

**DİJİTAL İKİZLER GÖMÜLÜ GERÇEK ZAMANLI ÜRETİM
YÜRÜTME SİSTEMİ TASARIMI: KİTLESEL
ÖZELLEŞTİRME İLE ÜRETİM YAPAN BİR FİRMADA
UYGULAMA**

**DESIGN OF A REAL-TIME MANUFACTURING
EXECUTION SYSTEM EMBEDDED WITH DIGITAL TWINS:
AN IMPLEMENTATION AT A FIRM WITH MASS
CUSTOMIZED PRODUCTION**

İLHAN VELİ KOCABAY

Prof. Dr. MURAT CANER TESTİK

Tez Danışmanı

Dr. REZA VATANKHAH BARENJI

Eş Danışman

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

İLHAN VELİ KOCABAY'ın hazırladığı “**Dijital İkizler Gömülü Gerçek Zamanlı Üretim Yürütme Sistemi Tasarımı: Kitlesel Özelleştirme İle Üretim Yapan Bir Firmada Uygulama**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Samad NADIMI BAVIL OLIAEI

Başkan



Prof. Dr. Murat Caner TESTİK

Danışman



Doç. Dr. Oumout CHOUSEINOLOU

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Banu YÜKSEL ÖZKAYA

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Güldal GÜLERYÜZ

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak / /..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

02 / 07 / 2019



İLHAN VELİ KOCABAY

YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

02 / 07 / 2019



İLHAN VELİ KOCABAY

ÖZET

DİJİTAL İKİZLER GÖMÜLÜ GERÇEK ZAMANLI ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİ TASARIMI: KİTLESEL ÖZELLEŞTİRME İLE ÜRETİM YAPAN BİR FİRMADA UYGULAMA

İLHAN VELİ KOCABAY

Yüksek Lisans, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. MURAT CANER TESTİK

Eş Danışman: Dr. REZA VATANKHAH BARENJI

Haziran 2019, 82 Sayfa

Birçok kurum verimli çalışmak ve iç iletişimlerini doğru sağlayabilmek için bilgi yönetim sistemlerini kullanmaktadır. Orta ölçekli firmalardan tutunda büyük sermayelere sahip firmalara kadar birçok kurum doğru iş akışlarını sağlayabilmek, stoklarını kontrol edebilmek, üretimlerini düzenleyebilmek gibi sebeplerden dolayı kurumsal kaynak planlaması yapmaktadır. Kullanılan kurumsal kaynak planlama programları üretimdeki akışları, iş yoğunluklarını, depoların durumlarını ve benzeri birçok anlık durumu gösterme konusunda eksik kalmaktadır. Kurumsal kaynak planlaması ile üretim hattı arasında gerçek zamanlı bilgi akışında kopukluklar, iletişimsizlikler olmaktadır.

Bu sebepten ötürü, müşteri taleplerindeki ani değişikliklerde kurumsal kaynak planlamasını kullanan kritik personel üretim hatlarının ne durumda olduğunu, yapacakları değişikliğin neyi etkileyeceğini, hangi parçalarda gecikme olacağını

veya hangi iş istasyonunda değişiklik olacağını tespit edememektedir. Karar verme mekanizmaları doğru çalışmayabilmektedir.

Çalışma ile bir üretim yürütme sistemi tasarlanmış, bunun gösterimi için birleşik modelleme dili kullanılmıştır. Üretim yürütme sistemi sayesinde ürünlerin tasarım süreci, depodaki malzeme durumları, üretim içi iş istasyonlarının yoğunlukları ve nihai ürünün depoya teslimine kadar olan bütün iş adımlarındaki anlık durum izlenebilmektedir. Çalışma kurumsal kaynak planlaması kullanan bir savunma sanayi şirketi ele alınarak yapılmıştır. İlgili firmanın üretim hattındaki gerçekleştirmelerle, kurumsal kaynak planlaması arasında oluşan farkları gideren bir yapı tasarlanmıştır.

Bu yapı;

- Ürün tasarımındaki iş adımlarını ve iş gücünün takibini,
- Ürünlerin prototip üretim ve test aşamalarında takibini,
- Üretim planının oluşturulmasını,
- Depodan malzeme akışlarının takibini,
- Üretim hattındaki iş yükünü,
- İş istasyonlarındaki öncelikleri ve işlem bekleyen malzemeleri,
- Üretim içi stokları,
- Kalite denetimi devam eden cihazları ve takımları,
- Bitmiş ürünün ambara teslim edilmesini anlık olarak gösterebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Anlık olarak yoğunluk ve iş akışını görebilme kabiliyetiyle değişim gösteren durumlara karşı, karar vericiler tarafından üretim hattı rahatlıkla gözlemlenebilmektedir. Yapılacak değişikliklerin sonuçlarının hangi iş istasyonlarını etkileyeceği ve nasıl çözümler bulunacağı üretim yürütme sistemi sayesinde sağlanmıştır.

Tasarlanan sistemin analizi için dijital ikizi oluşturulmuştur. Bunun iki farklı amacı vardır. Birinci kullanım amacı sistemin uzun dönemli değerlendirilmesidir. Bu amaçta üretim hattından örneklem alınan beş farklı ürün kullanılmıştır. Ürünlerin

Üretim planlarına bağlı olarak bir yıl süre ile üretim raporları alınmıştır. Böylece retim hatlarındaki iş yoğunlukları, dar boğazlar, beklemler, toplam işlem süreleri elde edilmektedir. İkinci kullanım amacında ise üretim yürütme sistemi çıktısı ile dijital ikiz entegre edilmiştir. Sisteme plan dışı giren bir ürünün üretim hattından ne zaman çıkacağı, hangi operasyonda kuyruklar oluşacağı, kuyruk büyüklüklerinin ne olacağı ve dar boğazların nerelerde olacağı evrimii olarak belirlenebilmektedir. Tasarlanan retim yürütme sistemi sayesinde kurumsal kaynak planlama sistemi ile üretim hattı ve mühendislik çalışmaları arasında canlı bağlantı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üretim Yürütme Sistemi, Birleşik Modelleme Dili, Kurumsal Kaynak Planlama, İş Akışı, Dijital İvizler, Endüstri 4.0.

ABSTRACT

DESIGN OF A REAL-TIME MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM EMBEDDED WITH DIGITAL TWINS: AN IMPLEMENTATION AT A FIRM WITH MASS CUSTOMIZED PRODUCTION

İLHAN VELİ KOCABAY

Master of Science, Department of Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Murat Caner TESTİK

Co- Supervisor: Dr. REZA VATANKHAH BARENJI

June 2019, 82 Pages

Many companies use information management systems to ensure their efficiency and internal communication. From medium-sized companies to large-scale companies, enterprise resource planning systems are used for reasons such as ensuring accurate workflows, controlling stocks and regulating their productions. These enterprise resource planning systems lack to show current status of production flow, workloads, status of warehouses and many other similar instant situations. Disruptions and lack of communications occur between enterprise resource planning systems and production lines.

For this reason, in the event of sudden changes in customer demand, critical personnel using enterprise resource planning cannot determine the state of production lines, what their change will affect, which parts will be delayed or which workstations will change. Decision making mechanisms may not work properly.

In this study, a manufacturing execution system is designed, in which product design processes, material conditions in warehouses, workloads in production lines and instant status of all work steps from the delivery of the final product to the warehouse can be monitored. This manufacturing execution system is also represented by using unified modeling language.

The study is based on the operations of a defense industry company that uses enterprise resource planning. The structure eliminates the differences between the realization of the production line of the company and the enterprise resource planning systems. This structure is designed to:

- Determine the work steps in product design stage and follow up the workforce,
- Follow the status of product prototype production and testing stages,
- Create the production plan,
- Monitor the material flows of the warehouse,
- Determine workload in the production line,
- Prioritize workstations and materials waiting for processing,
- Monitor in-production stocks,
- Control quality of devices and kits,
- Deliver finished products to warehouse.

The production line can be easily monitored by decision makers against situations that causes changes in the system and ability to instantly see the workload and workflow can be gained. Workstations which will be affected by the system changes and alternative solutions can be found by the use of manufacturing execution system.

A digital twin has been created to show how the system works. This twin is used for two different purposes. In the first use, five different products were sampled from the production line. Production of the products for one year, depending on the production plans, was used. Work densities, bottlenecks, waiting and total processing times are obtained by using the model. With the second use, digital

twin is integrated in to the manufacturing execution system by using its online system status data. When an unplanned order for a product enters the system, the time of the order to leave the production line, queues in the operations and number of queues with bottlenecks are determined by the use of the digital twin.

With the designed manufacturing execution system, a live connection is provided between the enterprise resource planning systems and the production line and engineering works.

Keywords: Manufacturing Execution System, Unified Modeling Language, Enterprise Resource Planning, Workflow, Digital Twins, Industry 4.0.

TEŞEKKÜR

Lisans ve lisansüstü eğitimim süresince desteği, anlayışı, özverisi ve yol gösterici katkılarından dolayı çok değerli hocam sayın Prof. Dr. Murat Caner TESTİK'e,

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince doğru noktalara beni yönlendirerek bilgi ve desteğine erişebilmeme imkan sağlayan çok değerli hocam Öğretim Görevlisi Dr. Reza VATANKHAH'a,

Lisansüstü eğitimim boyunca hoşgörülerini ve desteklerini benden esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma ve amirlerime,

Her anımda yanımda olan canım annem ve babama,

Desteğini hiç esirgmeden her zaman yanımda olan sonsuz sevgi ve anlayış gösteren biricik eşim Aysun PARLAK KOCABAY'a ve benimle birlikte ders çalışarak hayatımı şenlendiren bal yanaklı kızım Asya KOCABAY'a

En içten saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Tanımı.....	2
1.2. Motivasyon	3
1.3. Tezin Organizasyonu	4
2. TEMEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1. Kurumsal Kaynak Planlama	5
2.2. Üretim Yürütme Sistemi	6
2.3. Dijital İkizler	10
2.4. Birleşik Modelleme Dili	13
2.4.1. Kullanım Durumu Diyagramları	14
2.4.1.1. İçerme	15
2.4.1.2. Genişletme.....	15
2.4.1.3. Genelleme	15
2.4.1.4. Graplama	15
2.4.2. Sınıf Diyagramları	15
2.4.2.1. Bağlantı İlişkisi	16
2.4.2.2. Sınıflar Arasında Türetme ve Genelleme İlişkisi	16
2.4.2.3. Bağımlılık İlişkisi.....	17

2.4.2.4.	Gerçekleştirim İlişkisi	17
2.4.3.	Ardışık Diyagramları	17
2.5.	Değer Akış Haritalaması	18
2.5.1.	Değer Akışı Tanımı	19
2.5.2.	Katma Değerli / Katma Değerli Olmayan Aktiviteler	20
3.	ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİ TASARIMI	23
3.1.	Gereksinim Analizi	23
3.2.	Kullanım Durumu Diyagramı	23
3.3.	Sınıf Diyagramı	24
3.4.	Ardışık Diyagramı	28
4.	ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİ ENTEGRASYONU	39
4.1.	Uzun Dönem Sistem Performansı.....	39
4.1.1.	Uzun Dönem Sistem Girdileri.....	39
4.1.2.	Uzun Dönem Sistem Çıktıları ve Sonuçları	53
4.2.	Plan Dışı Sipariş Performans Değerlendirmesi	59
4.2.1.	Plan Dışı Sipariş Durumu Girdileri	59
4.2.2.	Plan Dışı Sipariş Durumu Çıktıları ve Sonuçları.....	61
	SONUÇLAR VE GELECEK ARAŞTIRMA YÖNÜ.....	63
	KAYNAKLAR.....	64
	EKLER	67
	EK- 1 Cihazların İstasyon ve İşlem Kırılımlı Bekleme Süreleri	67
	EK-2 Cihazların İstasyon ve İşlem Kırılımlı Bekleme Adetleri.....	71
	EK-3 İstasyonların İşlem Kırılımlı Bekleme Süreleri	75
	EK-4 İstasyonların İşlem Kırılımlı Bekleme Adetleri	78
	EK-5 Tez Çalışması Orjinallik Raporu	81
	ÖZGEÇMİŞ	82

TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1. İş İstasyonları	40
Tablo 4.2. Aylık Üretim Adeti	40
Tablo 4.3. Cihaz 1 Operasyon Bilgileri	41
Tablo 4.4. Cihaz 2 Operasyon Bilgileri	43
Tablo 4.5. Cihaz 3 Operasyon Bilgileri	46
Tablo 4.6. Cihaz 4 Operasyon Bilgileri	49
Tablo 4.7. Cihaz 5 Operasyon Bilgileri	51
Tablo 4.8. İstasyon Ortalama Kapasite Kullanımı.....	53
Tablo 4.9. Ortalama Personel Kullanım Yoğunluğu.....	54
Tablo 4.10. Üretilen Cihaz Adetleri	55
Tablo 4.11. İstasyon Bazlı Bekleme Süreleri	57
Tablo 4.12. İstasyon Bazlı Bekleme Adetleri	58
Tablo 4.13 İlave Talebin Kuyruk Sonuçları	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. BMD Diyagramları	14
Şekil 2.2. Kullanım Durumu Diyagramı Elemanları.....	14
Şekil 2.3. Sınıf Diyagramı	16
Şekil 2.4. İsrafın Yedi Şekli.....	21
Şekil 3.1. BMD, Kullanım Durumu Diyagramı.....	24
Şekil 3.2. BMD, Sınıf Diyagramı	27
Şekil 3.3. Satış Öncesi Ardışık Diyagramı	30
Şekil 3.4. Üretim Süreci Ardışık Diyagramı.....	32
Şekil 3.5. Üretim Süreci Ardışık Diyagramı Devamı	34
Şekil 3.6. Satış Sonrası Bakım/Onarım Ardışık Diyagramı.....	36
Şekil 3.7. Satış Sonrası Retrofit Ardışık Diyagramı Devamı	38
Şekil 4.1. Cihaz 1 İş Akışları.....	42
Şekil 4.2. Cihaz 2 İş Akışları.....	45
Şekil 4.3. Cihaz 3 İş Akışları.....	48
Şekil 4.4. Cihaz 4 İş Akışları.....	50
Şekil 4.5. Cihaz 5 İş Akışları.....	52
Şekil 4.6. İst2 Günlük Kuyruk Adeti Kırılımı	56
Şekil 4.7. ÜYS'den Çekilen Anlık Hat Durumu	60

KISALTMALAR

KKP	Kurumsal Kaynak Planlaması
ÜYS	Üretim Yürütme Sistemi
BMD	Birleşik Modelleme Dili
DAH	Değer Akışı Haritalaması
İst1	Gece Görüş Hattı - 1
İst2	Azot Basma Hattı
İst3	Gece görüş Hattı Karanlık Oda
İst4	Çevre koşulu (Isıl Çevrim) Testi
İst5	Gece Görüş Hattı - 2
İst6	Gece Görüş Hattı - 3
İst7	Modül Montaj Hattı
İst8	Termal Montaj Hattı
İst9	Kolimatör - ATS
İst10	Termal Montaj Hattı - 2
İst11	Kabul Testi - Arazi
İst12	Normalizasyon - ATS
İst13	Doruk Montaj
İst14	Doruk Gövde Tkm Montaj /Yapıştırma
İst15	Yazılım yükleme / Normalizasyon
İst16	Kolimatör - Doruk
İst17	Kabul Testi - Arazi / Doruk
İst18	Denetim
İst19	Titreşim Testi

1. GİRİŞ

Kurumsal Kaynak Planlaması (KKP) bir firmada gerçekleşen bütün bilgi akışının birleşmesini ve koordine edilmesini sağlayan bir yazılım paketidir. KKP bir birimle diğer birimin haberleşmesini sağlayarak hızlı ve kaliteli bilgi elde eder, böylelikle bu sistemi kullanan firmalar giderlerini daha doğru kontrol edebilir. KKP sistemi, muhasebe, finans, satış-dağıtım, üretim planlama, stok yönetimi, satın alma, üretim, pazarlama, kalite yönetimi, bakım-onarım, insan kaynakları yönetimi gibi fonksiyonları bütünleşik bir tarzda ele almaktadır. Bu sayede tüm bu fonksiyonlar arasındaki iş birliğini ve etkileşimini tutarlı bir şekilde geliştirmektedir.

Bir firmanın kendi kullanımı için tedarik zinciri yönetimi, müşteri ilişkileri yönetimi, veri yönetimi, stratejik işletme yönetimi, ileri planlama ve optimizasyon gibi uygulamaları geliştirmesi kolay değildir. KKP yazılım sistemlerinin kullanılması ile sektörlere göre en iyi uygulama örneklerinin öğrenilmesi ve mevcut iş süreçlerinin geliştirilmesinin yanında, maliyet azaltıcı etkiler de sağlanır. KKP, bir ürünün tasarlanmasından başlayarak, müşteri siparişinin sisteme girmesi ile nihai ürünün müşteriye sevki arasındaki bütün süreci bir proje olarak algılayıp, çözümler sunar. Çok sayıda iş problemine çözüm sunmak KKP'yi yüksek maliyetli ancak faydalı bir sistem haline getirmektedir. Başarı ile uygulanmış bir KKP süreci uzun vadede firmaya büyük kazançlar sağlamaktadır. Bu bilişim teknolojisi altyapısı, özellikle süreçleri dinamik değişimler gören ve işlemleri geniş fiziki alanlarda dağılmış kurumlar için son derece önemlidir.

Üretim Yürütme Sistemi (ÜYS) üretim planlama ve ekipman kontrol sistemlerini birbirine bağlamak için kullanılan yazılım çözümlerinden birisidir. Çeşitli imalat ortamlarının ihtiyaçlarını karşılamak için süreçle doğrudan ilişkili olan temel fonksiyonları koordine eder. Bu sistem sayesinde şirketlerin çeşitli departmanları birbirleri ile konuşabilir ve canlı olarak takip edilebilir hale gelir. ÜYS yoğunlukla havacılık, otomotiv, optik, elektronik ve ilaç sanayi gibi büyük endüstriler tarafından kullanılmaktadır.

KKP ile yapılan üretim planları, ana zaman çizelgeleri, kapasite planlaması veya kaynak tahsisi gibi çizelgeleme girdileri daha çok üst çerçeveden durumu

göstermektedir. ÜYS sayesinde ise üretim hattı iş emirleri, stok seviyeleri ve kaynak gereksinimleri daha kolay belirlenebilir olmaktadır. Üretim planlamacıların KKP'de hazırladığı çizelge üretim hattına aktarılır. ÜYS ile ise iş emirlerinin zamanlaması, hangi işlerin yapılması gerektiği ve bu işlere ne zaman başlanılıp bitirileceğinin çizelgelemesi yapılmış olur. Bu görselleştirme ile üretime öncelik verilmesi, üretim işlemlerinin sıralanması, kişi, ekipman, hammadde, işçilik, takım veya üretim gibi imalat kaynaklarının atanması daha kolay sağlanmış olur.

1.1. Problem Tanımı

Savunma sanayi sektöründe, projelerin maliyetiyle birlikte teslim zamanı kritik önem taşımaktadır. Dolayısıyla, müşterinin ürünü sipariş ettiği andan sonraki sürecin sorunsuz bir şekilde ilerletilmesi gerekmektedir. Hataların ön görülüp çözümlere kavuşturulması, üretim hattı aksaklıklarının minimuma indirilmesi ve fireler yüzünden oluşan kritik kayıpların azaltılması önem taşımaktadır.

Bu çalışma, biraz önceki sorunların oluşmaması ve iç operasyonların daha doğru koordine edebilmesi için KKP kullanan bir firmada gerçekleştirilmiştir. Teslim süresini belirleyici en büyük faktörlerden birisi üretimdeki ve tasarımdaki belirsizliklerdir. Üretim hattının anlık olarak gözlemlenememesi ve bilgi akışının insana veya bir raporlama sürecine bağlı olması bu belirsizlikleri oluşturmaktadır. Üretim planındaki ani değişikliklerde ise kararsızlıklar yaşanmaktadır. Değişikliklerden hangi müşteri siparişlerinin etkileneceği, işlerin hangi istasyonlara yönlendirilmesi gerektiği, malzemelerin hangi iş emirlerini kullanacağı ve üretimin yoğunluğunun ne olacağı gibi konulara anlık cevaplar verilememektedir. Bu yüzden de işte aksamalar yaşanmaktadır. Çalışma ile kurgulanan ÜYS, üretim hattı ve KKP arasındaki bu iletişimsizliğe çözüm getirmektedir.

Bu problemlere ilave olarak, üretim hattının kapasitesi doğru belirlenememekte, üretimdeki iş emirlerinin durumları doğru tespit edilememektedir. Anlık durumun anlaşılması için ise personel kullanımı ile işçilik saati artmaktadır.

KKP'nin doğru kullanılmamasından ve oluşan şirket kültüründen dolayı malzeme izlenebilirliklerinde ve işçiliklerde kayıplar yaşanmaktadır. İşçilikler KKP'ye üretim

işlemleri tamamlandıktan sonra girildiği için, işlemlerin tamamlanma süreleri ve üretilen cihazlarda çalışan personel bilgileri hatalar içermektedir. Bu hatalardan dolayı, bakım onarım veya arıza durumlarında hangi teknisyenin hangi ürünü ürettiği gibi konularda izlenebilirlik sorunları oluşmaktadır. Hatalı girilmiş bilgilerden dolayı doğru aksiyonlar alınamamaktadır.

Üretim içi stoklarda hatalı adetler görülmekte, malzeme kayıpları yaşanmaktadır. Bu hatalar, planlama süreçlerinde malzeme tedarikini etkilemektedir. Düzeltilemeyen KKP verilerinden dolayı hatalı miktarlarda malzeme alınmaktadır. Bu sebeple de üretimde aksamalar ve duruşlar yaşanabilmektedir.

1.2. Motivasyon

KKP kullanımı ile planlamalar iyi yapılabilmekte, iş emirleri verilmekte ve süreçler başlatılabilmektedir. Ancak, ürünler üretim hattında ilerlerken kaynaklar istenildiği gibi kullanılamayabilmektedir. KKP'de planlanan süreç istenildiği gibi işletilemeyebilmekte ve kayıplar yaşanabilmektedir. Kurgulanan ÜYS ile KKP'de yapılan plan ve üretimde devam eden süreçler birbiri ile konuşur hale getirilmiştir. Bilgi eksikliğinden kaynaklanan aksaklıklar, iş gücü kayıpları, dar boğazlar, malzeme kayıpları gözlemlenebilmektedir. Bu sayede doğru aksiyonlar alınabilmekte, anlık olarak üretim hattından ihtiyaç duyulan veri çekilebilmektedir.

Bu çalışmada, tasarlanan ÜYS'nin bileşenleri belirlenmiştir. Bileşenler, gereksinimler, birimler arası ilişkiler, öncelikler, iş akışları modüler bir şekilde gösterilmiştir. Modüler yapının gösterimleri sırasında birleşik modelleme dili (BMD) kullanılmıştır ve değişen koşullarda daha kolay aksiyon alınması sağlanmıştır. Ürünün üretimi ile ilgili oluşturulan senaryolar sayesinde kurgulanan ÜYS hakkında değerlendirme yapılmıştır.

Böylelikle, minimum malzeme ve işçilik kaybı ile müşteri memnuniyeti sağlanırken, kârlılık artırılabilecektir. Toplanan verilerin doğru işlenmesi ile dar boğaz yaşanan, aksaklık olan veya iyileştirme istenen noktalardaki durumlar tespit edilebilmektedir.

1.3. Tezin Organizasyonu

Çalışmanın ikinci bölümünde temel bilgiler ve literatür taraması sunulmuştur. Bu bölümde önce kurumsal kaynak planlamasından, devamında da üretim yürütme sistemi ve dijital ikizler ile ilgili çalışmalardan bahsedilmiştir. Birleşik modelleme dili anlatımıyla ikinci bölüm tamamlanmıştır.

Üçüncü bölümde ÜYS'nin modellenmesi sunulmuştur. Kurgulanan sistem birleşik modelleme dili kullanılarak anlatılmıştır. Kullanım durumu, sınıf ve ardışık diyagramlar verilmiştir.

ÜYS'nin entegrasyonu olan dördüncü bölümde ise firmanın üretimi ile ilgili oluşturulan iki senaryo üzerinden tasarlanan ÜYS'nin örnek çalışmaları yapılmıştır. Böylelikle sistemin çıktıları elde edilmiş ve kazanımları gösterilmiştir.

Beşinci ve son bölümde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. İlgili çalışmanın geliştirilebilir yanları ele alınmıştır. Sonraki çalışmalarla yapılabilecekler hakkında tavsiyelerde bulunulmuştur.

2. TEMEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Kurumsal Kaynak Planlama

KKP sistemleri kuruluşların kaynaklarını ve aktivitelerini yönetmek için kullandıkları, birimler arası iletişim sağladıkları çok modüllü yazılımlar olarak tanımlanabilir. Bir KKP sistemi kaynak planlamasını firma bakış açısı ile kurgular. KKP sistemleri, kurum içi koordinasyonu artırırken, daha iyi bir iletişim, daha iyi bilgi paylaşımı ve karar destek sistemi sunar. Bunların yanında müşteri isteklerine daha hızlı ve doğru cevap verilmesi gibi birçok avantaj sunar. KKP sistemine müşteri ilişkileri yönetimini entegre eden firmalar, pazar payını artırmada ve müşteri sadakatini geliştirmede öne geçmektedir. Bu yüzden firmalar kullandıkları KKP sistemlerine göre kendi iş akışlarını düzenlerler veya kendi düzenlerine göre sistem entegrasyonunu gerçekleştirirler [1, 2].

25 yıldan fazla bir süredir şirketler verimlilik kazanımları elde etmek için bilgi teknoloji sistemlerine yatırım yapmaktadır. KKP ve üretim yürütme sistemleri 2000'li yıllarda bilgi teknolojileri adına önemli gelişmelerin başında yer almıştır [3]. Bu yüzden kurumsal kaynak planlama sektörünün ciddi bir şekilde büyümesi sağlanmıştır. Fortune 500'de yer alan şirketlerin %80'i şirket içi operasyonlarını yönetmek için KKP sistemleri kullanmaktadır. Gün geçtikçe KOBİ'ler arasında da KKP kullanımı artmaktadır.

