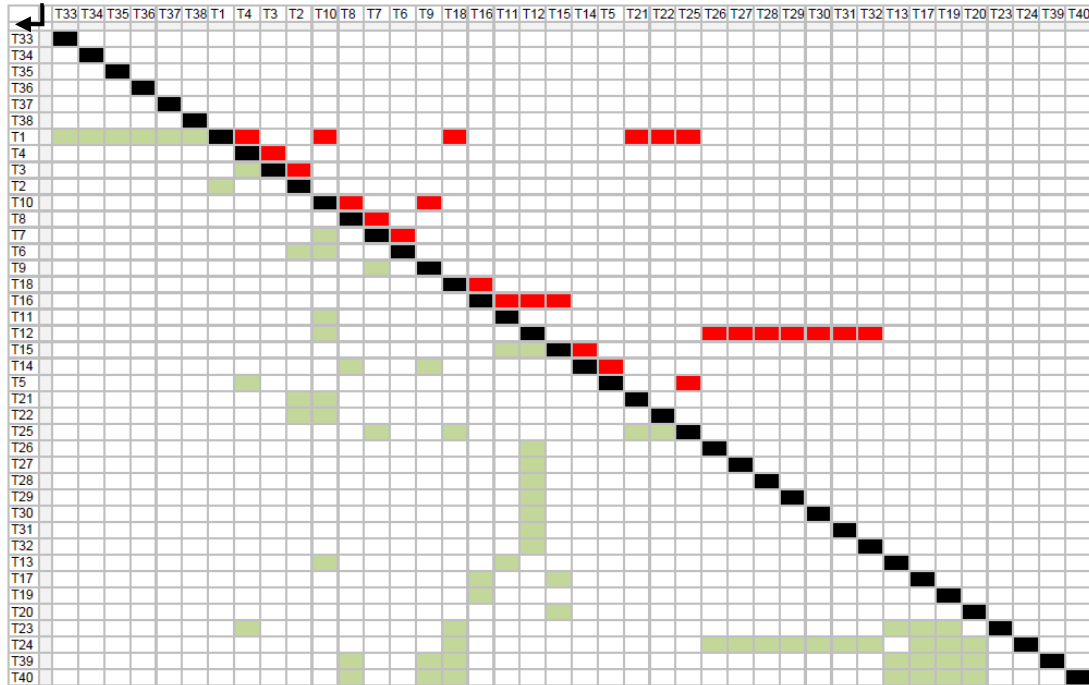
- *Hareket Testi (T10)* sürecinden, *Su Testi (T6)* sürecine
- *Hareket Testi (T10)* sürecinden, *Temel Performans Testi (T7)* sürecine

Hareket testinde mekanik hareketi yaratan alt sistemlerin aktardığı güç yeterli bulunmadığı takdirde parça değişimi gerekebilir. Bu parçalar doğrudan sistemin

performansını ve su kullanımını etkilediğinden bu testlerin tekrar etmesini gerektirebilir.

Ayrıca Denge Testi (T4) sürecinden, Denge Testi (T3) sürecine ve Akustik Uyum Testi (T25) sürecinden, Yürüme Testi (T5) sürecine de geri dönüş mevcuttur. Bu geri dönüş hareketlerinin de doğrudan ortadan kaldırılamayacağı görülmüştür.

Geri dönüşlerin etkisinin daha az olduğu bir yapıya ulaşmak amacıyla TYM_0 , ulaşılabilirlik matrisi yöntemi kullanılarak yeniden sıralanmıştır. Şekil 6.12’de verilen yeniden sıralanmış doğrulama tasarım yapı matrisi (TYM_1) elde edilmiştir. TYM_0 ve TYM_1 karşılaştırıldığında geri dönüş mesafelerinin daha kısa olduğu görülmektedir. Diagonal üstünde yer alan dolu hücrelerin sayısı da 30’dan 26’ya düşmüştür.



Şekil 6.12 : Yeniden sıralanmış doğrulama tasarım yapı matrisi, TYM_1 .

Yeniden sıralamayla elde edilen sonuç TORK değerlerine göre yapılacak karşılaştırmayla incelenecektir. Şekil 6.13 ve Şekil 6.14’te TORK değerleri sunulmuştur.

[illegible]

Şekil 6.13 : Doğrulama testleri başlangıç durumu tasarım yapı matrisi (TYM_0) için değerlendirme.

	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T1	T4	T3	T2	T10	T8	T7	T6	T9	T18	T16	T11	T12	T15	T14	T5	T21	T22	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T13	T17	T19	T20	T23	T24	T39	T40	Geri Yönlü Hareket *Mesafe	İleri Yönlü Hareket	Toplam (2*Geri + 1*İleri)			
T33	■																																									0	0	0		
T34	■	■																																									0	0	0	
T35		■	■																																								0	0	0	
T36			■	■																																							0	0	0	
T37				■	■																																						0	0	0	
T38					■	■																																					0	0	0	
T1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	71	21	163	
T4							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2	0	4
T3							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2	1	5
T2							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	3	3
T10							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	7	0	14
T8							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2	0	4
T7							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2	2	6
T6							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	7	7
T9							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	2	2
T18							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2	0	4
T16							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	9	0	18
T11							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	7	7
T12							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	77	8	162
T15							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2	3	7
T14							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2	15	19
T5							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	4	14	22
T21							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	25	25
T22							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	27	27
T25							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	24	24
T26							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	7	7
T27							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	8	8
T28							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	9	9
T29							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	10	10
T30							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	11	11
T31							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	12	12
T32							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	13	13
T13							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	37	37
T17							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	31	31
T19							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	18	18
T20							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	16	16
T23							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	59	59
T24							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	94	94
T39							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	92	92
T40							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0	99	99
Yeniden Sıralanmış Matris (TYM ₁) Değerlendirme Sonucu																																									182	675	1039			

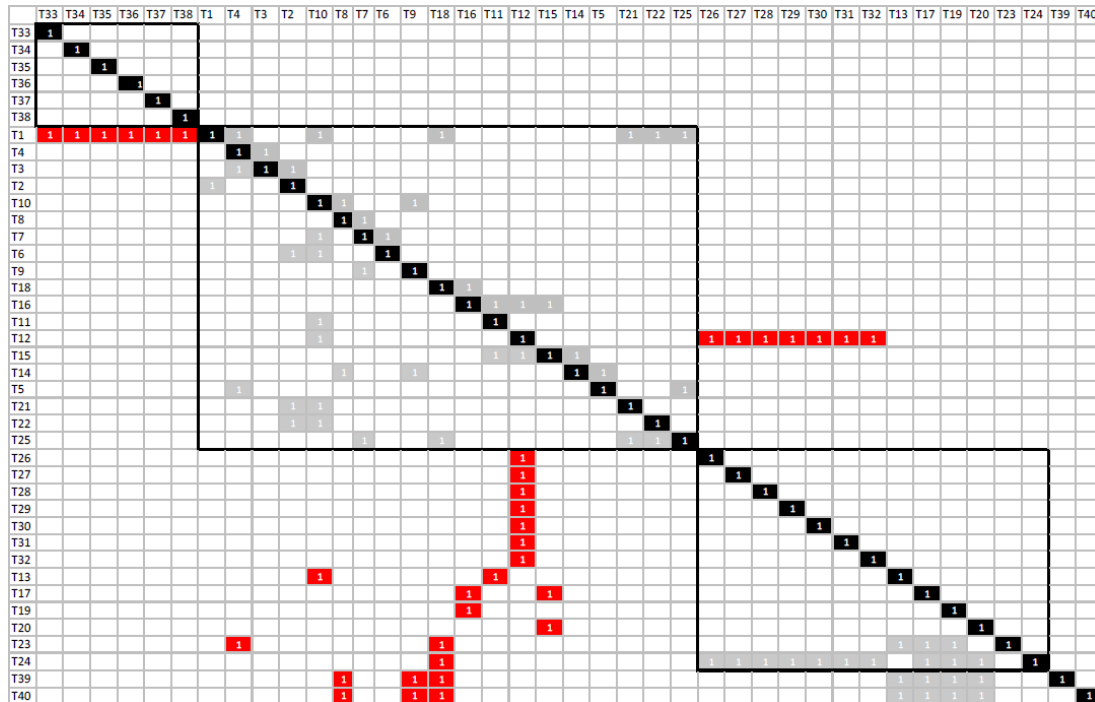
Şekil 6. 14 : Doğrulama testleri yeniden sıralanmış tasarım yapı matrisi (TYM₁) için değerlendirme.

Başlangıç tasarım yapı matrisi ve yeniden sıralanmış tasarım yapı matrisi için akış yoğunluğu değerlendirildiğinde, yeniden sıralanmış matrisin hem ileri yönlü, hem geri yönlü akış açısından daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Dolayısıyla geri dönüşe farklı ağırlık veren TORK hesabına göre de yeniden sıralanmış matris tercih edilmelidir. Sıradaki adımdan itibaren TYM_1 , yeniden sıralanmış tasarım yapı matrisi kullanılacaktır. Yeni sıranın uygulanabilirliği ileriki aşamalarda değerlendirilecektir.

6.3.2 Tasarım yapı matrisinin kümelenmesi

Bu adımda doğrulama testleri tasarım yapı matrisi kümelere ayrılacaktır. Amaç, ileriki aşamalarda oluşturulacak takımlara atanacak süreç gruplarının, test hücrelerinin tespit edilmesidir. Hücreler arasında ters yönlü akış olmamalı, iterasyonlar ve yeniden işlemlerin hücre içinde tamamlanması sağlanmalıdır. Bu sayede yeniden işlemeye neden olan sorunlara ilişkin kök nedenleri tespit edecek sürekli gelişme ortamı yaratılmış olacaktır.

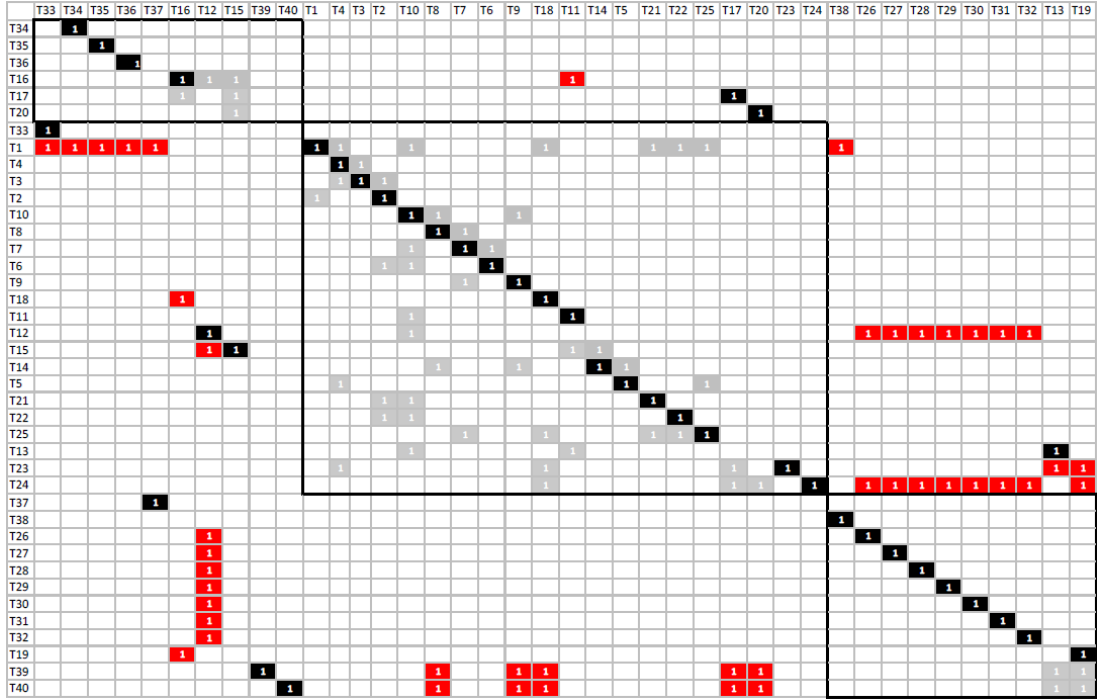
İlk olarak matriste görsel aramayla kümeler tespit edilmeye çalışılmıştır. TYM_1 kullanılarak hazırlanan üç kümeli yapı, TYM_2 Şekil 6.15'te sunulmuştur.



Şekil 6.15 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi için görsel arama uygulanarak elde edilen 3 kümeli yapı (TYM_2).

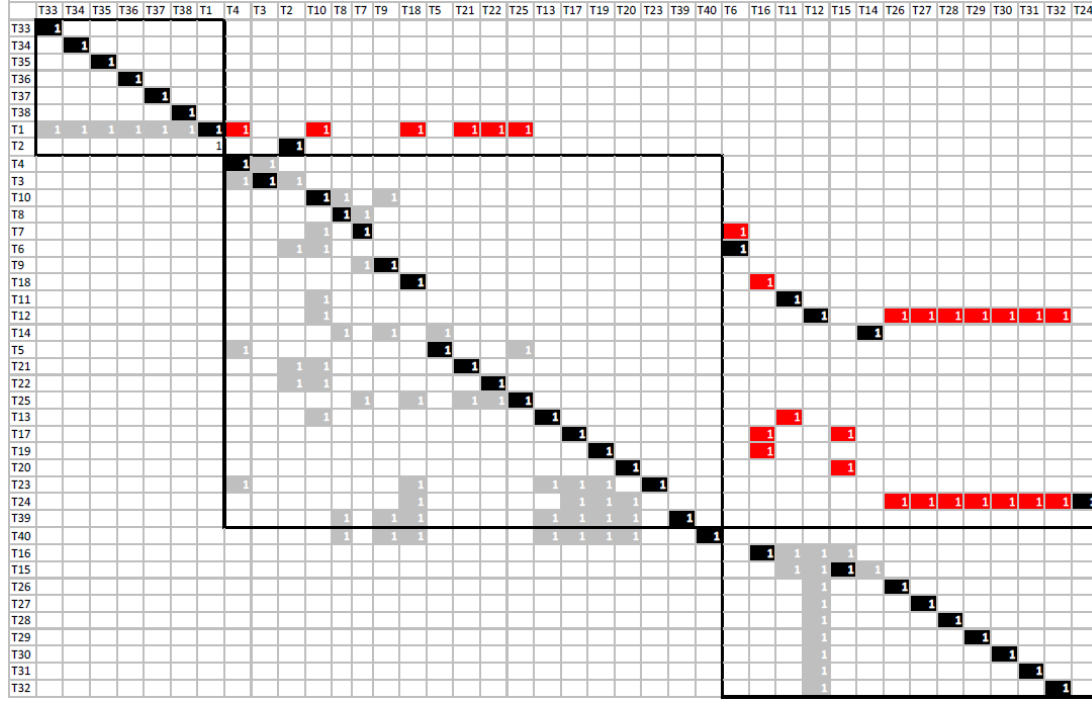
Görsel aramayla elde edilen TYM_2 incelendiğinde kümeler arası geri yönlü akış olduğu görülmektedir. Üçüncü kümeye atanan şartlanma testlerinden, ikinci kümeye

geri dönüş mevcuttur. Görsel arama sonucu elde edilen yapı uygun olmadığından, farklı kümeleme yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilir. Şekil 6.16'da tek bağlantılı kümeleme yöntemi sonucunda elde edilen üç kümeli yapı, TYM₃, görülmektedir. Matriste diagonalin bozulduğu ve bir sürecin bir kümede girdi, diğer kümede çıktı olarak kümelendiği görülmektedir. Bu durum, iş atama aşamasını karmaşıktırabilir. Ayrıca, hem ikinci kümeden birinci kümeye, hem de üçüncü kümeden ikinci kümeye geri dönüş söz konusudur.



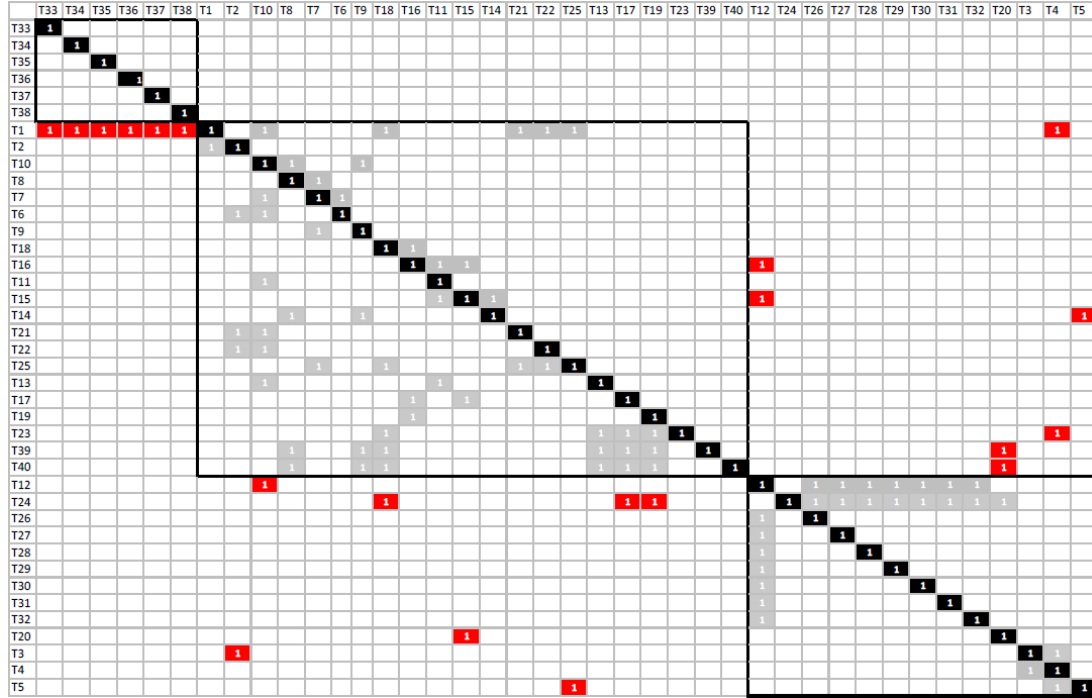
Şekil 6.16 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi için tek bağlantılı kümeleme uygulanarak elde edilen 3 kümeli yapı (TYM₃).

Şekil 6.17'de derece sırası algoritması kullanılarak hazırlanan üç kümeli yapı, TYM₄, görülmektedir. Tek bağlantılı kümeleme sonucunda elde edilen sonuca benzer şekilde burada geri dönüşler mevcuttur ve diagonalin çarpık olması sebebiyle iş atama aşaması karmaşıktır. Fakat tek bağlantılı kümeleme sonucundan farklı olarak ikinci kümede, küme içi geri dönüş sayısının azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.17 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi için derece sırası algoritması uygulanarak elde edilen 3 kümeli yapı (TYM₄).

Son olarak trafik minimizasyonu yöntemi uygulanmıştır ve sonuç Şekil 6.18’de sunulmuştur. Her küme için girdi ve çıktı süreçler aynıdır ve sadece üçüncü kümeden ikinci kümeye geri dönüş söz konusudur.



Şekil 6.18 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi için trafik minimizasyonu algoritması uygulanarak elde edilen 3 kümeli yapı (TYM₅).

Yalnızca diagonalin yapısı ve geri dönüşler ölçüt olarak kabul edildiğinde, trafik minimizasyonu sonucu ve görsel arama sonucunun benzer etkinliğe sahip olduğu ve tek bağlantılı kümeleme ve derece sırası algoritması sonuçlarından daha iyi olduğu söylenebilir. Detaylı karşılaştırma yapabilmek için gruplama etkinliği ölçütü kullanılacaktır. Çizelge 6.15’de kümeleme yöntemlerinin gruplama etkinliği ölçütüyle karşılaştırması sunulmuştur. Farklı ağırlık değerleri için yapılan karşılaştırmada farklı yöntemlerin sonuçları birbirine yakın bulunmuştur. Fakat trafik minimizasyonu ve görsel kümelemenin, tek bağlantılı kümeleme ve derece sırası algoritmasına göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Çizelge 6.12 : Beyaz eşya ürün geliştirme sisteminde kullanılan kümeleme yöntemlerinin gruplama etkinliği ölçütüyle karşılaştırılması.

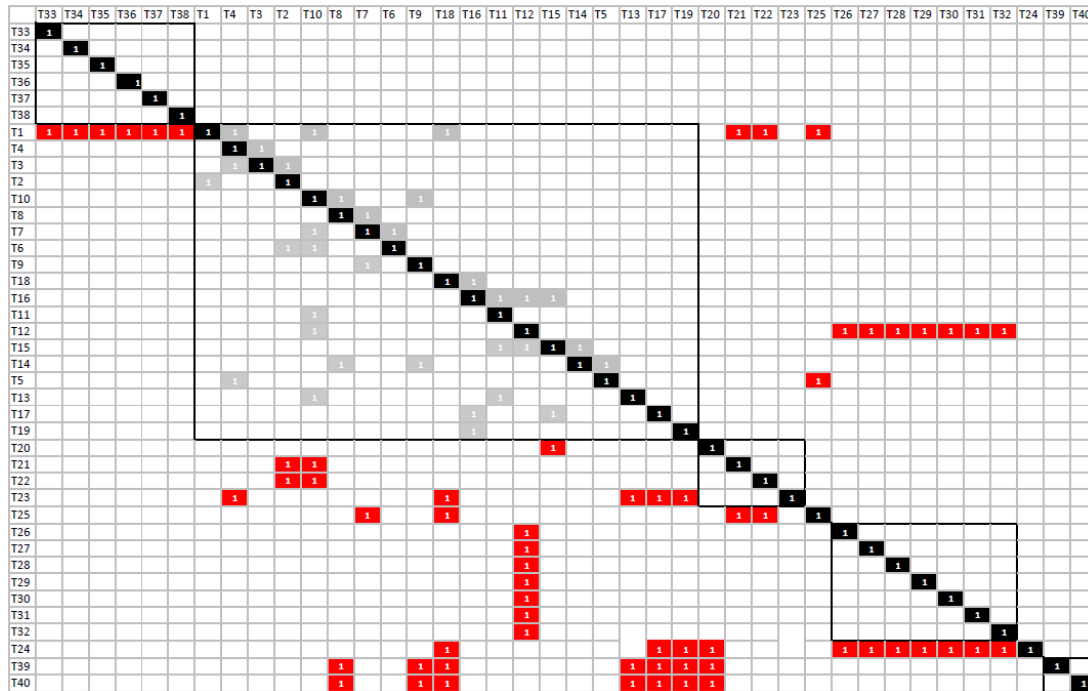
	e_1	e_v	e_0	q								
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Görsel Kümeleme	101	521	35	0,91	0,82	0,74	0,66	0,58	0,49	0,41	0,33	0,24
Tek Bağlantılı Kümeleme	83	537	53	0,90	0,81	0,73	0,64	0,56	0,47	0,39	0,30	0,22
Derece Sırası Algoritması	103	516	33	0,91	0,82	0,74	0,66	0,58	0,50	0,41	0,33	0,25
Trafik Minimizasyonu	117	529	14	0,91	0,83	0,75	0,67	0,59	0,51	0,42	0,34	0,26

Uygulama olanakları ve kısıtlar değerlendirildiğinde kümeleme sonucunun aşağıda listelenen nitelikleri taşıyacak şekilde uyarlanması gerektiği görülmüştür.

- *Manyetik Uyum Testi (T24)* ve *Akustik Uyum Testi (T25)* doğrudan hücreye katılamayacak özel donanıma sahiptir. Kullanılan ölçüm sistemlerinin ve çalışanların özel lisanslanmış olması sebebiyle bu testlerin kümeye alınması mümkün değildir. Dolayısıyla bu testler hücre dışında bırakılacak ve hücrelere dışarıdan hizmet veren iki ayrı birim olarak kabul edilecektir.
- *Müşteri Testi (T20)*, *Yarım Sertifika Testi (T21)*, *Tam Sertifika Testi (T22)*, *Limit Testi (T23)* test süreleri, diğer testlerden çok daha uzundur. Mevcut yapıda bu testler sırasında teknisyenlerin uzun süre test makinesini gözetim altında tutması ve oluşabilecek olağandışı durumlar için kontrol etmeleri gerekir. Bu testlerin gözetim protokolleri farklıdır ve hücreye eklendikleri takdirde test süresinin uzun olmasından dolayı çok sayıda istasyonun bu testlere ayrılması gerekecektir. Uygulanan kümeleme algoritmaları bu nitelikleri dikkate almadığı için bu testleri ayrı kümelerle atamıştır. Fakat sayılan sebeplerden dolayı bu testler ayrı bir hücre olarak birarada kümelenecektir.