KKP sistemlerinin avantajlarının yanı sıra entegrasyonları oldukça maliyetli ve karmaşıktır. Bu yüzden, doğru ve başarılı entegrasyon gerçekleştiren firmalar büyük verimlilik kazancı elde ederken, bir çok firma da büyük mali kayıplar ve zararlar yaşamıştır [3].

KKP entegrasyonu teknolojik, ticari ve organizasyonel bir proje olarak düşünülmelidir. Entegrasyonda KKP sistemi bilgisine sahip personellerle, firmanın sistemini bilen personellerin bir ekip olarak çalışması kritik öneme sahiptir. Ayrıca, oluşturulacak bu ekibin hızlı ve etkili karar verme yetisinde ve yetkinliğinde olması da önemlidir [4]. Ne yazık ki birçok firma KKP'yi kullanırken birçok bilgiyi, sistem uzmanı görüşünü ve üretim hattını dikkate almadan kurgulama yapmıştır [5].

KKP ile ilgili literatürdeki çalışmalar genellikle organizasyonel ve teknolojik boyutlara odaklanmaktadır. Ozorhon ve Çınar [6] yaptıkları çalışmada, Türkiye’de KKP entegrasyonu için kritik olan faktörleri belirlemişlerdir. Sistemin başarıyla kurulması için insanın, organizasyon şeklinin ve kullanılan teknolojinin temel faktörler olduğunu belirtmişlerdir.

Zhang ve diğerleri [7] ise KKP sistem entegrasyonunda başarılı olmak için yönetici desteğinin, şirket içinde destek görmesinin, etkin ve doğru proje yönetiminin gerekliliğinden bahsetmiştir. Kullanıcı desteğinin, düzenli eğitimlerin ve şirket tutumunun da başarıda önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Tatari ve diğerleri [8] üst yönetim desteğinin, bölümler arası iletişimin, doğru hedeflerin, ekip içi iletişimin, kullanıcı eğitimlerinin ve doğru paket programı seçiminin KKP’nin başarısında etkili olduğunu değerlendirmişlerdir. Bu kriterlerden de en önemlilerinin kullanıcı eğitimi ve doğru hedefler olduğunu vurgulamışlardır.

2.2. Üretim Yürütme Sistemi

ÜYS, üretim planlama ve ekipman kontrol sistemlerinde köprü oluşturmak için kullanılan yazılım çözümlerinden birisidir. Çoğunlukla havacılık, otomotiv, elektronik, eczacılık, petrokimya sektörlerinde kullanılmaktadır [9]. Çok bileşenli sistem kurgulamanın getirdiği pek çok zorluk vardır. ÜYS, sistemin birçok bileşenini bir araya getirirken, tek tek entegre çözümler sunar ve sonunda firmanın ve kullanıcıların verilerini ortak bir ara yüzde toplar.

ÜYS kavramı, imalatçı işletmelerin ve piyasaların gerekliliklerini sağlama, kalite süreçlerini izleme, standartlara uyum, maliyetlerde düşüş sağlama ve ürün teslim tarihlerini gerçekleştirme gibi gereksinimleri yerine getirme isteğinden doğmuştur. Üretim alanlarında uyum oluşturabilmek için ÜYS önemli bir zorunluluk durumundadır. Bu yüzden sistemlerde sürekli olarak güncellemeler yapılmakta, kullanılan yazımlara yenileri eklenmektedir.

ÜYS ile operatörlerin çalıştıkları iş emirleri, çalışılan ürünlerin adetleri, üretimin hangi operasyonda olduğu gibi veriler elde edilebilmekte ve işlenebilmektedir. Üretim hatlarındaki anlık stok veya iş gücünün dağılımı görselleştirilebilmektedir. Bir sonraki operasyona geçişlerde, işin geçtiği bölümün de bulunan malzeme bilgisine ulaşabilmektedir [10].

Canlı olarak izlenebilir bir sistem yaratmak istendiğinde, karar verilmesi gereken ilk konulardan birisi de üretim hattında hangi noktaların takip edileceğine karar vermektir. Montaj operasyonları için kritik olduğu belirlenen malzeme veya operasyon noktalarının kontrolü sağlanmalıdır. Bu kontroller sayesinde üretici, ürün ve stok üçgeninde bir kontrol sağlanmış olur ve üretim hattı stoklarının yanı sıra malzeme akışı da kontrol altına alınmış olur. Böylelikle, saha bilgileri anlık olarak işlenerek, planlama ve çizelgeleme için geri bildirim olarak kullanılır [11].

Tarihsel olarak her yazılım üreticisi genellikle kendi kapasitesine veya müşterilerinin beklentilerine göre bir ÜYS tanımına sahiptir. Saenz ve diğerleri [5] yaptıkları çalışmada ÜYS için gerekli olan standartların ilk olarak MESA organizasyonunun teşvikiyle sektörün belli başlı aktörlerini bir araya getirmesiyle oluştuğunu belirtmişlerdir. ÜYS'yi, siparişin ilk gelişinden ürünün teslimine kadar ki geçen sürede, ürünün başından geçen işlemler hakkında bilgi sunmaktır şeklinde tanımlamışlardır.

ÜYS gerçekleşen her üretim faaliyetini başlatır, yönlendirir ve raporlar. Elde edilen veri doğru ve hatasızdır. Değişen koşullarda hızlı tepki verilmesini sağlar, katma değer sağlamayan aktiviteleri ayıklamaya odaklanarak üretim süreçlerini yalınlaştırmaya yönlendirir.

ÜYS'nin sağladığı katkılara ilave olarak; stok kontrolleri, teslimat durumu, mal akış performansı gibi süreçlerin gösterilmesinde ve kontrollerinde ki faydalar da sayılabilir. ÜYS için tanımlanan 11 temel fonksiyon aşağıdaki gibidir [5] .

- Operasyon / Detay Çizelgeleme: Mevcut kapasiteye göre şirket için performansların optimize edilerek sıralanması ve çizelgelenmesidir.

- Kaynak Tahsisi ve Durum: Üretim hattındaki insanların, makinelerin ekipmanların ve malzemelerin ne durumda olduğu, ne yapacağı veya ne yaptığını belirlemedir. Ayrıca bu işlemler için izlenebilirliğin oluşmasını sağlar.
- Dağıtım: Bir işlemi başlatmak için tesis içinde malzeme veya iş emrinin bir birimden diğerine sevkini sağlanmasıdır.
- Doküman Kontrolü: Ürünler, süreçler, tasarımlar veya siparişlerle ilgili bilgileri yönetmek ve dağıtmaktır. Ayrıca mevcut durumun dokümante edilmesidir.
- İzlenebilirlik: Ürünün bütün geçmişinin kayıt altına alınabilmesi ve parti/seri numarası gibi bilgilerin istenildiği zaman takip edilebilirliğinin sağlanmasıdır.
- Performans Analizi: Üretimdeki ölçümlerin şirket içi, müşteri veya dış denetçiler tarafından verilen hedeflerle karşılaştırılması ve değerlendirilmesidir.
- İş Gücü Yönetimi: İş gereksinimine göre, doğru personelin doğru işe yönlendirilmesi. Personel performans ve vardiyasına göre iş gücü dağılımının yapılmasıdır.
- Bakım/Onarım Yönetimi: Kurum içerisindeki ekipman ve diğer makinaları şirket menfaatleri gereğince sağlam olarak tutmak için bakım faaliyetlerinin düzenlenmesidir.
- Süreç Yönetimi: Tesis içindeki iş akışını planlı ve fiili üretim faaliyetlerine dayanarak yönlendirmektir.
- Kalite Yönetimi: Ürünün ve üreticinin her aktivitesini kaydederek, kontrol ve analiz ederek, olması gerekenle karşılaştırmaktır.
- Veri Toplama: Ürünün ve üreticinin her aktivitesini kaydetmek ve kontrol etmektir.

Üretim Yürütme Sistemi çözümleri modüler olarak tasarlanmıştır. Bu nedenle, teknik olarak ÜYS'nin fonksiyonları değişmez ama şirket gereksinim ve isteklerine göre bu fonksiyonlardaki öncelikler değişebilir. ÜYS'nin bazı fonksiyonları şirkette kullanılan KKP gibi platformlara gereksiz gelebilir ancak, bu fonksiyonlar üretime

ve üretim ekipmanlarının performansına daha çok odaklanır. Çoğu ÜYS modülü üç katmana ayrılabilir;

- İşlemci / sunucu uygulama katmanı: Bu katman kullanıcılar tarafından görülebilen katmandır. Aynı zamanda diğer sistemlerin iletişim kurduğu, girdi aldığı ve bilginin paylaşıldığı katmandır.
- Bütünleşmiş yapı katmanı: Bütünleşmiş yapı katmanı üretim yürütme sisteminin kalbi gibidir. Sistemin alt yapısının oluşturulduğu, uygulamalar arası bilginin aktığı katmandır. Burası bilginin/verinin standartlaştığı, tekrar kullanıldığı, nesne alt yapısının olduğu katmandır.
- Veri depolama / yönetim katmanı: Bu katman, bütünleşmiş yapı ve uygulama katmanları arasındaki gerekli servisi sağlar. Ağ iletişimi, nesne yönetim ve kalıcı nesne servisi gibi örnekler bu katmanın sorumluluğundadır.

ÜYS, birleşik modelleme dili diyagramları ve Petri Ağlarına dayalı analiz ve tasarım araçları ile kullanılarak; ürün tasarımı, süreç planlama ve malzeme ihtiyaç planlaması gibi temel üretim işlevlerinin gerçek değerleri ile kurgulanan sistem arasındaki değer farkını hesaplayacak şekilde analiz edilir [5].

Kullanılan sistemlerin gelişmesine sebep olan rekabet ortamından dolayı ÜYS'ler evrimleşmekte, kendilerini geliştirmektedirler. Koch ve diğerleri [12] yaptıkları çalışmada, gün geçtikçe ortaya çıkan gereksinimleri karşılamak için yeni teknolojiler kullanılmaya başlandığından bahsetmiştir. Kablosuz ağlar, entegre bilgisayar sistemleri, elektronik etiketler (radyo frekanslı tanımlama etiketleri veya barkotlar), taşınabilir sistemler bu teknolojilere birer örnektir. Gün geçtikçe daha çok gündeme gelen mobilite, modülerlik, kontrol, hızlı teşhis, kendi kendini yönetme, sistemi yedekleme, hızlı bir şekilde bakım/onarım faaliyetlerini gerçekleştirebilme konularında başarılar elde edilmekte ve kullanıcılara daha çok hizmet sunulabilmektedir.

ÜYS sistemlerinde en çok uğraşılan sorunlardan birisi ise üretim hatlarındaki ağ ile Ethernet'i birleştirmenin zorluğundan ortaya çıkmıştır. Bulunan çözümler sayesinde daha kompleks sistemlerin kendilerini kontrol etmeleri, yeni değişkenlere göre adapte etmeleri ve aksiyon almaları sağlanmıştır [12].

Sonuç olarak, ÜYS üretim hatları ve ofislerdeki KKP sistemi arasındaki boşluğu daraltmak/kapatmak için geliştirilmiştir ve kullanılmaktadır [5]. Üretim hattının verilerini (örneğin stok durumunu, ekipman kullanımı, tedarikçinin durumu, müşteri siparişlerini) zamanında almanın kattığı değerler de göz önünde bulundurulduğunda ÜYS entegrasyonunun bir tercih değil, zorunluluk olduğu görülmektedir. Böyle bir entegrasyonun faydası her şirket için farklı olacaktır. Ancak her şirkette ortak olarak fayda sağlanacak faktörler; üretim süreçlerinin görüntülenebilir olması, daha hızlı yanıt verebilir, aksiyon alabilir duruma gelmek ve kapasitenin daha doğru kullanılması olacaktır [6].

ÜYS olmayan tüm üretim organizasyonlarının bir entegrasyon çözümü vardır. Ancak bu çözümler çoğu durumda insana dayalıdır. Bu sebepten ÜYS entegrasyonu iki ana kategoriye ayrılabilir: Yazılım entegrasyonu ve uygulama programlama, ve veri entegrasyonu.

2.3. Dijital İkizler

Veri toplama sistemlerinin, bilişim teknolojisinin ve ağ teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte üretim dijital çağa girmiştir. Dijitalleşme isteğine rağmen, dijital teknolojilerdeki hızlı gelişmelerden dolayı imalat sanayii küresel zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu yüzden de Endüstriyel İnternet, Endüstri 4.0 gibi gelişmiş üretim stratejileri başlatılmıştır. Bu stratejilerin ortak amacı genel olarak akıllı üretim olarak da bilinen yapıya ulaşmaktır. 1980'lerden bu yana akıllı üretim yapay zeka ve üretimin kesişimi olarak tanımlanmıştır [13] . Yapay zeka geliştikçe; nesnelerin interneti, bulut bilişim, büyük veri analizi, siber-fizik sistemler ve dijital ikizler gibi yeni teknolojiler hayatımıza girmiş, akıllı deyimini de anlam değiştirmiştir. Akıllı üretim yapısı bilgiye dayalı imalattan, verinin yaratılmasının ve kullanılmasının temel alındığı bilgiye dayalı imalata evrilmiştir. Bu nedenle akıllı

üretimi artık; gelişmiş bilgi ve iletişim teknolojisi kullanarak veri analitiği yapan yapılar olarak düşünmekte fayda var.

Dijital İkizler kavramı ilk olarak NASA'nın Apollo programına dayanmaktadır. Uzaya gönderilen uzay aracının içinde bulunacağı koşulların yansıtılmasını sağlamak için özdeş bir uzay aracı daha üretilmiştir. Dünyada kalan uzay aracına da ikiz denmiştir. İkiz, uçuş hazırlığı sırasında eğitim için yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Uçuş görevlerinden elde edilen veriler kullanılarak, astronotlara beklenmedik durumlarda aksiyon almalarını kolaylaştıracak eğitimler dünyadaki ikiz aracılığıyla verilmiştir. Bu kapsamda, gerçek zamanlı durumların simülasyonunu yapan her prototipe ikiz denebileceği yargısı oluşmuştur. İkizin bir diğer tanımı da uçak endüstrisi tarafından oluşturulmuştur. Uçak sistemlerini birleştirmek, optimize etmek ve doğrulamak için demir kuş isimli ikiz kullanılmıştır. Gelişen simülasyon teknolojileri ve kabiliyetlerinden dolayı fiziksel demir kuşların yerini sanal modeller almıştır. Uçakların bazı bileşenleri fiziki olarak mevcut olmasa bile, sanal modeller sayesinde bunların kullanım yerlerine uygulanabilir ve test edilebilir olması sağlanmıştır. Ürünün bütün bileşenlerine bu fikrin uygulanması ile fiziksel sistemin tam bir dijital modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dijital model, dijital ikizdir [14] .

Akıllı üretim sistemlerinde ürünün yaşam döngüsü boyunca gerçek zamanlı veri aktarımı ve analizi yapılır. Ürün temelli simülasyon, optimizasyonla birlikte üretimin tüm yönleri için verimliliği artırıcı analizlerin yapıldığı bir yapı oluşturulur. Siber-fiziksel sistemler ve dijital ikizler önde gelen akıllı üretim sistemleri örnekleridir. Bu yapılar fiziksel aktiviteleri sanal dünya ile senkronize etmek için yeni bir yol açtığından, popüler araştırma konularıdır. Dijital ikizler; ürün tasarımı, üretim hattı tasarımı, dijital ikiz atölye katları, üretim süreci optimizasyonu ve sağlık yönetimi gibi çeşitli sektörlerde de kullanılmaktadır. Dijital ikizler ürün performanslarını, üretim esnekliklerini göstermek ve verimliliklerini artırmak için kullanan birçok büyük işletmede mevcuttur [13] .

Üretim alanlarında ve fabrikalarda akıllı makineler daha çok görev almaya başlamıştır. Bu akıllı makinalar insan kontrolü olmadan, üst düzey görevleri yerine getirebilmekte, detay programlamalar ve planlamalar yapabilmektedir [15]. Bu

makinalar kendi kapasitelerini ve durumlarını da bilmektedir. Bir dizi alternatif eylem arasından karar verebilir, becerilerini yönetebilir ve uygulayabilirler. Bu becerileri gerçekleştirebilmek için de içinde buldukları durumun çok gerçekçi modellerine ve gerçek dünyadaki çevreleriyle etkileşime girmeye ihtiyaç duyarlar. Dijital ikiz bu modelleme ve gerçek dünya ile etkileşime girebilme kabiliyetidir [14]. Dijital ikizler şirketlerin fiziksel sorunlarını daha erken ve daha doğru şekilde tahmin ve tespit etmelerini, üretim süreçlerini optimize etmelerini ve daha iyi ürünler üretmelerini sağlar [13]. Ürünlerden elde edilen verilerden dolayı, model tabanlı sistem mühendisliği dijital ikizin temelinde yatar.

Rosen ve diğerleri [14] yaptıkları çalışmada sensörler tarafından algılanan ve üretim yürütme sistemi tarafından üretilen tüm verinin dijital ikizde saklanmasını amaçlamışlardır. Bu sayede her hangi bir zamanda dijital ikiz, ortamı ve süreci temsil edebilecektir. Çalışmada anlık bir durumun etkisinin ne olacağına dair ileriye yönelik simülasyonlar yapılmıştır.

Qi ve diğerleri [13] siber-fizik sistemlerin ve dijital ikizlerin siber-fiziksel entegrasyonu tanımlamak için kullanımından bahsetmişlerdir. Bu iki kavramın neden farklı alanlarda kullanıldığını araştırmışlardır. Aralarındaki farkları ve benzerlikleri, kökenleri, siber fiziksel haritalamaları, hiyerarşik modellemeleri ve çekirdek unsurları birden fazla özelliği inceleyerek analiz etmişlerdir.

Negri ve diğerleri [16] çalışmalarında literatürdeki dijital ikiz tanımına katkıda bulunmak için 2012-2016 yılları arasında yayınlanan ve başlığında, özetinde, anahtar kelimelerinde dijital ikiz yer alan yayınları taramışlardır. Elde ettikleri bilgiler doğrultusunda dijital ikiz konseptinden bahsedip, tarihsel olarak gelişimini incelemişlerdir. Dijital ikizlerin mevcut durumunu yansıtmaya ve algılanan koşullara göre gerçek zamanlı optimizasyonlarla karar verme ve öngörülerde bulunmasına vurgu yapmışlardır. Endüstri 4.0 ile bu konseptin etkileşimlerinden de bahsetmişlerdir.

Qi ve diğerleri [17] çalışmalarında imalat hizmetleri ve dijital ikizin nasıl birleştirildiğinden bahsetmişlerdir. Dijital ikizin çeşitli bileşenlerinin üreticiler tarafından hangi servisler biçiminde kullanıldığını tanımlamışlardır.

2.4. Birleşik Modelleme Dili

Karmaşık veya anlaşılması zor olan yazılımları daha kolay anlaşılır hale getirmek için modelleme yapılabilir. Modelleme sayesinde yazılım üzerindeki sorunlar, hatalar daha kolay fark edilebilecektir. Nesne tabanlı modellemede görsel bileşenlerinden dolayı en çok tercih edilen dil Birleşik Modelleme Dilidir (BMD). Sistem modellemesi sırasında, girdileri sağlayan aktörlerin bakış açıları farklıdır. Müşteriler, tasarımcılar, sistemi test edenler, analiz edenler ve kaliteciler, hepsi kurgulanacak olan sisteme farklı girdi sağlarlar. BMD bu yoğun ve karışık ekip için ihtiyaç olan bütün diyagramları bünyesinde bulundurur. BMD temel olarak yazılım geliştirme ve analizinde yer alır [18].

BMD sayesinde hatalar daha kolay fark edilir. Sistemin girdilerini sağlayan bütün ekibin aynı dili kullanarak, aynı yöne bakması sağlanır. BMD ile sistem en basit şekilde görselleştirilir ve anlaşılabilir hale getirilir. BMD kullanıldığında, geliştirilen sistemin modellenmesi sırasında değişiklik yapmak daha kolay olacaktır. Küçük parçalar değiştirilebildiği için maliyetleri azaltacak, farklı girdilerden oluşacak mantık hatalarını ise minimuma indirecektir. Böylelikle ekip içindeki iletişimin artması ve kolaylaşması sağlanacaktır.

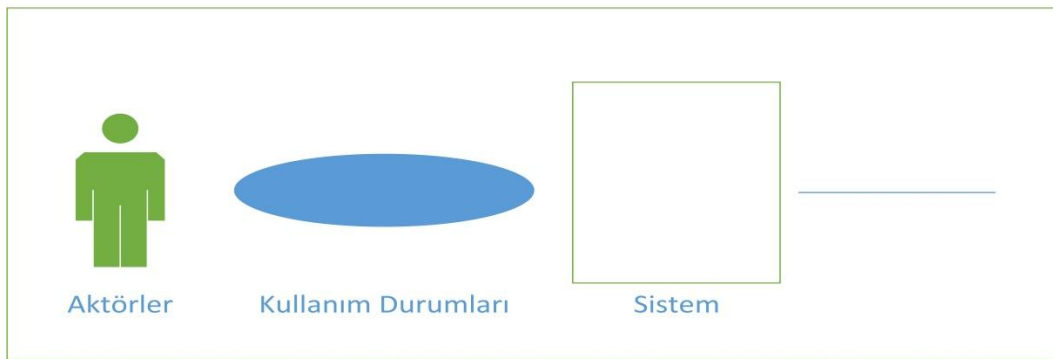
BMD'de nesnelere arasındaki ilişki kurmak için gereken 14 adet diyagram (bkz. Şekil 2.1) türü bulunmaktadır [19, 20].

Modeller	Kullanım Durumları Diyagramları
	Sınıf Diyagramları
	Nesne Diyagramları
	Bileşen Diyagramları
	Yayımlı Diyagramları
	Aktivite Diyagramları
	Durum Diyagramları
	İlişki Diyagramları
	Ardaşık Diyagramları
	Profil Diyagramları
	Birleşik Yapı Diyagramları
	Etkileşime Bakış Diyagramları
	Paket Diyagramları
	Zaman Akış Diyagramları

Şekil 2.1. BMD Diyagramları

2.4.1. Kullanım Durumu Diyagramları

BMD'de Kullanım Durumu Diyagramları sistemin birbiri ile iletişimini açıklar. Bu diyagramlar sistemdeki farklı özelliklerin detaylarına tek tek inmek yerine, birbiri ile nasıl çalıştığını gösterir. Temel olarak dört farklı eleman barındırır. Bunlar; Aktörler, Sistem, Kullanım Durumları ve bunlar arasındaki ilişkilerdir. Şekil 2.2'de bu dört temel elemanın görseli sunulmuştur.



Şekil 2.2. Kullanım Durumu Diyagramı Elemanları

Kullanım durumları birden çok defa kullanılabilen birimlerdir. İçerme ve genişletme yöntemleri ile kullanım durumlarının tekrar kullanılmaları sağlanmaktadır. Kullanım

durumlarının birbirleri arasındaki ilişkileri gösteren kavramlar ise genelleme ve gruplama yöntemleridir [21].

2.4.1.1. İçerme

Birçok senaryo grubunda kullanılan ortak bir senaryodur. İçerme ilişkisi var ise aynı kullanım durumunu defalarca çizmek yerine bu ilişki ile göstererek kullanabiliriz. Bir senaryonun içinden bir alt programa dallanıp geri dönmek gibidir.

2.4.1.2. Genişletme

Senaryonun dışına çıkılması gereken durumlarda kullanılır. Genelleme ilişkisine benzemesinin dışında, onun kadar farklı genişleme noktası olmadığına kullanılan yöntemdir. Kullanıcısına daha dar ve kontrollü genişleme alanları sunar.

2.4.1.3. Genelleme

Sınıfların kendi aralarındaki türeme ilişkisi gibidir. Genel bir senaryo grubundan özel bir senaryo grubu türetilir.

2.4.1.4. Gruplama

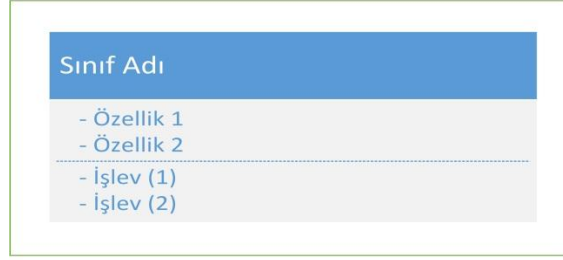
Kullanım durumlarını bir arada toplamak için kullanılan tekniktir. Çoğunlukla birden çok alt sistemi olan büyük sistemlerde kullanılır.

Kullanım durumları diyagramlarını kullanarak sistemin nerelere erişeceğini, yetkilerinin nerelerde son bulacağını, sınırlarını daha iyi belirleriz. Böylelikle kurgulanan sistemin boyutunu ve dallanmış yapısını daha kolay şekillendirebiliriz. Basit bir formata sahip olmasından dolayı; müşteri ve sistemin geliştirme ekibi arasında iletişimin kolay kurulabilmesini sağlarlar. Sistem testlerinin ve geliştirme bölümünün temel taşıdır.

2.4.2. Sınıf Diyagramları

BMD'de sınıflar, nesne tabanlı programlama mantığı ile tasarlanmıştır. Amaçları; model içerisinde bulunan sınıfların tanımlanmasıdır. Uygulamada sınıf

diyagramlarının özellikleri, işlevleri ve diğer sınıflarla ilişkileri bulunmaktadır. BMD'de sınıf diyagramlarının gösterimi Şekil 2.3'deki gibidir [22].



Şekil 2.3. Sınıf Diyagramı

Şekil 2.3'de görüldüğü üzere üç parçadan oluşurlar. En üstte sınıfın adı yer alırken, orta kısımda özellikler listesi ve en son kısımda ise işlev listesi verilmiştir. Çoğunlukla altta bulunan özellikler listesi ve işlev listesi çıkartılır. Bunun amacı ise genelde tüm özelliklerin ve işlevlerin gösterilmek istenmemesidir. Sınıf diyagramının belirli kısımları gösterilerek, gereksiz veya fazla bilginin diğer birimlere gösterilmesinin önüne geçilmiştir [22].

Bastos ve diğerleri [22], BMD içerisindeki sınıflar arasında dört farklı ilişki tanımlamıştır. Sınıf diyagramlarının kendi başlarına bir şey ifade etmediğini, anlamlandırılabilmesi için aralarındaki ilişkilerle birlikte inceleme gerektiğini belirtmişlerdir.

2.4.2.1. Bağlantı İlişkisi

Bağlantı ilişkisi, sınıf diyagramlarında en çok kullanılan ilişki türüdür. Gösterimi oldukça basittir. Çoğunlukla referans gösterme şeklindedir. İki nesne arasındaki bağlantı gösterilir.

2.4.2.2. Sınıflar Arasında Türetme ve Genelleme İlişkisi

Türetme nesne tabanlı programlamanın önemli parçalarından birisidir. Türetme metoduyla; bir sınıf başka bir sınıfın özelliklerinden bazılarını alarak sınıf türünden başka bir nesneymiş gibi davranabilir. Şekil üzerinde ise bir ok vasıtası ile türemiş sınıftan, taban sınıfa ok çizilerek gösterilebilir. Ortak özelliği çok olan nesnelere

çalışılıyorsa, bu özellikler tek bir sınıfta toparlanarak, farklı özellikler için yeni sınıflar türetmek etkin bir yok olacaktır.

2.4.2.3. Bağımlılık İlişkisi

Birden fazla parçadan oluşan sınıflar arasındaki ilişkiye denir. Çalışmalarda oluşum ve içerim bağıntılarının birbirine karıştığı çokça görülmüştür. Bu duruma temel neden ise oluşum bağlantısının, içerim bağlantısına göre daha güçlü bir bağımlılık ilişkisi olmasıdır. Her oluşum bağıntısı aslında aynı zamanda bir içerim bağıntısıdır [23].

2.4.2.4. Gerçekleştirim İlişkisi

Gerçekleştirim ilişkisi çoğunlukla kullanıcı ekranı modellenirken kullanılır. Oluşturulan ara yüzler, metot adlarını ve bunların parametrelerini içermektedir. Yazılan programda, ara yüzlerin kullanılması ve ara yüzü çalıştıran sınıfın diğer sınıflardan ayrı tutulması önemlidir. Böylelikle yazılım daha kolay geliştirilebilir ve bakımları daha kolay olacak şekilde kurgulanır.

2.4.3. Ardışık Diyagramları

BMD'de en önemli diyagramlardan birisi de akış diyagramlarıdır. Akış diyagramları sistemdeki nesnelere veya bileşenler arasındaki mesaj akışını gösteren diyagramlardır. Akış diyagramları nesnelere, bu nesnelere birbirleri içindeki mesajlaşmalarından ve zaman çizelgesinden oluşmaktadır. Akış diyagramları iki boyutludur: Mesajların ve olayların sırasını, oluşma zamanını gösteren dikey boyut ve mesajların gönderildiği nesne örneklerinin yer aldığı yatay boyut.

Akış diyagramı oluşturulurken dikkat edilecek en önemli husus, akışın soldan sağa olmasıdır ve bunun öncesinde kullanım durumu diyagramlarının oluşturulmuş olması gerekmektedir [21].

Septian ve diğeri [24], yazılımların test edilmesinin kritik bir işlem olduğundan bahsederken, bu test süreçlerinde hangi diyagramları kullanacaklarını araştırmışlar ve akış diyagramlarının bu tür test süreçlerinde senaryoların uygulanabileceği bir diyagram olduğunu göstermişlerdir.

2.5. Değer Akış Haritalaması

Değer Akışı Haritalaması (DAH), yalın üretim (Toyota Üretim Sistemi) sistemlerinin bir görselleştirme aracıdır. Yalın üretim araçlarını ve tekniklerini kullanarak, iş süreçlerinin anlaşılmasını ve izlenmesini kolaylaştırır. DAH'ın amacı, bütün süreçlerdeki gereksiz işlemleri tanımlamak, göstermek, ortadan kaldırmak veya azaltmaktır. Bir başka bakış açısı ise süreçteki bütün eylemlerin temel akışlarının tanımlanmasını sağlamaktır. Örnek verecek olursak; bir ürünün konsept tasarımından başlayıp, hammadde tedariki, üretim içerisindeki akışı ve müşteriye teslimine kadar geçen sürecin tamamının çizelgelenmesidir [25].

DAH'da tanımlaması yapılması gereken üç çeşit aktivite vardır. Bunlar kategorilere ayrılmıştır:

1. Katma değeri olmayan
2. Gerekli fakat katma değeri olmayan
3. Katma değerli

Yukarıda sayılan maddelerden ilki direkt yok edilmesi gereken aktivitelerdir. Bunlar; gereksiz eylemler, bekleme süreleri, çifte işlemler şeklinde sıralanabilir. İkinci adım da gereksiz aktiviteleri içerir ancak birincisinden farklıdır. Bu aktiviteler gereksiz olarak adlandırılır ama mevcut işletim prosedürlerine göre de gereklidir. Örneğin; iki işlem arasında yürünmesi gereken uzun mesafeler, bir aparatın operasyon sırasında bir elden diğerine alınması gibi işlemler verilebilir. Üçüncü ve son olan değer katan aktiviteler ise süreçteki temel aktivitelerdir. Bu aktivitelerin sistemden kaldırılması mümkün değildir, ancak bu aktivitelerin süreçlerini kısaltmak için çalışmalar yapılabilir.

DAH adımları, katma değeri olmayan aktivitelerin süreç içerisinde önemli bir kayba sebep olduğunu ve mevcut süreçler içinde yer aldığını göstermektedir. Sonuç olarak, katma değeri olmayan aktiviteler süreç içerisindeki finansal, zaman ve tesis gibi kaynakları tüketmektedir [26]. Sonuç olarak; DAH, genellikle belirli bir işletmede tedarikçiden, müşteriye kadar olan sürecin tüm aktivitelerinin geniş bir görünümüdür [27].

Doolen ve arkadaşları [28], DAH entegre edilmiş yalın üretim tekniklerini elektronik üretimi için geliştirmişlerdir. Hyer [29] ise DAH entegre edilmiş yalın üretim tekniklerini ofis hizmetleri ve idari işlemlerde gerçekleştirmiştir. Ayrıca, DAH'ın uygulamaları uçak üretim hattı gibi çok hassas ve maliyetli noktalarda kullanılarak da genişletilmiştir. Abbett ve Payne [30] bir uçak üretim biriminde değer akış haritalama uygulamasını tartışmış, müşterinin ihtiyacına göre tedarik süresini kısaltmak amacıyla mevcut ve gelecekteki durum haritalarını geliştirmişlerdir.

Womack ve Jones [31] DAH'ın yalın düşünceye adaptasyonu için aşağıdaki beş adımı tanımlamışlardır.

1. Müşterinin bakış açısına göre "Değer" tanımlayın,
2. Değer Akışlarını tanımlayın,
3. Bu akışları belirleyin,
4. İş adımlarını çizelgeleyin
5. Sürekli iyileştirmeye mükemmelliğe ulaşın.

2.5.1. Değer Akışı Tanımı

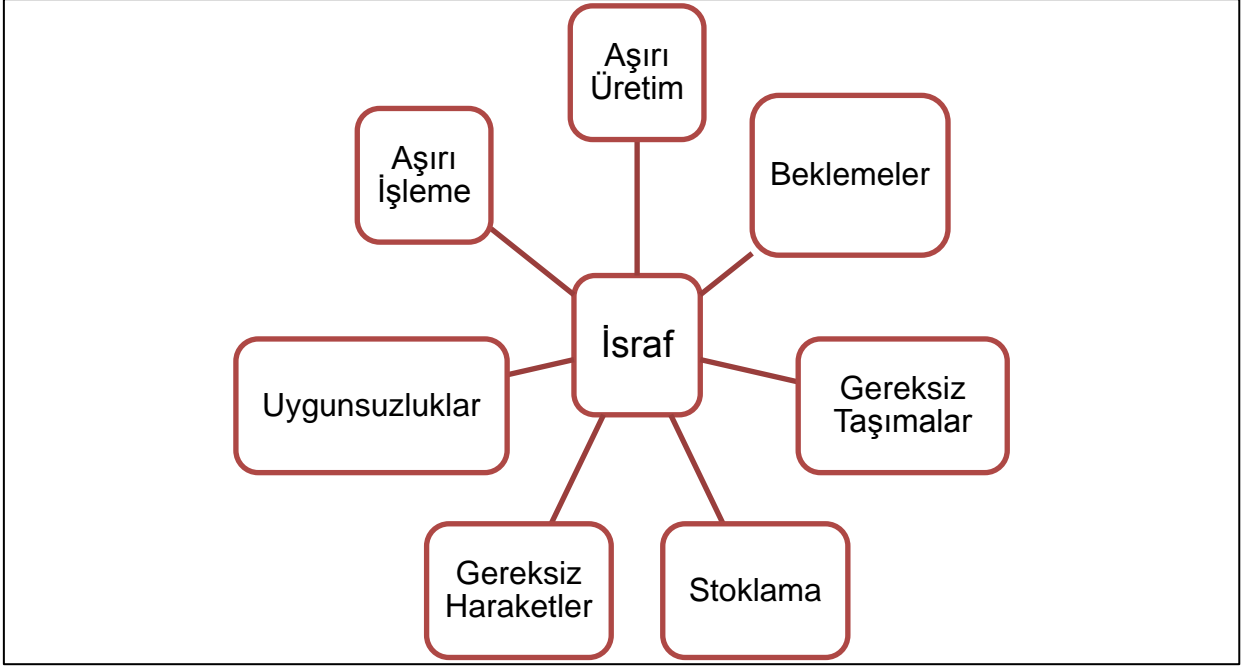
Değer Akışı, bir ürünün üretim hattında geçen süre boyunca katma değeri olan veya olmayan aktivitelerine denir. Bu akış, tasarım konseptinin oluşması ile başlar, tedarikçiden malzeme temini ve ürünün müşteriye teslimine kadar devam eder [25].

Tinoco'ya göre [26], değer akışları için mal veya hizmet alımlarında yönetilmesi gereken üç kritik durum vardır; problem çözme (ne değişmeli), bilgi yönetimi (bilgi akışı) ve fiziksel dönüşüm (uygulama).

2.5.2. Katma Değerli / Katma Değerli Olmayan Aktiviteler

Yeni bir bitmiş ürün veya hizmeti ortaya çıkarmayı amaçlayan herhangi bir işlem iki farklı faaliyet içerir. Bu aktiviteler; sürece katma değeri olanlar ve olmayanlardır. Değerin ne olduğunu tanımlamak gerekirse; ana fikir olarak herhangi bir işleme maddi, manevi artı katan her işlemdir. Bu sebeptendir ki katma değeri olan aktiviteler sürece veya işleme değer katan herhangi bir etkileşimdir. Katma değeri olmayan aktiviteler ise sürece veya işleme herhangi bir değer eklemeyen etkileşimlere denir. Katma değeri olmayan aktivitelere örnek vermek gerekirse; bekleme süreleri, gereksiz malzeme hareketleri gibi işlemlerdir. Bu tür işlemlere müşteri açısından bakıldığında da ürüne veya hizmete etkisi olmayan işlemler olarak gruplayabiliriz.

Müşteri; ürünün alıcısı olan kişi veya kurumdur. Müşterinin bir başka tanımı da ürüne değer veren kişidir. Son zamanlarda, birçok şirket katma değeri olan aktivitelere odaklanmaya çalışmaktadır. Hlbuki temel amaç katma değeri olmayan aktivitelere çok daha fazla dikkat ederek onları elemine etmek olmalıdır. Neyle ilgilendiğimizi belirlediğimiz zaman değer kavramının başlangıcını yakalamış oluruz. "Müşteri bu süreçten ne istiyor?" sorusunun cevabı da değeri tanımlar. Değer olarak adlandırılmayan herhangi bir kavram ise israf olarak tanımlanır. şekil 2.4'de temel israf eşitleri sunulmuştur [32].



Şekil 2.4. İsrafın Yedi Şekli

Baykut [33] çalışmasında bu 7 israfı aşağıdaki gibi tanımlamıştır;

Aşırı Üretim: Bu tür israfta çok fazla üretim ve aşırı depolama durumu vardır. Üretilen herhangi bir ürün gereksiz yere taşınmış, üretilmiş, depolanmış olacaktır.

Bekleme: Gecikmeler, bir sonraki süreci beklemeler, ekipman/tezgâh duruşlarından kaynaklı beklemeler, ham malzeme yetersizliğinde dolayı beklemeler, bir fabrika için duruş israfları arasında yer alır.

Gereksiz Taşımalar: Uzun mesafe taşımalar ve iki işlem arasındaki gereksiz malzeme hareketleri israftır.

Stoklama: Stoklama maliyeti, teslim süresi sonra olan malzemelerin elde tutulması, bunların oluşturduğu fırsat maliyetleri, hepsi gereksiz stoklamanın oluşturduğu israflardır.

Gereksiz Hareket: Ekipman/malzeme aramalar, gereksiz yürümler, gereksiz el/kol hareketleri ürünün üretimi aşamasında israfa yol açmaktadır.

Uygunluksuzluklar: Üretim sırasında bilerek veya bilmeyerek yapılan hatalardan dolayı malzemenin hurda olmasıdır. Maliyet ve zaman açısından israfa sebep olmaktadır.

Aşırı İşleme: Kötü tasarım veya ekipman yüzünden bir işlemi daha kısa ve az operasyonda yapmak varken fazladan işçilik harcama, gereksiz üretim operasyonları israfa sebep olmaktadır.

Müşteriler çoğu zaman ürünün süreçlerine veya işlemlerine odaklanmaz ama temel nokta onun isteğini anlamlandırmasıdır. Bu istek doğrultusunda iç süreçlerin tamamında katma değeri olan ve olmayan aktiviteleri belirleyerek, israflardan kaçınmak önemlidir.

3. ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİ TASARIMI

Bu bölümde bir ÜYS tasarımı yapılmıştır. Bu amaçla BMD'nin görselleştirme araçları kullanılmıştır. Öncelikle ÜYS'nin neden gerektiğinin analizi yapılmıştır. Firmanın mevcut sistemleri ve aktörleri belirlenerek, sistemlerin alt sınıfları incelenmiştir. Ardışık diyagramlar aracılığıyla sistemlerin içlerinde yer alan süreçler açıklanmış, ön koşullar belirtilmiştir.

3.1. Gereksinim Analizi

Çalışmanın yapıldığı firma savunma sanayi sektörüne hizmet etmektedir. Bu yüzden de uzun yıllara yayılan siparişlerin yanında, planda olmayan pek çok ürün için ilave siparişler alınabilmektedir.

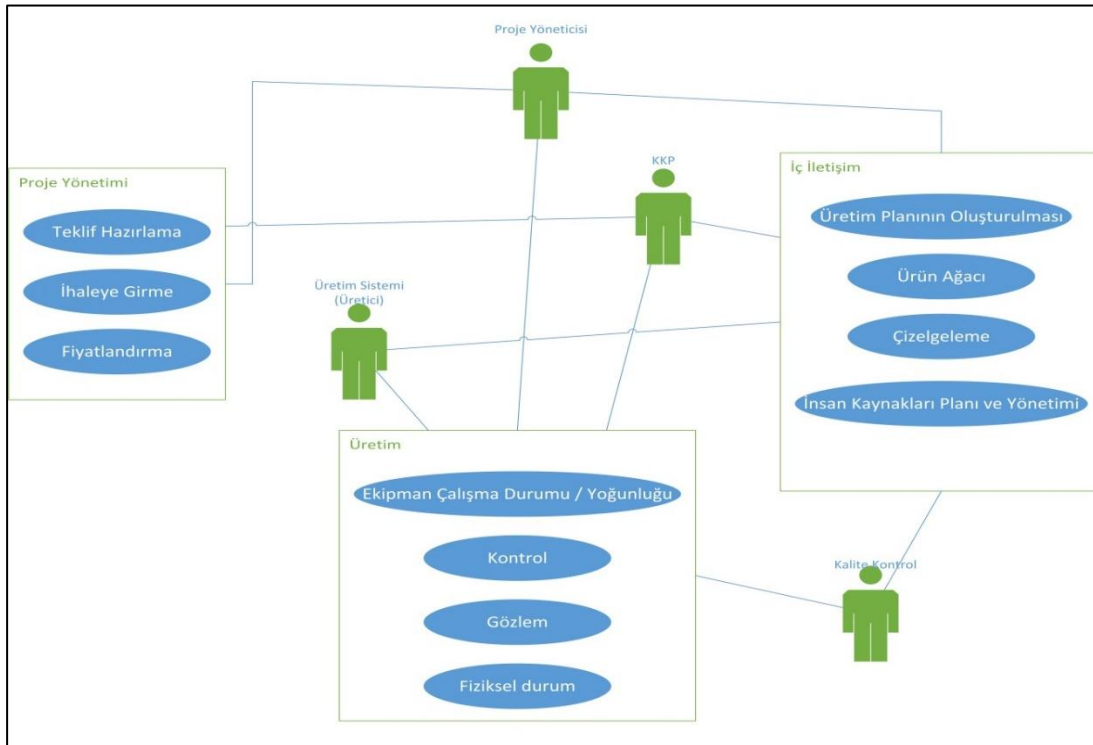
Sipariş verilen ürünlerin bazılarının sıfırdan tasarlanması, bazılarının ise mevcut malzemeler kullanılarak üretilmesi gerekebilmektedir. KKP'de olan verinin işleme hızı ve doğruluğu düşünüldüğünde anlık değişiklikler için doğru aksiyonlar alınamamaktadır. Tasarım değişikliği barındıran siparişlerde ise zaman ve tasarım işçiliği yönetimi doğru yapılamamaktadır. Ürün tasarımlarında sarkmalar yaşanmakta ve ürünlerin seri üretim takvimleri sarkmaktadır. Mevcut tasarımla devam eden ürünler için ise malzeme kullanımı, üretim öncelikleri ve iş dağılımı gibi kararlar doğru verilememektedir.

Doğru zamanlama ve malzeme kullanım sorunlarının ortadan kaldırılması için ÜYS'nin anlık veri toplama, gösterme ve işleme gibi yetkinlikleri kullanılmalıdır. Bununla birlikte üretim hattındaki ani değişikliklerde hızlı bir şekilde etkilenen birim ve hatların gözlemlenebilmesi sağlanmalıdır.

3.2. Kullanım Durumu Diyagramı

Oluşturulan Kullanım Durumu Diyagramında 4 aktör yer almakta iken 3 farklı sistem mevcuttur. Sistemde yer alan aktörler; proje yöneticisi, KKP, üretim sistemi (üretici) ve kalite kontrolden oluşmaktadır. Sistemler ise; proje yönetimi, iç iletişim

ve üretimden oluşmaktadır. Sistemlerin ve aktörlerin birbiri arasındaki iletişim Şekil 3.1’de verilmiştir. Sistemlerin kendi içlerinde farklı kullanım durumları vardır. Proje yönetimi sistemi; teklif hazırlama, ihaleye girme ve fiyatlandırma kullanım durumlarından oluşmaktadır. İç iletişim üretim planının oluşturulması, ürün ağacı tanımlanması, çizelgeleme ve insan kaynakları yönetimi kullanım durumlarından oluşmaktadır. Üretim sistemi ise; ekipman-çalışma durumu/yoğunluğu, kontrol, gözlem ve fiziksel durumdan oluşmaktadır. Aktörlerden proje yöneticisi ve KKP bütün sistemlere etki edebilir, değişiklik yapabilir durumda iken, üretim sistemi ve kalite kontrol aktörleri iç iletişim ve üretim sistemlerine etki yapıp değişiklik oluşmasını sağlayabilirler.



Şekil 3.1. BMD, Kullanım Durumu Diyagramı

3.3. Sınıf Diyagramı

Sınıf diyagramı sistemin birçok bileşeni ve onların temelleri ile olan ilişkilerini gösterir. Şekil 3.2’de tasarlanan sınıf diyagramı verilmiştir. Sistemin ana sınıfını “Sistemsel Aşamalar” oluşturmaktadır. Bu ana çatı altında üç alt sınıftan oluşmaktadır. Bunlar; Satış Öncesi, Satış Dönemi ve Satış Sonrası şeklinde ayrılmış sınıflardır. Buradaki her bir sınıfın daha farklı alt sınıfları mevcuttur.

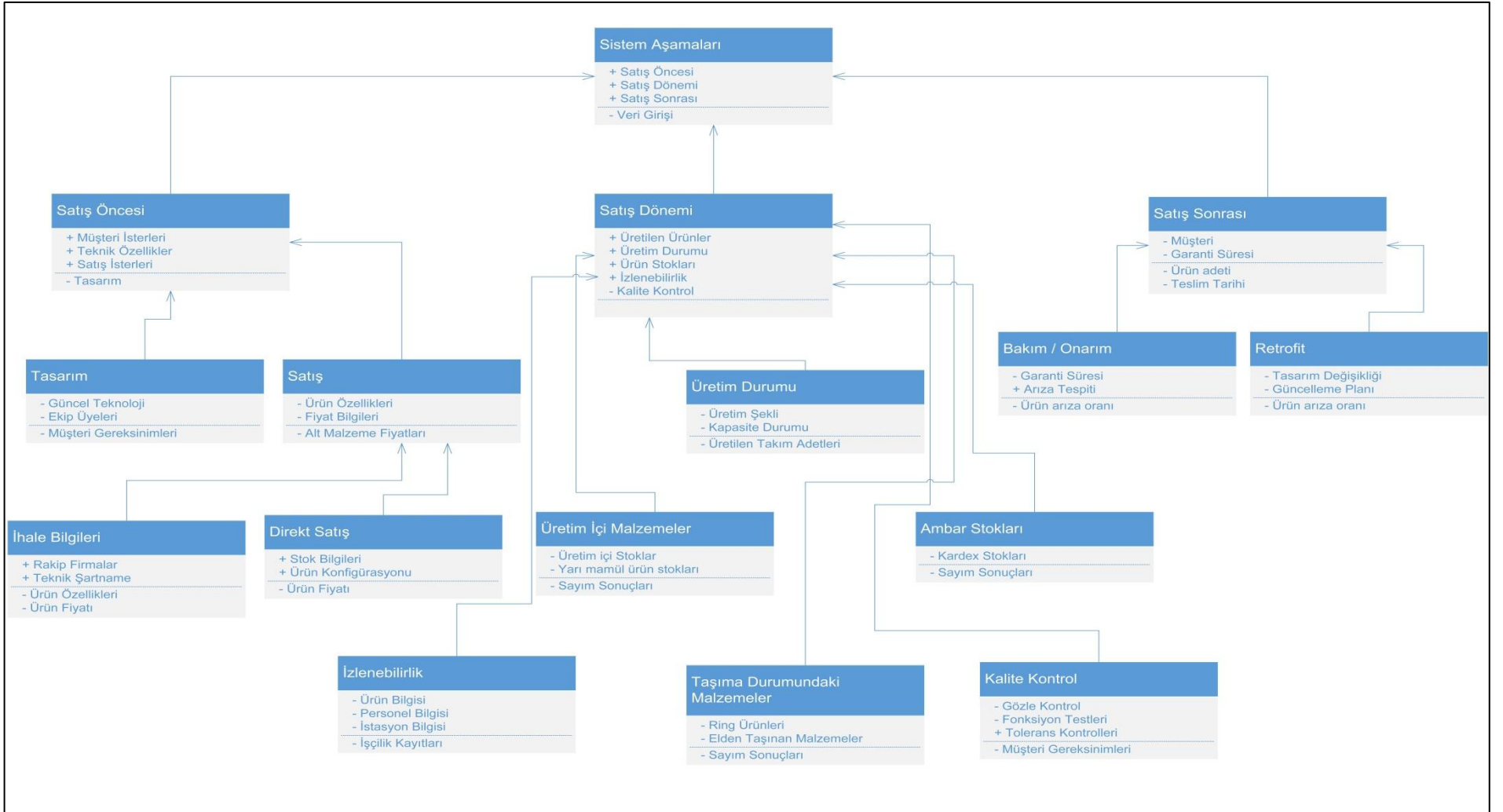
Satış öncesi sınıfı, tasarım ve satış kısmı olarak ikiye ayrılmaktadır. Satış kısmında süreç direkt sipariş mi yoksa ihale mi olduğuna göre iki farklı sınıfa bölünmektedir. Burada da farklı sınıflara ayrılmada satış sürecinin özelliklerine göre kırımlar olmaktadır. Ürün özellikleri ve fiyat bilgileri satış sınıfının öz niteliğidir. Tasarım kısmı sınıfı ise ürünün belirlendiği sınıftır. Burada güncel teknoloji ve ekip üyeleri öz niteliklerdir.

Sistemin en büyük alt sınıfı olan satış dönemi içinde pek çok alt sınıf barındırır ve sistemin en çok veri girişini sağlar. Bu sürece girdi sağlayan 6 farklı alt sınıf mevcuttur. Bunlar; üretim içi malzemeler, üretim durumu, ambar stokları, izlenebilirlik, taşıma durumundaki malzemeler ve kalite kontrol sınıflarından oluşmaktadır.

Satış dönemi sınıfının oluşum alt sınıfı ise üretim durumu sınıfıdır. Üretim hattındaki cihaz veya malzeme hakkında verinin işlendiği yerdir. Bu sınıfın öz nitelikleri arasında; kapasite durumunu göstermek ve üretim şekli hakkındaki bilgileri vermek vardır. Satış dönemi sınıfının diğer alt sınıflarından birisi üretim içi malzemelerdir. Bu sınıfın öz nitelikleri ise üretim içi stokların ve yarı mamül ürün stokları verisinin alınmasıdır. Ambar stokları alt sınıfının öz niteliği kardex stokları hakkında veri sağlamasıdır. İzlenebilirlik alt sınıfı; hangi ürün, hangi çalışan/tezgâh, hangi saatte, hangi cihaza uygulandı gibi geçmiş verilerin kayıt altına alındığı alt sınıftır. Öz niteliği olarak ürün bilgileri, personel bilgisi ve istasyon bilgisi yer almaktadır. Taşıma durumundaki malzemeler sınıfı ürünlerin ve malzemelerin taşıma durumlarını bildirir. Ring ürünleri ve elden taşınan malzemeler bunun öz niteliğidir. Kalite kontrol sınıfı satış dönemi sınıfının sonuncu alt sınıfıdır ve satış dönemindeki ürünün/malzemenin uygunluğuna dair kayıtları barındırır. Öz nitelikleri arasında; gözle kontrol, fonksiyon testleri ve tolerans kontrolleri yer almaktadır.