- *Şartlandırılmış Testler* (T26, T27, T28, T29, T30, T31, T32) özel şartlandırılmış koşullar gerekmektedir. Bu koşulların uygulanması için ihtiyaç duyulan özel alanın hücrelere alınması ilk aşamada yüksek yatırım maliyeti nedeniyle mümkün değildir. Şartlandırma testleri fonksiyonel alan olarak kalacaktır.
- *Nakliye Testleri* (T33, T34, T35, T36, T37) ve *Nakliye Kontrol Testi* (T38) nakliye koşullarını simüle eden büyük ebatlı ve sabit kurulumlu donanım gerekmektedir. Bu sebeple nakliye testleri ve nakliye kontrol testi de fonksiyonel alanda kalacaktır.
- *Ürün Güvence Testi* (T39) ve *Program Güvence Testi* (T40) ürün geliştirme sürecinin doğrulama testlerine dahildir fakat kalite güvence laboratuvarlarında ve kalite güvence teknisyenleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Organizasyonel sebeplerle bu iki test bir süreç kümesi olarak ayrı ele alınacaktır.

Uygulama kısıtları ve olanakları dahilinde geri kalan tüm testlerin bir hücre oluşturacak şekilde biraraya gelebileceği görülmüştür. Kısıtları sağlayan kümeleme sonucu Şekil 6.19’da sunulmuştur.



Şekil 6.19 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi için kısıtları sağlayan kümeleme sonucu (TYM₆).

Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.14’de kümeleme sonucu elde edilen süreç kümeleri ve fonksiyonel alanlar listelenmiştir.

Çizelge 6.13 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi vaka çalışması kümeleme sonucu oluşan süreç kümeleri.

Süreç Kümesi 1		Süreç Kümesi 2	
T1	Denge Testi 1	T20	Müşteri Testi
T4	Denge Testi 4	T21	Yarım Sertifika Testi
T3	Denge Testi 3	T22	Tam Sertifika Testi
T2	Denge Testi 2	T23	Limit Testi
T10	Hareket Testi		
T8	Program Testi 1	Süreç Kümesi 3	
T7	Temel Performans Testi	T39	Ürün Güvence Testi
T6	Su Testi	T40	Program Güvence Testi
T9	Program Testi 2		
T18	Yük Testi		
T16	Zaman Takip Testi		
T11	Kısa Devre Testi		
T12	Güvenlik Testi 1		
T15	Güvenlik Testi 3		
T14	Tuş Takım Testi		
T5	Yürüme Testi		
T13	Güvenlik Testi 2		
T17	Servis Testi		
T19	Deterjan Testi		

Çizelge 6.14 : Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi vaka çalışması kümeleme sonucu oluşan fonksiyonel alanlar.

Fonksiyonel Alan 1		Fonksiyonel Alan 2		Fonksiyonel Birimler	
T26	Şartlandırılmış Test 1	T33	Nakliye Testi 1	T24	Manyetik Uyum Testi
T27	Şartlandırılmış Test 2	T34	Nakliye Testi 2	T25	Akustik Uyum Testi
T28	Şartlandırılmış Test 3	T35	Nakliye Testi 3		
T29	Şartlandırılmış Test 4	T36	Nakliye Testi 4		
T30	Şartlandırılmış Test 5	T37	Nakliye Testi 5		
T31	Şartlandırılmış Test 6	T38	Nakliye Kontrol Testi		
T32	Şartlandırılmış Test 7				

6.4 Takım esaslı işgücü atama

Bu aşamada önceki aşamada belirlenen süreç kümelerine işgücü ataması yapılacaktır. İlk olarak mevcut atamanın performansı değerlendirilecektir. Takt süresine göre

kümelere işgücü ataması yapılacak ve son olarak önerilen işgücü atamasının uygulanabilmesi için gerekli yetkinlik artışı, yetkinlik matrisi kullanılarak planlanacaktır.

6.4.1 Takt süresine göre işgücü analizi

Doğrulama testleri sisteminde temelde orta ölçekli projeler veya maliyet/kalite iyileştirme projeleri gerçekleştirilir. 2014 yılı verilerine göre 15 adet orta ölçekli proje tamamlanmıştır. Gelecek yılın hedef değerinin 20 orta ölçekli proje olduğu kabul edilecektir. Bu bilgiler ışığında geçtiğimiz yılın ve gelecek yılın takt süresi aşağıdaki gibi hesaplanabilir (5.3.; 5.4).

$$2014 \text{ Takt Süresi} = \frac{48 \frac{\text{hafta}}{\text{yıl}} \times 45 \frac{\text{saat}}{\text{hafta}}}{15 \text{ proje/yıl}} = 144 \text{ saat/proje} \quad (5.3)$$

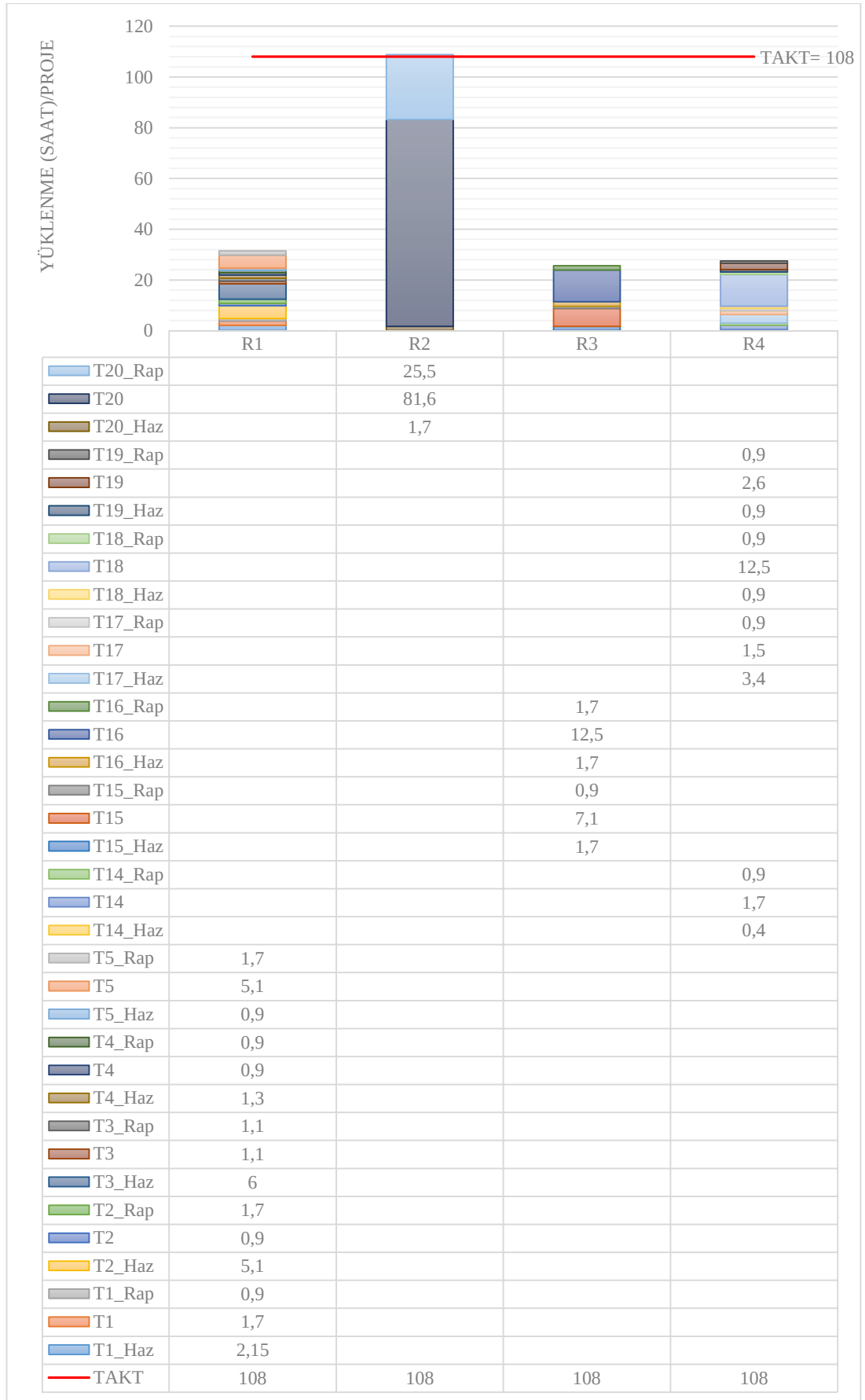
$$2016 \text{ Takt Süresi} = \frac{48 \frac{\text{hafta}}{\text{yıl}} \times 45 \frac{\text{saat}}{\text{hafta}}}{20 \text{ proje/yıl}} = 108 \text{ saat/proje} \quad (5.4)$$

Mevcut durumda değerlendirme yapılırken, işgörenlerin yükünü oluşturan üç görev dikkate alınacaktır; (i) test hazırlık; (ii) test sırasında gözlem; (iii) raporlama. Lab K’da gerçekleştirilen *Ürün Güvence Testi* (T39) ve *Program Güvence Testi* (T40) kalite güvence teknisyenleri tarafından gerçekleştirildiği için değerlendirme dışında bırakılacaktır.

Mevcut durumda farklı laboratuvarlarda gerçekleştirilen testlerin oluşturduğu yükler incelenmiştir ve her laboratuvar için yükler ayrı ayrı sunulmuştur. Laboratuvarların kendi iç işleyişinde bir işgörenin çok sayıda testi gerçekleştirmesi de mümkündür fakat laboratuvarlar arası işgören transferi mümkün değildir.

Laboratuvar mevcut işgücü yüklenme düzeyleri incelenirken, bir projenin yükünün laboratuvar işgörenleri arasında paylaşıldığı yapı esas alınmıştır. Burada incelenen kurulumdan farklı olarak ele alınan projenin test gereksinimine göre, bir işgörenin projenin incelenen laboratuvar sınırları içinde kalan tüm testlerini yapabilmesi de mümkün olabilir. Dolayısıyla bu adımda sunulan mevcut durum işgören ataması ve işgören yüklenme düzeyleri analizi, alternatif atamalara bir örnek olarak düşünülmelidir.

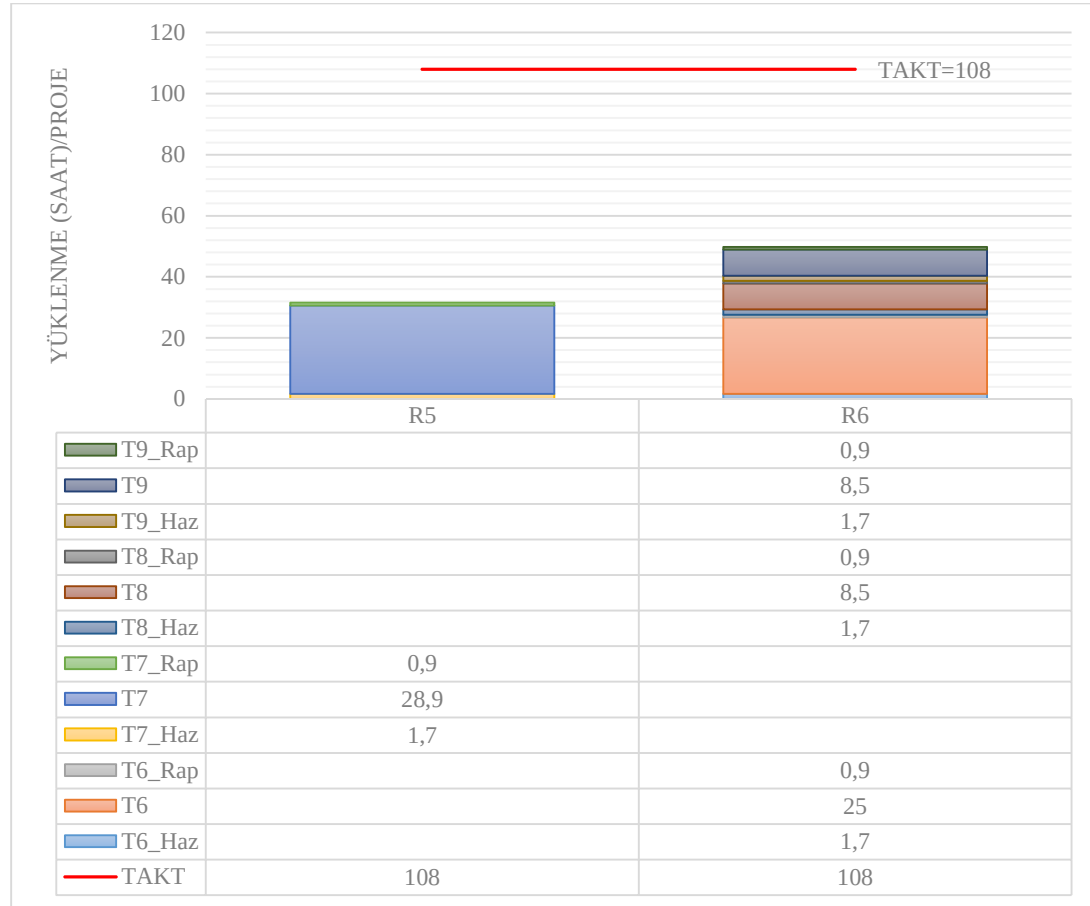
Şekil 6.20’de LAB E mevcut durum işgören yüklenme düzeyleri sunulmuştur.



Şekil 6.20 : Doğrulama testleri LAB-E mevcut durum işgücü atama matrisi.

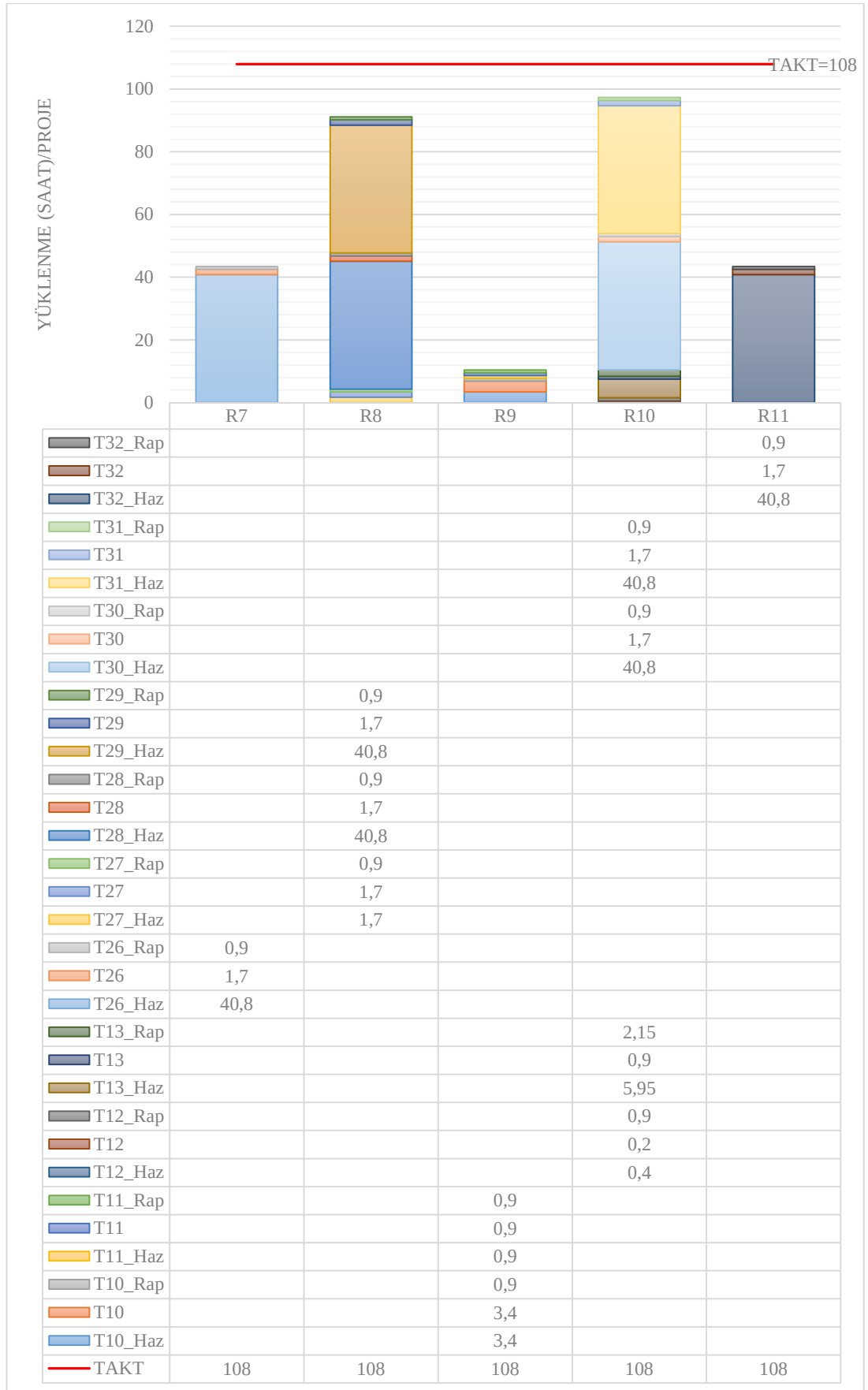
LAB-E işgücü atama matrisinde *Müşteri Testi* (T20) hazırlık, test ve rapor süresi dikkate alındığında, bu testin süresinin tek başına takt süresini aştığı görülmektedir. Bu durumda takt süresine uyabilmek için, bir işgören sadece bu testle ilgilenebilir veya bu test, başka test süreçleriyle birlikte birden fazla işgören arasında paralel gerçekleştirilmelidir. Bu testle karşılaştırıldığında diğer testlerin hazırlık, test ve rapor süresinin çok daha kısa olduğu görülmektedir.

Şekil 6.21’de LAB-Y test süreçleri için mevcut durum işgücü atama matrisi sunulmuştur. Toplam yük takt süresinin altındadır ve işgörenler orta ölçekli projeler dışında işlerle de yüklenmiştir. Sunulan yüklenme yapısına alternatif olarak iki çalışanın da laboratuvarın tüm testlerini yapabildiği bir yapı kurulabilir.



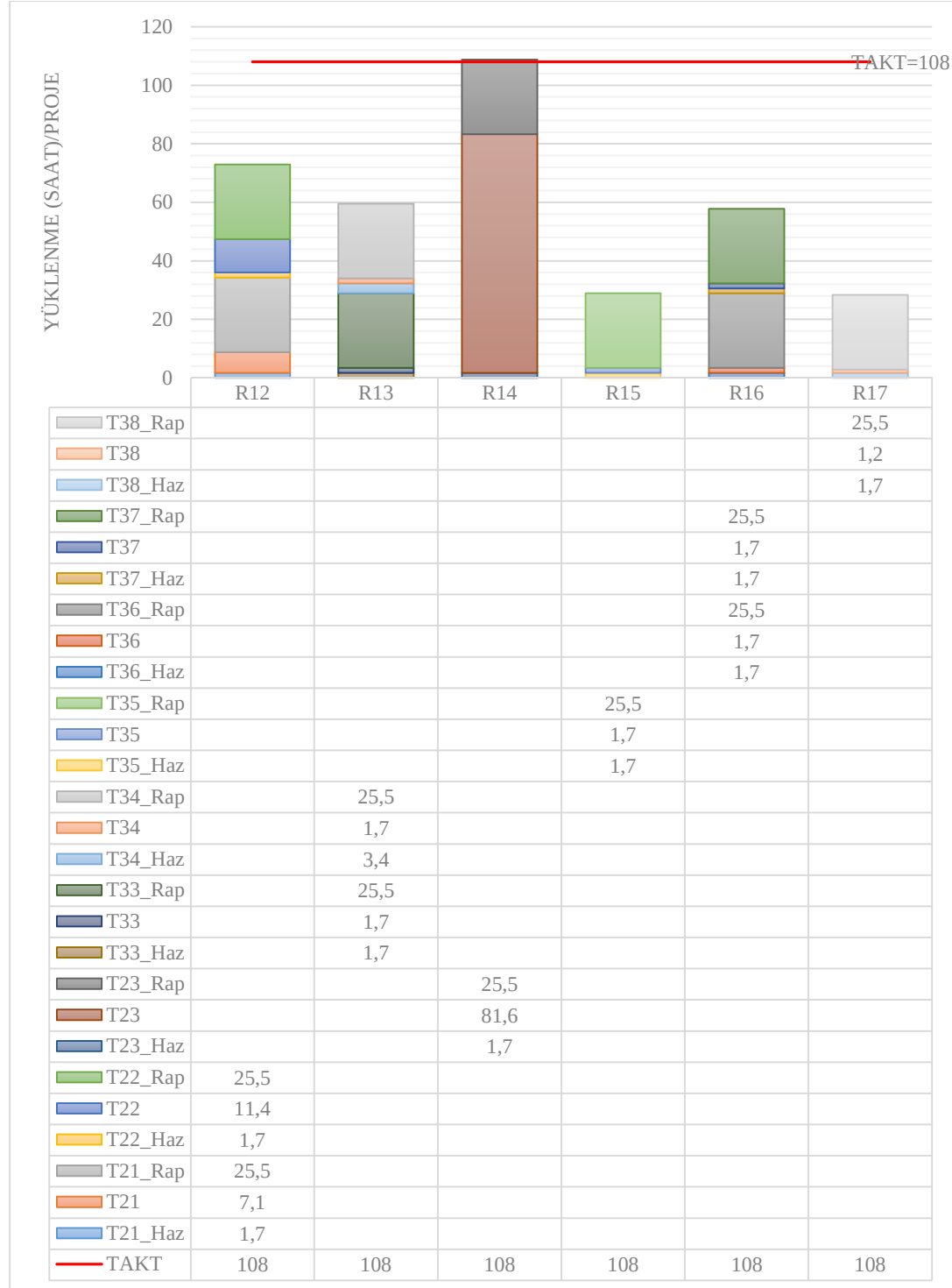
Şekil 6.21 : Doğrulama testleri LAB-Y mevcut durum işgücü atama matrisi.

Şekil 6.22’de LAB-G’ye atanan işler sunulmuştur. LAB-G işyükü önemli bir kısmını *Şartlandırma Testleri* (T26, T27, T28, T29, T30, T31 ve T32) oluşturmaktadır. Şekil 6.22’de sunulan yapıda işgören yükleri arasındaki çarpıcı farklılık R3 kodlu işgörenin de şartlandırma testinde yer almasıyla kısmen aşılabilir fakat yine de bir işgörenin diğerlerinin yaklaşık olarak iki katı yüke sahip olması söz konusudur.



Şekil 6.22 : Doğrulama testleri LAB-G mevcut durum işgücü atama matrisi.

Şekil 6.23'te LAB-M için örnek işgücü yüklenme düzeyleri sunulmuştur. LAB-M testleri donanım kısıtları sebebiyle hücreye dahil edilemeyen Nakliye Testlerini ve test süresi uzun süreli olduğu fonksiyonel alanda bırakılan Yarım Sertifika Testi (T21), Tam Sertifika Testi (T22) ve Limit Testi (T23)'ü içerir. Limit testi (T23) oluşturduğu yük, takt süresinden fazladır.



Şekil 6.23 : Doğrulama testleri LAB-M mevcut durum işgücü atama matrisi.

6.4.2 Tasarım yapı matrisiyle yüke dayalı işgücü atama

Önceki aşamada belirlenen süreç kümelerine göre T1'den T19'a kadar olan testler bir hücrede gerçekleştirilecektir. Bu test süreçlerinin oluşturduğu yük, test hazırlık süresi, test sırasındaki gözlem süresi ve rapor süresinden oluşur. Çizelge 6.15'de sunulduğu üzere toplam işyükü 186,75 saat/proje'dir ve 108 saatlik takt süresiyle karşılaştırıldığında iki işgörene ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Çizelge 6.15 : Doğrulama testleri süreç kümesi 1 işyükü analizi.

Süreç	Test Gözlem Süresi (saat)	Hazırlık Süresi (saat)	Rapor Süresi (saat)
T01	1,7	2,15	0,9
T02	0,9	5,1	1,7
T03	1,1	6	1,1
T04	0,9	1,3	0,9
T05	5,1	0,9	1,7
T06	25	1,7	0,9
T07	28,9	1,7	0,9
T08	8,5	1,7	0,9
T09	8,5	1,7	0,9
T10	3,4	3,4	0,9
T11	0,9	0,9	0,9
T12	0,2	0,4	0,9
T13	0,9	5,95	2,15
T14	1,7	0,4	0,9
T15	7,1	1,7	0,9
T16	12,5	1,7	1,7
T17	1,5	3,4	0,9
T18	12,5	0,9	0,9
T19	2,6	0,9	0,9
İşgücü İhtiyacı	123,9	41,9	20,95
Toplam İşgücü İhtiyacı	186,75		
İhtiyaç/TAKT	1,30		
İhtiyaç duyulan işgören sayısı	2		

Benzer analizler süreç kümesi 2 için gerçekleştirildiğinde, Çizelge 6.16'da verildiği üzere 3 işgörenin yeterli olduğu görülür.

Çizelge 6.16 : Doğrulama testleri süreç kümesi 2 işyükü analizi.

Süreç	Test Süresi (saat)	Hazırlık Süresi (saat)	Rapor Süresi (saat)
T20	81,6	1,7	25,5
T21	7,1	1,7	25,5
T22	11,4	1,7	25,5
T23	81,6	1,7	25,5
İşgücü İhtiyacı	181,7	6,8	102
Toplam İşgücü İhtiyacı	290,5		
İhtiyaç/TAKT	2,02		
İhtiyaç duyulan işgören sayısı	3		

6.4.3 Yetkinlik matrisinin kurulması/güncellenmesi

Önerilen hücre yapısından faydalanabilmek için işgörenlerin mevcut durumda sınırlı sayıda süreçle sınırlanmış olan yetkinliklerinin genişletilmesi gerekir. İdeal olan hücrede her işgörenin, hücreye atanan her süreci “beklenen hızda ve doğrulukta” gerçekleştirmesidir. Bu ideale ulaşabilmek ve mevcut durumu görselleştirmek amacıyla yetkinlik matrisleri kullanılacaktır. Tüm doğrulama testleri için gereken yetkinlikler Çizelge 6.17’de listelenmiştir. Bu yetkinliklere hücre yönetimi, sorun çözme, kaizen konularında da yetkinlikler de eklenebilir. Listelenen yetkinliklerin ilk 17’si doğrudan süreç kümesi 1 içinde yer alan test süreçleriyle ilişkilidir ve hücreye atanan iş görenlerin bu yetkinliklerde “iş talep edilen doğrulukta ve hızda yapabilir” seviyede olması beklenir.

Çizelge 6.17 : Doğrulama testleri yetkinlik listesi.

1	Dinamik testler	11	Güç testleri
2	Program testleri	12	Performans Ölçümü
3	Yazılım testleri	13	Enstitü testleri
4	Müşteri testi	14	Özel malzeme testleri
5	Deterjan testleri	15	Hareket ve aktarım testleri
6	Avrupa standart testleri	16	Alt sistem dayanım testleri
7	Avustralya standart testleri	17	Güvenlik testleri
8	Uzakdoğu standart testleri	18	Dayanım ve limit testleri
9	Amerika standart testleri	19	Nakliye koşulu simülasyonları
10	Su testi	20	Malzeme dayanım testleri

Yetkinlik matrisinde kullanılan yetkinlik seviyeleri ve semboller Çizelge 6.18’de sunulmuştur.

Çizelge 6.18 : Yetkinlik seviyeleri ve semboller.

Yetkinlik Seviyesi	Sembol
Bu yetkinliğe sahip olması veya bu işi gerçekleştirmesi beklenmez	
İş yapamaz.	
İş gözetim altında yapabilir.	
İş talep edilen doğrulukta ve hızda yapabilir.	
İş yapabilir ve başkalarını eğitebilir.	
İş yapabilir, diğer çalışanlara liderlik edebilir ve süreci geliştirebilir.	

Şekil 6.24’te mevcut durum yetkinlik matrisi sunulmuştur. Matrisin yaklaşık %50’si doludur ve doldurulan hücrelerde yetkinliklerin ortalaması %45’tir. Mevcut durum incelendiğinde süreç kümesi 1’de yer alan tüm testleri gerçekleştirebilecek yetkinlikte iki işgören mevcut olmadığı görülmektedir. Sadece R6 kodlu işgören süreç kümesi 1 için gereken ilk 16 yetkinliğe sahiptir fakat bunların da bazılarında “İş gözetim altında yapabilir” seviyesindedir. Diğer işgörenler incelendiğinde R5 ve R7 kodlu işgörenlerin birbirini tamamlayabilecek yetkinlikte olduğu görülür.

Bu durumda, yetkinlik artırma konusunda iki alternatif yaklaşım ortaya çıkmaktadır. R6 kodlu işgörene ek olarak, başka bir işgören seçilerek yetkinlikleri geliştirilebilir. Alternatif olarak, iki işgörenle çalışması planlanan hücreye R6 kodlu işgörenle birlikte R5 ve R7 gibi iki işgören daha atanabilir. Yetkinlik artırma çalışmaları da hücre içinde gerçekleşecek şekilde organize edilebilir. İkinci planının sağladığı avantaj, fiziksel dönüşümün hızla gerçekleşmesini sağlamasıdır.

	Dinamik testler	Program testleri	Yazılım testleri	Müşteri testi	Deterjan testleri	Avrupa standart testleri	Avustralya standart testleri	Uzakdoğu standart testleri	Amerika standart testleri	Su testi	Güç testleri	Performans Ölçümü	Enstitü testleri	Özel malzeme testleri	Hareket ve aktarım testleri	Alt sistem dayanım testleri	Güvenlik testleri	Dayanım ve limit testleri	Nakliye koşulu simülasyonları	Malzeme dayanım testleri	ORT
R1																					39%
R2																					45%
R3																					35%
R4																					50%
R5																					65%
R6																					38%
R7																					38%
R8																					38%
R9																					42%
R10																					50%
R11																					50%
R12																					58%
R13																					33%
R14																					58%
R15																					58%
R16																					67%
R17																					58%
ORT	54%	36%	39%	38%	38%	40%	38%	42%	50%	33%	33%	33%	33%	38%	59%	50%	54%	54%	50%	63%	45%

Şekil 6.24 : Mevcut durum yetkinlik matrisi.

Şekil 6.25'te planlanan doğrulama testleri hücresi için yetkinlik matrisi sunulmuştur. Yetkinlik matrisinde mevcut durumda %37 olan yetkinlik seviyesinin orta vadede %50 seviyesine çıkarılması planlanmıştır.

	Dinamik testler	Program testleri	Yazılım testleri	Müşteri testi	Deterjan testleri	Avrupa standart testleri	Avustralya standart testleri	Uzakdoğu standart testleri	Amerika standart testleri	Su testi	Güç testleri	Performans Ölçümü	Enstitü testleri	Özel malzeme testleri	Hareket ve aktarım testleri	Alt sistem dayanım testleri	Güvenlik testleri	Çalışan Ortalama Puanı	Çalışan Yakın Dönem Hedef Puanı
R5																		46%	53%
R6																		38%	50%
R7																		26%	46%
Yetkinlik Ortalama Puanı	25%	25%	25%	17%	17%	50%	50%	50%	50%	25%	25%	25%	25%	25%	67%	58%	67%	37%	
Yetkinlik Yakın Dönem Hedefi	41%	41%	41%	41%	41%	58%	58%	58%	58%	41%	41%	41%	41%	41%	67%	67%	67%		50%

Şekil 6.25 : Süreç kümesi 1 için yetkinlik matrisi.

Süreç kümesi 2 testleri düşünüldüğünde, bu testlerin gerektirdiği yetkinliklere sahip 5 işgören olduğu görülür. Mevcut durumda LAB M'de gerçekleştirilen testlere Müşteri Koşulu (T20) eklenecektir ve LAB M'de yer alan beş işgören bu test sürecini de gerçekleştirecektir.

6.5 Melez proje kontrol sistemi tasarımı

Bu aşamada, daha önce belirlenen süreç kümelerinin oluşturduğu hücreler için melez proje kontrol sistemi tasarlanacaktır. Sistemde hücre içi akış itme sistemiyle, hücreler arası ve hücreler ile fonksiyonel birimler arası akış çekme sistemiyle kontrol edilecektir. İlk olarak takım süreçleri arası çizelgeleme için öncelik parametreleri belirlenecektir. Daha sonra da takımlar arası akış için kanban sayıları ve kullanılacak görsel kanban panosu tasarımı sunulacaktır.

6.5.1 Takım süreçleri arası çizelgeleme sistemi tasarımı

Hücre içi süreçlerin çizelgelenmesinde ilk olarak ideal durumu yansıtan kritik yolun süresi hesaplanır. Bu aşamada takım olarak çalışmanın planlandığı Hücre 1 (Süreç Kümesi 1) ve ömür testlerinin gerçekleştirildiği Süreç Kümesi 2 incelenecektir. Diğer alanlardan, fonksiyonel birimler LAB M ve LAB A sadece birer test sürecinden oluşur. Süreç kümesi 3, kalite testleridir ve arge organizasyon sınırları dışındadır. Şartlandırma testlerinden oluşan ve mevcut yapıda LAB G'yi temsil eden Fonksiyonel Alan 1 ile nakliye testlerinden oluşan Fonksiyonel Alan 2 için önceliklendirmede ilkgelen-ilk-hizmet görür ilkesi kullanılacaktır.

Doğrulama Test Hücresi 1 (Süreç Kümesi 1) için kritik yol hesabı Çizelge 6.19'da sunulmuştur. Kritik yol hesabında da daha önce işyükü hesabında olduğu gibi her test için hazırlık ve rapor süreçleri dikkate alınmıştır. Hazırlık ve test arasında öncül- ardıl ilişkisi mevcuttur. Fakat rapor süreçleri başka bir süreç için önşart oluşturmaz. Yalnızca son test süreci olan T19'un rapor süreci hücrede projenin tamamlanması için önşarttır.

Çizelge 6.19 : Doğrulama Test Hücresi 1 kritik yol hesabı.

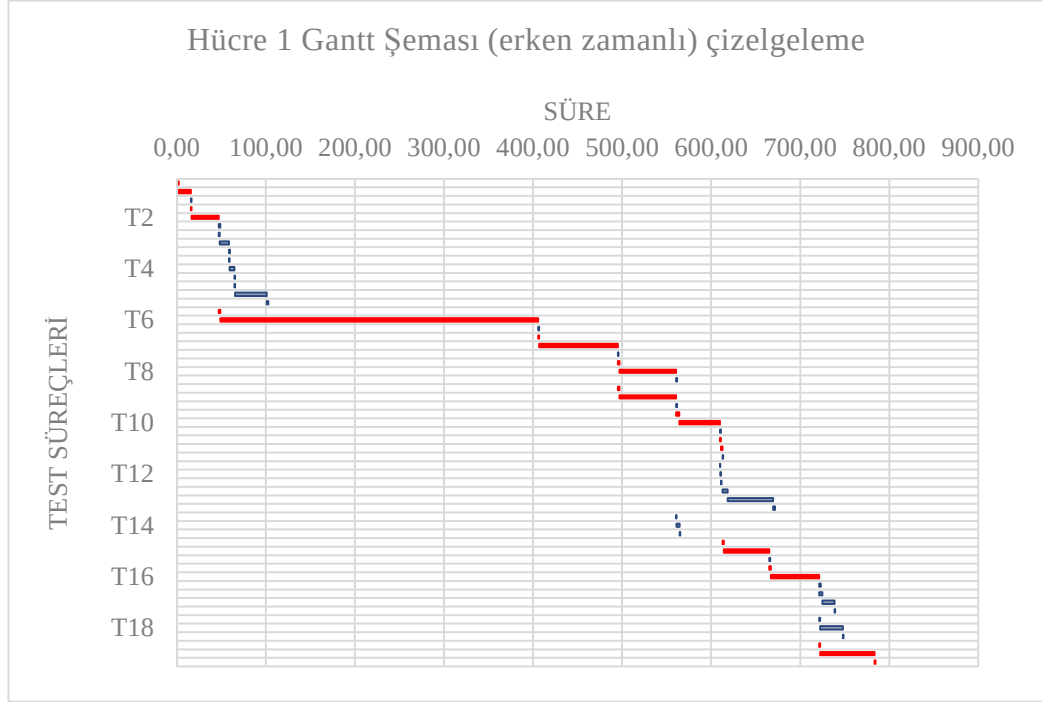
Süreç	Ortalama Süre	Erken Başlama	Geç Başlama	Erken Tamamlanma	Geç Tamamlanma	Toplam Boşluk
T1 Hazırlık	2,15	0,00	0,00	2,15	2,15	0
T1 Denge Testi 1	13,6	2,15	2,15	15,75	15,75	0
T1 Rapor	0,9	15,75	783,55	16,65	40,45	767,8
T2 Hazırlık	0,9	15,75	15,75	16,65	16,65	0
T2 Denge Testi 2	30,6	16,65	16,65	47,25	47,25	0
T2 Rapor	1,7	47,25	782,75	48,95	40,45	735,5
T3 Hazırlık	1,1	47,25	554,95	48,35	556,05	507,7
T3 Denge Testi 3	10,2	48,35	556,05	58,55	566,25	507,7
T3 Rapor	1,1	58,55	783,35	59,65	784,45	724,8
T4 Hazırlık	0,9	58,55	566,25	59,45	567,15	507,7
T4 Denge Testi 4	5,1	59,45	567,15	64,55	572,25	507,7
T4 Rapor	0,9	64,55	783,55	65,45	784,45	719
T5 Hazırlık	0,9	64,55	572,25	65,45	573,15	507,7

Çizelge 6.19 (devam) : Doğrulama Test Hücresi 1 kritik yol hesabı.

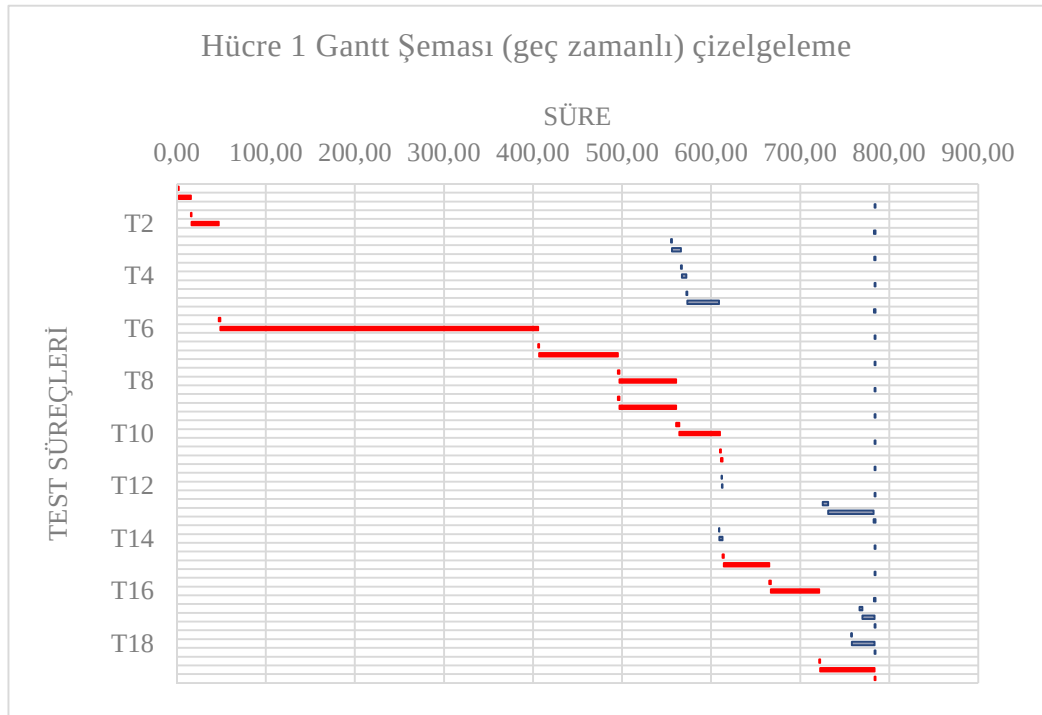
T5 Yürüme Testi	35,7	65,45	573,15	101,15	608,85	507,7
T5 Rapor	1,7	101,15	782,75	102,85	784,45	681,6
T6 Hazırlık	1,7	47,25	47,25	48,95	48,95	0
T6 Su Testi	357	48,95	48,95	405,95	405,95	0
T6 Rapor	0,9	405,95	783,55	406,85	784,45	377,6
T7 Hazırlık	0,9	405,95	405,95	406,85	406,85	0
T7 Temel Performans Testi	88,4	406,85	406,85	495,25	495,25	0
T7 Rapor	0,9	495,25	783,55	496,15	784,45	288,3
T8 Hazırlık	1,7	495,25	495,25	496,95	496,95	0
T8 Program Testi 1	63,8	496,95	496,95	560,75	560,75	0
T8 Rapor	0,9	560,75	783,55	561,65	784,45	222,8
T9 Hazırlık	1,7	495,25	495,25	496,95	496,95	0
T9 Program Testi 2	63,8	496,95	496,95	560,75	560,75	0
T9 Rapor	0,9	560,75	783,55	561,65	784,45	222,8
T10 Hazırlık	3,4	560,75	560,75	564,15	564,15	0
T10 Hareket Testi	45,9	564,15	564,15	610,05	610,05	0
T10 Rapor	0,9	610,05	783,55	610,95	784,45	173,5
T11 Hazırlık	0,9	610,05	610,05	610,95	610,95	0
T11 Kısa Devre Testi	1,7	610,95	610,95	612,65	612,65	0
T11 Rapor	0,9	612,65	783,55	613,55	784,45	170,9
T12 Hazırlık	0,4	610,05	611,85	610,45	612,25	1,8
T12 Güvenlik Testi 1	0,4	610,45	612,25	610,85	612,65	1,8
T12 Rapor	0,9	610,85	783,55	611,75	784,45	172,7
T13 Hazırlık	5,95	612,65	725,35	618,60	731,30	112,7
T13 Güvenlik Testi 2	51	618,60	731,30	669,60	782,30	112,7
T13 Rapor	2,15	669,60	782,30	671,75	784,45	112,7
T14 Hazırlık	0,4	560,75	608,85	561,15	609,25	48,1
T14 Tuş Takım Testi	3,4	561,15	609,25	564,55	612,65	48,1
T14 Rapor	0,9	564,55	783,55	565,45	784,45	219
T15 Hazırlık	1,7	612,65	612,65	614,35	614,35	0
T15 Güvenlik Testi 3	51	614,35	614,35	665,35	665,35	0
T15 Rapor	0,9	665,35	783,55	666,25	784,45	118,2
T16 Hazırlık	1,7	665,35	665,35	667,05	667,05	0
T16 Zaman Takip Testi	54,4	667,05	667,05	721,45	721,45	0
T16 Rapor	1,7	721,45	782,75	723,15	784,45	61,3
T17 Hazırlık	3,4	721,45	766,55	724,85	769,95	45,1
T17 Servis Testi	13,6	724,85	769,95	738,45	783,55	45,1
T17 Rapor	0,9	738,45	783,55	739,35	784,45	45,1
T18 Hazırlık	0,9	721,45	757,15	722,35	14,05	35,7
T18 Yük Testi	25,5	722,35	758,05	3,85	783,55	35,7
T18 Rapor	0,9	747,85	783,55	4,75	784,45	35,7
T19 Hazırlık	0,9	721,45	721,45	722,35	722,35	0
T19 Deterjan Testi	61,2	722,35	722,35	783,55	783,55	0
T19 Rapor	0,9	783,55	783,55	784,45	784,45	0

Kritik yolu oluşturan süreçler toplam boşluğu 0 olan süreçlerdir; T1, T2, T6, T7, T8, T10, T11, T15, T16, T19, bu testlerin hazırlık süreçleri ve T19'un rapor sürecidir. Kritik yol uzunluğu 784,45 saattir. Kritik yol işaretlenerek oluşturulan gantt şemaları Şekil 6.26 ve 6.27'de sunulmuştur. Kritik yol dışında kalan tüm süreçler Şekil 6.26'da en erken zamana çizelgelenmiş, Şekil 6.27'de ise en geç zamana çizelgelenerek gösterilmiştir. Bu durum laboratuvarda fiilen yaşanan durumu da yansıtır. Laboratuvar işgörenleri mevcut durumda, proje doğrulama test süreçlerine öncelik vererek, rapor

hazırlama süreçlerini bekletebilmektedir. Şekil 6.27’de de geç zamana çizelgelenen süreçlerin çoğunlukla rapor süreçleri olduğu görülebilir.



Şekil 6.26 : Hücre 1 erken zamanlı çizelgeleme için gantt şeması.



Şekil 6.27 : Hücre 1 geç zamanlı çizelgeleme için gantt şeması.

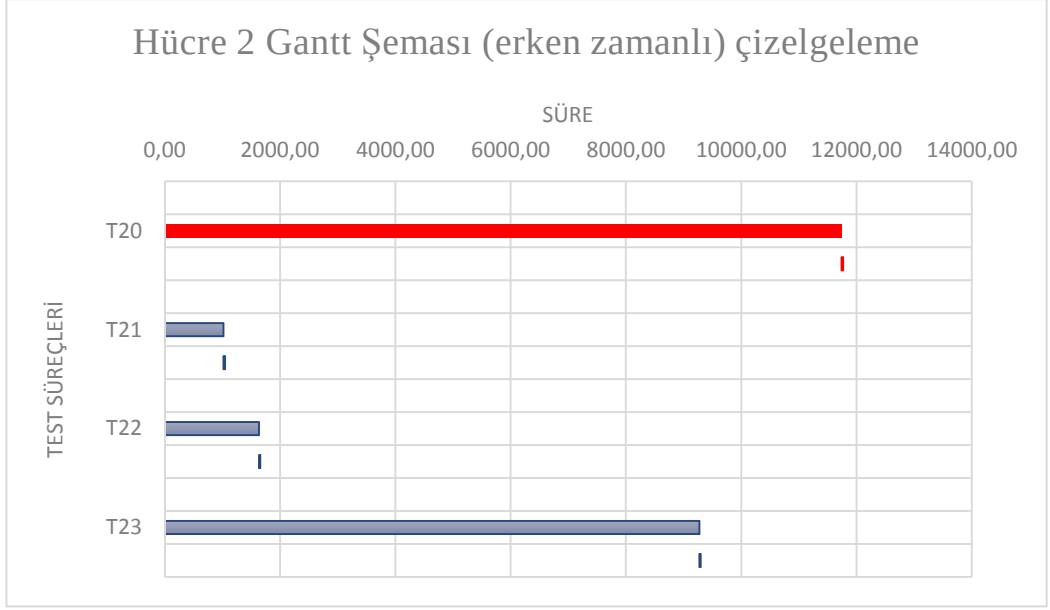
Benzer şekilde Ömür Testleri Hücresi (Süreç Kümesi 2) için de kritik yol hesaplanmış ve Çizelge 6.20’de sunulmuştur. Bu hücrede testler arası öncelik ilişkisi mevcut değildir kritik yol tek bir test süreci ve bu testin hazırlık ve rapor süreçlerinden oluşur. Kritik yolu oluşturan *Müşteri Testi* (T20) en uzun süreli süreçtir.