Ana sistemin (Sistemsel Aşamalar) son alt sınıfı ise satış sonrası alt sınıfıdır. Burada ürünün müşteriye verilışinden sonraki süreçlerin işlemleri tutulmaktadır. Temel olarak iki alt sınıfa ayrılmaktadır. Özelliği garanti süresi ve müşterinin kim olduğuyula ilişkilidir. Alt sınıfları ise bakım/onarım ve retrofittir. Bakım/Onarım

sınıfının özelliği ise garanti süresi ve arıza tespiti şeklindedir. Retrofit sınıfının öz nitelikleri ise tasarım değişikliği ve güncelleme planı şeklindedir.



Şekil 3.2. BMD, Sınıf Diyagramı

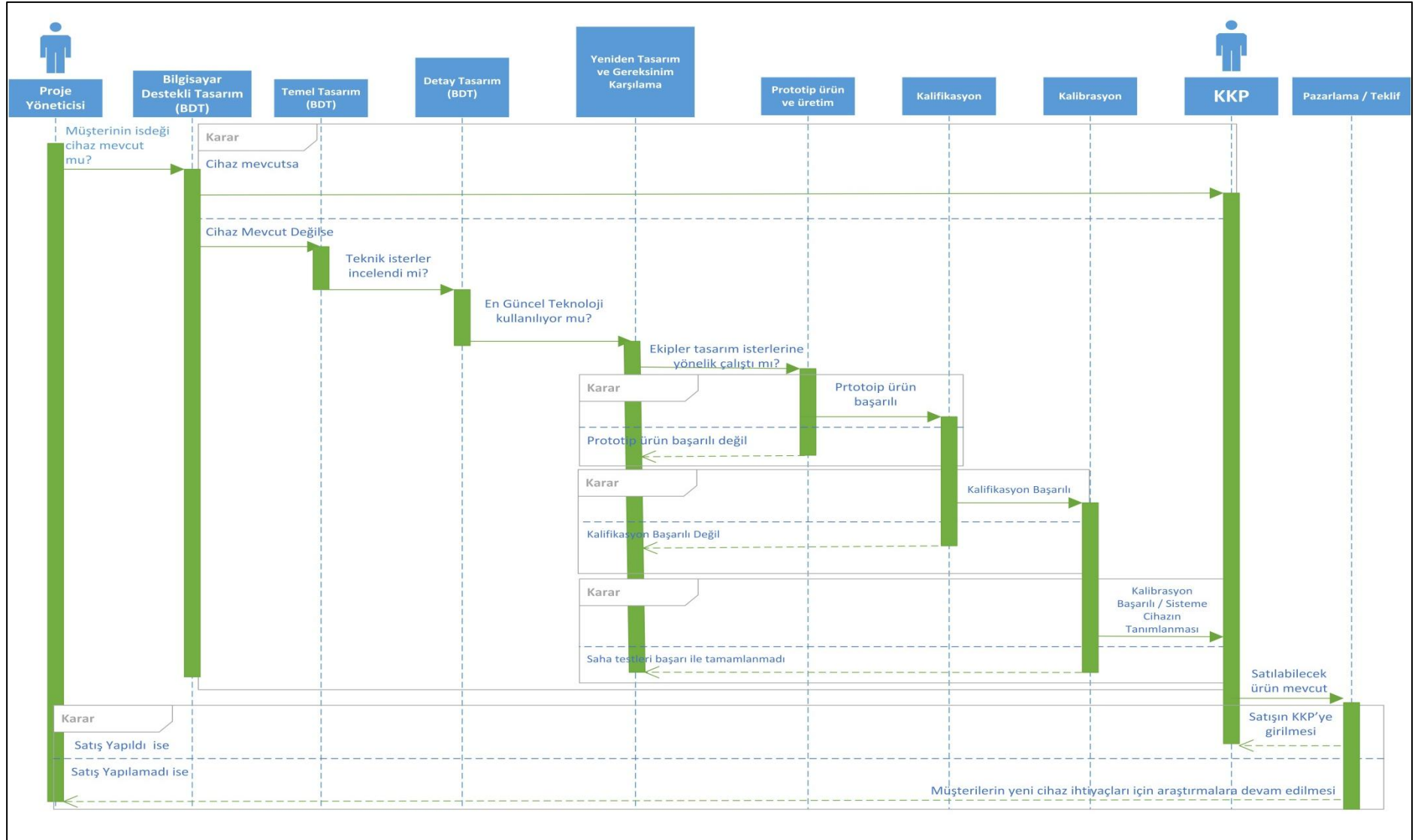
3.4. Ardışık Diyagramı

Süreç kurgulanırken üç bölüme ayrılmıştır; satış öncesi, satış dönemi ve satış sonrası. Akış diyagramlarında kurgulanan bu sınıfların iç süreçlerinde akışın nasıl olduğu belirtilmiştir. Satış öncesi dönemin ardışık diyagramı Şekil 3.3'te verilirken, üretim dönemi sınıfının ardışık diyagramı Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te verilmiştir. Satış sonrası sınıfının ardışık diyagramı ise Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'te verilmiştir.

Şekil 3.3'te gösterildiği gibi satış öncesi ardışık diyagramında süreci proje yöneticisi aktörü tetiklemektedir. Müşteriyle kontak noktası olan aktör sistemde müşteri ihtiyaçlarını karşılayan bir ürün olup olmadığının kontrolü ile süreci başlatır. Eğer istenilen özelliklerde ürün mevcut değil ise süreç tasarıma aktararak devam eder. Öncelikli olarak tasarım ekibi sürecin çatısını oluşturur, böylelikle ana tasarım ailelerinin işleri belirlenmektedir. Süreç detay tasarım aşamasına ilerletilir ve en güncel teknoloji ürüne entegre edilip, en ince detayına kadar tasarımı tamamlanır. Oluşturulan tasarım, gereksinim karşılama sürecine aktarılır ve müşterinin istediği ürünün özelliklerine sahip olup olmadığına karar verilir. Bu noktadan sonra ise prototip üretim aşamasına geçilir. Eğer ürünün prototip üretimi başarılıyorsa, süreç yeniden tasarım ve gereksinim karşılamaya geri bildirim verir. Eksik yönlerin düzeltilmesi için aksiyon başlatılır. Prototip üretim başarı ile gerçekleşti ise ürünün kalifikasyon sürecine alınması için akış başlatılır. Ürünün kabiliyetleri ve dayanımı; saha gereksinimleri olarak adlandırılan kalifikasyon testlerinden başarılı olarak geçemezse eksik görülen noktaların düzeltilmesi, iyileştirmelerin yapılması için yeniden tasarım ve gereksinim karşılama sürecine dönülür. Ürün kalifikasyon testlerinden başarılı şekilde geçer ise kalibrasyon sürecine devam edilir. Bu aşamada da ürün ile ilgili sorunla karşılaşılır ise yeniden tasarım ve gereksinim karşılama sürecine dönülür. Kalibrasyon sürecinde sorun yaşanmaması durumunda müşteri gereksinimlerini karşılayan bir ürünün tasarımı tamamlanmış olur ve bu ürünün dokümanları, ürün ağaçları ve üretim yönergeleri gibi bilgileri KKP aktörüne tanımlanmış olur. Böylelikle süreç ilk noktaya dönmüş olur. Proje yöneticisinin müşteri gereksinimlerini karşılayan bir ürünün olup olmadığını kontrol ettiği noktada artık

ürün mevcut durumundadır. Proje yöneticisi pazarlama/satış sürecini tetikler ve tasarlanan ürünün müşteriye satışını gerçekleştirmeye çalışır.

Eğer satış süreci başarısızlık ile sonuçlanırsa, satış öncesi süreç yeni müşteriler ve onların gereksinimlerini karşılayan ürünün oluşturulması ile tekrar eder. Diğer bir taraftan satış başarı ile sonuçlanır ise, proje yöneticisi aktörü KKP'ye cihaz satışlarını girer ve satış dönemi dediğimiz süreç başlatılmış olur.

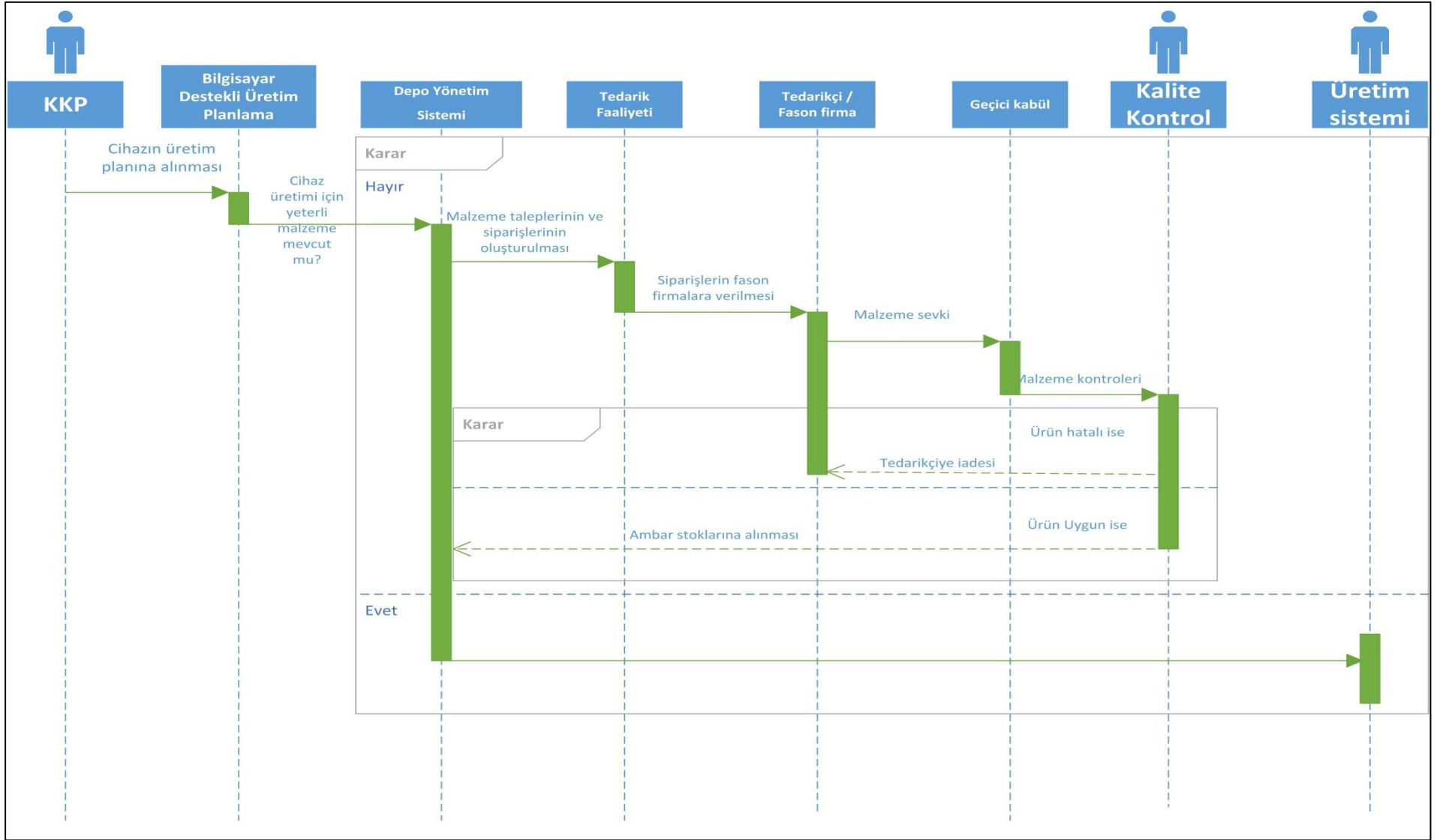


Şekil 3.3. Satış Öncesi Ardışık Diyagramı

Sınıf diyagramlarında Satış Dönemi olarak bahsettiğimiz süreçte gerçekleşen ardışık diyagramlar Şekil 3.4 ve Şekil 3.5.'te verilmiştir. Burada ilk etki eden aktör KKP'dir. Satışı gerçekleşen ürünlerin bilgisayar destekli üretim planlamasının yapılmasını sağlar. Bundan sonra ise depo yönetim süreci başlatılır, satışlara istinaden ürünleri üretmek için yeterli miktarda alt malzemenin depolarımızda olup olmadığı kontrolü sağlanır. Yeterli alt malzeme mevcut değilse, tedarik faaliyetleri süreci başlar. Alt malzemelerin nasıl tedarik edileceğine karar verilir. Bunlar fason veya direkt alım olarak şekillenebilmektedir. Bununla birlikte, satın alma talepleri, onaylar, satın alma siparişleri ve malzemenin tedarik edileceği alt yüklenicilerin belirlenmesi gibi işlemler de tedarik faaliyetlerinde belirlenir. Bu işlemlerden sonra süreç tedarikçi/fason firma ile devam etmektedir. Alt malzeme tedarik sürelerine göre alt malzeme sevkiyatları koordine edilmekte ve gerçekleşmektedir. Tedarikçilerden malzeme sevkiyatı gerçekleştirildikçe geçici kabul süreci işletilmekte, teslim ve mal kabulleri yapılmaktadır. Malzemeler firmaya ulaştıktan sonra bir sonraki süreç kalite kontroldür.

Bu aşamada tedarik edilen malzemelerin sipariş gereksinimlerine uygunluğu kontrol edilmektedir. Eğer gelen malzemeler kabul kriterlerine uygun değilse, tedarikçi firmaya iadesi gerçekleştirilerek, tedarikçi/fason firma süreci tekrar işletilecektir. Gelen malzemeler gereksinimlere uygun ise stoklara girişi sağlanarak bilgisayar destekli üretim planlama sürecinin gereksinimleri karşılanmış olacaktır.

Alt malzeme tedariklerinin tamamlanması ve bilgisayar destekli üretim planlama sürecinin sonunda ürünleri üretecek yeterli malzemenin mevcut olması durumunda süreç üretim sistemi ile devam edecektir.



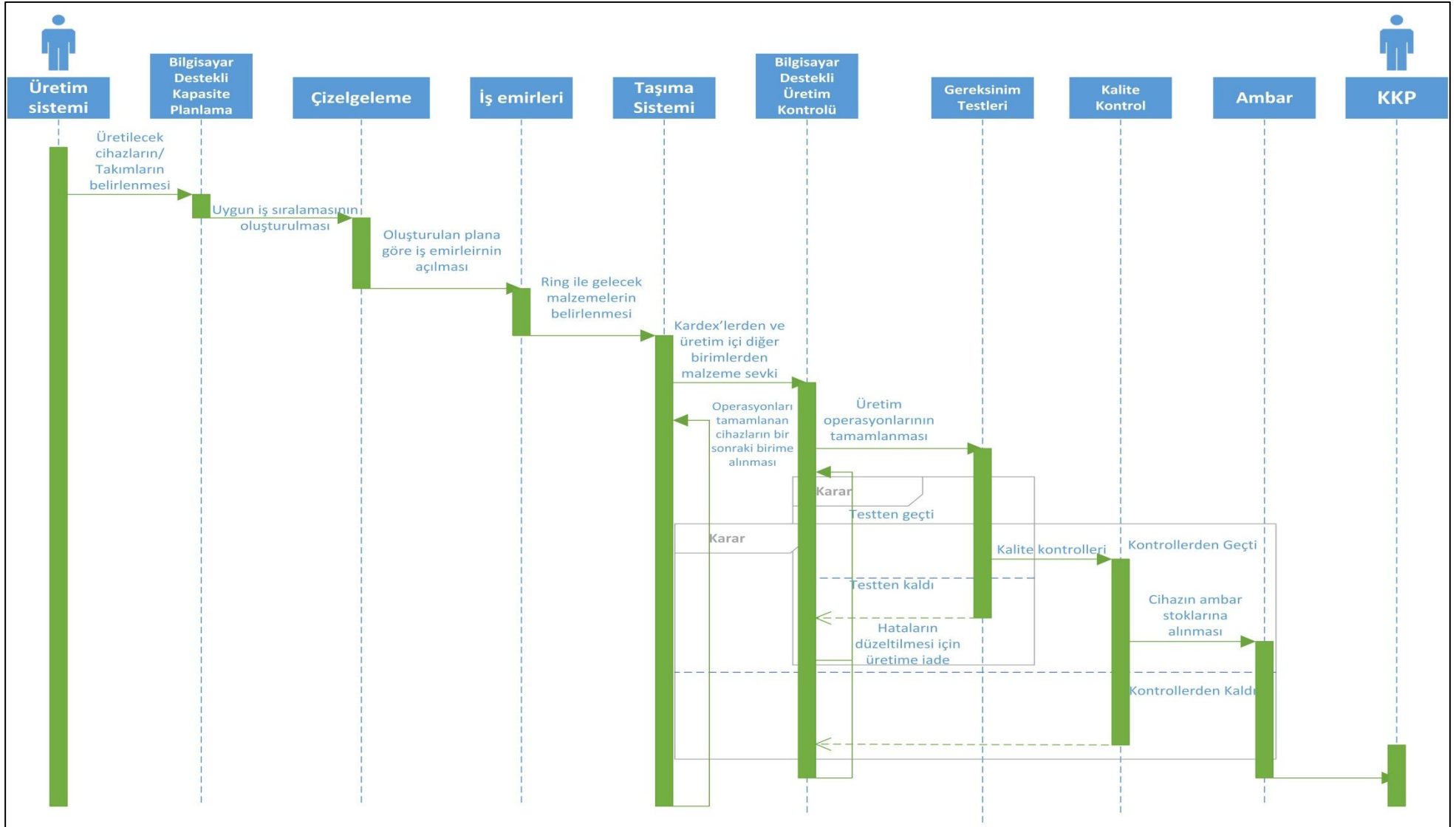
Şekil 3.4. Üretim Süreci Ardışık Diyagramı

Süreç üretim sistemi aktörüne geçtikten sonra üretim hattında olan ürünlerin hesaba katılması gerekmektedir. Bu yüzden, bir ürün için gerekli alt malzemeler olsa da bilgisayar destekli kapasite planlama ile iş yükleri ve adam saat bilgileri kontrol edilerek, çizelgelemeye geçilir. Bu basamakta iş yükleri ve istasyonlardaki işlemlerin dengelemeleri yapılarak detay üretim planları oluşturulur. Çizelgelenen detay üretim planlarına göre de iş emirleri verilir, malzemelerin üretim hattına taşınması sağlanır.

İş emirlerinin verilmesinden sonra taşıma sistemi devreye girmektedir. Üretim hattının birçok noktasını destekleyen bu sistem, taşınacak malzemeleri ve yerleri kontrol ettikten sonra minimum masraf ile malzemelerin taşınmasını sağlar. Bilgisayar destekli üretim kontrolü sürecinde ürünlerin fiziki operasyonları tamamlanır ve nihai ürün hazır hale gelir. Bu basamakta, harcanan işçilikler, boşa beklemeler, dar boğazlar gibi pek çok sistem çıktısı elde edilmektedir.

Üretimi tamamlanan ürünler öncelikle üretim sistemi içinde, müşteri ve ürün kalifikasyon gereksinimlerinden dolayı teste tabi tutulur. Bu gereksinim testleri sürecinden geçemeyen cihazlar, üretim hattına geri döner ve bilgisayar destekli üretim kontrolü süreci tekrar başlar. Ürünler gereksinim sürecini başarılı olarak tamamlarsa, kalite kontrol süreci başlar. Müşteri kabulleri sürecinin bir benzerinin işletildiği bu süreçte, denetim ve kontroller müşteri gözüyle yapılarak ürünlerin müşteri kabulüne sunulup/sunulmayacağı kontrol edilir.

Kalite kontrol sürecini başarılı olarak tamamlayan ürünler ambara aktarılır. Kalite kontrollerinde başarısız olan ürünler ise tekrar bilgisayar destekli üretim kontrolüne döner ve bulunan hataların düzeltilmesi sağlanır. Ambara alınan cihazların sistem raporlamaları yapılarak, güncel veriler KKP aktörüne aktarılır. Böylece, anlık canlı durumun herkes tarafından ulaşılabilir olması sağlanır ve ürünler de müşteriye teslim edilebilir hale gelir.

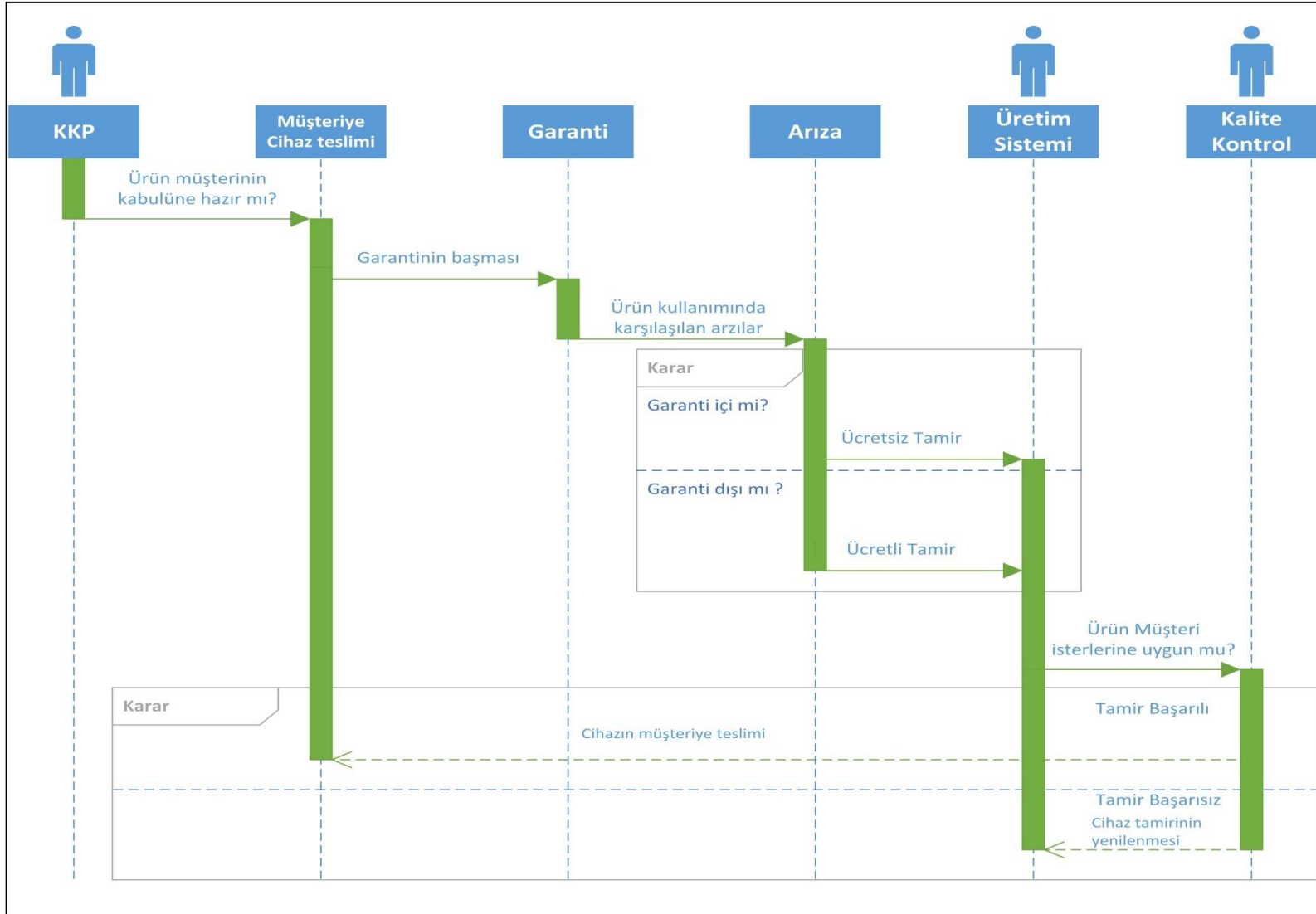


Şekil 3.5. Üretim Süreci Ardışık Diyagramı Devamı

Satış sonrası sınıfının alt sınıflarından olan bakım/onarım ve retrofit sınıflarının ardışık diyagramları: Şekil 3.6'da bakım/oranım sınıfı için, Şekil 3.7'de ise retrofit sınıfı için verilmiştir.

Satış döneminde ambara alınan ve KKP sistemine girilen ürünler müşteri teslimatına hazır hale gelmektedir. Burada yine KKP sistemi aracılığıyla ürünlerin müşteri kabulüne hazır hale geldiği bilgisi iletilir ve müşteri, ürün kabulleri için firmaya davet edilir. Şekil 3.6'da gösterildiği gibi ürünün ilk tasarımında yer alan müşteri beklentilerinin karşılanıp karşılanmadığı müşteri nezaretinde yapılan testler ve denetlemeler aracılığıyla bir kez daha doğrulanır. Kabulleri tamamlanan müşteri ürünlerinin paketlenmesi yapılarak teslim edilir ve faturalandırılır. Bu süreçten sonra ürünün garanti süreci başlamıştır.

Garanti süreci içinde veya dışında karşılaşılan hata ve sorunlarda ürünler tekrar firmaya gönderilmekte ve arıza kaydı açılmaktadır. Ürün garanti içinde olsa da olmasa da gelen hataya göre arızanın tespiti yapılmaktadır. Sorun ürünün üretimi veya tasarımı kaynaklı ise bu garanti kapsamında tamir edilir. Kullanıcı kaynaklı sorunlardan dolayı arızalar ise garanti dışı işlem görmektedir. Arızanın kaynağına göre tamir işleminin ücretli mi ücretsiz mi olacağına karar verilir. Karar ve onaylardan sonra ürünün tamiri gerçekleştirilir. Bu aşamada süreç tekrar üretim sistemi aktörüne geçer. Ürün hazır olduğunda ise işlem bir sonraki aktör olan kalite kontrole geçmektedir. Burada gerekli testler tekrar yapılmakta ve ürünün müşteriye teslimine hazır olup olmadığı netleştirilmektedir. Eğer ürün müşteri gereksinimlerine göre tamir edilebilirdiyse, müşteriye düzeltilmiş şekilde iadesi yapılır, aksi durumda süreç tekrar üretim sistemi aktörüne aktarılır ve bulunan eksikliklerin giderilmesi sağlanır.