Çizelge 6.20 : Doğrulama Test Hücresi 2 kritik yol hesabı.

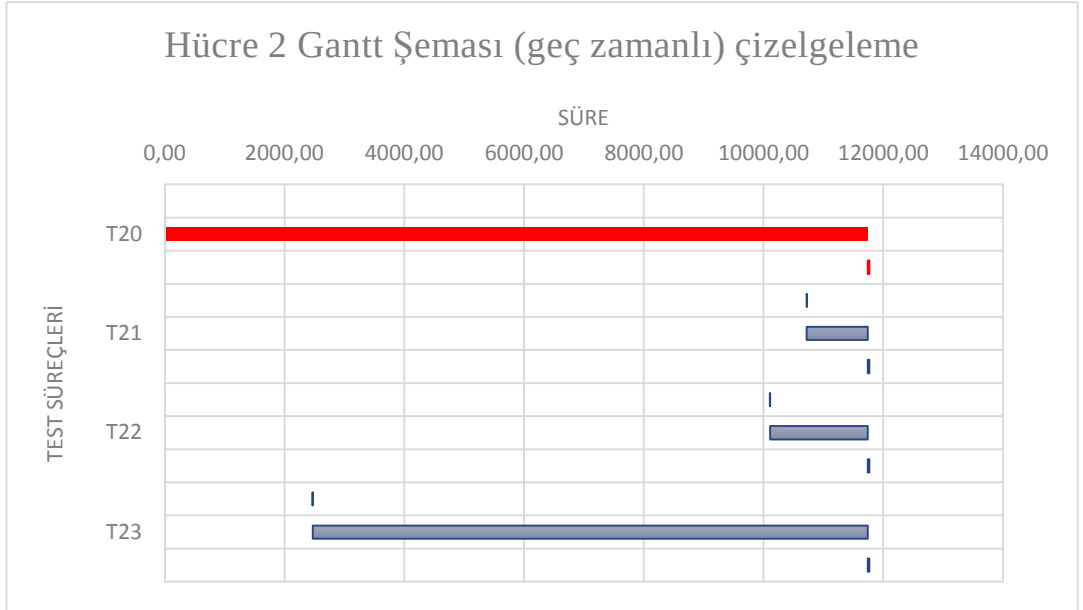
Süreç	Ortalama süre	Erken Başlama	Geç Başlama	Erken Tamamlanma	Geç Tamamlanma	Toplam Boşluk
T20 Hazırlık	1,7	0,00	0,00	1,70	1,70	0
T20 Müşteri Testi	11740,3	1,70	1,70	11742,03	11742,03	0
T20 Rapor	25,5	11742,03	11742,03	11767,53	11767,53	0
T21 Hazırlık	1,7	0,00	10720,33	1,70	10722,03	10720
T21 Yarım Sertifika Testi	1020	1,70	10722,03	1021,70	11742,03	10720
T21 Rapor	25,5	1021,70	11742,03	1047,20	11767,53	10720
T22 Hazırlık	1,7	0,00	10108,33	1,70	10110,03	10108
T22 Tam Sertifika Testi	1632	1,70	10110,03	1633,70	11742,03	10108
T22 Rapor	25,5	1633,70	11742,03	1659,20	11767,53	10108
T23 Hazırlık	1,7	0,00	2469,33	1,70	2471,03	2469,3
T23 Limit Testi	9271	1,70	2471,03	9272,70	11742,03	2469,3
T23 Rapor	25,5	9272,70	11742,03	9298,20	11767,53	2469,3

Şekil 6.28 ve Şekil 6.29’da Hücre 2 için erken zamanlı ve geç zamanlı çizelgeleme gantt şemaları sunulmuştur. Kritik yol üzerinde sadece bir test süreci bulunması sebebiyle diğer test süreçleri serbest şekilde çizelgelenebilir.

Takım süreçleri arası öncelik sırasının belirlenmesinde ROT sezgiseli kullanılacaktır. Sistemde yer alan test süreçleri standart testleri içerdiğinden dolayı değişkenlik düşüktür. Bu sebepten süreç değişkenliklerini de öncelik parametresi olarak kabul eden CAF sezgiseli kullanılmayacaktır. Çizelge 6.21’de Hücre 1 için ROT algoritmasına göre öncelik sırasına sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde kritik yol üzerinde bulunmayan ve süreç süreleri görece kısa olan rapor süreçlerinin öncelik sırasında sonlarda yer aldığı görülebilir.



Şekil 6.28 : Hücre 2 erken zamanlı çizelgeleme için gantt şeması.



Şekil 6.29 : Hücre 2 geç zamanlı çizelgeleme için gantt şeması.

Çizelge 6.21 : Doğrulama testleri hücre 1 için ROT algoritmasına göre hesaplanan öncelik sırası.

Süreç	Kaynak	Süre	Kaynak/Süre	ROT değeri	ROT Sırası (Azalan)
T01 Hazırlık	1	2,15	0,47	17,85	1
T01 Denge Testi 1	1	1,7	0,59	17,38	2
T01 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T02 Hazırlık	1	0,9	1,11	16,80	3
T02 Denge Testi 2	1	0,9	1,11	15,69	4
T02 Rapor	1	1,7	0,59	0,59	54
T03 Hazırlık	1	1,1	0,91	12,44	10
T03 Denge Testi 3	1	1,1	0,91	11,53	15
T03 Rapor	1	1,1	0,91	0,91	53
T04 Hazırlık	1	0,9	1,11	10,62	18
T04 Denge Testi 4	1	0,9	1,11	9,51	19
T04 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T05 Hazırlık	1	0,9	1,11	8,40	21
T05 Yürüme Testi	1	5,1	0,20	7,29	22
T05 Rapor	1	1,7	0,59	0,59	54
T06 Hazırlık	1	1,7	0,59	14,57	5
T06 Su Testi	1	25	0,04	13,98	6
T06 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T07 Hazırlık	1	0,9	1,11	13,94	7
T07 Temel Performans Testi	1	28,9	0,03	12,83	8
T07 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T08 Hazırlık	1	1,7	0,59	12,80	9
T08 Program Testi 1	1	8,5	0,12	12,21	11
T08 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T09 Hazırlık	1	1,7	0,59	12,09	12
T09 Program Testi 2	1	8,5	0,12	11,50	16
T09 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T10 Hazırlık	1	3,4	0,29	12,09	12
T10 Hareket Testi	1	3,4	0,29	11,80	14
T10 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T11 Hazırlık	1	0,9	1,11	6,23	24
T11 Kısa Devre Testi	1	0,9	1,11	5,12	25
T11 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T12 Hazırlık	1	0,4	2,50	11,50	17
T12 Güvenlik Testi 1	1	0,2	5,00	9,00	20
T12 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T13 Hazırlık	1	5,95	0,17	1,74	35
T13 Güvenlik Testi 2	1	0,9	1,11	1,57	36
T13 Rapor	1	2,15	0,47	0,47	57
T14 Hazırlık	1	0,4	2,50	7,09	23
T14 Tuş Takım Testi	1	1,7	0,59	4,59	26

Çizelge 6.21 (devam) : Doğrulama testleri hücre 1 için ROT algoritmasına göre hesaplanan öncelik sırası.

Süreç	Kaynak	Süre	Kaynak/Süre	ROT değeri	ROT Sırası (Azalan)
T14 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T15 Hazırlık	1	1,7	0,59	4,00	27
T15 Güvenlik Testi 3	1	7,1	0,14	3,42	28
T15 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T16 Hazırlık	1	1,7	0,59	3,28	29
T16 Zaman Takip Testi	1	12,5	0,08	2,69	30
T16 Rapor	1	1,7	0,59	0,59	54
T17 Hazırlık	1	3,4	0,29	2,07	33
T17 Servis Testi	1	1,5	0,67	1,78	34
T17 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T18 Hazırlık	1	0,9	1,11	2,3	32
T18 Yük Testi	1	12,5	0,08	1,19	38
T18 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	40
T19 Hazırlık	1	0,9	1,11	2,61	31
T19 Deterjan Testi	1	2,6	0,38	1,50	37
T19 Rapor	1	0,9	1,11	1,11	39

ROT algoritması sonucu kullanılarak Hücre 1 temin süresi Çizelge 6.22 ve Çizelge 6.23'te hesaplanmıştır. Hücreye atanan iki işgörenin tüm testler için raporlama ve hazırlık süreçlerini yerine getirdiği ve testleri başlattığı varsayılmıştır. Buna göre bir test, hazırlığı önceden yapılmış olsa da, sırası geldiğinde ancak işgören tarafından başlatılabilir. Test süreçleri sırasında işgörenin testleri boş olduğu sürelerde gözlediği varsayılmış ve temin süresi hesabında, test süresinde işgörenin boş kaldığı varsayılmıştır.

Çizelge 6.22 : Doğrulama testleri hücre 1 için ROT sıralaması sonucuna göre temin süresi hesabı-süreçler.

	ROT	Süre	Kaynak	Terken	Tbaşlangıç
T01 Hazırlık	17,9	2,15	1	0	0
T01 Denge Testi 1	17,38	13,6	1	2,15	2,15
T02 Hazırlık	16,80	0,9	1	15,75	15,75
T02 Denge Testi 2	15,69	30,6	1	16,65	16,65
T06 Hazırlık	14,6	1,7	1	47,25	47,25
T06 Su Testi	13,98	357	1	48,95	48,95
T07 Hazırlık	13,94	0,9	1	405,95	405,95
T07 Temel Performans Testi	12,83	88,4	1	406,85	406,85
T08 Hazırlık	12,80	1,7	1	495,25	495,25
T03 Hazırlık	12,4	1,1	1	47,25	47,25
T08 Program Testi 1	12,21	63,8	1	496,95	496,95
T09 Hazırlık	12,09	1,7	1	495,25	495,25
T10 Hazırlık	12,09	3,4	1	560,75	560,75
T10 Hareket Testi	11,80	45,9	1	564,15	564,15
T03 Denge Testi 3	11,53	10,2	1	48,35	48,35
T09 Program Testi 2	11,50	63,8	1	496,95	496,95
T12 Hazırlık	11,50	0,4	1	610,05	610,05
T04 Hazırlık	10,62	0,9	1	58,55	58,55
T04 Denge Testi 4	9,51	5,1	1	59,45	59,45
T12 Güvenlik Testi 1	9,00	0,4	1	610,45	610,45
T05 Hazırlık	8,40	0,9	1	64,55	64,55
T05 Yürüme Testi	7,29	35,7	1	64,45	64,45
T14 Hazırlık	7,09	0,4	1	560,75	560,75
T11 Hazırlık	6,23	0,9	1	610,05	610,05
T11 Kısa Devre Testi	5,12	1,7	1	610,95	611,35
T14 Tuş Takım Testi	4,59	3,4	1	561,15	561,15
T15 Hazırlık	4,00	1,7	1	613,05	613,05
T15 Güvenlik Testi 3	3,42	51	1	614,75	614,75
T16 Hazırlık	3,28	1,7	1	665,75	665,75
T16 Zaman Takip Testi	2,69	54,4	1	667,45	667,45
T19 Hazırlık	2,61	0,9	1	721,85	721,85
T18 Hazırlık	2,3	0,9	1	721,85	721,85
T17 Hazırlık	2,07	3,4	1	721,85	722,75
T17 Servis Testi	1,78	13,6	1	726,15	726,15
T13 Hazırlık	1,74	5,95	1	613,05	613,05
T13 Güvenlik Testi 2	1,57	51	1	619	619
T19 Deterjan Testi	1,50	61,2	1	722,75	722,75

Çizelge 6.22 (devam) : Doğrulama testleri hücre 1 için ROT sıralaması sonucuna göre temin süresi hesabı-süreçler.

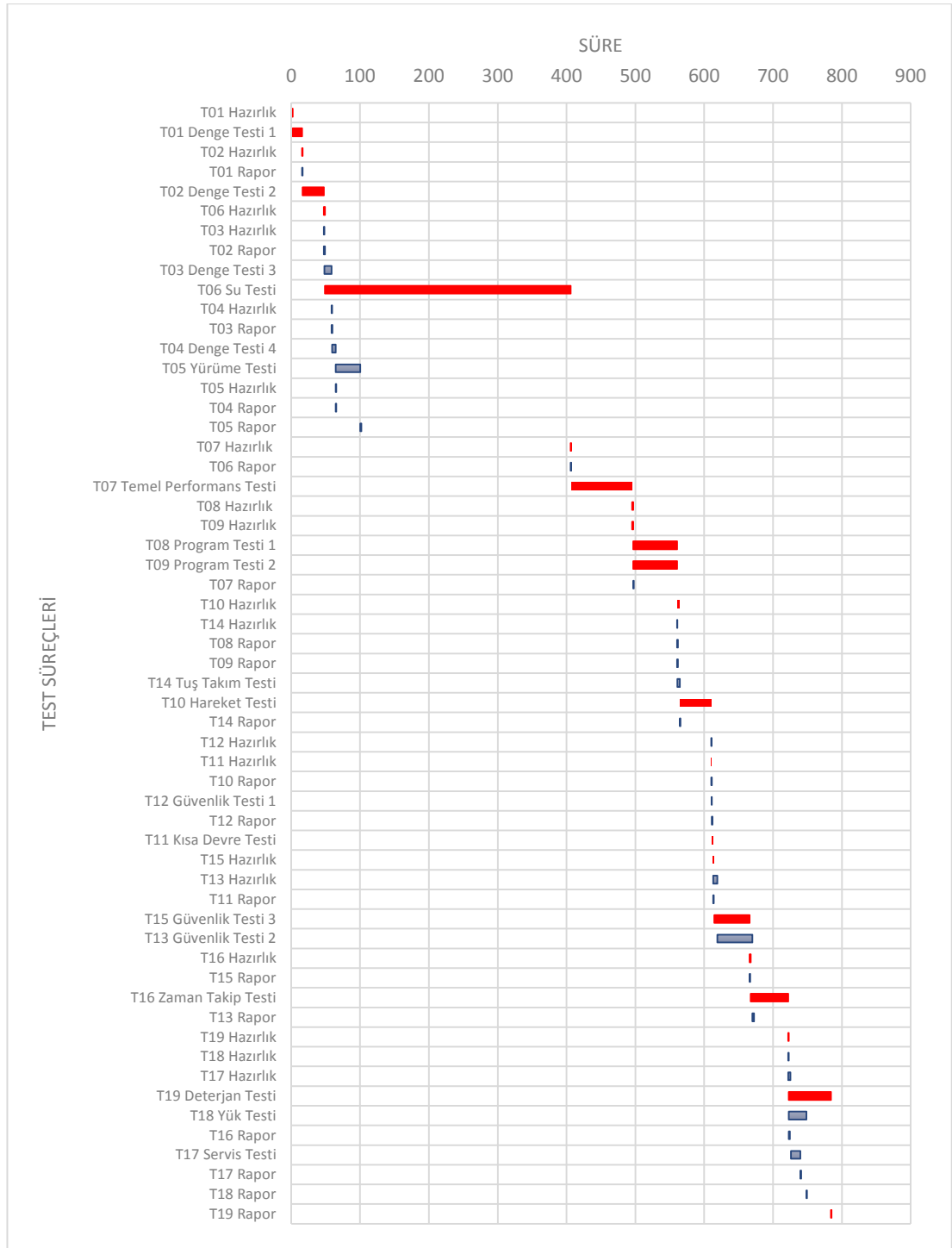
	ROT	Süre	Kaynak	Terken	Tbaşlangıç
T18 Yük Testi	1,19	25,5	1	722,75	722,75
T19 Rapor	1,11	0,9	1	783,95	783,95
T01 Rapor	1,11	0,9	1	15,75	15,75
T04 Rapor	1,11	0,9	1	64,55	64,55
T06 Rapor	1,11	0,9	1	405,95	405,95
T07 Rapor	1,11	0,9	1	496,95	496,95
T08 Rapor	1,11	0,9	1	560,75	561,15
T09 Rapor	1,11	0,9	1	560,75	562,05
T10 Rapor	1,11	0,9	1	610,05	610,45
T11 Rapor	1,11	0,9	1	613,05	614,75
T12 Rapor	1,11	0,9	1	610,85	610,85
T14 Rapor	1,11	0,9	1	564,55	564,55
T15 Rapor	1,11	0,9	1	665,75	665,75
T17 Rapor	1,11	0,9	1	739,75	739,75
T18 Rapor	1,11	0,9	1	748,25	748,25
T03 Rapor	0,91	1,1	1	58,55	58,55
T02 Rapor	0,59	1,7	1	47,25	48,35
T05 Rapor	0,59	1,7	1	100,15	100,15
T16 Rapor	0,59	1,7	1	722,75	722,75
T13 Rapor	0,47	2,15	1	670	670

ROT algoritması kullanılarak bulunan öncelik sırası kullanıldığında elde edilen temin süresi 784,85'tir. Bu kritik yolun süresi olan 784,45'ten sadece 0,4 saat daha uzundur. Bu farkın sebebi, *Kısa Devre Testi* (T11) başlama zamanı geldiğinde (610.95), iki işgören de başka süreçlerle meşgul olduğundan, bu testi ancak 611,35'te başlatabilmişlerdir. Doğrulama testleri hücre 1 için ROT sıralamasına göre temin süresi hesabında yer alana süreler Şekil 6.30'da Gantt şemasında sunulmuştur.

Temin süresi hesabı incelendiğinde toplam temin süresi olan 784,85 saatte iki işgörenin de aynı anda meşgul olduğu süresinin 19,05 saat olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.22 : Doğrulama testleri hücre 1 için ROT sıralamasına göre temin süresi hesabı – iterasyonlar.

Tşimdi	Kullanılabilir Kaynak	İzin verilen aktivite	Tşimdi	Kullanılabilir Kaynak	İzin verilen aktivite
0	2-1	T01H	564,45	2	----
2,15	2-2	T01	610,05	2-1-0	T10_R, T11_H, T12_H
15,75	2-1-0	T01_R, T02_H	610,45	1-0	T12,T10_R
16,65	2-2	T02	610,85	1-0	T12_R
47,25	2-1-0	T03_H, T06_H, T02_R	611,35	1-1	T11
48,35	1-0	T03, T02_R	611,75	2	---
48,95	1-1	T06	613,05	2-1-0	T11_R, T15_H, T13_H
50,05	2	----	614,75	1-0	T15, T11_R
58,55	2-1-0	T03_R, T04_H	619	2-2	T13
59,45	1-1	T04	665,75	2-1-0	T15_R, T16_H
59,65	1	----	666,65	1-1	---
64,55	2-1-0	T04_R, T05_H	667,45	2-2	T16
65,45	2	T05	670	2-1	T13_R
100,15	2-1	T05_R	672,15	2-1	---
405,95	2-1-0	T06_R, T07_H	721,85	2-1-0	T16_R,T17_H, T18_H, T19_H
406,85	2-1	T07	722,75	2-1-0	T18, T19, T17_H, T16_R
495,25	2-1-0	T08_H, T09_H, T07_R	724,45	2	---
496,95	2-1	T08, T09, T07_R	726,15	2-2	T17
497,85	2	----	739,75	2-1	T17_R
560,75	2-1-0	T08_R, T09_R, T14_H, T10_H	740,65	2	---
561,15	1-0	T14, T08_R, T09_R	748,25	2-1	T18_R
562,05	1-0	T09_R	749,15	2-1	---
562,95	1	---	783,95	2-1	T19_R
564,15	2-2	T10	784,85	2	-----
564,55	2-1	T14_R			



Şekil 6.30 : ROT algoritmasıyla elde edilen sıralama sonucu Gantt şeması.

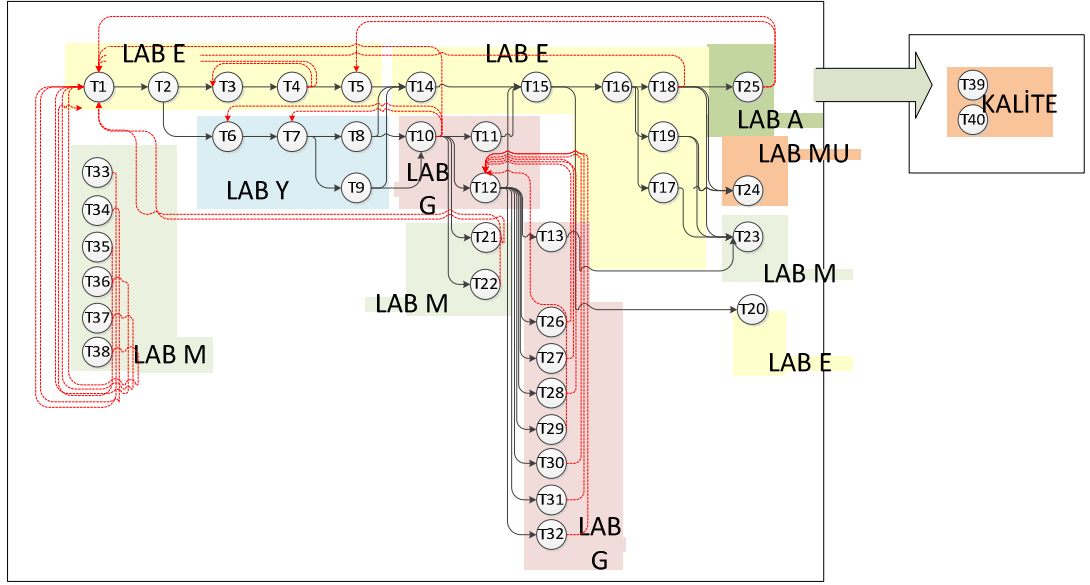
6.5.2 Takımlar arası çekme sistemi tasarımı

Takımlar arası çekme sisteminin tasarımında önceki aşamalarda elde edilen süreç kümeleri kullanılacaktır. Amaç, hedeflenen temin süresi performansına uygun süreç-içi proje limitlerinin belirlenmesidir.

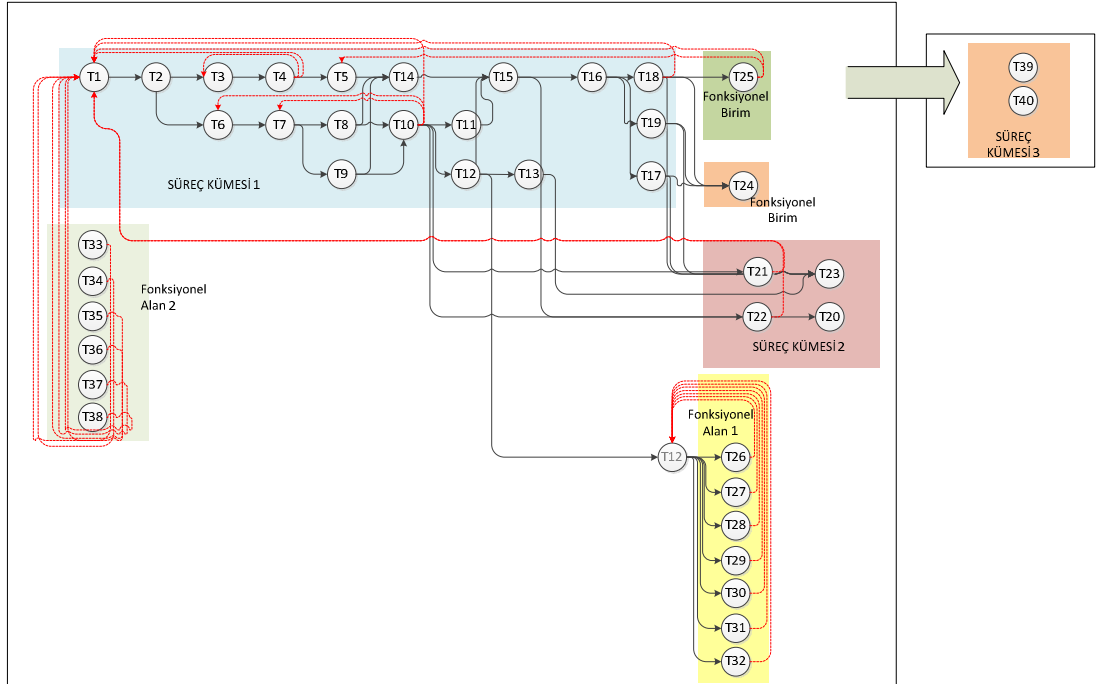
Önceki aşamalarda elde edilen hücre yapısı, mevcut durumla karşılaştırılarak daha iyi değerlendirilebilir. Şekil 6.31’de daha önce mevcut durum değer akış haritasıyla sunulan akış, ağ diyagramı biçiminde verilmiştir. Bir proje, doğrulama testleri boyunca farklı fonksiyonel laboratuvarlara uğrar ve laboratuvarlar arası geri dönüşler mevcuttur. Kalite laboratuvarları T39 ve T40 test süreçlerinden sorumludur. Bu testleri daha önce yapmak mümkün olsa da, fiilen işleyişte, bu testlere başlamak için diğer tüm testlerin tamamlanmasının beklendiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple, ağ diyagramında bu testler ayrı gösterilmiştir.

Önceki aşamalarda elde edilen küme yapısı kullanılarak, ağ diyagramı yeniden çizilmiş ve Şekil 6.32’de sunulmuştur. Burada ilk 19 test süreci bir hücrede toplanmıştır. Bu hücre test süreçleri; Akustik Uyum (T25) ve Manyetik Uyum (T24) fonksiyonel birimleri için, ömür testlerinin gerçekleştirildiği Süreç Kümesi 2 için ve şartlandırma testlerinin gerçekleştirildiği Fonksiyonel Alan 1 için girdi oluşturur. Doğrulama test süreçlerinde, Hücre 1 ve nakliye testlerini oluşturan Fonksiyonel Alan 2 paralel çalışabilir.

Kanban sayılarının hesabında hedef temin süreleri değerleri kullanılacaktır. Takt süresi gelecek yıl proje tamamlama hedefini yansıtacak şekilde 108 saat/proje seçilmiştir. Hedef performans değerleri ve takt süresi kullanarak kanban sayıları Çizelge 6.24’te verildiği üzere hesaplanmıştır. Güvenlik faktörü %10 seçilmiştir fakat gerçekleşen güvenlik faktörü değerleri de hesaplanarak sunulmuştur. Ömür testleri temin süresinin uzun olması nedeniyle kanban sayısı miktarı da yüksek bir değere sahiptir. Uygulamada ömür testleri kanban panosuna dahil edilmeyebilir.



Şekil 6.31 : Mevcut durum doğrulama testleri akışı.

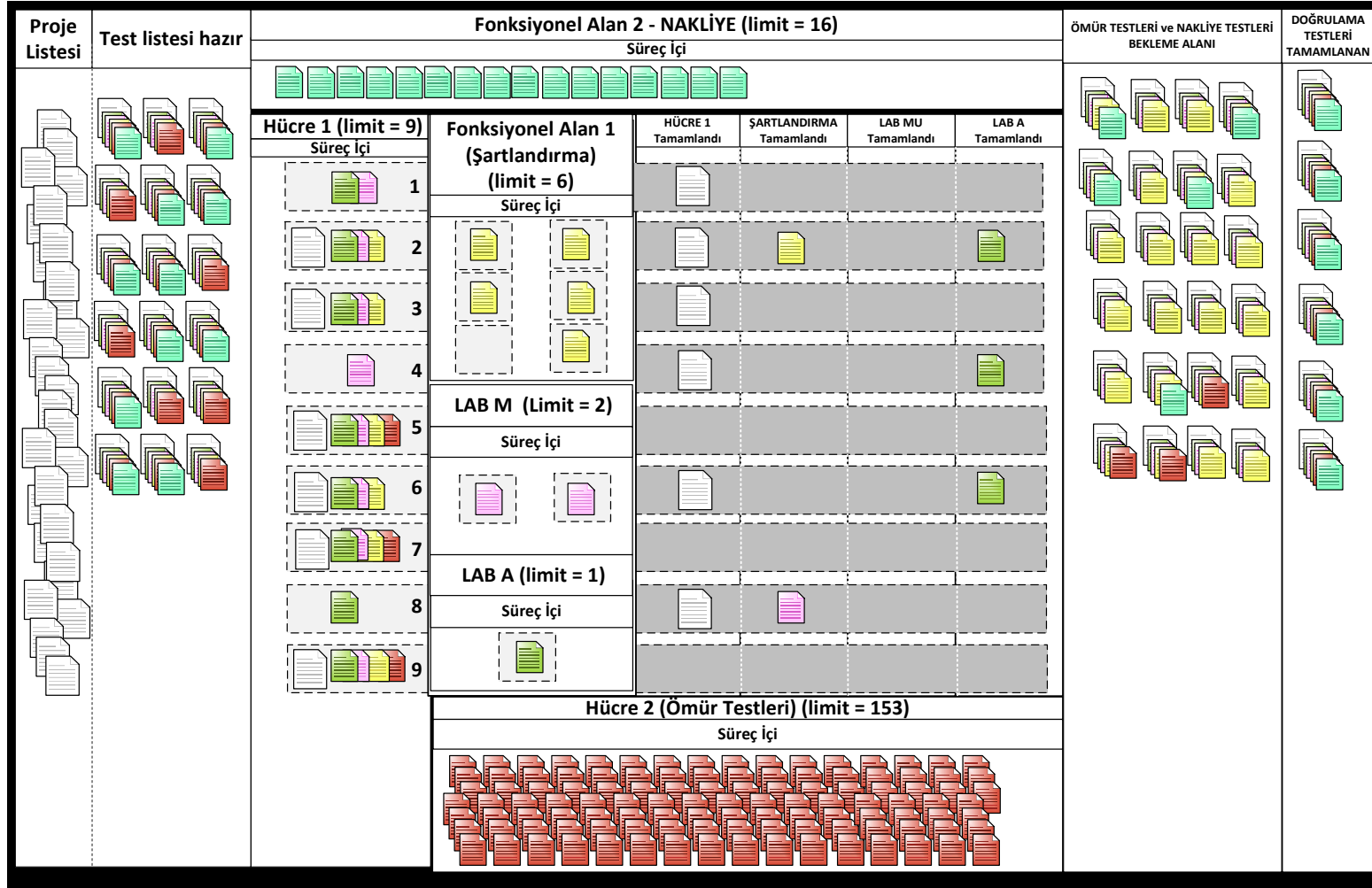


Şekil 6.32 : Önerilen durum doğrulama test süreçleri akışı.

Çizelge 6.23 : Doğrulama testleri süreçleri için kanban sayıları.

Süreç Kümesi	Hedef Temin Süresi	Kanban Sayısı	Gerçekleşen Güvenlik Faktörü
HÜCRE 1 (Süreç Kümesi 1)	800 saat	9	0,22
ŞARTLANDIRMA TESTLERİ (Fonksiyonel Alan 1)	585 saat	6	0,11
NAKLİYE TESTLERİ (Fonksiyonel Alan 2)	1500 saat	16	0,15
LAB M	160 saat	2	0,35
LAB A	40 saat	1	1,70
ÖMÜR TESTLERİ (Süreç Kümesi 2)	15000 saat	153	0,10

Tasarlanan kanban panosu Şekil 6.33'te verilmiştir.



Şekil 6.33 : Doğrulama testleri için kanban panosu tasarımı.

Tasarlanan kanban panosu paralel süreç kümeleri içerdiği için önceki uygulamada sunulan panodan ve literatürdeki örneklerden farklıdır. Kanban panosu kullanım standardı aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

1. Doğrulama testleri sürecine gelen bir projenin bilgileri bir karta yazılarak “Proje Listesi” sütununa bırakılır.

2. Her proje için hangi testlerin gerekli olduğu ve testlerin geçer/geçmez koşulları uzmanlar tarafından tartışılır ve test listesi hazırlanır. Test listesi, her biri ayrı bir süreç kümesi ifade eden kartlara bölünür. Test listesi kartları ve proje kartı birleştirilerek, “Test listesi hazır” sütununa eklenir.

3. Hücre 1’de yer alan 9 kanban şeridinden biri boş olduğu durumda; “Test listesi hazır” sütunundan bir proje kartı, test listesi kartlarıyla birlikte alınarak bu şeride konur. Böylece bir projenin testleri Hücre 1 süreç içi stoğuna eklenmiştir.

4. Hücre 1 test süreçleri tamamlandığında, proje kartı “Hücre 1 Tamamlandı” alanına alınır ve karta eklenmiş test listesi kartları ayrılarak ilgili süreç kümelerine dağıtılır. Eğer bir süreç kümesinin süreç-içi-proje sayısı kanban sayısına eşitse, başka bir deyişle, boş kapasite mevcut değilse, test kartı “Hücre 1 Süreç –içi” sütununda kalmaya devam eder. Şeritteki tüm kartlar süreç kümelerine dağıtılana kadar Hücre 1’e yeni proje kartı alınamaz.

Örnekte Hücre 1 süreç –içi sütununda tüm şeritler doludur. Örneğin 4. şeritte yer alan projenin Manyetik Uyum testi henüz tamamlanmamıştır. Bunun için LAB M’de bir proje için yer açılması ve buradaki kartın LAB M’ye aktarılması gerekir. Bu sayede Hücre 1’de yeni bir proje için yer açılacaktır.

5. Nakliye testleri diğer testlere paralel olarak gerçekleştirilir ve önşart oluşturmaz. Bu yüzden Fonksiyonel Alan 2 kanban akışı paralel olarak gerçekleşir. Limite uygun olarak “Test listesi hazır” bölümündeki projelerden nakliye test kartları alınarak testleri gerçekleştirilir.

6. Hücre 2 (Ömür testleri) kanban sayısı diğerlerine kıyasla çok daha yüksektir ve temin süresi uzundur. Hücre 1 süreç içi stoğunu kontrol ederken , ömür testlerinin dikkate alınması durumu kanban döngüsünü çok uzatabileceği için Hücre 2 testlerinin kanban panosuna eklenmeyebilir.

7. Bir projenin sistemden çıkışı kademeli olarak panoya aktarılmıştır. Önce proje kartı, ömür testleri ve nakliye testi kartları dışındaki kartlarla birleştirilir ve “Ömür testleri ve Nakliye Testleri” bekleme alanına alınır. Daha sonra bu kartlarında da eklenmesiyle “Doğrulama testleri tamamlanan” alanına alınır.

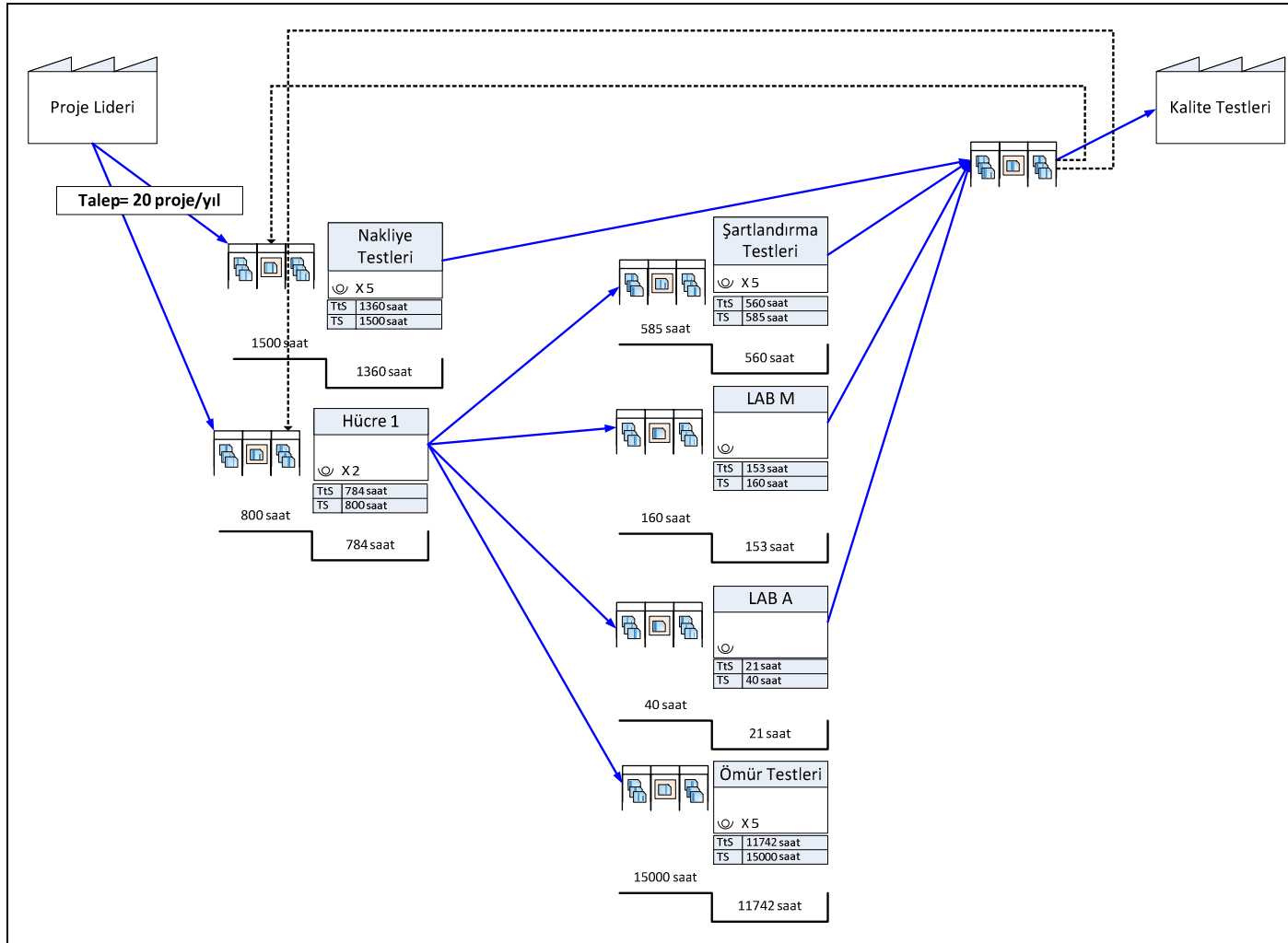
6.6 Gelecek durum tasarımı

Bu aşamada tasarlanan yalın ilkelere dayalı melez proje kontrol sisteminin gelecek durum değer akış haritası kurulacak ve aksiyon planı hazırlanacaktır.

6.6.1 Gelecek durum değer akış haritası

Gelecek durum değer akış haritası hazırlanırken planlama ufku 1 yıl kabul edilmiştir. Gelecek durumu oluşturan iki temel öge mevcuttur; (i) hücre yapısı, (ii) takımlar arası çekme sistemi. Mevcut durum değer akışı haritasında olduğu gibi bu aşamada da harita temsili bir orta ölçekli proje için hazırlanmıştır. Harita sistemde yer alan paralel akışları doğrudan yansıtacak şekilde Şekil 6.34’te sunulmuştur. Paralel akışlar nedeniyle tek bir zaman çizgisi kullanımı yeterli olmadığından akış paralel zaman çizgileriyle ölçülmüştür. Bu durum farklı sınırlar belirleyerek performansı değerlendirme imkanı tanır. Sistemde temin süresi ömür testleri dahil veya hariç olarak ayrı ayrı değerlendirilebilir.

Sıradaki adımda gelecek durum değer akış haritasında görselleştirilen akışı gerçekleştirmek için gerekli aksiyonlar tanımlanacaktır.



Şekil 6.34 : Doğrulama testleri gelecek durum değer akış haritası.

6.6.2 Aksiyon planı

Doğrulama testleri süreçlerinde yalın dönüşüm için aksiyon planı Çizelge 6.25'te sunulmuştur. Beş temel seviyede dönüşümün tamamlanması planlanmıştır. İlk aşama olan

0. Olgunluk seviyesinde henüz hücre kurulmadan yalnızca hücre işgörenleri seçilecek ve eğitilecektir. Bu seviyede hızla ilerleyebilmek için, bir işgörenin tüm süreçlere hakim olacak yetkinliğe ulaşmasını beklemek yerine, birbirini tamamlayan birden fazla işgören hücreye atanabilir.

1. Olgunluk seviyesinde hücre kurulur ve işletilir. Bu seviyede amaç pilot test hücresi sayesinde işleyişte karşılaşılan sorunları görebilmektir. Sorunları ortaya çıkarmak için standartlar belirlenir ve standarttan sapmalar değerlendirilir. Planlanan-gerçekleşen takip sistemi de sorunların ortaya çıkmasına hizmet eder.

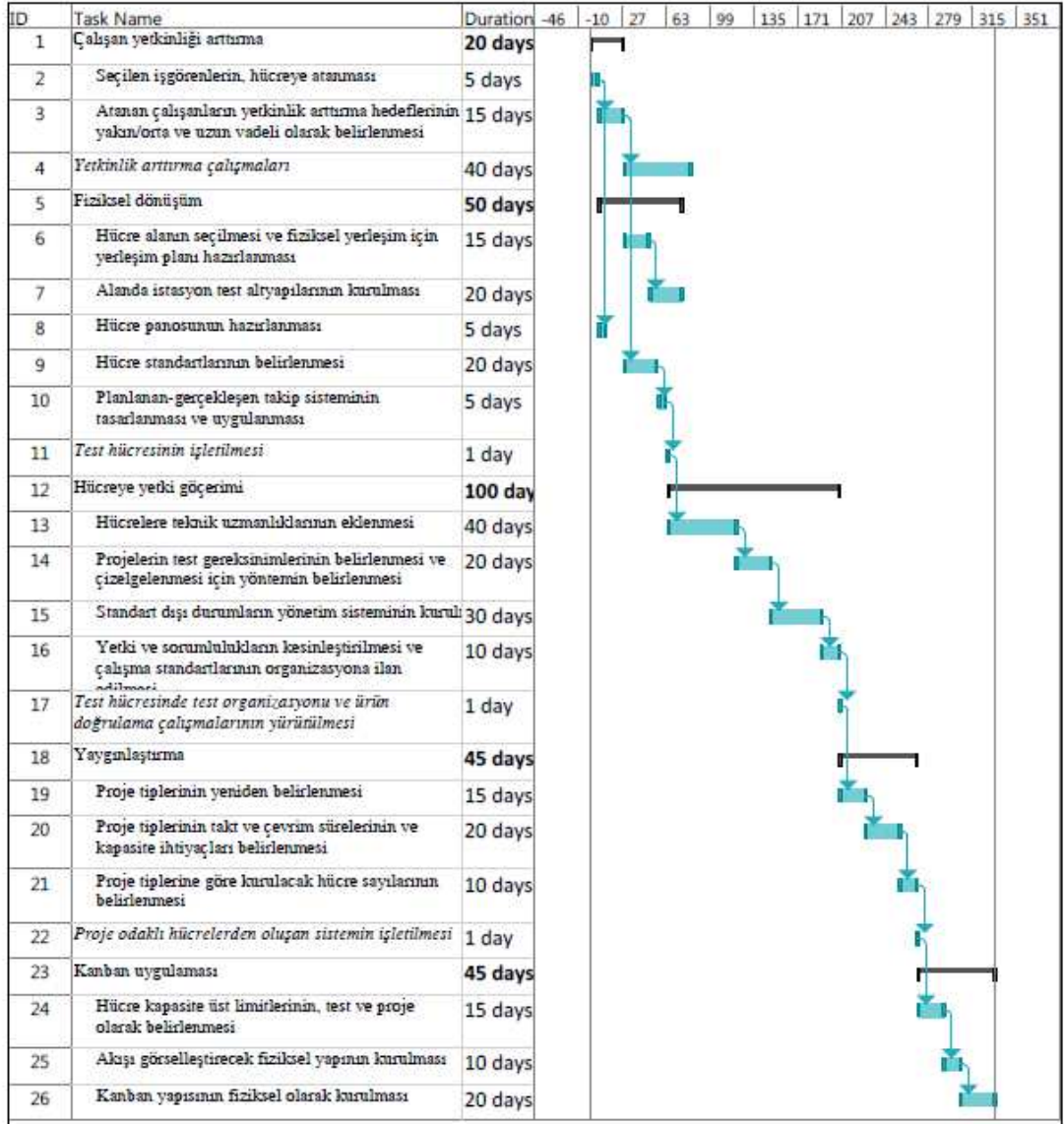
2. Olgunluk seviyesinde hücre proje yönetimi ve test gereksinimleri konusunda yetkilendirilir. Bunun için dışarıdan hücreye yetki aktarımı gerekebilir. Bu seviyede de yöntemlerin standartlaştırılması gelişme için gereklidir.

3. Olgunluk seviyesinde hücre yapısı farklı hücreler kurularak yaygınlaştırılır. Burada hem bu uygulama kapsamında sunulan hücreler, hem de orta ölçekli projeler dışında kalan projeler için kurulacak hücreler değerlendirilmelidir.

4. Olgunluk seviyesinde hücreler arası akış için kanban sistemi kurulur ve uygulanır.

Çizelge 6.24 : Doğrulama testleri gelecek durumu için aksiyon planı.

Olgunluk seviyesi		Hücre sayısı	Aşamalar	
0	Test grubu seviyesi	0	Çalışan yetkinliği artırma	Seçilen işgörenlerin, hücreye atanması
				Atanan çalışanların yetkinlik artırma hedeflerinin yakın/orta ve uzun vadeli olarak belirlenmesi
			<i>Yetkinlik artırma çalışmaları</i>	
1	Pilot Test Hücresi Seviyesi	1	Fiziksel dönüşüm	Hücre alanın seçilmesi ve fiziksel yerleşim için yerleşim planı hazırlanması
				Alanda istasyon test altyapılarının kurulması
				Hücre panosunun hazırlanması
				Hücre standartlarının belirlenmesi
				Planlanan-gerçekleşen takip sisteminin tasarlanması ve uygulanması
			<i>Test hücresinin işletilmesi</i>	
2	Yetkilendirilmiş Pilot Hücre Seviyesi	1	Hücreye yetki göçerimi	Hücrelere teknik uzmanlıklarının eklenmesi
				Projelerin test gereksinimlerinin belirlenmesi ve çizelgelenmesi için yöntemin belirlenmesi
				Standart dışı durumların yönetim sisteminin kurulması
				Yetki ve sorumlulukların kesinleştirilmesi ve çalışma standartlarının organizasyona ilan edilmesi
			<i>Test hücresinde test organizasyonu ve ürün doğrulama çalışmalarının yürütülmesi</i>	
3	Proje odaklı hücreler seviyesi	>1	Yaygınlaştırma	Proje tiplerinin yeniden belirlenmesi
				Proje tiplerinin takt ve çevrim sürelerinin ve kapasite ihtiyaçları belirlenmesi
				Proje tiplerine göre kurulacak hücre sayılarının belirlenmesi
			<i>Proje odaklı hücrelerden oluşan sistemin işletilmesi</i>	
4	Çekme kontrolüne göre çalışan hücreler seviyesi	>1	Kanban uygulaması	Hücre kapasite üst limitlerinin, test ve proje olarak belirlenmesi
				Akışı görselleştirecek fiziksel yapının kurulması
				Kanban yapısının fiziksel olarak kurulması



Şekil 6.35 : Doğrulama testleri için aksiyon planı Gantt şeması.

6.7 Sonuç

Tez kapsamında geliştirilen yalın ilkelere dayalı takım esaslı melez proje kontrol sistemi beyaz eşya sektöründe bir ürün geliştirme sistemine uygulanmıştır. Bu uygulama aracılığıyla, önceki bölümde sunulan ofis mobilyaları sektörü uygulamasından farklı olarak büyük ölçekli bir sistemde önerilen yöntem sınanmıştır.

Bu uygulama neticesinde yöntemle ilgili aşağıda listelenen sonuçlara ulaşılmıştır.