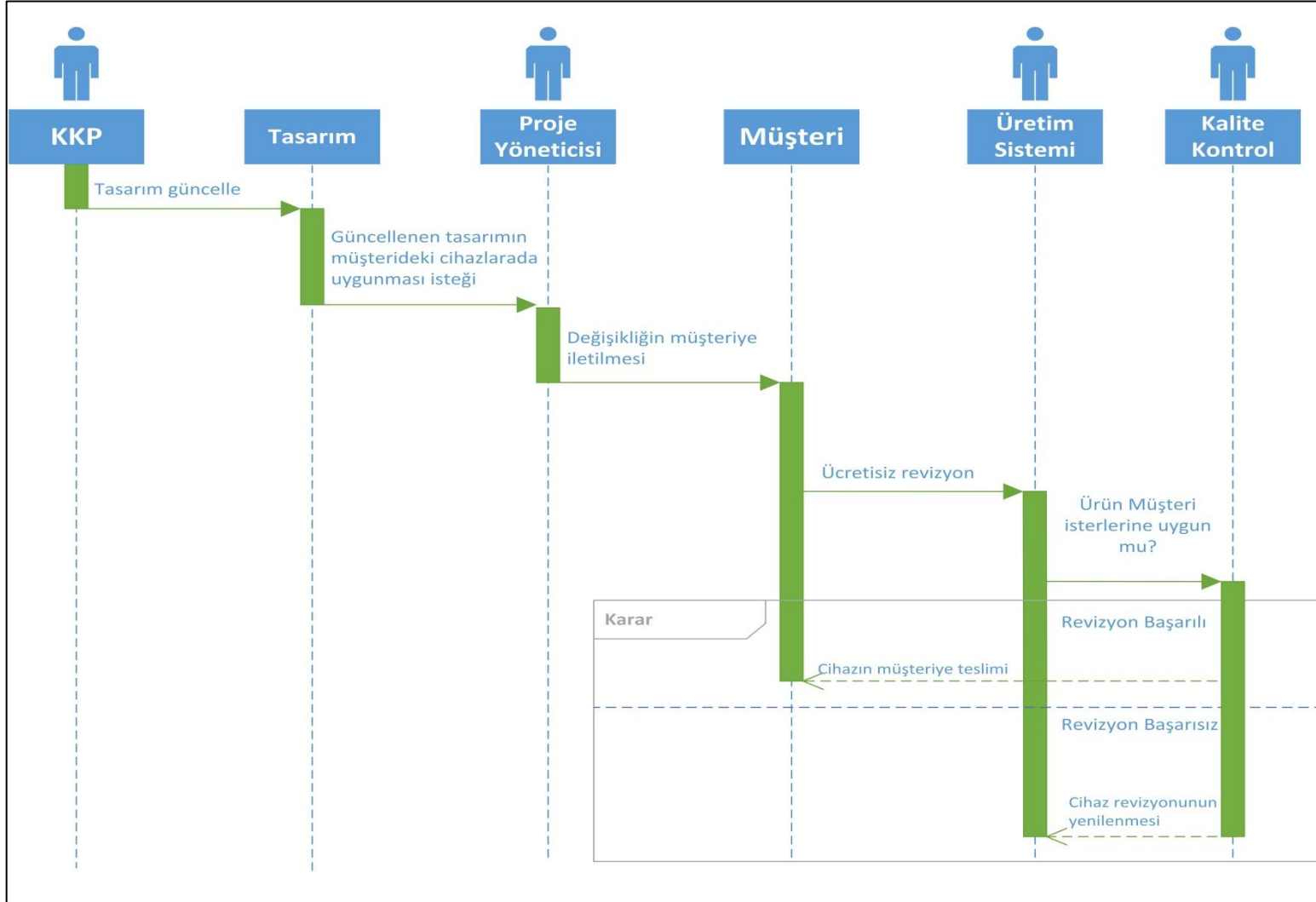


Şekil 3.6. Satış Sonrası Bakım/Onarım Ardışık Diyagramı

Şekil 3.7’de satış sonrası sınıfının bir diğer alt sınıfı olan retrofit sınıfının ardışık diyagramı verilmiştir. Kullanıcı geri bildirimlerinden, arıza kayıtlarından ve teknolojik gelişmeler/gereksinimlerden dolayı mevcut ürünlerde tasarım değişikliği gerekebilir. Bu gereklilikten dolayı KKP aktörünün tasarıma mesaj göndermesi ile retrofit başlatılır.

Bu mesaj ile tasarım, satış öncesi sınıfta ve ardışık diyagramlarda bahsedildiği üzere gereksinimleri karşılayacak geliştirmeleri yapmaktadır. Süreç proje yöneticisi aktörünün kararı ile devam etmektedir. Yapılan tasarım iyileştirmesinin müşterideki cihazlara uygulanmasının kararı verilmektedir. Bu işleme retrofit denilmektedir. Bu değişiklik kararı, yapılan değişimin maliyeti, müşterinin önemi gibi faktörlere göre de değişebilmektedir. Müşterideki cihazlara uygulama kararı verilince, proje yöneticisi aktörü ile müşteriye değişiklik bilgisi verilir ve ürünler retrofit amacı ile geri çağrılır. Müşterinin ürünleri iade etmesi ile üretim sistemi aktörünün görevi yeniden başlar. Yapılan değişikliğin uygulanması sağlanır. Kalite kontrol aktörü tarafından ürünlerin kontrolleri yapılır ve gereksinimleri karşılayıp, karşılayamadıkları tekrar test edilir. Ürünler başarılı ise müşteriye iadeleri gerçekleştirilir. Ürünlerde hatalar gözlemlenir veya değişiklik başarılı olmaz ise ürünler gereksinimleri karşılayana kadar üretim sistemi aktörü ve kalite kontrol aktörü arasında akış sağlar.

İş akışlarının, sınıfların ve kullanım durumlarının gösterildiği bu bölümde, ilgili firma için ÜYS’nin tasarımı tamamlanmıştır.



Şekil 3.7. Satış Sonrası Retrofit Ardışık Diyagramı Devamı

4. ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİ ENTEGRASYONU

Tasarlanan ÜYS'nin çalışmasının doğrulanması için üretim hattının belli bir bölgesinin dijital ikizi oluşturulmuştur. Dijital ikiz ile uzun dönemde hat yoğunlukları, dar boğazlar, boş istasyonlar çalışılabileceği gibi, ÜYS'den alınan anlık durum bilgileri kullanılarak sisteme yeni bir iş yüklenmesi sonucunda gelecekteki durumu da çalışılabilmektedir. Sistemin anlık durumu bir değer akış haritalaması ile gösterilmiştir.

Çalışma ile uzun dönemde sistemin performansı incelenmiştir. Ayrıca, anlık durum bilgileri kullanılarak satışı gerçekleşen ilave bir ürünün hatta üretilmek üzere iş emri verildiğinde hangi istasyonların etkileneceğine bakılmıştır. İlave olarak yeni siparişin üretim hattından ne zaman çıkacağı tahmini de yapılmıştır. İş akışlarının modellenmesi için Arena programı kullanılmıştır.

4.1. Uzun Dönem Sistem Performansı

Çalışmada kurgulanan ÜYS'nin bir örneğinin gösterilmesi için ilgili firmanın gerçek üretim verileri kullanılmıştır.

4.1.1. Uzun Dönem Sistem Girdileri

Bu senaryoda; aylık üretim planlarında yer alan beş farklı ürünün iş akışları kullanılmıştır. İş akışlarında ürünlerin hangi operasyonlardan geçtikleri, hangi istasyonda üretildikleri belirtilmiştir. Cihazların üretim mühendisleriyle görüşülerek; üretim operasyonları, testleri ve kabulleri için gereken işçilikler öğrenilmiştir. Daha önce üretim süreleri için zaman etüdü veya bir istatistiksel çalışma yapılmadığından üretim operasyonlarının süreleri, ilgili mühendislerin tecrübelerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Bu yüzden de üretim süreleri için genel olarak, operasyonun biteceği minimum, maksimum ve beklenen süreler belirtilmiştir.

Uzun dönem sistem modellemesi ile aşağıdaki sorulara cevap bulunması planlanmıştır.

- Hangi üretim adımında kuyruklar oluşmakta, beklemler yaşanmaktadır?

- Dar boğaz olan istasyonlar nerelerdir?
- Kapasite değişikliği yapılması gereken istasyonlar nerelerdir?
- Boş bekleyen, gereksiz yatırım yapılmış istasyonlar nerelerdir?
- Ortak istasyonlarda bekleme süreleri, bekleyen ürün adetleri nelerdir?

Çalışmada kullanılan üretim hattı istasyonları Tablo 4.1’de verilmiştir. Farklı bir durum belirtilmediği sürece personelin günde 8 saat çalıştığı düşünülerek sistem tasarlanmıştır. Aksi durumlar, ilgili istasyon için “Fazla Mesai Bilgisi” sütununda verilmiştir.

Tablo 4.1. İş İstasyonları

İstasyon	Kısaltması	Kapasitesi	Fazla Mesai Bilgisi
Gece Görüş Hattı - 1	ist1	1 kişi - 1 vardiya	
Azot Basma Hattı	ist2	1 Kişi - 1 vardiya	Günlük 1 saat fazla mesai
Gece Görüş Hattı Karanlık Oda	ist3	1 Kişi - 1 vardiya	
Çevre koşulu (Isıl Çevrim) Testi	ist4	4 kişi - 3 vardiya	
Gece Görüş Hattı - 2	ist5	3 kişi - 1 vardiya	Günlük 1.5 saat fazla mesai
Gece Görüş Hattı - 3	ist6	1 kişi - 1 vardiya	
Modül Montaj Hattı	ist7	2 kişi - 1 vardiya	
Termal Montaj Hattı	ist8	1 kişi - 1 vardiya	
Kolimatör - ATS	ist9	3 adet -1 vardiya	Günlük 1 saat fazla mesai
Termal Montaj Hattı - 2	ist10	3 kişi - 1 vardiya	
Kabul Testi - Arazi	ist11	1 kişi - 1 vardiya	
Normalizasyon - ATS	ist12	1 kişi - 1 vardiya	Günlük 0.5 saat fazla mesai
Doruk Montaj	ist13	2 kişi - 2 vardiya	Günlük 0.5 saat fazla mesai
Doruk Gövde Tkm Montaj /Yapıştırma	ist14	3 kişi - 1 vardiya	
Yazılım yükleme / Normalizasyon	ist15	2 kişi - 1 vardiya	Günlük 1 saat fazla mesai
Kolimatör - Doruk	ist16	3 adet -1 vardiya	
Kabul Testi - Arazi / Doruk	ist17	1 kişi - 1 vardiya	
Denetim	İst18	1 kişi 1 vardiya	
Titreşim Testi	ist19	1 kişi 1 vardiya	Günlük 1 saat fazla mesai

Ürünlerin planlanan üretim adetleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Aylık Üretim Adeti

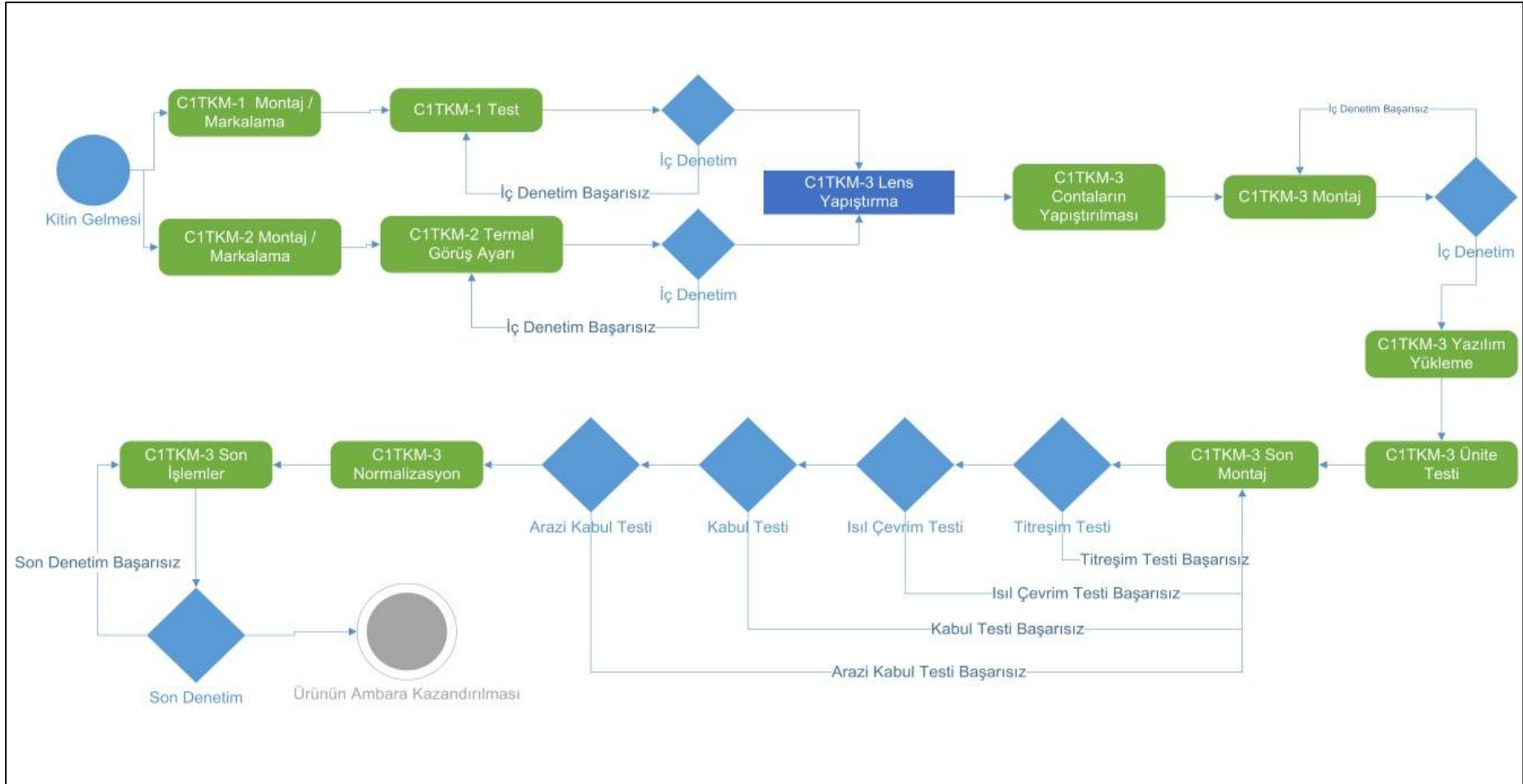
Ürün	Üretim Adeti
Cihaz 1	150 adet
Cihaz 2	48 adet
Cihaz 3	108 adet
Cihaz 4	96 adet
Cihaz 5	108 adet

Cihaz 1 olarak tanımlanan ürün, temel olarak 3 takımdan oluşmaktadır ve bu 3 takım oluşturulurken 7 farklı istasyonda 20 operasyondan geçmektedir. Tablo 4.3’de Cihaz 1’in üretilmesi için gereken operasyonlar, operasyonların gerçekleştirileceği istasyonlar ve işlem süreleri (minimum, maksimum ve beklenen değer) verilmiştir.

Tablo 4.3. Cihaz 1 Operasyon Bilgileri

Op. No.	Operasyon	Beklenen Min. Süre (Saat)	Beklenen Süre (Saat)	Beklenen max. Süre (Saat)	Operasyon İstasyonu
1	İlk Montaj	2,1	2,2	2,4	ist7
2	Test	0,9	1	1,1	İst7
3	Denetim (%95 Olasılıkla Başarılı)	-	0,15		ist18
4	Montaj	0,8	1,1	1,3	ist8
5	Termal Görüş Ayarı	2	2,55	2,7	ist9
6	Denetim(%98 Olasılıkla Başarılı)	-	0,1	-	ist18
7	Lens Yapıştırma	2	2,5	3	ist14
8	Sızdırmazlık Hazırlığı	0,3	0,4	0,6	ist10
9	Cihaz Montajı	3,1	3,4	3,6	ist10
10	Denetim (%98 Olasılıkla Başarılı)	-	0,1	-	ist18
11	Yazılım Yükleme	4	4,25	4,5	ist10
12	Ünite Testi Ayarı	4,1	4,8	5,3	ist9
13	Azot Basma / Sızdırmazlık (%99,6 Olasılıkla Başarılı)	1	1,2	1,5	ist2
14	Titreşim Testi (%99 Olasılıkla Başarılı)	2	2,55	2,7	ist19
15	Isıl Çevrim Testi (%99,5 Olasılıkla Başarılı)	17	19	21	ist4
16	Kabul Testi (%99,5 Olasılıkla Başarılı)	3,2	3,4	3,6	ist9
17	Kabul Testi / Arazi(%95 Olasılıkla Başarılı)	0,85	1	1,1	ist11
18	Normalizasyon	0,8	1,2	1,5	ist12
19	Son işlemler	0,6	0,85	1	ist10
20	Son Denetim (%99,7 Olasılıkla Başarılı)	-	0,4	-	ist18

Şekil 4.1’de operasyonları belirtilen Cihaz 1’in üretim iş akışı yer almaktadır.



Şekil 4.1. Cihaz 1 İş Akışları

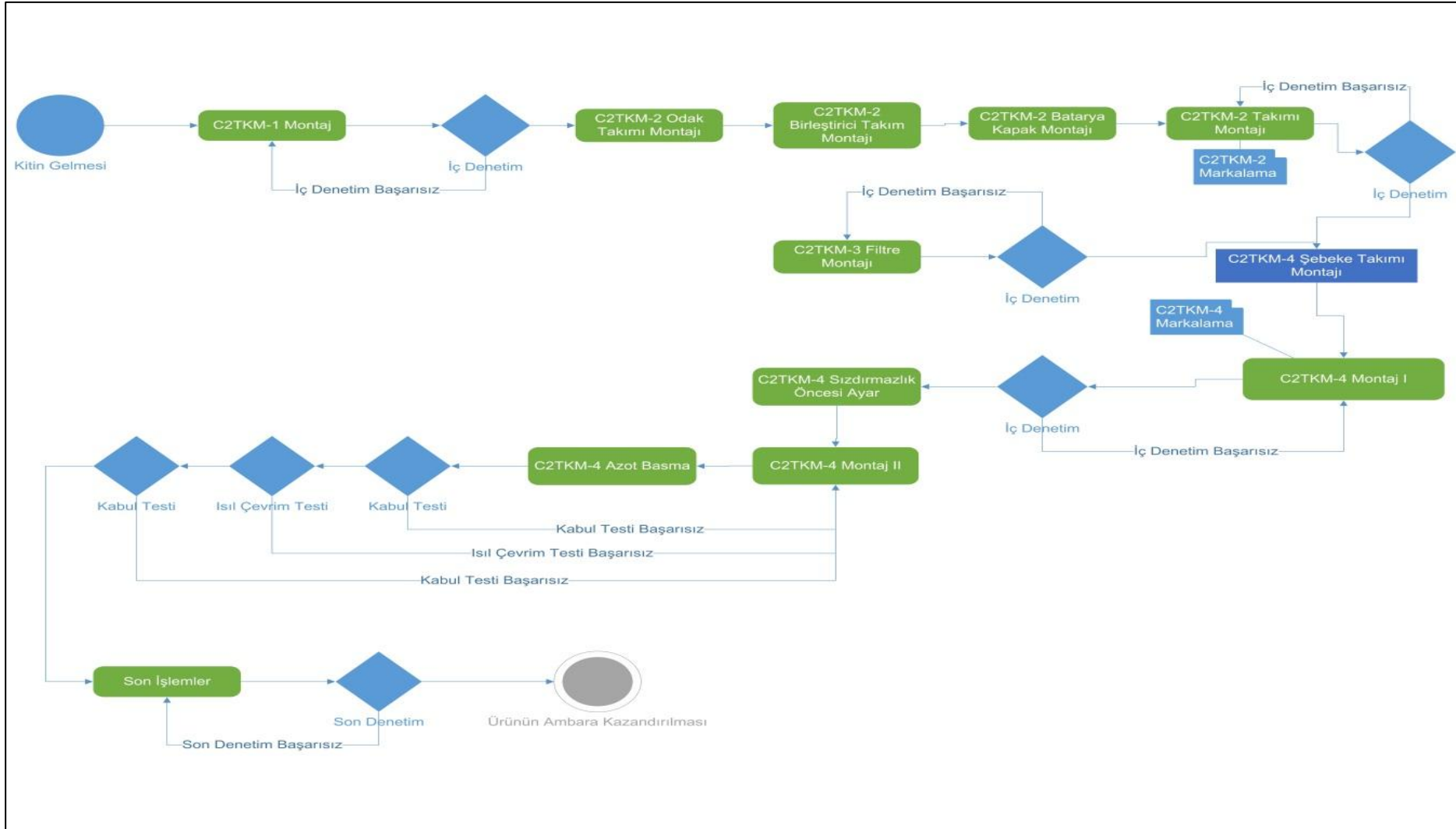
11 nolu operasyonda gerçekleştirilen yazılım yükleme işlemi beşli partiler halinde yapılmaktadır. 15 nolu operasyonda gerçekleştirilen ısı çevrim testi ise yedili partiler halinde yapılmaktadır. İşlemlerin içinde yer alan denetim adımları için sabit süreler alınmış olup, “Operasyon” sütununda yüzdelik olarak denetim sonuçlarının oranları da parantez içerisinde verilmiştir.

Cihaz 2 olarak tanımlanan ürün, temel olarak 4 takımdan oluşmaktadır. Ürünün nihai hale gelmesi için bahsedilen 4 takım, 4 farklı istasyonda 19 operasyondan geçmektedir. Tablo 4.4’de Cihaz 2’nin üretilmesi için gerekli bilgiler verilmiştir.

Tablo 4.4. Cihaz 2 Operasyon Bilgileri

Op. No.	Operasyon	Beklenen Min. Süre (Saat)	Beklenen Süre (Saat)	Beklenen max. Süre (Saat)	Operasyon İstasyonu
1	İlk Montaj	0,8	1,05	1,15	ist6
2	Denetim (%95 Olasılıkla Başarılı)	-	0,1		ist18
3	Odak Tkm Montaj	0,3	0,45	0,5	ist6
4	Birleştirici Tkm Montaj	0,3	0,5	0,6	ist6
5	Batarya Tkm Montaj	0,2	0,33	0,4	ist6
6	Montaj	1	2	2,2	ist6
7	Denetim (%96 Olasılıkla Başarılı)	-	0,11		ist18
8	Filtre Montajı	0,15	0,25	0,4	ist6
9	Denetim (%96 Olasılıkla Başarılı)	-	0,15		ist18
10	Montaj	2	3	3,2	ist6
11	Denetim (%98 Olasılıkla Başarılı)	-	0,1		ist18
12	Sızdırmazlık Öncesi Ayar	2,4	3	3,6	ist6
13	Montaj	0,11	0,15	0,2	ist6
14	Azot Basma	0,4	0,5	106	ist2
15	Kabul Testi (%98 Olasılıkla Başarılı)	1	1,66	2	ist3
16	Isıl Çevrim Testi (%99,5 Olasılıkla Başarılı)	8	9	10	ist4
17	Kabul Testi (%98 Olasılıkla Başarılı)	1	1,66	2	ist3
18	Son işlemler	0,6	0,85	1	ist6
19	Son Denetim (%99,8 Olasılıkla Başarılı)		0,4	-	ist18

16 nolu operasyonda üretilen cihazlar parti olarak işleme devam etmektedir. 8 adet cihaz hazır olunca ısıtım çevrim testlerine girer. Bu sırada diğerk cihazlar 8 adetlik bir parti daha oluşturmak için bekler. Her parti oluşumunda cihazlar ısıtım çevrim testlerine alınır. Isıtım çevrim işleminden sonra cihazlar tekrar kabul testlerine girer. Şekil 4.2'de Cihaz 2'nin operasyonlarını ve takımların üretilme sıralarını veren detaylı iş akışı sunulmuştur.



Şekil 4.2. Cihaz 2 İş Akışları

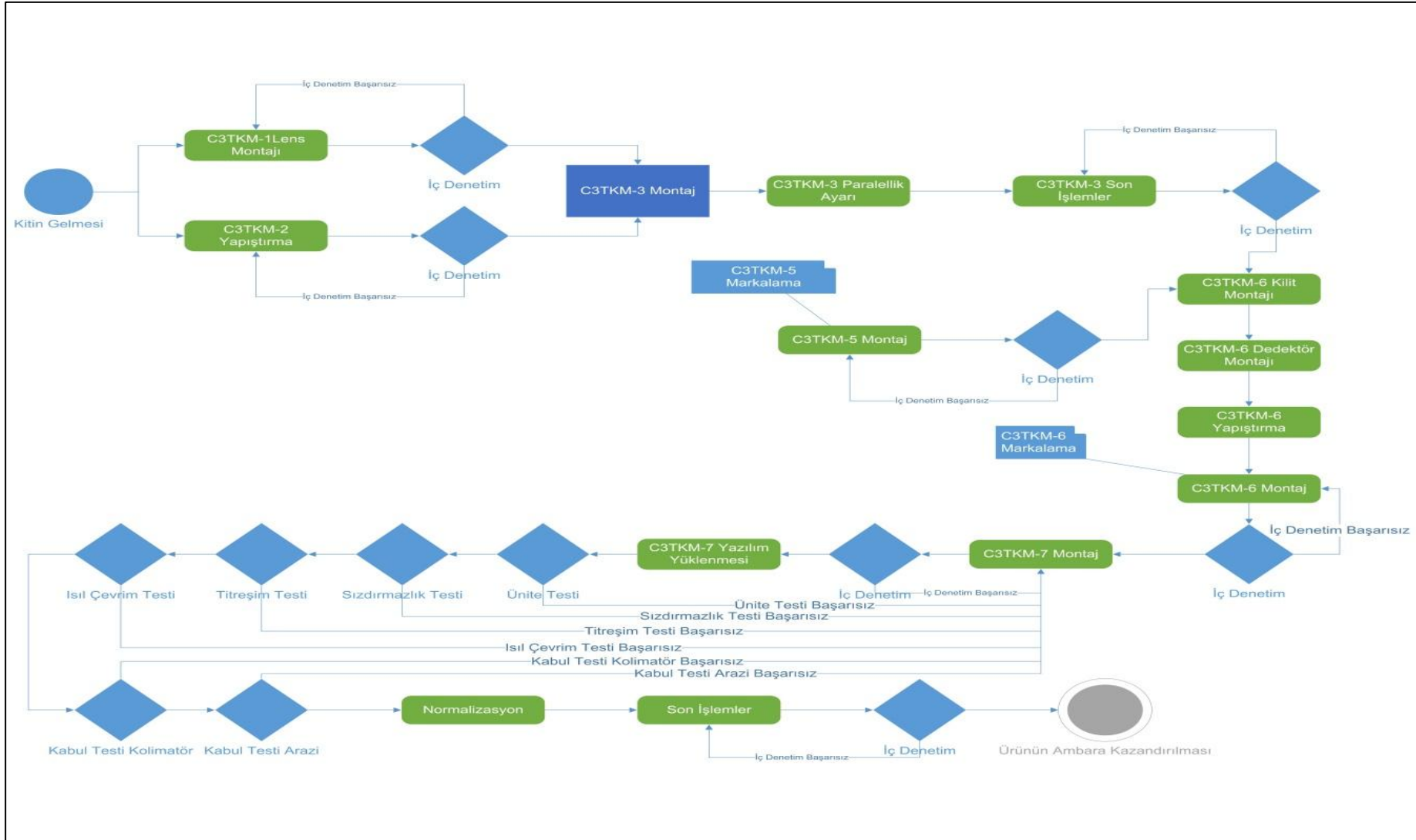
Cihaz 3 olarak tanımlanan ürün, temel olarak 6 takımdan oluşmaktadır. 10 farklı istasyonda üretilen bu cihaz, 25 operasyondan geçerek son halini almaktadır. Tablo 4.5’de Cihaz 3’ün üretilmesi için gereken bilgiler verilmiştir.