- Sistemin çok katmanlı, hiyerarşik yapısı, önerilen yöntemi de etkilemiştir. Sistem analizi aşamasında ilk olarak tüm sistemin, daha sonra içinden seçilen bir alt sistemin mevcut durum analizi gerçekleştirilmiştir. Bu açıdan

değerlendirildiğinde, önerilen yöntemin hiyerarşik yapıya ve farklı ölçeklerdeki uygulamalara uyarlanabilir olduğu görülmüştür.

- Kümeleme aşamasında kullanılan algoritmaların sonuçları gerçek sistem kısıtları ve olanaklarıyla değerlendirildiğinde, yöntem sonuçlarından daha farklı bir küme yapısı ortaya çıkmıştır. Doğrudan algoritma sonucunun tasarımda kullanılmasının mümkün olamayacağı görülmüştür.
- Doğrulama testlerinin standart sürelerle sahip olması, takım içi çizelgelemede değerlendirilen CAF yöntemini geçersiz kılmıştır. CAF'ın incelenen süreçlerin değişkenliğinin düşük olması nedeniyle uygulanamaması nedeniyle alternatif öncelik parametrelerinin değerlendirilmesinin faydalı olacağı görülmüştür.
- Kritik yol süresiyle karşılaştırılarak yapılan değerlendirmelerde; kritik yol üzerinde paralel işlerin sayısının, kullanılan kaynak sayısını aştığı durumda kritik yolun süresini başarmanın mümkün olmadığı görülmüştür.
- Tasarlanan kanban panosuyla önerilen yöntemin paralel akışlardan oluşan bir değer akışına sahip sistemler için de uygulanabildiği gösterilmiştir.

7. SONUÇLAR

Bu araştırma kapsamında yalın ilkelere dayalı, melez proje kontrol sistemi tasarlanmıştır. Amaç; ürün geliştirme temin süresini düşürmek ve yeni ürün geliştirme hızı ve müşteri talep hızını eşleştirmektir.

Tez kapsamında yalın ürün geliştirme ilke ve araçları tanıtılmış, ürün geliştirmede israf, aşırı yüklenme ve değişkenliğin etkisi açıklanmıştır. Yalın ürün geliştirme ve proje çizelgeleme literatürü incelenmiş ve potansiyel araştırmalar için açık alanlar belirlenmiştir. Geliştirilen metodoloji, çok katmanlı yapısı ve içerdiği araçların kullanım adımları açıklanarak sunulmuştur. Metodoloji iki farklı endüstriyel uygulama kullanılarak sınanmıştır.

Uygulama örnekleri; ürün geliştirme temin süresinin, tasarlanan yalın ilkelere dayalı melez proje kontrol sistemiyle düşürülebildiğini göstermiştir. Özellikle, ofis mobilyaları ürün geliştirme sisteminde yapılan uygulamada çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir. Mevcut durumda karşılaştırıldığında, değişkenlik ve yüklenmenin artışıyla önerilen yöntemin sağladığı faydanın büyüdüğü görülmüştür. Uygulamalar, önerilen yöntemin hem fikirden-imalata geniş kapsamlı, hem de ürün geliştirmenin bir alt sürecinin akışında kullanılabileceğini ve etkili sonuçlar verdiğini göstermiştir. Ürün geliştirme süreçlerinin, dış süreçlerle bağlantıları ve bu ilişkilerin yalın ilkelere uygun şekilde düzenlenmesi de tasarlanan sistem sayesinde mümkün olmuştur. Ayrıca uygulama örnekleriyle, tasarlanan sistemin alt parçalarının ve kullanılan araçların uygulamaya uyum sağlayabildiği görülmüştür. Sistem çok katmanlı, hiyerarşik ürün geliştirme sistemlerine veya dış kaynak müdahalelerine uyumlanabilir. Kullanılan araçlar için alternatif yöntemlerden en iyisini seçmeye imkan tanıyacak karşılaştırma kuralları da metodolojide mevcuttur. Ayrıca tasarlanan takım esaslı yalın ilkelere dayalı melez proje kontrol sisteminin, kanban panosu tasarımına yansıtılabilmesi; yöntemin uygulamaya geçmesini, yaygınlaştırılmasını ve tüm organizasyonla etkin biçimde paylaşılabilmesini sağlar.

Çalışma mevcut literatüre üç temel alanda katkı sağlamıştır; (i) ürün geliştirme temin süresine odaklanan yeni bir melez proje kontrol sistemi sunulmuştur, (ii) proje yönetimi araçlarıyla, yalın ürün geliştirme araçları yalın ilkelere uygun şekilde bir araya getirilmiştir, (iii) ürün geliştirme projelerinin yönetiminde takım esaslı yapıya dönüşüm iki gerçek uygulama aracılığıyla örneklenmiştir. Bunlar dışında, uygulama odaklı olması itibariyle gelecek çalışmalara örnek oluşturması sözkonusudur.

Önerilen yöntem sunulan uygulama örneklerine benzer şekilde, takım esaslı çalışmanın kurulabileceği farklı ürün ve hizmet sistemlerinde kullanılabilir. Ayrıca yöntemin farklı alt parçaları, yalıtılmış şekilde de sistemi geliştirmek için kullanılabilir.

Tasarlanan yalın ilkelere dayalı melez proje kontrol sisteminin sınırları ve kısıtları değerlendirildiğinde, öne çıkan en az üç tema mevcuttur. İlk olarak, sistem ürün geliştirme temin süresini düşürmeyi hedeflemektedir, fakat geliştirilen ürün veya hizmetin kalitesi ve müşteri tanımına uygunluğu doğrudan araştırmanın merkezinde değildir. Temin süresinin kısalmasıyla müşteriye hızlı yanıt verilmesine odaklanılmıştır. Bu açıdan bakıldığında, araştırmanın odak noktasının doğru ürünü geliştirmekten ziyade ürünü doğru geliştirmek olduğu söylenebilir. İkinci olarak, önerilen yöntemi oluşturan araçların her biri, literatürde mevcut aynı işleve sahip farklı bir araçla değiştirilebilir ve farklı araç daha iyi performans sağlama potansiyeline sahiptir. Araştırmada, en iyi sonucu verecek araçların tespit edilmesinden ziyade, uygulamaya dönük, bütünlük ve tutarlı bir metodoloji geliştirilmesi hedeflenmiştir. Son olarak, küme büyüklüğü ve takım büyüklüğü değerlerinin performansa etkisi araştırmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Hem küme büyüklüğü, hem de takım büyüklüğü konuları kendi başlarına ayrı bir araştırmanın ana konusu olabilecek potansiyele sahiptir ve performansa etkileri mevcut literatürde henüz tam olarak ortaya konamamıştır.

Tez kapsamında geliştirilen yöntem farklı gelecek çalışma alanlarına temel oluşturacaktır. İlk olarak, temin süresi dışında farklı performans ölçütleriyle melez proje kontrol sistemi geliştirilebilir. Takım esaslı yapının temin süresine etkisi kuyruk teorisi ve diğer stokastik modelleme teknikleriyle incelenebilir. Takım esaslı çalışmanın uzun dönem etkilerini incelenebilir. Ürün geliştirme temin süresi düşürme konusunda önerilen yönteme alternatif olarak, dış kaynak kullanımının etkisi incelenebilir. Bu çalışmanın doğal bir uzantısı olarak proje sıralama problemini ve

farklı çekme yapıları için itme-çekme arayüzlerinin farklı konfigürasyonlarını içeren araştırmalar yapılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdelsalam, H. M. E. ve Bao, H. P.** (2006). A Simulation-Based Optimization Framework for Product Development Cycle Time Reduction. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Cilt 53, sayı. 1, Sf. 69–85.
- Afonso, P., Nunes, M., Paisana, A. ve Braga, A.** (2008). The Influence of Time-to-Market and Target Costing in the New Product Development Success. *International Journal of Production Economics*. Cilt 115, Sf. 559–568.
- Al-Ashaab, A., Shehab, E., Alam, R., Sopelanad, A., Sorli, M., Flores, M., James-Moore, M.** (2010). The Conceptual LeanPPD Model. *International Conference on Concurrent Engineering*, Krakow, Polonya, 6-10 Eylül
- Anderson, D. J.** (2010). *Kanban*. Blue Hole, Washington.
- Apple, J. M. G.** (1977). *Plant layout and material handling*. Wiley, New York.
- Badiru, A. B.** (1988). Towards the Standardization of Performance Measures for Project Scheduling Heuristics. *IEEE Transactions of Engineering Management*. Cilt 35, sayı. 2, Sf. 82–89.
- Badiru, A. B.** (1993). Scheduling of concurrent manufacturing projects, in *Concurrent Engineering- Contemporary issues and modern design tools*, p. 94–109, Eds. Parsaei, H. R. ve Sullivan, W. G, Chapman and Hall, London.
- Baines, T., Lightfoot, H., Williams, G. M. ve Greenough, R.** (2006). State-of-the-Art in Lean Design Engineering: A Literature Review on White Collar Lean. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, Cilt 220, sayı. 9, Sf. 1539–1547.
- Barnett, B. J.** (2009). Room with a View. *Boeing Frontiers*, Cilt 8, sayı. 5, Sf. 38–39.
- Barnhart, T. M.** (2012). *Creating a Lean R&D System: Lean Principles and Approaches for Pharmaceutical and Research-Based Organizations*. Taylor & Francis, New York.
- Bauch, C.** (2004). *Lean product development: making waste transparent*, (lisans tezi) MIT, Cambridge, MA.

- Beauregard, Y. ve Bhuiyan, N.** (2011). Post-Certification Engineering Taxonomy and Task Value Optimization in the Aerospace Industry. *Engineering Management Journal*. Cilt 23, sayı. 1, Sf. 86–100.
- Belay, A. M., Welo, T. ve Helo, P.** (2014). Approaching Lean Product Development Using System Dynamics: Investigating Front-Load Effects. *Advances in Manufacturing*. Cilt 2, sayı. 2, Sf. 130–140
- Blazewicz, J., Lenstra, J. K. ve Rinnooy Kan, A. H. G.** (1983). Scheduling Subject to Resource Constraints: Classification and Complexity. *Discrete Applied Mathematics*. Cilt 5, Sf. 11–24.
- Bresnahan, S. M.** (2006). *Understanding and managing uncertainty in lean aerospace product development*, (yüksek lisans tezi), MIT, Cambridge, MA.
- Browning, T. R.** (2000). Value-Based Product Development: Refocusing Lean. *Proceedings of the 2000 IEEE*, Albuquerque, New Mexico, USA, 13-15 Ağustos
- Browning, T. R.** (2001). Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions. *Engineering*. Cilt 48. sayı. 3, Sf. 292–306.
- Brucker, P., Drexl, A., Rolf, M., Neumann, K. ve Pesch, E.** (1999). Resource-Constrained Project Scheduling: Notation, Classification, Models, and Methods. *European Journal of Operational Research*. Cilt 112, Sf. 3–41.
- Chase, J. P.** (2001). *Value creation in the product development process*, (yüksek lisans tezi), MIT, Cambridge, MA.
- Cho, S. ve Eppinger, S. D.** (2005). A Simulation-Based Process Model for Managing Complex Design Projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Cilt 52, sayı. 3, Sf. 316–328.
- Clark, K. B. ve Fujimoto, T.** (1991). *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*. Harvard Business School Press, Massachusetts.
- Cleveland, J.** (2006). Toyota' s Other System-This One for Product Development. *Automotive Design & Production*. Cilt 118, sayı. 2, Sf. 18–22.
- Cudney, E. A.** (2008). *Using Hoshin Kanri to Improve the Value Stream*. CRC Press, New York.

- Danese, P. ve Filippini, R.** (2010). Modularity and the Impact on New Product Development Time Performance: Investigating the Moderating Effects of Supplier Involvement and Interfunctional Integration. *International Journal of Operations & Production Management*. Cilt 30, sayı. 11, Sf. 1191–1209.
- Demeulemeester, E. ve Herroelen, W. S.** (2002). *Project Scheduling A Research Handbook*. Kluwer Academic Publishers, New York
- Dolcemascolo, D.** (2006). *Improving the Extended Value Stream: Lean for the Entire Supply Chain*. Productivity Press, New York.
- Dragut, A. B. ve Bertrand, J. W. M.** (2008). A Representation Model for the Solving-Time Distribution of a Set of Design Tasks in New Product Development (NPD). *European Journal of Operational Research*. Cilt 189, Sf. 1217–1233.
- Elsayed, E. A. ve Boucher, T. O.** (1994). *Analysis and control of production systems*. Prentice Hall, New York.
- Everaert, P. ve Bruggeman, W.** (2002). Cost Targets and Time Pressure during New Product Development. *International Journal of Operations & Production Management*. Cilt 22, Sf. 1339–1353.
- Fang, C. ve Marle, F.** (2012). A Simulation-Based Risk Network Model for Decision Support in Project Risk Management. *Decision Support Systems*. Cilt 52, sayı. 3, Sf. 635–644.
- Fiore, C.** (2005). *Accelerated product development: combining lean and Six sigma for peak performance*. Productivity Press, New York.
- Freire, J. ve Alarco, L. F.** (2002). Achieving Lean Design Process : Improvement Methodology. *Journal of Construction Engineering and Management*. Cilt 128, sayı. 3, Sf. 248–256.
- Fritzell, I. ve Göransson, G.** (2012). *Value stream mapping in product development*, (yüksek lisans tezi), Chalmers University of Technology, Gothenburg.
- Gautam, N. ve Singh, N.** (2008). Lean Product Development: Maximizing the Customer Perceived Value Through Design Change (Redesign). *International Journal of Production Economics*. Cilt 114, sayı. 1, Sf. 313–332.
- Graebisch, M., Seering, W. P. ve Lindemann, U.** (2007). Assessing Information Waste in Lean Product Development, *International Conference on Engineering Design*, Paris, Fransa, 28 - 30 Ağustos.
- Griffin, A.** (1997). Modeling and Measuring Product Development Cycle Time across Industries. *Journal of Engineering and Technology Management*, Cilt 14, Sf. 1–24.

- Gurumurthy, A. ve Kodali, R.** (2011). Design of Lean Manufacturing Systems Using Value Stream Mapping with Simulation: A Case Study. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Cilt 22, sayı. 4, Sf. 444–473.
- Ham, I., Hitomi, K. ve Yoshida, T.** (1985). *Group technology application production management*. Massachusetts: Kluwer-Nijhoff Publishing, MA.
- Haque, B.** (2003). Lean Engineering In The Aerospace Industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. Cilt 27, Sf. 1409-1420.
- Haque, B. ve Moore, J. M.** (2004). Applying Lean Thinking to New Product Introduction. *Journal of Engineering Design*, Cilt 15, sayı. 1, Sf. 1–31.
- Haque, B. ve Moore, M. J.** (2004). Measures of Performance for Lean Product Introduction in the Aerospace Industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: Journal of Engineering Manufacture*. Cilt 218, sayı.10, Sf. 1387–1398.
- Herrmann, J. W. ve Chincholkar, M. M.** (2001). Reducing throughput time during product design. *Journal of Manufacturing Systems*. Cilt 20, sayı. 6, Sf. 416–428.
- Herroelen, W., Demeulemeester, E. ve Reyck, B. De.** (2001). Short Communication: A note on the paper “Resource-constrained project scheduling: notation, classification, models and methods” by Brucker et al. *European Journal of Operational Research*. Cilt 128, Sf. 679–688.
- Hopp, W. J. ve Spearman, M. L.** (2011). *Factory Physics*. McGraw-Hill, New York.
- Hoppmann, J., Rebentisch, E., Dombrowski, U. ve Zahn, T.** (2011). A Framework for Organizing Lean Product Development. *Engineering Management Journal*. Cilt 23, sayı. 1, Sf. 3–16.
- Jones, D. T. ve Womack, J. P.** (2002). *Seeing the whole: mapping the extended value stream*. Lean Enterprise Institute, MA.
- Karlsson, C. ve Åhlström, P.** (1996). The Difficult Path to Lean Product Development. *Journal of Product Innovation Management*. Cilt 13, sayı 4, Sf. 283–295.
- Keyte, B. ve Locher, D.** (2004). *The Complete Lean Enterprise: Value Stream Mapping for Administrative and Office Processes*. Productivity Press, New York.
- Khan, M. S., Al-Ashaab, A., Shehab, E., Haque, B., Ewers, P., Sorli, M. ve Sopelana, A.** (2011). Towards Lean Product and Process Development. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. Cilt 26, sayı. 12, Sf. 1–12.

- Kim, S. C. ve Kim, Y. W.** (2011). Material Management System Based on Daily Work. *2011 International Conference on Civil Engineering and Building Materials*, Kunming, Çin, 29-31 Temmuz.
- King, J. R.** (1980). Machine-Component Grouping in Production Flow Analysis: An Approach Using a Rank Order Clustering Algorithm. *International Journal of Production Research*. Cilt 18, sayı. 2, Sf. 213–232.
- Krafcik, J.** (1988). Triumph of the Lean Production System. *Sloan Management Review*. Cilt 30, sayı. 1, Sf. 41–52.
- Krishnan, V. ve Ulrich, K. T.** (2001). Product Development Decisions: A Review of the Literature. *Management Science*. Cilt 47, Sf. 1–21.
- Kumar, C. S. ve Chandrasekharan, M. P.** (1990). Grouping Efficacy: A Quantitative Criterion for Goodness of Block Diagonal Forms of Binary Matrices in Group Technology. *International Journal of Production Research*. Cilt 28, sayı. 2, Sf. 233–243.
- Kušar, J., Duhovnik, J., Grum, J. ve Starbek, M.** (2004). How to Reduce New Product Development Time. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Cilt 20, sayı. 1, Sf. 1–15.
- Law, A. M.** (2007). *Simulation modeling and analysis*. McGraw-Hill, New York.
- Leon, H. C. M. ve Farris, J. A.** (2011). Lean Product Development Research: Current State and Future Directions. *Engineering Management Journal*, Cilt 23, sayı. 1, Sf. 29–52.
- Letens, G., Farris, J. A. ve Aken, E. M. Van.** (2011). A Multilevel Framework for Lean Product Development System Design. *Engineering Management Journal*. Cilt 23, sayı. 1, Sf. 69–86.
- Liker, J. K.** (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill, New York.
- Liker, J. K. ve Morgan, J.** (2011). Lean Product Development as a System: A Case Study of Body and Stamping Development at Ford. *Engineering Management Journal*. Cilt 23, sayı. 1, Sf. 16–28.
- Liker, J. K. ve Morgan, J. M.** (2006). The Toyota Way in Services : The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*. Cilt 20, sayı. 2, Sf. 5–20.
- Lindlöf, L., Söderberg, B. ve Persson, M.** (2012). Practices Supporting Knowledge Transfer – An Analysis of Lean Product Development. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. Cilt 26, sayı. 12, Sf. 1–8.

- Little, J. D. C. ve Graves, S. C.** (2008). Little's law. In *Building Intuition: Insights From Basic Operations Management Models and Principles*, p. 81–100, Eds Chhajed, D ve Lowe, T. J., Springer. New York.
- Locher, D. A.** (2008). *Value stream mapping for lean development*. Productivity Press, New York.
- Lova, A., Tormos, P., Cervantes, M. ve Barber, F.** (2009). An Efficient Hybrid Genetic Algorithm for Scheduling Projects with Resource Constraints and Multiple Execution Modes. *International Journal of Production Economics*. Cilt 117, sayı. 2, Sf. 302–316.
- Mahlamäki, K., Ström, M., Eisto, T. ve Hölttä, V.** (2009). Lean Product Development Point of View to Current Challenges of Engineering Change Management in Traditional Manufacturing Industries. *International Conference of Concurrent Enterprising*, Leiden, Hollanda, 22- 24 Haziran
- Mandic, V., Oivo, M., Rodriguez, P., Kuvaja, P., Kaikkonen, H. ve Turhan, B.** (2010). What is flowing in lean software development? *First International Conference on Lean Enterprise Software and Systems*, Helsinki, Finlandiya, 17-20 Kasım.
- McManus, H., Haggerty, A. ve Murman, E.** (2005). Lean Engineering : Doing the Right Thing Right, *1st International Conference on Innovation and Integration in Aerospace Sciences*, Belfast, İrlanda, 4-5 Ağustos.
- McManus, H. ve Millard, R. L.** (2002). Value Stream Analysis and Mapping for Product Development. *The International Council on Aeronautical Sciences (ICAS) Congress*, Toronto, Kanada, 8 -13 Eylül.
- Medhi, J.** (1991). *Stochastic models in queueing theory*. Academic Press, San Diego, CA.
- Meier, C., Yassine, A. A. ve Browning, T. R.** (2007). Design Process Sequencing With Competent Genetic Algorithms. *Journal of Mechanical Design*. Cilt 129, sayı. 6, 566.
- Meybodi, M. Z.** (2003). Using Principles of Just-In-Time to Improve New Product Development Process. *Advances in Competitiveness Research*. Cilt 11, sayı. 1, Sf. 116–138.
- Meybodi, M. Z.** (2005). An Exploration of the Links Between Just-in-Time Manufacturing and Simultaneous New Product Development. *Advances in Competitiveness Research*, Cilt 13, sayı. 1, Sf. 9–21.
- Middleton, P., Flaxel, A. ve Cookson, A.** (2005). Lean Software Management Case Study: Timberline Inc. In *Extreme Programming and Agile Processes in Software Engineering*, 3556, p. 1–9, Eds. Baumeister, H, Marchesi, M ve Holcombe M., Springer Berlin, Heidelberg.

- Middleton, P. ve Joyce, D.** (2010). Lean Software Management : BBC Worldwide Case Study. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Cilt 59, sayı. 1, Sf. 20–32.
- Morgan, J. M. ve Liker, J. K.** (2006). *The Toyota product development system: integrating people, process, and technology*. Productivity Press, New York.
- Nagi, R. ve Harhalakis, G.** (1990). Multiple Routeings and Capacity Considerations in Group Technology Applications. *International Journal of Production Research*. Cilt 28, sayı. 12, Sf. 2243–2257.
- Narahari, Y., Viswanadham, N. ve Kumar, V. K.** (1999). Lead Time Modeling and Acceleration of Product Design and Development. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*. Cilt 15, sayı. 5, Sf. 882–896.
- Nash, M. A. ve Poling, S. R.** (2008). *Mapping the total value stream: a comprehensive guide for production and transactional processes*. CRC Press, New York.
- Nepal, B. P., Yadav, O. P. ve Solanki, R.** (2011). Improving the NPD Process by Applying Lean Principles: A Case Study. *Engineering Management Journal*. Cilt 23, sayı. 1, Sf. 52–68.
- Oehmen, J. ve Rebentisch, E.** (2010). Risk Management in Lean PD, *LAI Paper Series*, MIT, MA.
- Ohno, T.** (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity Press, Portland.
- Oppenheim, B. W.** (2004). Lean Product Development Flow. *Systems Engineering*. Cilt 7, sayı. 4, Sf. 352–376.
- Pernstål, J., Feldt, R. ve Gorschek, T.** (2013). The Lean Gap: A Review of Lean Approaches to Large-Scale Software Systems Development. *Journal of Systems and Software*. Cilt 86, sayı. 11, Sf. 2799 - 2821.
- Possamai, O. ve Ceryno, P. S.** (2008). Lean Approach Applied to Product Development. *Product: Management & Development*. Cilt 6, sayı. 2, Sf. 157–165.
- Qian, Y., Lin, J., Goh, T. N. ve Xie, M.** (2011). A Novel Approach to DSM-Based Activity Sequencing Problem. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Cilt 58, sayı. 4, Sf. 688–705.
- Qudrat-Ullah, H., Seong, B. S. ve Mills, B. L.** (2012). Improving High Variable-Low Volume Operations : An Exploration into the Lean Product Development. *International Journal of Technology Management*. Cilt 57, sayı. 1, Sf. 49–70.

- Radeka, K. ve Sutton, T.** (2007). What is “Lean” about Product Development? *PDMA Visions*. Cilt 31, sayı. 2, Sf. 11–15.
- Raudberget, D.** (2010). Practical Applications of Set-Based Concurrent Engineering in Industry. *Journal of Mechanical Engineering*. Cilt 56, sayı. 11, Sf. 685–695.
- Reinertsen, D.** (2005). Let it flow. *Industrial Engineer*. Cilt 37, sayı. 6, Sf. 40–45.
- Ringen, G. ve Holtskog, H.** (2011). How enablers for lean product development motivate engineers. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. Cilt 26, sayı. 12, Sf. 1117 - 1127
- Rother, M. ve Shook, J.** (2003). *Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute, Massachusetts.
- Sacks, R. ve Goldin, M.** (2007). Lean Management Model for Construction of High-Rise Apartment Buildings. *Journal of Construction Engineering and Management*. sayı. 133, Sf. 374–384.
- Schuh, G., Lenders, M. ve Rauhut, M.** (2010). Lean Innovation – Introducing Takt Time to Product Development Processes. *Advances in Production Management Systems*, Como, İtalya, 11 -13 Ekim.
- Schulze, A. ve Störmer, T.** (2012). Lean Product Development – Enabling Management Factors for Waste Elimination. *International Journal of Technology Management*. Cilt 57, sayı. 1, Sf. 71–91.
- Singh, N. ve Rajamani, D.** (2011). *Cellular Manufacturing Systems: Design, Planning and Control*. Springer , London.
- Slack, N., Johnston, R. ve Stuart, C.** (2010). *Operations Management*. Essex: Pearson Education.
- Smith, P. G.** (2007). *Flexible Product Development: Building Agility for Changing Markets*. Jossey- Bass, California.
- Sobek, D. K. ve Smalley, A.** (2011). *Understanding A3 Thinking: A Critical Component of Toyota’s PDCA Management System*. CRC Press, New York.
- Sobek, D. K., Ward, A. C. ve Liker, J. K.** (1999). Toyota’s Principles of Set-Based Concurrent Engineering. *Sloan Management Review*. Cilt 40, sayı. 2, Sf. 67 – 83.
- Steward, D. V.** (1981). The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Cilt 28, sayı. 3, Sf. 71–74.

- Tanaka, T., Horikiri, T. ve Flynn, C.** (2010). *Lean for Leaders. New Horizons for Lean Thinking Summit*, Kenilworth, İngiltere, 2- 3 Ekim.
- Tapping, D., Luyster, T. ve Shuker, T.** (2002). *Value Stream Management: Eight Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements*. Productivity Press, New York.
- Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X. ve Yang, K.** (2015). Value Stream Mapping to Reduce the Lead-Time of a Product Development Process. *International Journal of Production Economics*. Cilt 160, Sf. 202–212.
- Viswanadham, N. ve Narahari, Y.** (2001). Queueing Network Modelling and Lead Time Compression of Pharmaceutical Drug Development. *International Journal of Production Research*. Cilt 39, sayı. 2, Sf. 395–412.
- Wang, J. ve Hwang, Y.-C.** (2005). A Study of the Impact of Activity Overlapping on Development Lead-Time in Design Chain. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*. Cilt 22, sayı. 4, Sf. 293–300.
- Wang, L., Ming, X. G., Kong, F. B., Li, D. ve Wang, P. P.** (2012). Focus on Implementation: A Framework for Lean Product Development. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Cilt 23, sayı. 1, Sf. 4–24.
- Ward, A. C., Liker, J. K., Cristiano, J. J. ve Sobek, D. K.** (1995). The Second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster. *Sloan Management Review*. Cilt 28, sayı. 4, Sf. 43–61.
- Ward, A. C. ve Sobek, D. K.** (2014). *Lean Product and Process Development*. Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA.
- Ward, A. ve Seering, W.** (1993). Quantitative Inference in a Mechanical Design “Compiler.” *Journal of Mechanical Design*. Cilt 115, sayı. 1, Sf. 29–35.
- Warfield, J. N.** (1973). Binary Matrices in System Modeling. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. Cilt 3, sayı. 5, Sf. 441–449.
- Wasim, A., Shehab, E., Abdalla, H., Al-Ashaab, A., Sulowski, R. ve Alam, R.** (2012). An Innovative Cost Modelling System to Support Lean Product and Process Development. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Cilt 65, sayı. 1-4, Sf. 165–181.
- Womack, J. P. ve Jones, D. T.** (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press, New York.
- Womack, J. P., Jones, D. T. ve Roos, D.** (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production: Toyota’s Secret Weapon in The*

Global Car Wars That is Revolutionizing World Industry. Free Press, New York.

- Yassine, A. A.** (2004). An Introduction to Modeling and Analyzing Complex Product Development Processes Using the Design Structure Matrix (DSM) Method. *Quaderni Di Management (Italian Management Review)*. sayı. 9, Sf. 72-88.
- DSMweb.org: Research Tools.** (t.y.). Alındığı tarih: 3.06.2015, adres: <http://www.dsmweb.org/en/dsm-tools/research-tools.html>
- Hines, P., Silvi, R. ve Bartolini, M.** (2002). *Lean profit potential*. Alındığı tarih: 12.4.2013, adres: <http://www.atem.org.au/uploads/publications/-Leanprofit1.pdf>
- Horikiri, T., Kieffer, D. ve Tanaka, T.** (2008). Oobeya – Next Generation of Fast in Product Development. *System. QV Systems*. Alındığı tarih: 30.8.2013, adres: <http://leansi.wp.mines-telecom.fr/files/2009/11/Oobeya-article-2009.pdf>
- Skarin, M** (2013). *10 kanban boards and their context*. Alındığı tarih: 4/7/2014, adres: <http://blog.crisp.se/2010/12/03/mattiasskarin/1291361993216>
- Ikonen, M.** (2011). *Lean Thinking in Software Development : Impacts of Kanban on Projects*. Alındığı tarih: 1.2.2014, adres: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/28453/leanthin.pdf>
- Klipp, P.** (2012). *Getting Started with Kanban*. *LeanPub*. Alındığı tarih: 12.4.2014, adres: <https://kanbanery.com/ebook/GettingStartedWithKanban.pdf>
- Lessons from Toyota's Long Drive** (2007). Harvard Bussiness Review. Alındığı tarih: 03/05/2015, adres: <https://hbr.org/2007/07/lessons-from-toyotas-long-drive/es>
- McManus, H.** (2005). *Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual*. *Lean Aerospace Initiative*. Cambridge, MA: MIT Lean Aerospace Initiative. Alındığı tarih: 2.2.2015, adres: [ttp://lean.mit.edu/downloads/doc_download/1090-product-development-value-stream-mapping-manual](http://lean.mit.edu/downloads/doc_download/1090-product-development-value-stream-mapping-manual)
- Oostvogels, N.** (2012). *Kanban for Skeptics*. *LeanPub*. Alındığı tarih: 9.12.2013, adres: <https://leanpub.com/kanbanforskeptics>
- Tanaka, T. ve Tanner, S.** (2011). *The Visualization of Purpose : Quickening the Pace of Executive Achievement Through The Visualization of Purpose*. *Quality*. Alındığı tarih: 5.07.2014, adres: http://www.leanuk.org/media/60477/paper_visualization_of_purpose.pdf

The Smartest Company of the Year (2005). Harvard Bussiness Review. Alındığı
tarih: 18.01.2015, adres:
[http://money.cnn.com/magazines/business2/business2_archive/2005/
01/01/8250213/index.htm](http://money.cnn.com/magazines/business2/business2_archive/2005/01/01/8250213/index.htm)

EKLER

EK A: Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri

EK B: Deney sonuçları

EK C: Ofis mobilyaları geliştirme sistemi mevcut durum değer akış haritası

EK D: Beyaz eşya ürün geliştirme sistemi mevcut durum değer akış haritası (CD'dedir) .

EK E: Doğrulama testleri değer akış haritası (CD'dedir).

EK A : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri

Çizelge A.1 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.

	1.Proje Yönetimi Parametreleri			
	1.1 Kaynak Kısıtı	1.2. Çoklu Proje	1.3. Çok Modlu	1.4. Ürün Geliştirmeye ilişkili
Beşikçi ve diğ., 2015	X	X	X	
Wang ve diğ., 2014	X	X		
Naber ve diğ., 2014	X			
Ghouddisi ve diğ., 2013	X		X	
Adhau ve diğ., 2013	X	X		
Zheng ve diğ., 2013	X	X		
Beşikçi ve diğ., 2012	X	X	X	
Fang ve Marle, 2012				
Li ve diğ., 2012	X			
Zhang, 2012	X		X	
Chua ve Hassain, 2011	X			
Zhang ve Sun, 2011	X		X	
Browning ve Yassine, 2010	X		X	
Xue ve Wang, 2010	X	X		
Kruger ve Scholl, 2010	X	X		
Elazouni, 2009	X	X		
Homberger, 2009	X	X		
Kruger ve Scholl, 2009	X	X	X	
Lova ve diğ., 2009	X		X	
Gonçalves ve diğ., 2008	X	X		
Lin ve diğ., 2008				X
Kılıç ve diğ., 2008				
Meier, 2007	X			X
Homberger, 2007	X	X		
Linyi ve Yan,2007	X	X		
VoB ve Witt, 2007	X	X	X	
Abbasi & Shadrakh, 2006	X	X		
Confessore ve diğ., 2006	X	X		
Abdelsalam ve Bao, 2006				X
Al-Fauza ve Haouari, 2005	X			
Cho ve Eppinger, 2005	X			X
Alcaraz ve diğ., 2003	X		X	
Bouleinen ve Lecocq, 2003	X		X	
Chu ve Tsai, 2002	X	X		
Sönke, 2001	X		X	
Kara ve diğ., 2001	X	X		
Şerifoğlu ve diğ., 2000	X		X	
Mori ve Tseng, 1997	X		X	
Boctor, 1993	X		X	
TOPLAM	29	14	13	4

Çizelge A.2 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.

	1.Proje Yönetimi Parametreleri					
	1.5. Amaç					
	1.5.1.Süre temelli amaç				1.5.2. Finansal amaç	1.5.3. Kalite odaklı (ilk seferde tam ve doğru) amaç
	1.5.1.1. Toplu Akış (Yayılma) Süresi	1.5.1.2. Temin (Akış) Süresi	1.5.1.3. Gecikme süresi	1.5.1.4. Ağırlıklandırılmış Gecikme/Erken Tamamlama		
Beşikçi ve diğ., 2015				X		
Wang ve diğ., 2014			X			
Naber ve diğ., 2014	X					
Ghouddisi ve diğ., 2013	X				X	
Adhau ve diğ., 2013	X		X			
Zheng ve diğ., 2013	X					X
Beşikçi ve diğ., 2012				X		
Fang ve Marle, 2012						
Li ve diğ., 2012		X				
Zhang, 2012		X				
Chua ve Hassain, 2011		X				
Zhang ve Sun, 2011			X			
Browning ve Yassine, 2010			X			
Xue ve Wang, 2010		X				
Kruger ve Scholl, 2010			X			
Elazouni, 2009		X			X	
Homberger, 2009			X			
Kruger ve Scholl, 2009			X			
Lova ve diğ., 2009		X				
Gonçalves ve diğ., 2008		X		X		
Lin ve diğ., 2008		X				
Kılıç ve diğ., 2008	X				X	
Meier, 2007						X
Homberger, 2007	X					
Linyi ve Yan, 2007	X					
VoB ve Witt, 2007				X		
Abbasi & Shadrakh, 2006	X					X
Confessore ve diğ., 2006	X					
Abdelsalam ve Bao, 2006						X
Al-Fauza ve Haouari, 2005	X					X
Cho ve Eppinger, 2005		X				
Alcaraz ve diğ., 2003	X					
Bouleinen ve Lecocq, 2003	X					
Chu ve Tsai, 2002			X		X	
Sönke, 2001	X					
Kara ve diğ., 2001		X				
Şerifoğlu ve diğ., 2000					X	
Mori ve Tseng, 1997		X				
Boctor, 1993		X				
TOPLAM	9	12	6	3	4	4

Çizelge A.3 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.

	1.Proje Yönetimi Parametreleri				
	1.6. Öncelik İlişkileri		1.7. Kaynak Özellikleri		
	1.6.1.Bittikten sonra başlama	1.6.2. Bitmeden önden başlama	1.7.1. Yenilenebilir kaynak (işgücü, makine vs.)	1.7.2. Yenilenmesi mümkün olmayan kaynak (bütçe, zaman vs.)	1.7.3. Değiştirme süresi
Beşikçi ve diğ., 2015	X		X		
Wang ve diğ., 2014	X		X		
Naber ve diğ., 2014	X		X		
Ghouddisi ve diğ., 2013	X		X		
Adhau ve diğ., 2013	X		X	X	
Zheng ve diğ., 2013	X		X		
Beşikçi ve diğ., 2012	X		X	X	
Fang ve Marle, 2012					
Li ve diğ., 2012	X		X		
Zhang, 2012	X		X	X	
Chua ve Hassain, 2011	X		X		
Zhang ve Sun, 2011	X		X		
Browning ve Yassine, 2010	X		X		
Xue ve Wang, 2010	X		X		
Kruger ve Scholl, 2010	X		X	X	X
Elazouni, 2009	X		X	X	X
Homberger, 2009	X		X		
Kruger ve Scholl, 2009	X		X		X
Lova ve diğ., 2009	X		X	X	
Gonçalves ve diğ., 2008	X		X		
Lin ve diğ., 2008	X				
Kılıç ve diğ., 2008	X		X		
Meier, 2007	X				
Homberger, 2007	X				
Linyi ve Yan, 2007	X		X		
VoB ve Witt, 2007	X		X		X
Abbasi & Shadrakh, 2006	X		X		
Confessore ve diğ., 2006	X		X		
Abdelsalam ve Bao, 2006	X				
Al-Fauza ve Haouari, 2005	X		X		
Cho ve Eppinger, 2005	X	X	X		
Alcaraz ve diğ., 2003	X		X	X	
Bouleinen ve Lecocq, 2003	X		X		
Chu ve Tsai, 2002	X		X		
Sönke, 2001	X		X	X	
Kara ve diğ., 2001	X		X		
Şerifoğlu ve diğ., 2000	X		X	X	
Mori ve Tseng, 1997	X		X		
Boctor, 1993	X		X		
TOPLAM	32	1	28	8	4

Çizelge A.4 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.

	1.Proje Yönetimi Parametreleri			
	1.8. Süreçler			
	1.8.1. Deterministik süreli süreçler	1.8.2.Stokastik süreli süreçler	1.8.3. Süreç teslim tarihi	1.8.4. Proje teslim tarihi
<i>Beşikçi ve diğ., 2015</i>				X
<i>Wang ve diğ., 2014</i>	X			X
<i>Naber ve diğ., 2014</i>	X		X	X
<i>Ghouddisi ve diğ., 2013</i>	X			X
<i>Adhau ve diğ., 2013</i>	X			X
<i>Zheng ve diğ., 2013</i>		X	X	
<i>Beşikçi ve diğ., 2012</i>	X			X
<i>Fang ve Marle, 2012</i>		X		X
<i>Li ve diğ., 2012</i>		X		
<i>Zhang, 2012</i>	X			
<i>Chua ve Hassain, 2011</i>		X		
<i>Zhang ve Sun, 2011</i>		X		
<i>Browning ve Yassine, 2010</i>	X			X
<i>Xue ve Wang, 2010</i>	X			
<i>Kruger ve Scholl, 2010</i>	X			
<i>Elazouni, 2009</i>	X			
<i>Homberger, 2009</i>	X			
<i>Kruger ve Scholl, 2009</i>	X			
<i>Lova ve diğ., 2009</i>	X		X	X
<i>Gonçalves ve diğ., 2008</i>	X			
<i>Lin ve diğ., 2008</i>				
<i>Kılıç ve diğ., 2008</i>		X		
<i>Meier, 2007</i>				
<i>Homberger, 2007</i>	X			
<i>Linyi ve Yan,2007</i>	X			X
<i>VoB ve Witt, 2007</i>	X			
<i>Abbasi & Shadrakh, 2006</i>	X			
<i>Confessore ve diğ., 2006</i>	X			
<i>Abdelsalam ve Bao, 2006</i>		X		
<i>Al-Fauza ve Haouari, 2005</i>	X			
<i>Cho ve Eppinger, 2005</i>		X		
<i>Alcaraz ve diğ., 2003</i>	X			
<i>Bouleinen ve Lecocq, 2003</i>	X			
<i>Chu ve Tsai, 2002</i>	X			X
<i>Sönke, 2001</i>	X			
<i>Kara ve diğ., 2001</i>	X			X
<i>Şerifoğlu ve diğ., 2000</i>	X			
<i>Mori ve Tseng, 1997</i>	X			
<i>Bector, 1993</i>	X			
TOPLAM	24	7	1	7

Çizelge A.5 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.

	1.Proje Yönetimi Parametreleri				
	1.9. Yöntem				
	1.9.1. Lineer Programlama	1.9.2. Karma Tamsayılı	1.9.3 Dinamik Programlama	1.9.4. Sezgisel	1.9.5. Metasezgisel *
<i>Beşikçi ve diğ. 2015</i>					X
<i>Wang ve diğ., 2014</i>			X		
<i>Naber ve diğ, 2014</i>		X			
<i>Ghouddisi ve diğ., 2013</i>					X
<i>Adhau ve diğ., 2013</i>					
<i>Zheng ve diğ., 2013</i>					X
<i>Beşikçi ve diğ., 2012</i>					X
<i>Fang ve Marle, 2012</i>					
<i>Li ve diğ., 2012</i>					
<i>Zhang, 2012</i>					X
<i>Chua ve Hassain, 2011</i>					
<i>Zhang ve Sun, 2011</i>					
<i>Browning ve Yassine, 2010</i>					
<i>Xue ve Wang, 2010</i>					X
<i>Kruger ve Scholl, 2010</i>	X				
<i>Elazouni, 2009</i>				X	
<i>Homberger, 2009</i>					
<i>Kruger ve Scholl, 2009</i>	X				
<i>Lova ve diğ., 2009</i>					X
<i>Gonçalues ve diğ., 2008</i>					X
<i>Lin ve diğ., 2008</i>					
<i>Kılıç ve diğ, 2008</i>					X
<i>Meier, 2007</i>					X
<i>Homberger, 2007</i>					
<i>Linyi ve Yan,2007</i>					X
<i>VoB ve Witt, 2007</i>					
<i>Abbasi & Shadrakh, 2006</i>					X
<i>Confessore ve diğ., 2006</i>					
<i>Abdelsalam ve Bao, 2006</i>					
<i>Al-Fauza ve Haouari, 2005</i>					X
<i>Cho ve Eppinger, 2005</i>				X	
<i>Alcaraz ve diğ, 2003</i>					X
<i>Bouleinen ve Lecocq, 2003</i>					X
<i>Chu ve Tsai, 2002</i>				X	
<i>Sönke, 2001</i>					X
<i>Kara ve diğ, 2001</i>				X	
<i>Şerifoğlu ve diğ., 2000</i>					X
<i>Mori ve Tseng, 1997</i>					X
<i>Boctor, 1993</i>				X	
<i>TOPLAM</i>	2	1	1	5	15

Çizelge A.6 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.

	1.Proje Yönetimi Parametreleri				
	1.9. Yöntem				
	1.9.6. Benzetim	1.9.7. Vekil Temelli	1.9.8. Kural Temelli	1.9.9. Sistem Dinamiği	1.9.10. Lagranj Gevşetme Yaklaşımı
Beşikçi ve diğ., 2015					
Wang ve diğ., 2014					
Naber ve diğ., 2014					
Ghouddisi ve diğ., 2013					
Adhau ve diğ., 2013		X			
Zheng ve diğ., 2013					
Beşikçi ve diğ., 2012					X
Fang ve Marle, 2012	X				
Li ve diğ., 2012	X				
Zhang, 2012					
Chua ve Hassain, 2011	X				
Zhang ve Sun, 2011			X		
Browning ve Yassine, 2010			X		
Xue ve Wang, 2010					
Kruger ve Scholl, 2010					
Elazouni, 2009					
Homberger, 2009		X			
Kruger ve Scholl, 2009			X		
Lova ve diğ., 2009					
Gonçalves ve diğ., 2008					
Lin ve diğ., 2008				X	
Kılıç ve diğ., 2008					
Meier, 2007					
Homberger, 2007		X			
Linyi ve Yan, 2007					
VoB ve Witt, 2007			X		
Abbasi & Shadrakh, 2006					
Confessore ve diğ., 2006		X			
Abdelsalam ve Bao, 2006	X				
Al-Fauza ve Haouari, 2005					
Cho ve Eppinger, 2005	X				
Alcaraz ve diğ., 2003					
Bouleinen ve Lecocq, 2003					
Chu ve Tsai, 2002					
Sönke, 2001					
Kara ve diğ., 2001					
Şerifoğlu ve diğ., 2000					
Mori ve Tseng, 1997					
Boctor, 1993			X		
TOPLAM	5	3	5	1	1

Çizelge A.7 : Proje yönetimi/çizelgeleme çalışmaları özellikleri.