Tablo 4.5. Cihaz 3 Operasyon Bilgileri

Op. No.	Operasyon	Beklenen Min. Süre (Saat)	Beklenen Süre (Saat)	Beklenen max. Süre (Saat)	Operasyon İstasyonu
1	Lens Montajı	0,4	0,5	0,6	ist5
2	Denetim (%96 Olasılıkla Başarılı)	-	0,1		ist18
3	Lens Yapıştırma	0,2	0,4	0,5	ist5
4	Denetim (%96 Olasılıkla Başarılı)	-	0,1		ist18
5	Montaj	2	2,4	3	ist13
6	Paralellik Ayarı	0,5	1	1,2	ist13
7	Son İşlemler	0,5	1	1,2	ist13
8	Denetim (%96 Olasılıkla Başarılı)	-	0,15		ist18
9	Montaj	0,8	1	1,3	ist14
10	Denetim (%96 Olasılıkla Başarılı)	-	0,15		ist18
11	Kilit Tkm Montajı	0,2	0,25	0,3	ist14
12	Dedektör Tkm Montajı	0,5	0,8	1	ist14
13	Yapıştırma	1	1,5	2	ist14
14	Montaj	4	4,15	4,5	ist14
15	Denetim (%96 Olasılıkla Başarılı)	-	0,15		ist18
16	Montaj	2	2,5	3	ist13
17	Denetim (%96 Olasılıkla Başarılı)	-	0,15		ist18
18	Yazılım Yükleme	-	1,5	-	ist15
19	Ünite Testi ayarı	5,7	6	6,2	ist16
20	Azot Basma (%99,8 Olasılıkla Başarılı)	0,4	0,5	0,6	ist2
21	Titreşim Testi (%99,5 Olasılıkla Başarılı)	0,8	1	1,2	ist19
22	Isıl Çevrim Testi(%99,6 Olasılıkla Başarılı)	18	20	21	ist4
23	Kabul Testi (%99,6 Olasılıkla Başarılı)	3	4	4,5	ist16
24	Kabul Testi / Arazi(%99,8 Olasılıkla Başarılı)	2	2,5	3	ist17
25	Normalizasyon	2	2,5	3	ist15
26	Son işlemler	0,4	0,6	0,8	ist13

27	Son Denetim (%99,8 Olasılıkla Başarılı)		0,2	-	ist18
----	---	--	-----	---	-------

22 numaralı operasyonda verilen ısıl çevrim testine cihazlar üçerli partiler halinde girmektedir. Şekil 4.3'de Cihaz 3'ün operasyonları ve takımların üretilme sıralarını veren detaylı iş akışı sunulmuştur.



Şekil 4.3. Cihaz 3 İş Akışları

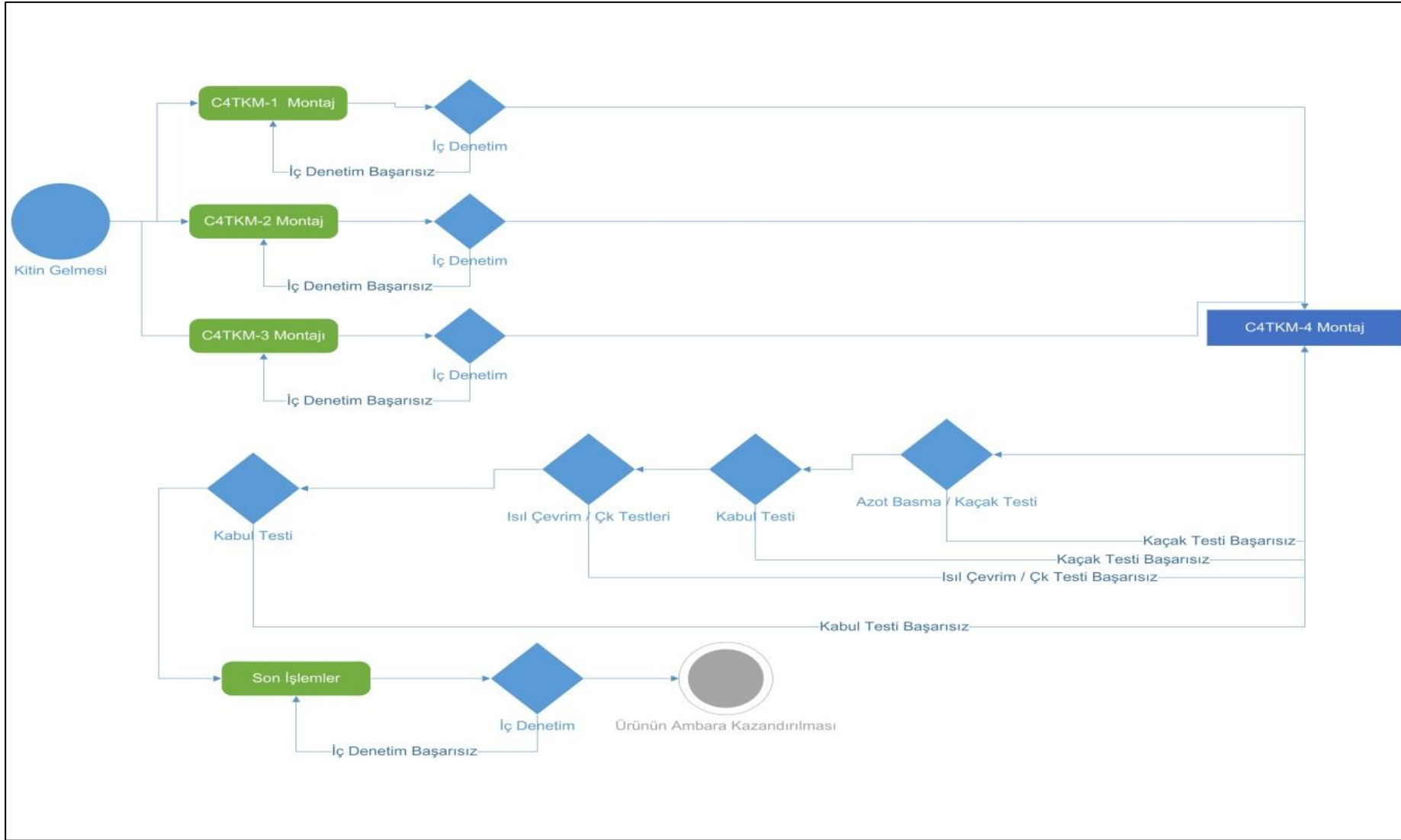
Cihaz 4 olarak tanımlanan ürün, temel olarak 4 takım olarak, 4 farklı istasyonda 13 operasyondan geçerek son halini almaktadır. Tablo 4.6'da Cihaz 4'ün üretilmesi için gereken bilgiler verilmiştir.

Tablo 4.6. Cihaz 4 Operasyon Bilgileri

Op . No.	Operasyon	Beklenen Min. Süre (Saat)	Beklenen Süre (Saat)	Beklenen max. Süre (Saat)	Operasyon İstasyonu
1	Optik Tkm Montajı	1,5	2	2,2	ist5
2	Denetim (%95 Olasılıkla Başarılı)	-	0,15	-	İst18
3	Köprü Tkm Montajı	0,8	1	1,15	ist5
4	Denetim(%95 Olasılıkla Başarılı)	-	0,3	-	ist18
5	Batarya Kapak Tkm Montajı	0,5	0,75	0,9	ist5
6	Denetim (%98 Olasılıkla Başarılı)	-	0,15	-	ist18
7	Son Montaj	2,2	2,5	3	ist5
8	Azot Basma/Sızdırmazlık Kontrolü (%99,5 Olasılıkla Başarılı)	0,40	0,50	0,60	ist2
9	Kabul Testi(%99,5 Olasılıkla Başarılı)	1,5	2,5	2,8	ist3
10	Çevre Koşulları Testi (%98 Olasılıkla Başarılı)	6,5	6,6	6,7	ist4
11	Kabul Testi – II (%99,8 Olasılıkla Başarılı)	1	1,6	2	ist3
12	Son İşlemler	0,4	0,5	0,7	ist5
13	Son Denetim (%99 Olasılıkla Başarılı)	-	0,4	-	ist18

10 nolu operasyonda üretilen cihazlar parti olarak işleme devam etmektedir. 8 adet cihaz hazır olunca ısıl çevrim testlerine girer. Bu sırada diğer cihazlar 8 adetlik bir parti daha oluşturmak için bekler. Her parti oluşumunda cihazlar ısıl çevrim testlerine alınır. Isıl çevrim işleminden sonra cihazlar tekrar kabul testlerine girer.

Şekil 4.4'de Cihaz 4'ün operasyonlarını ve takımların üretilme sıralarını veren detaylı iş akışı sunulmuştur.



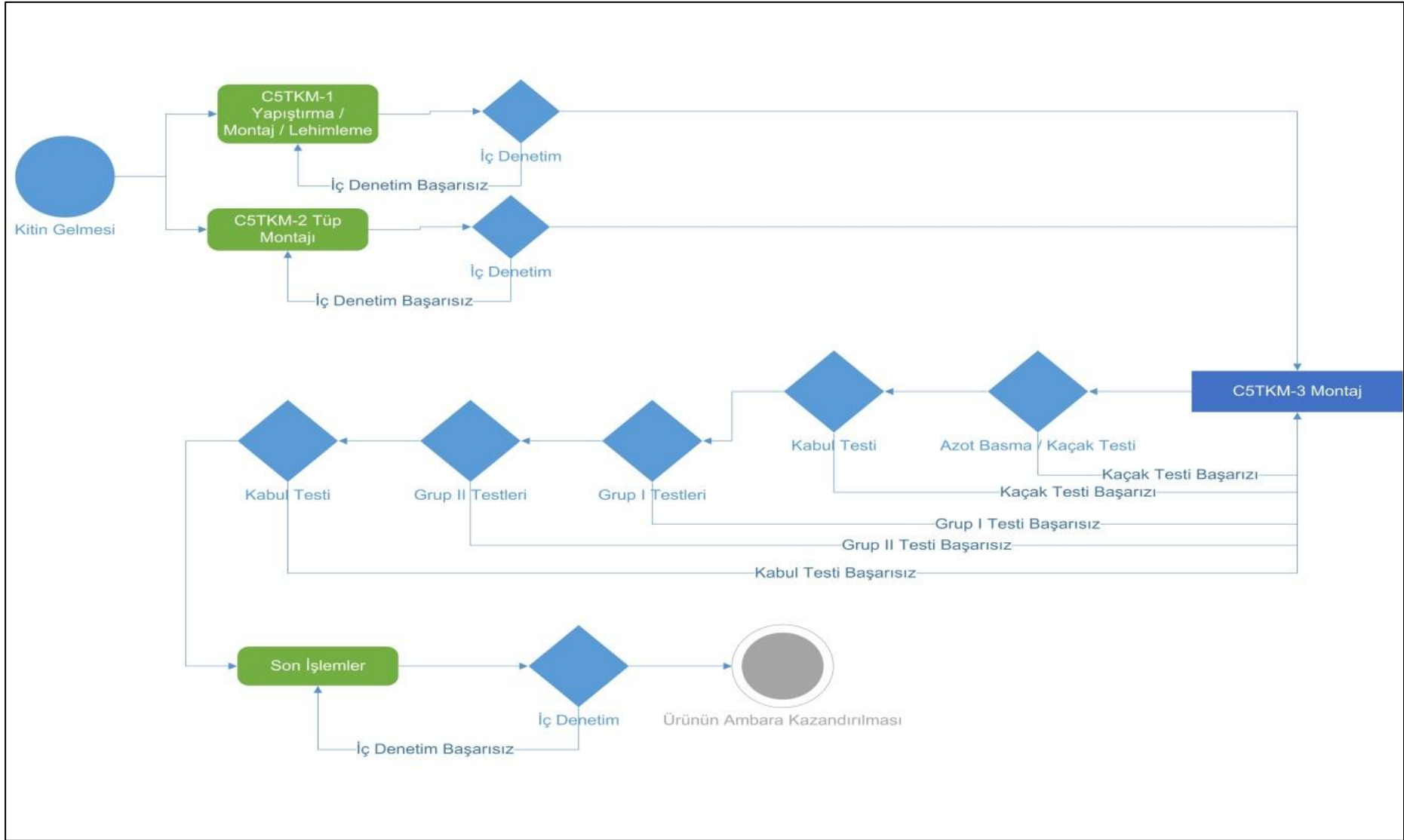
Şekil 4.4. Cihaz 4 İş Akışlar

Cihaz 5 olarak tanımlanan ürün, temel olarak 3 takımdan oluşmaktadır ve bu 3 takım oluşturulurken 5 istasyonda 12 operasyondan geçmektedir. Tablo 4.7’de Cihaz 5’in üretilmesi için gereken operasyonlar, operasyonların istasyonları ve işlem süreleri (minimum, maksimum ve beklenen değer olarak) verilmiştir.

Tablo 4.7. Cihaz 5 Operasyon Bilgileri

Op. No.	Operasyon	Beklenen Min. Süre (Saat)	Beklenen Süre (Saat)	Beklenen max. Süre (Saat)	Operasyon İstasyonu
1	İlk Montaj	1,8	2,25	2,70	ist1
2	Denetim (%95 Olasılıkla Başarılı)	-	0,11	-	ist18
3	Tüp Montajı	0,20	0,40	0,70	ist1
4	Denetim (%96 Olasılıkla Başarılı)	-	0,15	-	ist18
5	Montaj	1,50	1,72	2,00	ist1
6	Denetim (%95 Olasılıkla Başarılı)	-	0,15	-	ist18
7	Azot Basma/Sızdırmazlık Kontrolü (%99,5 Olasılıkla Başarılı)	0,40	0,50	0,60	ist2
8	Kabul Testi (%99,5 Olasılıkla Başarılı)	0,50	1,00	2,00	ist3
9	Çevre Koşulları Testi (%99,8 Olasılıkla Başarılı)	7,7	7,80	8	ist4
10	Kabul Testi – II (%99,5 Olasılıkla Başarılı)	0,3	0,5	1	ist3
11	Son İşlemler	0,03	0,05	0,1	ist1
12	Son Denetim (%99 Olasılıkla Başarılı)		0,3		İst18

9 nolu operasyonda üretilen cihazlar parti olarak işleme devam etmektedir. 9 adet cihaz hazır olunca ısıtma çevrim testlerine girer. Bu sırada diğer cihazlar 9 adetlik bir parti daha oluşturmak için bekler. Her parti oluşumunda cihazlar ısıtma çevrim testlerine alınır. Isıtma çevrim işleminden sonra cihazlar tekrar kabul testlerine girer. Şekil 4.5’de Cihaz 5’in operasyon adımları, alt takımları ve bu takımların birbirleri ile olan ilişkileri gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Cihaz 5 İş Akışları

4.1.2. Uzun Dönem Sistem Çıktıları ve Sonuçları

Sistem Arena simülasyon programı ile modellenmiş ve çalışılmıştır. Isınma periyodu kullanılarak istatistik kayıtları 13 aylık çalışma periyodunun 7. ayından sonraki 6 aylık dönem için tutulmuştur. Bununla birlikte sistem 30 tekrarlı şekilde çalıştırılmıştır.

Çalışmanın sonucuna göre belirtilen istasyonlardaki kapasite kullanımları Tablo 4.8'de verilmiştir. Tabloyu incelediğimizde ist3 %95,67'lik bir oranda kapasitesini kullanırken, ist5'in %33 gibi bir yoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu çıktı sayesinde verinin alındığı 6 aylık dönem için ist5, ist8, ist10, ist11, ist12, ist13, ist15 ve ist17 için doluluk oranı %20-%40 arasında iken diğer istasyonların %55-%95 arasında kapasite kullanımları vardır. Sonuç olarak hangi istasyonda ne kadar boş bekleyen iş gücümüzün olduğu belirlenebilmektedir. Hat dengelemesi için iş gücü kaydırılarak kullanılabilir veya yoğunluk yaşanan ist3, ist4 gibi noktalara ilave personel tedarik edilebilir.

Tablo 4.8. İstasyon Ortalama Kapasite Kullanımı

İstasyon	Ortalama Kapasite Kullanımı	Minimum Kapasite Kullanımı Ortalaması	Maximum Kapasite Kullanımı Ortalaması
ist1	71,05%	70,05%	71,70%
ist2	71,38%	71,07%	71,73%
ist3	95,67%	94,38%	96,29%
ist4	86,64%	86,19%	87,00%
ist5	33,36%	33,11%	33,70%
ist6	75,46%	74,72%	76,52%
ist7	35,45%	35,05%	35,84%
ist8	22,68%	22,46%	22,88%
ist9	74,32%	73,89%	74,85%
ist10	38,81%	38,54%	39,19%
ist11	21,58%	21,26%	21,90%
ist12	24,27%	23,94%	24,49%
ist13	25,91%	25,71%	26,17%
ist14	57,27%	56,93%	57,84%
ist15	34,50%	34,30%	34,67%
ist16	74,40%	73,90%	74,89%
ist17	37,58%	37,34%	37,83%
ist18	62,32%	62,06%	62,55%
ist19	66,30%	66,01%	67,19%

Boş bekleyen veya çok dolu olan istasyonların biraz daha detaylı incelenmesiyle, kaç personellik aktif iş olduğu, ne kadar personelin boş beklediği ve hangilerinin çok yoğun olduğunu Tablo 4.9’de görülmektedir.

Tablo 4.9. Ortalama Personel Kullanım Yoğunluğu

	Ortalama Personel Kullanımı	Minimum Personel Kullanımı Ortalaması	Maximum Personel Kullanımı Ortalaması	Minimum Personel Kullanımı	Maximum Personel Kullanımı
ist1	0,71	0,70	0,72	0,00	1,00
ist2	0,36	0,36	0,37	0,00	1,00
ist3	0,96	0,94	0,96	0,00	1,00
ist4	3,47	3,45	3,48	0,00	4,00
ist5	1,00	0,99	1,01	0,00	3,00
ist6	0,75	0,75	0,77	0,00	1,00
ist7	0,71	0,70	0,72	0,00	2,00
ist8	0,23	0,22	0,23	0,00	1,00
ist9	2,23	2,22	2,25	0,00	3,00
ist10	1,16	1,16	1,18	0,00	3,00
ist11	0,22	0,21	0,22	0,00	1,00
ist12	0,24	0,24	0,24	0,00	1,00
ist13	1,04	1,03	1,05	0,00	4,00
ist14	1,72	1,71	1,74	0,00	3,00
ist15	0,69	0,69	0,69	0,00	2,00
ist16	1,49	1,48	1,50	0,00	2,00
ist17	0,38	0,37	0,38	0,00	1,00
ist18	0,62	0,62	0,63	0,00	1,00
ist19	0,66	0,66	0,67	0,00	1,00

İst5’i biraz daha detaylı incelendiğinde, üç kişilik fazla mesaili bir kapasite kullanılmasına rağmen ortalama iş yoğunluğu dikkate alındığında bir personelle bu istasyona gelebilecek işlerin yapılabileceği görülmektedir. İşin dengesiz gelmesinden ötürü mevcut olan üç personelin de aktif olarak çalıştığı veya hiçbirinin çalışmayıp boş beklediği anlar olduğu “Minimum Personel Kullanımı” ve “Maksimum Personel Kullanımı” sütunlarından anlaşılmaktadır.

6 aylık istatistik tutma döneminde üretilen cihazların ortalama adetleri Tablo 4.10’da verilmiştir. Bu adetler, üretimi planlanan adetlerin, kurgulanan yapı ve

kapasitelerle elde edilebileceğini göstermiştir. Dar boğaz yaşanan istasyonlar üretim adetlerinin azalmasına sebep olmamıştır.

Tablo 4.10. Üretilen Cihaz Adetleri

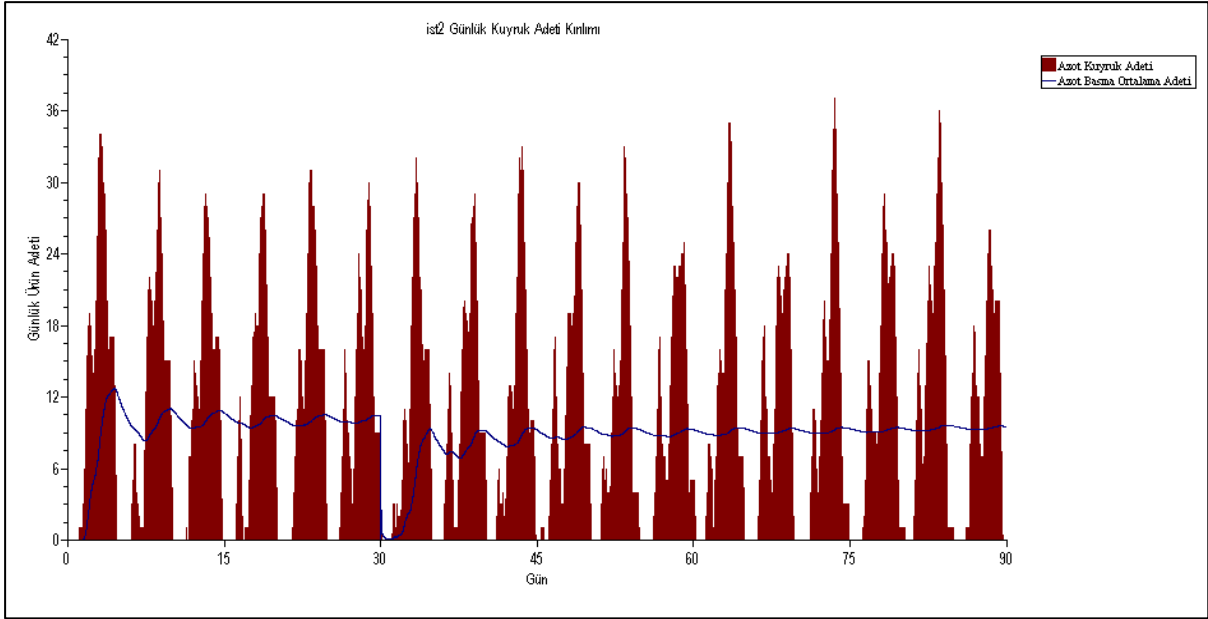
	Ortalama Üretim	Minimum Ortalama Üretim	Maximum Ortalama Üretim
Cihaz 1 Adeti	900,00	895,00	909,00
Cihaz 2 Adeti	287,60	286,00	291,00
Cihaz 3 Adeti	647,87	644,00	650,00
Cihaz 4 Adeti	540,97	535,00	549,00
Cihaz 5 Adeti	652,17	642,00	661,00

Tablo 4.11 ve Tablo 4.12 de yer alan raporlara göre Cihaz 1'in üretimi için gereken operasyonlarda ve istasyonlarda, sıra bekleyen ürün adetleri ve sıra beklemede geçirdikleri süreler verilmiştir. Ek-1 ve Ek-2'de ise diğer cihazlar için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Bu tablolarda Cihaz 1'in üretimi için gerekli operasyonlar devam ederken, hangi istasyonda ortalama kaç adet ürün kuyruğu olduğu, maksimum ve minimum değerler, bu bekleme sürelerinin ortalama ne kadar sürdüğü, maksimum ve minimum kuyruk bekleme sürelerinin ne olduğunda verilmiştir.

Kuyruk sıraları, bekleme süreleri ve personel kapasite raporlarını bir araya getirerek hangi istasyonda ne gibi bir değişiklik yapılması gerektiğine karar verilebilir. ist10'u göz önünde bulundurduğumuzda, bu operasyonda Cihaz 1 için 4 farklı işlem yapılmaktadır. Bu istasyonda üretilen takımlar 10 saat kadar kuyruksa beklerken ortalama olarak 2 cihaz bu kuyruklarda bekler. Ancak bu istasyon kapasitesinin %38,81'ini kullanır. Bu istasyon için ürünlerin biraz daha bekleme süreleri göze alınır, kullanım yoğunluğunu artıracak önlemler alınabilir. İstasyon bazında bekleme süreleri Ek-3'te, bekleme adetleri ise Ek-4'te verilmiştir.

Analizler derinleştirildiğinde, günlük gelişim raporları da dikkate alınabilir. Bu sayede genel çözümlerin yanı sıra, anlık sorunlara da çözüm bulunabilmektedir.

Ortalama 9,89 adetlik cihaz kuyruğunun olduğu ist2'nin anlık durumu Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. İst2 Günlük Kuyruk Adeti Kırılımı

Bu grafik ile ortalama sonuçtan ziyade, üretime gelen partilerden dolayı ilgili istasyonda belirli dönemlerde 40 ve üzeri adetlerde kuyrukların oluştuğu, belirli dönemlerde ise istasyonun boş olarak beklediği görülmektedir. İlgili iş istasyonundaki kapasite boş olduğunda başka bir yerde kullanılabilir veya diğer hatlar dengelenerek bu istasyondaki iş yoğunluğunun daha sabit olması sağlanabilir.

Uzun vadeli sonuçlar ve anlık durum raporları ile hat dengelemesi, kapasite aktarımları, iş ve istasyon yoğunlukları gibi veriler elde edilmiştir.

Tablo 4.11. İstasyon Bazlı Bekleme Süreleri

Cihaz no	istasyon no	İşlem	Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Minimum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Maximum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Görülen Minimum Süre Value	Görülen Maksimum Süre	Açıklama
Cihaz 1	ist 10	Cihaz 1 Cihaz Montaji.Queue	0,15	0,13	0,18	0,00	3,49	Cihaz 1 Yazılım Yükleme için parti oluşturmayı bekliyor
		Cihaz 1 Sızdırmazlık.Queue	0,41	0,35	0,50	0,00	8,23	
		Cihaz 1 Son İşlemler.Queue	0,08	0,06	0,11	0,00	6,85	
		Cihaz 1 Yazılım Yükleme.Queue	0,17	0,12	0,28	0,00	3,20	
		Yazılım Yükleme.Queue	9,61	6,43	11,91	0,00	93,92	
	ist 11	Cihaz 1 KabulTestiArazi.Queue	0,60	0,56	0,65	0,00	3,99	
	ist 12	Cihaz 1 Normalizasyon.Queue	0,22	0,19	0,24	0,00	1,94	
	ist 14	Cihaz 1 C1TKM3.Queue	3,06	2,93	3,18	0,00	43,97	Cihaz 1 alt 2 takımı olmak için beklediği parti
		Cihaz 1 Lens Yapıştırma.Queue	3,06	2,90	3,22	0,00	13,17	
	ist 18	Cihaz 1 Denetim.Queue	2,81	2,63	3,00	0,00	10,96	
		Cihaz 1 Son Denetim İşlemi.Queue	1,62	1,47	1,75	0,00	11,12	
		Cihaz 1 TKM1 Denetim.Queue	4,40	4,17	4,60	0,00	11,16	
		Cihaz 1 TKM2 Denetim.Queue	5,27	5,05	5,43	0,00	10,80	
	ist 19	Cihaz 1 Titresim Testi.Queue	9,77	9,18	10,60	0,00	30,62	
ist 4	Cihaz 1 CK.Queue	14,16	13,58	14,69	0,00	79,52	Isıl Çevrime girmeden önce parti olmayı bekliyor	
ist 7	Cihaz 1 TKM1 Test.Queue	0,77	0,75	0,78	0,00	2,33		
	İlk Montaj Cihaz 1.Queue	18,05	17,84	18,23	0,00	39,09		
ist 8	Cihaz 1 Montaj.Queue	12,65	12,40	12,81	0,00	27,34		
ist 9	Cihaz 1 KabulTesti.Queue	4,86	4,51	5,27	0,00	29,51		
	Cihaz 1 Termal Gorus Ayari.Queue	0,52	0,45	0,58	0,00	4,58		
	Cihaz 1 Unite Testi Ayari.Queue	4,64	3,98	5,28	0,00	24,84		
Ortak Operasyonlar	ist2	Azot Basma.Queue	13,90	13,34	14,41	0,00	37,87	
	ist4	CK Isilcevrım İşlemi.Queue	3,78	3,18	4,61	0,00	43,24	

Tablo 4.12. İstasyon Bazlı Bekleme Adetleri

Cihaz no	istasyon no	İşlem	Ortalama Bekleyen Adet	Bekleyenlerin Minimum Ortalama Adeti	Bekleyenlerin Maximum Ortalama Adeti	Bekleyen Minimum Adet	Bekleyen Maximum Adet	Açıklama
Cihaz 1	ist 10	Cihaz 1 Cihaz Montaji.Queue	0,03	0,03	0,04	0,00	2,00	Cihaz 1 Yazılım Yükleme için parti oluşturmayı bekliyor
		Cihaz 1 Sızdırmazlık.Queue	0,09	0,08	0,11	0,00	6,00	
		Cihaz 1 Son İşlemler.Queue	0,02	0,01	0,02	0,00	5,00	
		Cihaz 1 Yazılım Yükleme.Queue	0,01	0,00	0,01	0,00	1,00	
		Yazılım Yükleme.Queue	2,02	1,37	2,51	0,00	5,00	
	ist 11	Cihaz 1 KabulTestiArazi.Queue	0,13	0,12	0,14	0,00	4,00	
	ist 12	Cihaz 1 Normalizasyon.Queue	0,05	0,04	0,05	0,00	2,00	
	ist 14	Cihaz 1 C1TKM3.Queue	1,28	1,22	1,33	0,00	14,00	Cihaz 1 alt 2 takımı olmak için beklediği parti
		Cihaz 1 Lens Yapıştırma.Queue	0,64	0,60	0,67	0,00	10,00	
	ist 18	Cihaz 1 Denetim.Queue	0,60	0,57	0,65	0,00	7,00	
		Cihaz 1 Son Denetim İşlemi.Queue	0,34	0,31	0,36	0,00	7,00	
		Cihaz 1 TKM1 Denetim.Queue	0,96	0,91	1,01	0,00	8,00	
		Cihaz 1 TKM2 Denetim.Queue	1,12	1,07	1,16	0,00	10,00	
	ist 19	Cihaz 1 Titresim Testi.Queue	2,07	1,94	2,26	0,00	11,00	
ist 4	Cihaz 1 CK.Queue	2,97	2,85	3,06	0,00	7,00	Isıl Çevrime girmeden önce parti olmayı bekliyor	
ist 7	Cihaz 1 TKM1 Test.Queue	0,17	0,16	0,17	0,00	1,00		
	İlk Montaj Cihaz 1.Queue	3,96	3,89	4,00	0,00	23,00		
ist 8	Cihaz 1 Montaj.Queue	2,69	2,66	2,72	0,00	24,00		
ist 9	Cihaz 1 KabulTesti.Queue	1,02	0,94	1,10	0,00	11,00		
	Cihaz 1 Termal Gorus Ayari.Queue	0,11	0,10	0,12	0,00	4,00		
	Cihaz 1 Unite Testi Ayari.Queue	0,99	0,84	1,12	0,00	12,00		
Ortak Operasyonlar	ist2	Azot Basma.Queue	9,89	9,49	10,29	0,00	42,00	
	ist4	CK Isilcevrım İşlemi.Queue	0,50	0,42	0,61	0,00	5,00	

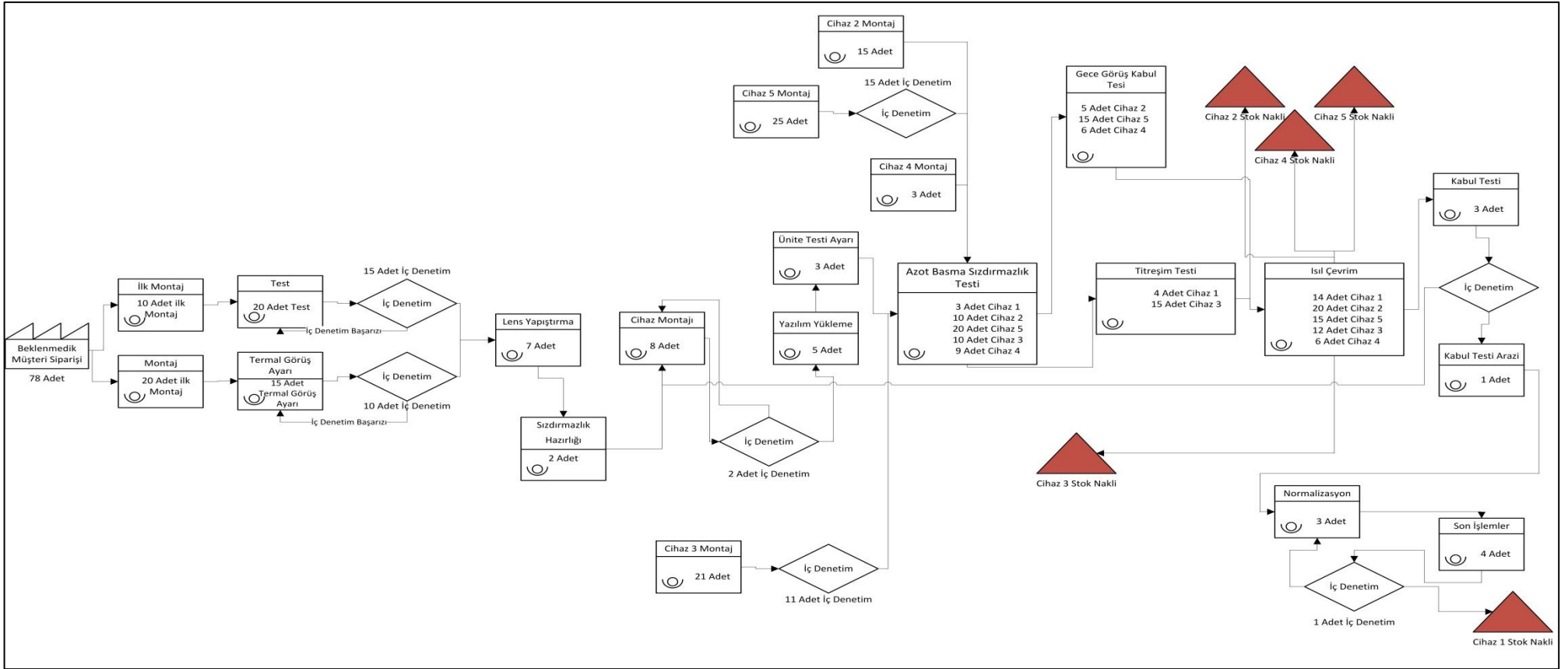
4.2. Plan Dışı Sipariş Performans Değerlendirmesi

Sistemin en önemli kullanımı üretim planında olmayan bir siparişin sisteme girmesi durumunda sistemin performansının dijital ikiz ile test edilebilmesidir. Yeni gelen plan dışı siparişin ne zaman üretiminin tamamlanacağı, hangi istasyonlarda ne kadar sıklıkla sebepleneceği görülebilecektir.

4.2.1. Plan Dışı Sipariş Durumu Girdileri

Bu uygulama ile karar vericilerin hattan canlı bilgi alması sağlanmıştır. Yapılacak bir üretim planı değişikliğinde hangi ürünlerin ve hangi istasyonların etkileneceği bilgisi de verilmiştir. Raporlar ile üretim sistemi için iyileştirmeler planlanabilecektir. Üretim hattının anlık DAH görüntüsü Şekil 4.7’de verilmiştir. Bu görüntünün ÜYS aracılığıyla elde edildiği varsayılmış ve ele alınan ürünlerden bir tanesine ilave bir sipariş geldiğindeki durum canlandırılmıştır.

Cihaz 1 ürününden 78 adet yeni sipariş geldiğinde sistemin ne durumda olacağı gösterilecektir. DAH ile iş adımları ve bir anda aynı adımlarda bulunan farklı cihazların kaç tanesinin işlem gördüğü gösterilmiştir. İlgili ürünler için operasyon süresi bilgileri Bölüm 4.1’de verilmiştir. Bu uygulamada aksi belirtilmedikçe ürünlerin denetimden kalmadıkları ve operasyonlardan başarılı şekilde çıktıkları varsayılmıştır.



Şekil 4.7. ÜYS'den Çekilen Anlık Hat Durumu

4.2.2. Plan Dışı Sipariş Durumu Çıktıları ve Sonuçları

Şekil 4.7'de mevcut durumda üretimlerin 22,9 günde tamamlanması öngörülmektedir. İlave 78 adetlik Cihaz 1 üretim talebi karşılandığında ise üretim hattındaki operasyonlar 31,6 gün sonra tamamlanmaktadır. İlave talep üretime 8,7 günlük ekstra iş yükü getirmektedir. Bunun yanında, eğer yeni gelen talebi karşılamak için ortak istasyonlarda bu talebe öncelik verilirse, 24,04 gün sonra bu talep üretilmektedir. Bu ekstra taleplerden dolayı Cihaz 1'in üretildiği istasyonlarda oluşan iş yükleri, kuyruklar ve bu kuyruklardaki bekleme süreleri belirlenmiştir. Tablo 4.13'te ilave talebin öncelik verilerek ve verilmeden üretimi ile oluşan kuyruk büyüklükleri ve bekleme süreleri istatistikleri verilmiştir.

İst2'ye talep geldiğinde, anlık durumda 52 cihaz kuyrukta iken ilave taleplerden dolayı bu istasyondaki bekleyen cihaz adetinin ortalaması 58,5 adeti bulmaktadır. İlave talebin üretimini hızlandırmak için öncelik verildiğinde, Cihaz 1'in ilgili işlemlerinden ötürü diğer cihazların bekleme süreleri ve toplamda bekleyen cihaz adetlerinde artış gözlenmiştir.

İst3'e baktığımızda ise bu istasyonda bekleyen ürünlerde dikkate alındığında bir iyileşme gözlenmiştir. Bunun sebebi, bu işlemten önceki azot basma ve ısı çevrim testlerindeki kuyruk süreleri/adetleri arttığı için bu istasyonda işlem gören cihazların geliş hızları azalmıştır. Bu da ist3'de iş dengesi kurmuş ve kuyruklarda azalma gözlemlenmiştir.

İst9 bu ürünün çoğunlukla üretildiği istasyondur. Burada ilave siparişe öncelik verildiğinde hali hazırda üretilen ürünlerin süreleri uzadığı için kuyrukta bekleme süreleri ve adetlerinde artış görülmüştür.

İst19 ise iki farklı cihazın işlem gördüğü istasyondur. Burada ilave siparişe öncelik verildiğinde süreler ve adetler, Cihaz 1 için azalırken Cihaz 3'ün kuyrukta bekleme süreleri ve adetleri artmaktadır. Bu durum Cihaz 3'ün teslimatlarında da gecikmelere sebep olmaktadır.

Tablo 4.13 İlave Talebin Kuyruk Sonuçları

İstasyon/ Operasyon		Kuyrukta Ortalama Bekleme Adetleri		Kuyrukta Ortalama Bekleme Süreleri (Saat)	
		Öncelik Verilmeden	Öncelikli Üretim	Öncelik Verilmeden	Öncelikli Üretim
ist 1	Cihaz 5 Montaj.Queue	1,42	1,40	37,89	37,65
ist 2	Azot Basma.Queue	58,50	60,71	136,49	144,04
ist 3	Kabul Testi Cihaz 2.Queue	6,64	3,59	91,63	50,39
	Kabul Testi Cihaz 4.Queue	5,10	2,40	101,05	48,23
	Kabul Testi Cihaz 5.Queue	8,96	2,65	90,41	27,24
ist 4	CK Isilcevrım Islemi.Queue	62,81	111,28	118,63	214,00
ist 5	Cihaz 4 Montaj.Queue	0,18	0,18	9,09	9,07
ist 6	Cihaz 2 TKM4 Montaj.Queue	0,14	0,14	3,74	3,72
ist 7	Cihaz 1 TKM1 Test.Queue	0,19	0,18	1,82	1,81
	İlk Montaj Cihaz 1.Queue	8,44	8,34	96,31	96,48
ist 8	Cihaz 1 Montaj.Queue	5,75	5,60	62,74	62,39
ist 9	Cihaz 1 KabulTesti.Queue	2,39	10,05	13,92	59,67
	Cihaz 1 Termal Gorus Ayari.Queue	0,26	0,26	2,53	2,54
	Cihaz 1 Unite Testi Ayari.Queue	10,52	16,13	68,40	106,69
ist 10	Cihaz 1 Cihaz Montaji.Queue	0,32	0,31	2,16	2,15
	Cihaz 1 Sızdırmazlık.Queue	21,79	21,33	160,19	160,25
	Cihaz 1 Son İşlemler.Queue	4,76	10,67	26,85	61,34
	Cihaz 1 Yazılım Yükleme.Queue	0,31	0,34	2,06	2,28
ist 11	Cihaz 1 KabulTestiArazi.Queue	0,02	0,02	0,10	0,13
ist 12	Cihaz 1 Normalizasyon.Queue	0,01	0,02	0,08	0,11
ist 14	Cihaz 1 C1TKM3.Queue	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cihaz 1 Lens Yapıstırma.Queue	0,77	0,60	6,23	4,95
	Cihaz 3 TKM6 Montaj2.Queue	0,29	0,28	9,70	9,68
	Match 1.Queue1	2,69	2,73	23,94	24,74
	Match 1.Queue2	0,09	0,22	0,80	1,95
ist 18	Cihaz 1 Denetim.Queue	0,08	0,05	0,56	0,35
	Cihaz 1 Son Denetim İşlemi.Queue	0,00	0,01	0,01	0,04
	Cihaz 1 TKM1 Denetim.Queue	0,28	0,30	2,37	2,57
	Cihaz 1 TKM2 Denetim.Queue	0,25	0,40	2,22	3,59
	Cihaz 3 TKM6 Denetim2.Queue	0,38	0,26	7,68	5,34
	Cihaz 5 TKM3 Denetim.Queue	0,15	0,11	3,13	2,20
ist 19	Cihaz 1 Titresim Testi.Queue	16,54	9,50	103,37	60,38
	Cihaz 3 Titresim Testi.Queue	1,59	5,05	15,97	51,61

SONUÇLAR VE GELECEK ARAŞTIRMA YÖNÜ

Çalışmada birleşik modelleme dili kullanılarak bir firma için ÜYS tasarlanmıştır. Modüler yapıdaki tasarımdan dolayı eksik olan veya eklenmek istenen bir bileşen olduğunda, sistemin değişikliğe cevap verebilmesi sağlanmıştır. ÜYS, firmanın iş akışları, işleyişi ve kültürü göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Sistem üretim hattından ve tasarım süreçlerinden anlık olarak veri girişine olanak sağladığı ve güncel durumu gösterebildiği için karar vericilerin işini kolaylaştırmaktadır.

Tasarlanan sistemin, dijital ikizi bilgisayar ortamında modellenmiştir. Sistemdeki değişiklikler daha az kaynak ve masraf ile dijital ortamda test edilebilmektedir. Bu sayede, farklı anlık durumlarda operasyonlardaki değişikliklerle firmanın kazanımlarının veya kayıplarının neler olacağına dair çalışmalar yapılabilir. Ön görülmemiş veya plana alınmamış siparişlerin üretim hattına ilave olarak alınması durumunda, hangi istasyonlarda gecikmelerin olacağı, dar boğazların yaşanacağı ve hangi ürünlerin teslimatında sarkmalar olacağını ön görülmesi sağlanmıştır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarla, çalışılan beş ürünün dışındaki tüm ürünleri de kapsayacak şekilde çalışmanın genişletilmesi planlanmaktadır. Fiziki olarak hayata geçirilen ÜYS ile veri akışındaki doğruluk artacağı için sistemden alınan büyük veri işlenebilir hale gelecektir. Böylelikle yapay zeka uygulamaları değerlendirilebilecektir. Hattın anlık durum raporlarından, oluşan hatalardan veya yeni sipariş girişlerinden yola çıkarak hat kapasiteleri, muhtemel hata tahminleri, ürün teslim tahminleri gibi ileriye yönelik değerlendirmelerde bulunacak bir sistem tasarlanabilecektir. Böylelikle firma içinde bulunduğu durumu kontrol edebilmenin yanı sıra, gelecekteki hatalarını da minimize edecek önlemler ve düzeltici aksiyonlar alabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Nah, F.F.-H., J.L.-S. Lau, and J. Kuang, *Critical factors for successful implementation of enterprise systems*. Business process management journal, 2001. **7**(3): p. 285-296.
2. Chang, M.-K., et al., *Understanding ERP system adoption from the user's perspective*. 2008. **113**(2): p. 928-942.
3. Campbell, D., *Successful ERP Implementation Strategies*. Integrated Solutions. 2000, Corry Publishing Inc.
4. Teltumbde, A., *A framework for evaluating ERP projects*. International journal of production research, 2000. **38**(17): p. 4507-4520.
5. Saenz de Ugarte, B., et al., *Manufacturing execution system—a literature review*. 2009. **20**(6): p. 525-539.
6. Ozorhon, B. and E.J.J.o.M.i.E. Cinar, *Critical success factors of enterprise resource planning implementation in construction: Case of Turkey*. 2015. **31**(6).
7. Zhang, Z., et al., *A framework of ERP systems implementation success in China: An empirical study*. 2005. **98**(1): p. 56-80.
8. Tatari, O., D. Castro-Lacouture, and M.J. Skibniewski, *Performance evaluation of construction enterprise resource planning systems*. Journal of Management in Engineering, 2008. **24**(4): p. 198-206.
9. Arab-Mansour, I., P.-A. Millet, and V. Botta-Genoulaz, *A business repository enrichment process: A case study for manufacturing execution systems*. Computers in Industry, 2017. **89**: p. 13-22.
10. Zhong, R.Y., et al., *RFID-enabled real-time manufacturing execution system for mass-customization production*. 2013. **29**(2): p. 283-292.
11. Huang, G.Q., et al., *RFID-enabled real-time wireless manufacturing for adaptive assembly planning and control*. 2008. **19**(6): p. 701-713.
12. Koch, C.J.C., *Why your integration efforts end up looking like this*. 2001. **15**(4): p. 98-98.
13. Qi, Q. and F.J.I.A. Tao, *Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0: 360 degree comparison*. 2018. **6**: p. 3585-3593.
14. Rosen, R., et al., *About the importance of autonomy and digital twins for the future of manufacturing*. 2015. **48**(3): p. 567-572.

15. Haag, S. and R.J.M.L. Anderl, *Digital twin–Proof of concept*. 2018. **15**: p. 64-66.
16. Negri, E., L. Fumagalli, and M.J.P.M. Macchi, *A review of the roles of digital twin in cps-based production systems*. 2017. **11**: p. 939-948.
17. Qi, Q., et al., *Digital twin service towards smart manufacturing*. 2018. **72**(1): p. 237-242.
18. Abrishambaf, R., M. Hashemipour, and M. Bal, *Structural modeling of industrial wireless sensor and actuator networks for reconfigurable mechatronic systems*. The international journal of advanced manufacturing technology, 2013. **64**(5-8): p. 793-811.
19. Sistemleri, U.B. *UML ve Modelleme – Bölüm 2 (Diyagramlar)*. 2009,10,12 [cited 2019 15.04.2019]; Available from: <http://univera-ng.blogspot.com/2009/10/uml-ve-modelleme-bolum-2-diyagramlar.html>.
20. Torre, D., et al., *A systematic identification of consistency rules for UML diagrams*. 2018. **144**: p. 121-142.
21. Samuel, P., et al., *Automatic test case generation from UML communication diagrams*. 2007. **49**(2): p. 158-171.
22. Bastos, R.M. and D.D.A. Ruiz. *Extending UML activity diagram for workflow modeling in production systems*. in *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. 2002. IEEE.
23. Booch, G., I. Jacobson, and J. Rumbaugh, *The unified modeling language reference manual*. 1999.
24. Septian, I., R.S. Alianto, and F.L. Gaol, *Automated Test Case Generation from UML Activity Diagram and Sequence Diagram using Depth First Search Algorithm*. Procedia computer science, 2017. **116**: p. 629-637.
25. Rother, M. and J. Shook, *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. 2003: Lean Enterprise Institute.
26. Tinoco, J.C., *Implementation of lean manufacturing*. 2004.
27. Lee, Q. and B. Snyder, *The strategos guide to value stream & process mapping*. 2017: Enna Products Corporation.
28. Doolen, T.L., R.D. Nagarajan, and M.E. Hacker. *Lean manufacturing: An electronics manufacturing perspective*. in *IIE Annual Conference. Proceedings*. 2002. Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
29. Hyer, N.L. and U.J.I.s. Wemmerlov, *The office that lean built: applying cellular thinking to administrative work*. 2002. **34**(10): p. 37-45.
30. Abbett, D., V. Payne, and V.J.A. Gulfstream, GA: Lean Enterprise Institute, *Value stream tour*. 1999.

31. Womack, J.P. and D.T. Jones, *Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation*. Journal of the Operational Research Society, 1997. **48**(11): p. 1148-1148.
32. Tapping, D., T. Luyster, and T. Shuker, *Value stream management: Eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements*. 2002: Productivity Press.
33. Baykut, M., *Evaluation of Lean Systems in Rail Maintenance Operations*, in *Mechanical Engineering*. 2011, Cleveland State University. p. 95.