	2. Görselleştirme/ İyileştirme Araçları		3. Uygulama		
	2.1. Karar Yapı Matrisi	2.2 Risk Yapı Matrisi	3.1. Gerçek Uygulama	3.2. Düşünsel Uygulama	3.3. Test Problemleri
Beşikçi ve diğ., 2015					X
Wang ve diğ., 2014					
Naber ve diğ., 2014					X
Ghouddisi ve diğ., 2013				X	
Adhau ve diğ., 2013				X	
Zheng ve diğ., 2013					X
Beşikçi ve diğ., 2012					X
Fang ve Marle, 2012		X	X		
Li ve diğ., 2012					
Zhang, 2012					X
Chua ve Hassain, 2011			X		
Zhang ve Sun, 2011				X	
Browning ve Yassine, 2010					X
Xue ve Wang, 2010				X	
Kruger ve Scholl, 2010					X
Elazouni, 2009				X	
Homberger, 2009					X
Kruger ve Scholl, 2009					X
Lova ve diğ., 2009					X
Gonçalves ve diğ., 2008				X	
Lin ve diğ., 2008	X		X		
Kılıç ve diğ., 2008					X
Meier, 2007	X				X
Homberger, 2007					X
Linyi ve Yan, 2007					X
VoB ve Witt, 2007			X		
Abbasi & Shadrakh, 2006				X	
Confessore ve diğ., 2006					X
Abdelsalam ve Bao, 2006	X		X		
Al-Fauza ve Haouari, 2005					X
Cho ve Eppinger, 2005	X		X		
Alcaraz ve diğ., 2003					X
Bouleinen ve Lecocq, 2003					X
Chu ve Tsai, 2002					X
Sönke, 2001					X
Kara ve diğ., 2001			X		
Şerifoğlu ve diğ., 2000					X
Mori ve Tseng, 1997					X
Boctor, 1993					X
TOPLAM	4	1	7	5	20

EK B: Deney sonuçları**Çizelge B.1 : Değişkenlik katsayısı 0,5 ve FIFO süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları**

TAKT	Kontrol	Temin Süresi	Temin Süresi GA
216	İTME- Bireysel - FIFO	246,31	3,25
108	İTME- Bireysel - FIFO	287,94	6,25
72	İTME- Bireysel - FIFO	372,16	14,22
54	İTME- Bireysel - FIFO	533,19	31,78
43,2	İTME- Bireysel - FIFO	918,47	78,99
36	İTME- Bireysel - FIFO	1679,06	130,6
30,86	İTME- Bireysel - FIFO	2453,8	167,2
27	İTME- Bireysel - FIFO	3107,12	135,6
24	İTME- Bireysel - FIFO	3365,74	162,7
21,6	İTME- Bireysel - FIFO	3601,42	205,7
216	İTME - TAKIM - FIFO	218,57	2,136
108	İTME - TAKIM - FIFO	229,44	2,281
72	İTME - TAKIM - FIFO	250,73	3,646
54	İTME - TAKIM - FIFO	288,42	7,647
43,2	İTME - TAKIM - FIFO	367,22	18,93
36	İTME - TAKIM - FIFO	612,39	60,74
30,86	İTME - TAKIM - FIFO	1244,16	108,3
27	İTME - TAKIM - FIFO	1907,35	111,4
24	İTME - TAKIM - FIFO	2468,36	98,7
21,6	İTME - TAKIM - FIFO	2839,68	110
216	Çekme - TAKIM - FIFO	218,47	2,107
108	Çekme - TAKIM - FIFO	229,51	2,329
72	Çekme - TAKIM - FIFO	251,3	3,669
54	Çekme - TAKIM - FIFO	284,83	6,518
43,2	Çekme - TAKIM - FIFO	343,11	10,39
36	Çekme - TAKIM - FIFO	430,79	10,38
30,86	Çekme - TAKIM - FIFO	483,52	7,837
27	Çekme - TAKIM - FIFO	494,24	6,277
24	Çekme - TAKIM - FIFO	497,38	5,285
21,6	Çekme - TAKIM - FIFO	505,78	8,334

Çizelge B.2 : Değişkenlik katsayısı 1,0 ve FIFO süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları

TAKT	Kontrol	Temin Süresi	Temin Süresi GA
216	İTME- Bireysel - FIFO	264,95	5,757
108	İTME- Bireysel - FIFO	336,46	10,47
72	İTME- Bireysel - FIFO	476,82	22,92
54	İTME- Bireysel - FIFO	729,97	59,96
43,2	İTME- Bireysel - FIFO	1330,23	125,9
36	İTME- Bireysel - FIFO	2159,89	161,8
30,86	İTME- Bireysel - FIFO	2973,72	240,6
27	İTME- Bireysel - FIFO	3616,22	226,9
24	İTME- Bireysel - FIFO	3640,14	266
21,6	İTME- Bireysel - FIFO	4116,25	248,8
216	İTME - TAKIM - FIFO	226,27	3,41
108	İTME - TAKIM - FIFO	238,21	3,97
72	İTME - TAKIM - FIFO	263,37	5,538
54	İTME - TAKIM - FIFO	307,92	8,407
43,2	İTME - TAKIM - FIFO	397,14	19,65
36	İTME - TAKIM - FIFO	675,09	73,15
30,86	İTME - TAKIM - FIFO	1304,16	113,4
27	İTME - TAKIM - FIFO	1952,78	99,59
24	İTME - TAKIM - FIFO	2511,95	107,9
21,6	İTME - TAKIM - FIFO	2897,52	95,12
216	Çekme - TAKIM - FIFO	226,39	3,31
108	Çekme - TAKIM - FIFO	237	3,19
72	Çekme - TAKIM - FIFO	262,78	4,679
54	Çekme - TAKIM - FIFO	303,6	7,16
43,2	Çekme - TAKIM - FIFO	368,91	10,25
36	Çekme - TAKIM - FIFO	473,87	16,3
30,86	Çekme - TAKIM - FIFO	526,5	9,489
27	Çekme - TAKIM - FIFO	524,68	10,8
24	Çekme - TAKIM - FIFO	532,35	7,513
21,6	Çekme - TAKIM - FIFO	533,84	9,86

Çizelge B.3 : Değişkenlik katsayısı 1,5 ve FIFO süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları

TAKT	Kontrol	Temin Süresi	Temin Süresi GA
216	İTME- Bireysel - FIFO	293,99	11,83
108	İTME- Bireysel - FIFO	406,61	18,55
72	İTME- Bireysel - FIFO	613,22	35,76
54	İTME- Bireysel - FIFO	1008,75	84,31
43,2	İTME- Bireysel - FIFO	1738,3	164,9
36	İTME- Bireysel - FIFO	2597,48	206,8
30,86	İTME- Bireysel - FIFO	3314,66	359,2
27	İTME- Bireysel - FIFO	3679,65	317,4
24	İTME- Bireysel - FIFO	3876,71	283,3
21,6	İTME- Bireysel - FIFO	4367,03	398,2
216	İTME - TAKIM - FIFO	231,16	4,755
108	İTME - TAKIM - FIFO	247,98	3,924
72	İTME - TAKIM - FIFO	284,95	8,205
54	İTME - TAKIM - FIFO	336,03	11,51
43,2	İTME - TAKIM - FIFO	463,54	29,25
36	İTME - TAKIM - FIFO	805,6	74,75
30,86	İTME - TAKIM - FIFO	1405,28	110,8
27	İTME - TAKIM - FIFO	2011,5	100,5
24	İTME - TAKIM - FIFO	2515,14	115,5
21,6	İTME - TAKIM - FIFO	2877,76	118,5
216	Çekme - TAKIM - FIFO	231,71	4,964
108	Çekme - TAKIM - FIFO	248,93	4,265
72	Çekme - TAKIM - FIFO	285,29	6,669
54	Çekme - TAKIM - FIFO	334,28	11,39
43,2	Çekme - TAKIM - FIFO	411,58	14,26
36	Çekme - TAKIM - FIFO	512,21	16,15
30,86	Çekme - TAKIM - FIFO	554,37	12,46
27	Çekme - TAKIM - FIFO	570,35	11,19
24	Çekme - TAKIM - FIFO	566,71	9,104
21,6	Çekme - TAKIM - FIFO	569,72	11,4

Çizelge B.4 : Değişkenlik katsayısı 0,5 ve CAF süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları

TAKT	Kontrol	Temin Süresi	Temin Süresi GA
216	İTME- Bireysel - CAF	247,82	3,802
108	İTME- Bireysel - CAF	283,01	4,399
72	İTME- Bireysel - CAF	362,35	14,5
54	İTME- Bireysel - CAF	498,91	31,91
43,2	İTME- Bireysel - CAF	877,32	73,69
36	İTME- Bireysel - CAF	1658,94	139,2
30,86	İTME- Bireysel - CAF	2364,64	156,3
27	İTME- Bireysel - CAF	2775,81	164,1
24	İTME- Bireysel - CAF	2907,23	170,5
21,6	İTME- Bireysel - CAF	3488,62	181,3
216	İTME - TAKIM - CAF	218,5	2,526
108	İTME - TAKIM - CAF	229,04	2,49
72	İTME - TAKIM - CAF	247,61	3,141
54	İTME - TAKIM - CAF	278,85	6,122
43,2	İTME - TAKIM - CAF	346,85	15,25
36	İTME - TAKIM - CAF	580,88	53,34
30,86	İTME - TAKIM - CAF	1087,75	76,21
27	İTME - TAKIM - CAF	1595,55	80,32
24	İTME - TAKIM - CAF	2021,03	70,9
21,6	İTME - TAKIM - CAF	2360,91	62,98
216	Çekme - TAKIM - CAF	218,41	2,53
108	Çekme - TAKIM - CAF	228,96	2,162
72	Çekme - TAKIM - CAF	247,14	2,85
54	Çekme - TAKIM - CAF	277,58	5,961
43,2	Çekme - TAKIM - CAF	329,87	8,94
36	Çekme - TAKIM - CAF	413,23	9,166
30,86	Çekme - TAKIM - CAF	453,03	5,55
27	Çekme - TAKIM - CAF	459,49	6,218
24	Çekme - TAKIM - CAF	455,34	4,729
21,6	Çekme - TAKIM - CAF	455,84	4,201

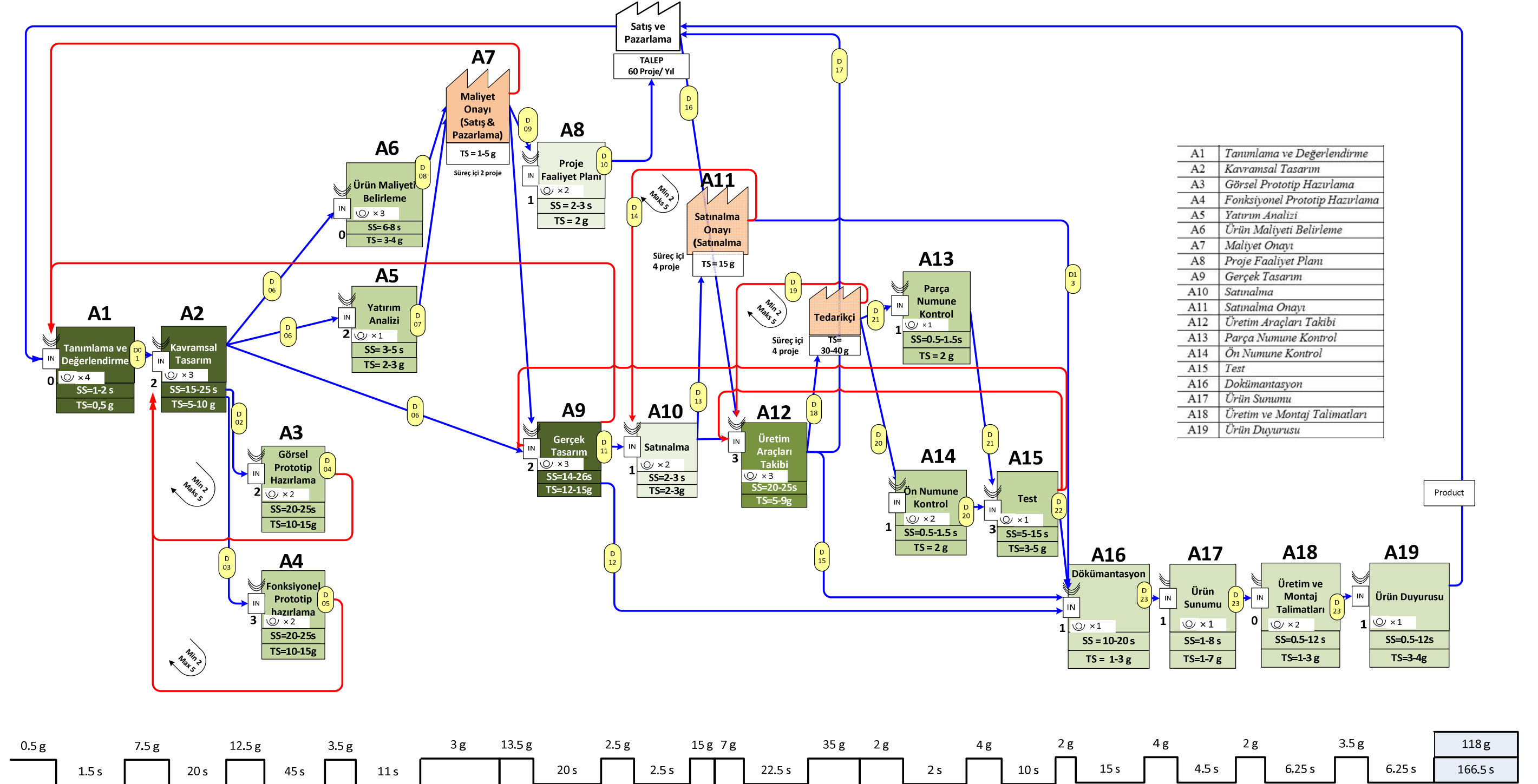
Çizelge B.5 : Değişkenlik katsayısı 1,0 ve CAF süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları

TAKT	Kontrol	Temin Süresi	Temin Süresi GA
216	İTME- Bireysel - CAF	263,02	6,27
108	İTME- Bireysel - CAF	331,28	9,986
72	İTME- Bireysel - CAF	448,33	25,29
54	İTME- Bireysel - CAF	678,26	42,4
43,2	İTME- Bireysel - CAF	1317,8	129,9
36	İTME- Bireysel - CAF	2234,36	214,9
30,86	İTME- Bireysel - CAF	2931,36	246,7
27	İTME- Bireysel - CAF	3105,11	238,6
24	İTME- Bireysel - CAF	3320,9	225,7
21,6	İTME- Bireysel - CAF	3977,67	248,1
216	İTME - TAKIM - CAF	226,41	3,383
108	İTME - TAKIM - CAF	238,53	2,687
72	İTME - TAKIM - CAF	259,65	3,97
54	İTME - TAKIM - CAF	299,82	7,831
43,2	İTME - TAKIM - CAF	389,62	23,31
36	İTME - TAKIM - CAF	678,84	67
30,86	İTME - TAKIM - CAF	1212,46	74,95
27	İTME - TAKIM - CAF	1679	69,2
24	İTME - TAKIM - CAF	2102,07	68,33
21,6	İTME - TAKIM - CAF	2465,16	65,21
216	Çekme - TAKIM - CAF	225,13	3,307
108	Çekme - TAKIM - CAF	237,36	2,785
72	Çekme - TAKIM - CAF	261,33	4,227
54	Çekme - TAKIM - CAF	295,24	5,765
43,2	Çekme - TAKIM - CAF	363,81	10,67
36	Çekme - TAKIM - CAF	449,77	10,5
30,86	Çekme - TAKIM - CAF	482,67	7,677
27	Çekme - TAKIM - CAF	484,82	6,84
24	Çekme - TAKIM - CAF	498,54	7,993
21,6	Çekme - TAKIM - CAF	487,58	7,68

Çizelge B.6 : Değişkenlik katsayısı 1,5 ve CAF süreç önceliklendirmesine göre deney sonuçları

TAKT	Kontrol	Temin Süresi	Temin Süresi GA
216	İTME- Bireysel - CAF	295,65	11,25
108	İTME- Bireysel - CAF	396,37	16,56
72	İTME- Bireysel - CAF	629,5	64,7
54	İTME- Bireysel - CAF	1002,88	114,7
43,2	İTME- Bireysel - CAF	1798,06	189,9
36	İTME- Bireysel - CAF	2680,93	323,4
30,86	İTME- Bireysel - CAF	3093,19	268,4
27	İTME- Bireysel - CAF	3536,81	258
24	İTME- Bireysel - CAF	3832,94	291,5
21,6	İTME- Bireysel - CAF	3906,8	300,4
216	İTME - TAKIM - CAF	232,35	4,301
108	İTME - TAKIM - CAF	247,78	4,922
72	İTME - TAKIM - CAF	283,55	6,227
54	İTME - TAKIM - CAF	330,12	10,28
43,2	İTME - TAKIM - CAF	484,62	39,74
36	İTME - TAKIM - CAF	882,57	77,69
30,86	İTME - TAKIM - CAF	1377,08	96,35
27	İTME - TAKIM - CAF	1845,33	79,71
24	İTME - TAKIM - CAF	2227,23	75,94
21,6	İTME - TAKIM - CAF	2594,87	72,43
216	Çekme - TAKIM - CAF	231,95	4,253
108	Çekme - TAKIM - CAF	250,48	4,705
72	Çekme - TAKIM - CAF	281,41	5,554
54	Çekme - TAKIM - CAF	321,14	7,878
43,2	Çekme - TAKIM - CAF	412,95	14,4
36	Çekme - TAKIM - CAF	499,22	12,74
30,86	Çekme - TAKIM - CAF	521,72	9,463
27	Çekme - TAKIM - CAF	517,07	8,132
24	Çekme - TAKIM - CAF	523,79	10,29
21,6	Çekme - TAKIM - CAF	516,61	8,116

EK C : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi mevcut durum değer akış haritası



Şekil C.1 : Ofis mobilyaları geliştirme sistemi mevcut durum değer akış haritası.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Serdar Baysan

Doğum Yeri ve Tarihi : İzmir/11.03.1982

E-Posta: baysans@itu.edu.tr, serdarbaysan@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü (2006)
- Yüksek lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Programı (2009)

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

2006- 2015: Araştırma Görevlisi, İTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü

2009- 2011: Monbukagakusho, Japon Hükümet Bursu, Tokyo Teknoloji Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği ve İşletme Bölümü

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Baysan, S.,** Durmuşoğlu, M. B., Çınar, D., Team Based Labour Assignment Methodology for New Product Development Projects, Computers and Industrial Engineering (değerlendirme sürecinde)
- **Baysan, S.,** Durmuşoğlu, M. B., (basımda), Yalın Ürün Geliştirme İlkeleri ve Araçları İçin Sistemik Literatür Taraması, Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences.
- **Baysan, S.,** Durmuşoğlu, M., B. (2014) Ürün geliştirmede yalın süreçlere dönüşüm, MMO 6. Endüstri Mühendisliği Bahar Konferansı: Yalın Dönüşüm, 4-6 Ekim, İzmir (Serdar **Baysan** tarafından sunulmuştur)
- **Baysan, S.,** Durmuşoğlu, M. B. (2014) Sales Quotation and Order Process Value Stream Mapping: A Case Study, *Proceedings of Global Conference on Engineering and Technology Management 2014*, Istanbul, Turkey, pp. 226-235.

- Durmuşoğlu, M. B., **Baysan, S.** (2014). Ürün geliştirme projelerinin yönetimi, *Uygulamalı Üretim Yönetimi*, p. 71 - 94, Eds: Mehmet Bülent Durmuşoğlu, Osman Kulak, TUBİTAK-TUSSİDE, İstanbul

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Uluslararası Araştırma Makaleleri

- Oztaysi, B., **Baysan, S.**, Akpınar, F. (2009). Radio frequency identification (RFID) in hospitality, *Technovation*, **29**, 618 -624

Ulusal Araştırma Makaleleri

- [Japonca] Mizuno, H., **Baysan, S.**, Enkawa, T.(2011). 工程内変動の OEE リードタイム 仕掛在庫に 与える影響と関係 (Süreç değişkenliğinin OEE, temin süresi ve süreç içi stoğa etkisi ve ilişkileri), *Japanese Society of Plant Engineers*, (**23**) 3, 63- 69
- [Türkçe] **Baysan, S.**, Kılıç, S. (2011). Lojistik sektöründe RFID uygulamalarının maliyet analizi, *Lojistik*, **18**, 30- 35

Uluslararası Kitap

- **Baysan, S.**, Cevikcan, E., Satoglu, S. I. (2013), Assessment of energy efficiency in lean transformation: A simulation based improvement methodology, in *Assessment and Simulation Tools for Sustainable Energy Systems: Theory and Applications*, p. 385- 394, Ed: Fausto Cavallaro, Springer, London
- **Baysan, S.**, Ustundag A.(2012). The cost-benefit models for RFID investments, in *The Value of RFID: Benefits vs. Costs*, p. 13-22, Ed: Alp Üstündağ, Springer, London.

Ulusal Kitap

- Tiryakioğlu, U., Nalbantoğlu, C., **Baysan, S.**(2011). Yeni ürün ve tesis yatırımlarında fizibilite, *İstanbul Sanayi Odası*, İstanbul.

Uluslararası hakemli konferans bildirileri

- **Baysan, S.**, Ustundag, A., (2014). Simulation Modelling for Equipment Co-Ownership Startup Business: A Case Study. In International Conference on Computers and Industrial Engineering, Istanbul, Turkey, 14 -16 Ekim
- **Baysan, S.**, Durmuşoğlu. M. B. (2014), Effects of Process Flexibility on Cellular Manufacturing System Design. In International Conference on Computers and Industrial Engineering, Istanbul, Turkey, 14 - 16 Ekim
- **Baysan, S.**, Iris, C., Yenisey, M. M. (2012). Performance Evaluation of Lot Sizing Strategy via Discrete Event Simulation. In Proceedings of the 10th International FLINS Conference, Istanbul, Turkey, 26 - 29 Ağustos.
- Gönen, S. Ö., **Baysan, S.** (2012). Fuzzy TOPSIS with Linguistic Evaluations Using α -Cuts. In Proceedings of the 10th International FLINS Conference, Istanbul, Turkey, 26 - 29 Ağustos.
- **Baysan, S.**, Çınar, D., Durmusoglu, M. B. (2010). Simulation Aided Value Stream Mapping For Product Development - A Case Study. In 5th Americas International Conference on Production Research, Bogota, Colombia, 21 -23 Temmuz (Özet).

- **Baysan, S.,** Çınar, D., Çelebi, D., Dursun, P., Özdemir, D. (2009). Modelling People Flow: A Real Life Case Study in ITU Science Center, In Proceedings of the 2009 Summer Computer Simulation Conference, Istanbul, Turkey 13 - 16 Temmuz.
- **Baysan, S.,** Durmuşoğlu, M. B. (2009). Lean Cost Management System Design for Cellular Manufacturing Systems: A Real Life Case Study, In Proceedings of the IASK International Conference Global Management 2009, Seville, Spain, 22 - 24 Haziran
- **Baysan, S.,** Durmuşoğlu, M. B. (2008). Lean Accounting System Design for a Real Life Cellular Manufacturing Environment. In Proceedings of the 3rd World Conference on Production and Operations Management, Tokyo, Japan, 5 - 8 Ağustos.
- **Baysan, S.,** Kabadurmuş Ö., Durmuşoğlu M. B. (2007). Economic Analysis of POLCA System Design via Simulation: A Multi-Cell Manufacturing Case Study. In 37th Conference on Computers and Industrial Engineering, Alexandria, Egypt, 20 - 23 Ekim.
- Kabadurmuş Ö., **Baysan S.,** Durmuşoğlu M. B. (2007). A Methodology for Loading and Sequencing Multi-Product ConWIP lines. In 37th Conference on Computers and Industrial Engineering, Alexandria, Egypt, 20 - 23 Ekim.
- Satoglu, Ş. I., **Baysan, S.,** Durmuşoğlu, M. B., (2007). A Mathematical Model for Design of Hybrid Cellular Manufacturing Systems with Partial One-Piece Flow, In IFAC International Symposium CEFIS, Istanbul, Turkey, 9 – 11 Ekim.
- Oztaysi, B., **Baysan, S.** (2007). A Proposal for RFID Integrated Disaster Management Information System, In Conference on Risk Analysis and Crisis Response, Shanghai, PRC, 25 - 26 Eylül.
- Ustundag, A, **Baysan, S.,** Cevikcan, E. (2007). A Conceptual Framework for Economic Analysis of RFID Reverse Logistics, In Annual RFID Eurasia Conference, Istanbul, Turkey, 5 - 6 Eylül.
- Oztaysi, B., **Baysan S.,** Dursun, P. (2007). A Novel Approach for Economic Justification of RFID Technology in Courier Sector: A Real Life Case Study, In Annual RFID Eurasia Conference, Istanbul, Turkey, 5 - 6 Eylül.
- Oztaysi, B., **Baysan, S.,** Akpinar, F. (2007). Effect on RFID on tourism sector: A hypothetical case study, In TTRA Europe 2007 Conference, Nice, France, 23- 25 Nisan.
- Oztaysi B, **Baysan, S.,** Akpinar, F. (2007). Radio frequency identification technology enhancements, In International Tourism Biennial, Canakkale, Turkey, 30 Nisan- 5 Mayıs.
- **Baysan, S.,** Durmuşoğlu, M. B (2006). Changes in Planning with Implementation of Multi-Cell Manufacturing. In Proceedings of the Third International Conference on Group Technology/Cellular Manufacturing, Groningen, Netherlands, 3 - 6 Temmuz.

Ulusal sempozyum bildirileri

- **Baysan, S.**, Durmuşoğlu, M. B., (2013), Karmaşık Değer Akışlarında Hücresel Dönüşüm: Yol Haritası ve Bir Uygulama, 13. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, Sakarya, Türkiye, 25 - 27 Eylül.
- **Baysan, S.**, Çınar, D., Durmuşoğlu, M. B. (2009). Bütünleşik ürün ve süreç tasarımı için benzetim yardımıyla değer akışı haritalandırma ve bir uygulama, Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, Eskişehir, 15 -17 Ekim.
- **Baysan, S.**, Durmuşoğlu M. B. (2008). Değişen Rekabet Koşullarında Değişmeyen Maliyet Muhasebesine Yeni Bir Soluk: Yalın Maliyet Muhasebesi, Altı Sigma- Yalın Konferansları, İzmir, 9 – 11 Mayıs.
- **Baysan, S.**, Çebi, S.(2007). Benzetim Yardımıyla Maliyetlendirme Yöntemiyle Hastane Sisteminde Tedavi Maliyetlerine Dayalı Yatırım Analizi, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Konferansı, İzmir, 2 - 4 Haziran
- **Baysan, S.**, Durmuşoğlu, M. B. (2006). Benzetim Yardımıyla Faaliyet Tabanlı Maliyetlendirme, Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul, 23 - 24 Eylül.