EKLER

EK- 1 Cihazların İstasyon ve İşlem Kırılımlı Bekleme Süreleri

Cihaz no	istasyon no	İşlem	Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Minimum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Maximum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Görülen Minimum Süre Value	Görülen Maksimum Süre	Açıklama
Cihaz 2	ist 18	Cihaz 2 Son Denetim Islemi.Queue	0,30	0,12	0,44	0,00	8,60	
		Cihaz 2 TKM1 Denetim.Queue	2,83	2,65	3,01	0,00	9,47	
		Cihaz 2 TKM2 Denetim.Queue	4,82	4,50	5,14	0,00	10,92	
		Cihaz 2 TKM3 Denetim.Queue	3,00	2,75	3,17	0,03	9,39	
		Cihaz 2 TKM4 Denetim.Queue	1,19	1,06	1,33	0,00	9,58	
	ist 3	Cihaz 2 Kabul Testi Tekrar.Queue	23,20	19,25	26,92	0,00	50,34	
		Kabul Testi Cihaz 2.Queue	31,47	29,18	33,10	7,58	64,47	
	ist 4	Cihaz 2 CK Oncesi Parti.Queue	24,36	3,75	40,98	0,00	133,17	Isıl Çevrime girmeden önce parti olmayı bekliyor
	ist 6	Cihaz 2 Batarya Tkm Montaj.Queue	4,26	4,07	4,36	1,00	21,03	Cihaz 2 alt 2 takımı olmak için beklediği parti
		Cihaz 2 Birlestirici Tkm Montaj.Queue	3,14	3,03	3,26	1,09	22,36	
		Cihaz 2 C2TKM4.Queue	13,50	13,25	13,80	0,00	85,04	
		Cihaz 2 Filtre Montaji.Queue	5,42	5,35	5,50	0,80	11,01	
		Cihaz 2 İlk Montaj.Queue	4,45	4,40	4,54	0,00	10,09	
		Cihaz 2 Montaj.Queue	10,61	10,18	11,01	0,00	25,92	
Cihaz 2 Odak Tkm Montaj.Queue		4,68	4,55	4,82	0,98	16,91		
Cihaz 2 Son Islemler.Queue		5,30	3,27	8,16	0,00	26,80		
Cihaz 2 TKM2 Montaj.Queue		6,71	6,32	6,98	0,09	23,40		
Cihaz 2 TKM4 Montaj.Queue	11,48	10,99	12,03	0,00	24,90			
Cihaz 2Sizdirmazlik Oncesi Ayar.Queue	15,37	14,81	16,09	0,00	26,16			
Ortak Operasyonlar	ist2	Azot Basma.Queue	13,90	13,34	14,41	0,00	37,87	
	ist4	CK Isilcevrin Islemi.Queue	3,78	3,18	4,61	0,00	43,24	

Cihaz no	istasyon no	İşlem	Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Minimum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Maximum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Görülen Minimum Süre Value	Görülen Maksimum Süre	Açıklama
Cihaz 3	ist 13	Cihaz 3 C3TKM3.Queue	1,02	0,84	1,17	0,00	41,01	Cihaz 3 alt 2 takımı olmak için beklediği parti
		Cihaz 3 Son Islemler.Queue	0,09	0,06	0,12	0,00	3,45	
		Cihaz 3 TKM3 Montaj.Queue	0,07	0,05	0,10	0,00	2,21	
		Cihaz 3 TKM3 Paralellik Ayari.Queue	0,11	0,08	0,14	0,00	2,61	
		Cihaz 3 TKM3 Son Islemler.Queue	0,08	0,06	0,11	0,00	2,57	
	ist 14	Cihaz 3 C3TKM6.Queue	11,60	11,29	11,93	0,00	45,13	Cihaz 3 en üst takım olmak için beklediği durum
		Cihaz 3 TKM5 Montaj.Queue	2,53	2,48	2,57	0,00	5,93	
		Cihaz 3 TKM6 Dedektor Tkm Montaj.Queue	3,89	3,76	4,09	0,00	14,22	
		Cihaz 3 TKM6 Kilit Tkm Montaj.Queue	3,12	2,90	3,27	0,00	12,53	
		Cihaz 3 TKM6 Montaj.Queue	3,67	3,51	3,86	0,00	12,67	
		Cihaz 3 TKM6 Montaj2.Queue	0,03	0,02	0,05	0,00	2,37	
	ist 15	Cihaz 3 Normalizasyon.Queue	0,05	0,04	0,07	0,00	2,77	
		Cihaz 3 TKM6 Yazilim Yukleme.Queue	0,12	0,08	0,15	0,00	3,02	
	ist 16	Cihaz 3 Kabul Testi.Queue	3,56	2,87	4,17	0,00	26,29	
		Cihaz 3 TKM6 Unite Testi Ayari.Queue	4,91	3,90	5,91	0,00	25,10	
	ist 17	Cihaz 3 Kabul Testi Arazi.Queue	1,41	1,26	1,64	0,00	7,34	
	ist 18	Cihaz 3 Son Denetim Islemleri.Queue	2,49	2,22	2,75	0,00	10,59	
		Cihaz 3 TKM1 Denetim.Queue	4,52	4,28	4,74	0,00	10,57	
		Cihaz 3 TKM2 Denetim.Queue	4,68	4,46	4,85	0,00	10,06	
		Cihaz 3 TKM3 Denetim.Queue	4,89	4,67	5,16	0,00	11,37	
		Cihaz 3 TKM5 Denetim.Queue	1,84	1,69	1,97	0,00	7,31	
Cihaz 3 TKM6 Denetim.Queue		1,90	1,76	2,04	0,00	10,90		
ist 19	Cihaz 3 Titresim Testi.Queue	11,05	10,12	12,08	0,00	31,50		
	ist 4	Cihaz 3 IsilCevrim.Queue	6,55	5,06	7,79	0,00		74,54

								olmayı bekliyor
	ist 5	Cihaz 3 TKM1 Lens Montaj.Queue Cihaz 3 TKM2 Lens Yapistirma.Queue	12,00 12,64	11,62 12,27	12,41 12,97	0,00 0,00	23,78 23,78	
Ortak Operasyonlar	ist2	Azot Basma.Queue	13,90	13,34	14,41	0,00	37,87	
	ist4	CK Isilcevrir Islemi.Queue	3,78	3,18	4,61	0,00	43,24	

Cihaz no	istasyon no	İşlem	Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Minimum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Maximum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Görülen Minimum Süre Value	Görülen Maksimum Süre	Açıklma
Cihaz 4	ist 18	Cihaz 4 Son Denetim Islemi.Queue	0,60	0,31	0,90	0,00	10,83	
		Cihaz 4 TKM1 Denetim.Queue	4,61	4,41	4,76	0,00	10,01	
		Cihaz 4 TKM2 Denetim.Queue	4,28	4,06	4,45	0,00	11,31	
		Cihaz 4 TKM3 Denetim.Queue	4,30	4,10	4,48	0,00	9,99	
	ist 3	Cihaz 4 Kabul Testi 2.Queue	28,14	26,89	29,63	0,00	56,86	
		Kabul Testi Cihaz 4.Queue	12,11	10,78	13,43	0,00	47,21	
	ist 4	Cihaz 4 CK Partisi.Queue	23,93	22,64	25,64	0,00	117,03	Isıl Çevrime girmeden önce parti olmayı bekliyor
		Optik Tkm Montaj.Queue	10,49	10,32	10,69	0,00	22,18	
	ist 5	Cihaz 4 C4TKM4.Queue	2,12	1,74	2,34	0,00	39,71	Cihaz 4 alt 3 takımı olmak için beklediği parti
		Cihaz 4 Montaj.Queue	9,80	9,38	10,20	0,00	21,77	
		Cihaz 4 Son İşlemler.Queue	1,02	0,48	1,66	0,00	23,62	
		Batarya Kapak Tkm Montaj.Queue Kopru Tkm Montaj.Queue	10,94 10,69	10,80 10,49	11,09 10,86	0,00 0,00	22,72 22,35	
Ortak Operasyonlar	ist2	Azot Basma.Queue	13,90	13,34	14,41	0,00	37,87	
	ist4	CK Isilcevrir Islemi.Queue	3,78	3,18	4,61	0,00	43,24	

Cihaz no	istasyon no	İşlem	Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Minimum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Maximum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Görülen Minimum Süre Value	Görülen Maksimum Süre	Açıklama
Cihaz 5	ist 1	Cihaz 5 C5TKM3.Queue	1,79	1,44	2,04	0,00	81,96	Cihaz 5 alt 2 takımı olmak için beklediği parti Cihaz 5 son montaj
		Cihaz 5 Montaj.Queue	30,98	30,21	31,67	0,00	48,28	
		İlk Montaj.Queue	23,28	23,08	23,49	0,00	48,23	
		Tup Montaj.Queue	25,37	25,15	25,59	0,00	50,38	
	ist 18	Cihaz 5 Son Denetim İşlemi.Queue	0,57	0,39	0,70	0,00	4,17	
		Cihaz 5 TKM1 Denetim.Queue	3,69	3,51	3,86	0,00	11,23	
		Cihaz 5 TKM2 Denetim.Queue	3,78	3,55	3,92	0,00	11,03	
		Cihaz 5 TKM3 Denetim.Queue	0,08	0,05	0,11	0,00	3,65	
	ist 3	Kabul Testi 2.Queue	25,57	22,44	29,38	0,00	58,46	
		Kabul Testi Cihaz 5.Queue	30,41	28,53	32,00	1,60	63,99	
ist 4	Cihaz 5 CK Öncesi Parti.Queue	28,09	15,33	37,73	0,00	120,18	Isıl Çevrime girmeden önce parti olmayı bekliyor	
ist 5	Cihaz 5 Son İşlemler.Queue	17,18	14,20	19,52	0,00	50,57		
Ortak Operasyonlar	ist2	Azot Basma.Queue	13,90	13,34	14,41	0,00	37,87	
	ist4	CK Isılçevrim İşlemi.Queue	3,78	3,18	4,61	0,00	43,24	

EK-2 Cihazların İstasyon ve İşlem Kırılımlı Bekleme Adetleri

Cihaz no	İstasyon no	İşlem	Ortalama Bekleyen Adet	Bekleyenlerin Mimimum Ortalama Adeti	Bekleyenlerin Maximum Ortalama Adeti	Bekleyen Minimum Adet	Bekleyen Maximum Adet	Açıklama
Cihaz 2	ist 18	Cihaz 2 Son Denetim İslemi.Queue	0,02	0,01	0,03	0,00	4,00	
		Cihaz 2 TKM1 Denetim.Queue	0,20	0,19	0,21	0,00	5,00	
		Cihaz 2 TKM2 Denetim.Queue	0,34	0,32	0,36	0,00	5,00	
		Cihaz 2 TKM3 Denetim.Queue	0,21	0,19	0,22	0,00	5,00	
		Cihaz 2 TKM4 Denetim.Queue	0,08	0,07	0,09	0,00	3,00	
	ist 3	Cihaz 2 Kabul Testi Tekrar.Queue	1,55	1,28	1,79	0,00	11,00	
		Kabul Testi Cihaz 2.Queue	2,12	1,94	2,25	0,00	10,00	
	ist 4	Cihaz 2 CK Oncesi Parti.Queue	1,64	0,25	2,74	0,00	4,00	Isıl Çevrime girmeden önce parti olmayı bekliyor
	ist 6	Cihaz 2 Batarya Tkm Montaj.Queue	0,28	0,27	0,29	0,00	6,00	Cihaz 2 alt 2 takımı olmak için beklediği parti
		Cihaz 2 Birleştirci Tkm Montaj.Queue	0,21	0,20	0,22	0,00	6,00	
		Cihaz 2 C2TKM4.Queue	1,80	1,77	1,84	0,00	9,00	
		Cihaz 2 Filtre Montaji.Queue	0,38	0,37	0,39	0,00	8,00	
		Cihaz 2 İlk Montaj.Queue	0,31	0,30	0,32	0,00	8,00	
		Cihaz 2 Montaj.Queue	0,73	0,70	0,77	0,00	7,00	
		Cihaz 2 Odak Tkm Montaj.Queue	0,31	0,30	0,32	0,00	6,00	
		Cihaz 2 Son İşlemler.Queue	0,35	0,22	0,54	0,00	8,00	
		Cihaz 2 TKM2 Montaj.Queue	0,47	0,44	0,49	0,00	6,00	
		Cihaz 2 TKM4 Montaj.Queue	0,77	0,74	0,81	0,00	8,00	
Cihaz 2Sizdirmazlik Oncesi Ayar.Queue	1,04	1,00	1,09	0,00	7,00			
Ortak Operasyonlar	ist2	Azot Basma.Queue	9,89	9,49	10,29	0,00	42,00	
	ist4	CK Isilcevrin İslemi.Queue	0,50	0,42	0,61	0,00	5,00	

Cihaz no	İstasyon no	İşlem	Ortalama Bekleyen Adet	Bekleyenlerin Mimimum Ortalama Adeti	Bekleyenlerin Maximum Ortalama Adeti	Bekleyen Minimum Adet	Bekleyen Maximum Adet	Açıklama
Cihaz 3	ist 13	Cihaz 3 C3TKM3.Queue	0,31	0,25	0,35	0,00	8,00	Cihaz 3 alt 2 takımı olmak için beklediği parti
		Cihaz 3 Son İşlemler.Queue	0,01	0,01	0,02	0,00	2,00	
		Cihaz 3 TKM3 Montaj.Queue	0,01	0,01	0,01	0,00	4,00	
		Cihaz 3 TKM3 Paralellik Ayari.Queue	0,02	0,01	0,02	0,00	4,00	
		Cihaz 3 TKM3 Son İşlemler.Queue	0,01	0,01	0,02	0,00	4,00	
	ist 14	Cihaz 3 C3TKM6.Queue	3,48	3,39	3,58	0,00	19,00	Cihaz 3 en üst takım olmak için beklediği durum
		Cihaz 3 TKM5 Montaj.Queue	0,40	0,39	0,40	0,00	15,00	
		Cihaz 3 TKM6 Dedektor Tkm Montaj.Queue	0,58	0,56	0,61	0,00	9,00	
		Cihaz 3 TKM6 Kilit Tkm Montaj.Queue	0,47	0,43	0,49	0,00	9,00	
		Cihaz 3 TKM6 Montaj.Queue	0,57	0,55	0,60	0,00	8,00	
		Cihaz 3 TKM6 Montaj2.Queue	0,01	0,00	0,01	0,00	3,00	
		Cihaz 3 TKM6 Yapıştırma.Queue	0,55	0,52	0,58	0,00	8,00	
	ist 15	Cihaz 3 Normalizasyon.Queue	0,01	0,01	0,01	0,00	2,00	
		Cihaz 3 TKM6 Yazılım Yükleme.Queue	0,02	0,01	0,02	0,00	3,00	
	ist 16	Cihaz 3 Kabul Testi.Queue	0,54	0,43	0,63	0,00	7,00	
		Cihaz 3 TKM6 Unite Testi Ayari.Queue	0,75	0,60	0,90	0,00	9,00	
	ist 17	Cihaz 3 Kabul Testi Arazi.Queue	0,21	0,19	0,25	0,00	3,00	
	ist 18	Cihaz 3 Son Denetim İşlemi.Queue	0,37	0,33	0,41	0,00	5,00	
		Cihaz 3 TKM1 Denetim.Queue	0,71	0,66	0,74	0,00	9,00	
		Cihaz 3 TKM2 Denetim.Queue	0,73	0,70	0,76	0,00	9,00	
		Cihaz 3 TKM3 Denetim.Queue	0,76	0,73	0,81	0,00	9,00	
		Cihaz 3 TKM5 Denetim.Queue	0,29	0,26	0,31	0,00	10,00	
		Cihaz 3 TKM6 Denetim.Queue	0,30	0,27	0,32	0,00	4,00	
		Cihaz 3 TKM6 Denetim2.Queue	0,19	0,17	0,22	0,00	4,00	
	ist 19	Cihaz 3 Titresim Testi.Queue	1,68	1,54	1,84	0,00	11,00	
	ist 4	Cihaz 3 Isıl Çevrim.Queue	0,99	0,77	1,18	0,00	3,00	Isıl Çevrime girmeden önce parti olmayı bekliyor

	ist 5	Cihaz 3 TKM1 Lens Montaj.Queue	1,87	1,79	1,95	0,00	18,00	
		Cihaz 3 TKM2 Lens Yapistirma.Queue	1,97	1,93	2,04	0,00	18,00	
Ortak Operasyonlar	ist2	Azot Basma.Queue	9,89	9,49	10,29	0,00	42,00	
	ist4	CK Isilcevrim Islemi.Queue	0,50	0,42	0,61	0,00	5,00	

Cihaz no	istasyon no	İşlem	Ortalama Bekleyen Adet	Bekleyenlerin Mimimum Ortalama Adeti	Bekleyenlerin Maximum Ortalama Adeti	Bekleyen Minimum Adet	Bekleyen Maximum Adet	Açıklama
Cihaz 4	ist 18	Cihaz 4 Son Denetim Islemi.Queue	0,08	0,04	0,12	0,00	10,00	
		Cihaz 4 TKM1 Denetim.Queue	0,61	0,58	0,64	0,00	7,00	
		Cihaz 4 TKM2 Denetim.Queue	0,56	0,53	0,59	0,00	6,00	
		Cihaz 4 TKM3 Denetim.Queue	0,55	0,53	0,58	0,00	6,00	
	ist 3	Cihaz 4 Kabul Testi 2.Queue	3,53	3,35	3,73	0,00	21,00	
		Kabul Testi Cihaz 4.Queue	1,53	1,36	1,70	0,00	15,00	
	ist 4	Cihaz 4 CK Partisi.Queue	3,01	2,85	3,21	0,00	7,00	Isıl Çevrime girmeden önce parti olmayı bekliyor
		Optik Tkm Montaj.Queue	1,39	1,35	1,44	0,00	15,00	
	ist 5	Cihaz 4 C4TKM4.Queue	0,79	0,65	0,88	0,00	15,00	Cihaz 4 alt 3 takımı olmak için beklediği parti
		Cihaz 4 Montaj.Queue	1,24	1,19	1,30	0,00	12,00	
		Cihaz 4 Son Islemler.Queue	0,13	0,06	0,21	0,00	12,00	
		Batarya Kapak Tkm Montaj.Queue	1,40	1,37	1,44	0,00	15,00	
Kopru Tkm Montaj.Queue		1,41	1,36	1,46	0,00	15,00		
Ortak Operasyonlar	ist2	Azot Basma.Queue	9,89	9,49	10,29	0,00	42,00	
	ist4	CK Isilcevrim Islemi.Queue	0,50	0,42	0,61	0,00	5,00	

Cihaz no	İstasyon no	İşlem	Ortalama Bekleyen Adet	Bekleyenlerin Minimum Ortalama Adeti	Bekleyenlerin Maximum Ortalama Adeti	Bekleyen Minimum Adet	Bekleyen Maximum Adet	Açıklama
Cihaz 5	ist 1	Cihaz 5 C5TKM3.Queue	0,54	0,43	0,61	0,00	8,00	Cihaz 5 alt 2 takımı olmak için beklediği parti Cihaz 5 son montaj
		Cihaz 5 Montaj.Queue	4,97	4,82	5,07	0,00	19,00	
		İlk Montaj.Queue	3,68	3,60	3,74	0,00	18,00	
		Tup Montajı.Queue	3,97	3,89	4,05	0,00	18,00	
	ist 18	Cihaz 5 Son Denetim İşlemi.Queue	0,09	0,06	0,11	0,00	14,00	
		Cihaz 5 TKM1 Denetim.Queue	0,58	0,55	0,61	0,00	5,00	
		Cihaz 5 TKM2 Denetim.Queue	0,59	0,56	0,62	0,00	5,00	
		Cihaz 5 TKM3 Denetim.Queue	0,01	0,01	0,02	0,00	2,00	
	ist 3	Kabul Testi 2.Queue	3,83	3,35	4,38	0,00	18,00	
		Kabul Testi Cihaz 5.Queue	4,61	4,30	4,86	0,00	19,00	
ist 4	Cihaz 5 CK Öncesi Parti.Queue	4,25	2,32	5,72	0,00	9,00	Isıl Çevrime girmeden önce parti olmayı bekliyor	
ist 5	Cihaz 5 Son İşlemler.Queue	2,62	2,16	2,97	0,00	18,00		
Ortak Operasyonlar	ist2	Azot Basma.Queue	9,89	9,49	10,29	0,00	42,00	
	ist4	CK Isılçevrim İşlemi.Queue	0,50	0,42	0,61	0,00	5,00	

EK-3 İstasyonların İşlem Kırılımlı Bekleme Süreleri

İstasyon No	İşlem	Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Minimum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Maximum Ortalama Bekleme Süresi (saat)	Görülen Minimum Süre (saat)	Görülen Maksimum Süre (saat)	
ist 1	Cihaz 5 C5TKM3.Queue	1,79	1,44	2,04	0,00	81,96	
	Cihaz 5 Montaj.Queue	30,98	30,21	31,67	0,00	48,28	
	İlk Montaj.Queue	23,28	23,08	23,49	0,00	48,23	
	Tup Montaj.Queue	25,37	25,15	25,59	0,00	50,38	
ist 2	Azot Basma.Queue	13,90	13,34	14,41	0,00	37,87	
ist 3	Cihaz 2 Kabul Testi Tekrar.Queue	23,20	19,25	26,92	0,00	50,34	
	Cihaz 4 Kabul Testi 2.Queue	28,14	26,89	29,63	0,00	56,86	
	Kabul Testi 2.Queue	25,57	22,44	29,38	0,00	58,46	
	Kabul Testi Cihaz 5.Queue	30,41	28,53	32,00	1,60	63,99	
	Kabul Testi Cihaz 2.Queue	31,47	29,18	33,10	7,58	64,47	
	Kabul Testi Cihaz 4.Queue	12,11	10,78	13,43	0,00	47,21	
ist 4	Cihaz 5 CK Öncesi Parti.Queue	28,09	15,33	37,73	0,00	120,18	
	Cihaz 2 CK Öncesi Parti.Queue	24,36	3,75	40,98	0,00	133,17	
	Cihaz 4 CK Partisi.Queue	23,93	22,64	25,64	0,00	117,03	
	Cihaz 1 CK.Queue	14,16	13,58	14,69	0,00	79,52	
	CK Islıcevrım İsllemi.Queue	3,78	3,18	4,61	0,00	43,24	
	Cihaz 3 Islıcevrım.Queue	6,55	5,06	7,79	0,00	74,54	
	Optik Tkm Montaj.Queue	10,49	10,32	10,69	0,00	22,18	
ist 5	Cihaz 5 Son İsllemler.Queue	17,18	14,20	19,52	0,00	50,57	
	Cihaz 4 C4TKM4.Queue	2,12	1,74	2,34	0,00	39,71	
	Cihaz 4 Montaj.Queue	9,80	9,38	10,20	0,00	21,77	
	Cihaz 4 Son İsllemler.Queue	1,02	0,48	1,66	0,00	23,62	
	Batarya Kapak Tkm Montaj.Queue	10,94	10,80	11,09	0,00	22,72	
	Cihaz 3 TKM1 Lens Montaj.Queue	12,00	11,62	12,41	0,00	23,78	
	Cihaz 3 TKM2 Lens Yapıstırma.Queue	12,64	12,27	12,97	0,00	23,78	
	Kopru Tkm Montaj.Queue	10,69	10,49	10,86	0,00	22,35	
	ist 6	Cihaz 2 Batarya Tkm Montaj.Queue	4,26	4,07	4,36	1,00	21,03
Cihaz 2 Birleştırici Tkm Montaj.Queue		3,14	3,03	3,26	1,09	22,36	
Cihaz 2 C2TKM4.Queue		13,50	13,25	13,80	0,00	85,04	
Cihaz 2 Filtre Montaj.Queue		5,42	5,35	5,50	0,80	11,01	
Cihaz 2 İlk Montaj.Queue		4,45	4,40	4,54	0,00	10,09	
Cihaz 2 Montaj.Queue		10,61	10,18	11,01	0,00	25,92	
Cihaz 2 Odak Tkm Montaj.Queue		4,68	4,55	4,82	0,98	16,91	
Cihaz 2 Son İsllemler.Queue		5,30	3,27	8,16	0,00	26,80	
Cihaz 2 TKM2 Montaj.Queue		6,71	6,32	6,98	0,09	23,40	
Cihaz 2 TKM4 Montaj.Queue		11,48	10,99	12,03	0,00	24,90	
Cihaz 2 Sızdırmazlık Öncesi Ayar.Queue		15,37	14,81	16,09	0,00	26,16	
ist 7		Cihaz 1 TKM1 Test.Queue	0,77	0,75	0,78	0,00	2,33

	Ilk Montaj Cihaz 1.Queue	18,05	17,84	18,23	0,00	39,09
ist 8	Cihaz 1 Montaj.Queue	12,65	12,40	12,81	0,00	27,34
ist 9	Cihaz 1 KabulTesti.Queue	4,86	4,51	5,27	0,00	29,51
	Cihaz 1 Termal Gorus Ayari.Queue	0,52	0,45	0,58	0,00	4,58
	Cihaz 1 Unite Testi Ayari.Queue	4,64	3,98	5,28	0,00	24,84
ist 10	Cihaz 1 Cihaz Montaji.Queue	0,15	0,13	0,18	0,00	3,49
	Cihaz 1 Sizdirmazlik.Queue	0,41	0,35	0,50	0,00	8,23
	Cihaz 1 Son Islemler.Queue	0,08	0,06	0,11	0,00	6,85
	Cihaz 1 Yazilim Yukleme.Queue	0,17	0,12	0,28	0,00	3,20
	Cihaz 1 Yazilim Yukleme.Queue	9,61	6,43	11,91	0,00	93,92
ist 11	Cihaz 1 KabulTestiArazi.Queue	0,60	0,56	0,65	0,00	3,99
ist 12	Cihaz 1 Normalizasyon.Queue	0,22	0,19	0,24	0,00	1,94
ist 13	Cihaz 3 C3TKM3.Queue	1,02	0,84	1,17	0,00	41,01
	Cihaz 3 Son Islemler.Queue	0,09	0,06	0,12	0,00	3,45
	Cihaz 3 TKM3 Montaj.Queue	0,07	0,05	0,10	0,00	2,21
	Cihaz 3 TKM3 Paralellik Ayari.Queue	0,11	0,08	0,14	0,00	2,61
	Cihaz 3 TKM3 Son Islemler.Queue	0,08	0,06	0,11	0,00	2,57
ist 14	Cihaz 1 C1TKM3.Queue	3,06	2,93	3,18	0,00	43,97
	Cihaz 1 Lens Yapistirma.Queue	3,06	2,90	3,22	0,00	13,17
	Cihaz 3 C3TKM6.Queue	11,60	11,29	11,93	0,00	45,13
	Cihaz 3 TKM5 Montaj.Queue	2,53	2,48	2,57	0,00	5,93
	Cihaz 3 TKM6 Dedektor Tkm Montaj.Queue	3,89	3,76	4,09	0,00	14,22
	Cihaz 3 TKM6 Kilit Tkm Montaj.Queue	3,12	2,90	3,27	0,00	12,53
	Cihaz 3 TKM6 Montaj.Queue	3,67	3,51	3,86	0,00	12,67
	Cihaz 3 TKM6 Montaj2.Queue	0,03	0,02	0,05	0,00	2,37
	Cihaz 3 TKM6 Yapistirma.Queue	3,69	3,45	3,90	0,00	13,61
ist 15	Cihaz 3 Normalizasyon.Queue	0,05	0,04	0,07	0,00	2,77
	Cihaz 3 TKM6 Yazilim Yukleme.Queue	0,12	0,08	0,15	0,00	3,02
ist 16	Cihaz 3 Kabul Testi.Queue	3,56	2,87	4,17	0,00	26,29
	Cihaz 3 TKM6 Unite Testi Ayari.Queue	4,91	3,90	5,91	0,00	25,10
ist 17	Cihaz 3 Kabul Testi Arazi.Queue	1,41	1,26	1,64	0,00	7,34
ist 18	Cihaz 5 Son Denetim Islemler.Queue	0,57	0,39	0,70	0,00	4,17
	Cihaz 5 TKM1 Denetim.Queue	3,69	3,51	3,86	0,00	11,23
	Cihaz 5 TKM2 Denetim.Queue	3,78	3,55	3,92	0,00	11,03
	Cihaz 5 TKM3 Denetim.Queue	0,08	0,05	0,11	0,00	3,65
	Cihaz 2 Son Denetim Islemler.Queue	0,30	0,12	0,44	0,00	8,60
	Cihaz 2 TKM1	2,83	2,65	3,01	0,00	9,47

	Denetim.Queue					
	Cihaz 2 TKM2					
	Denetim.Queue	4,82	4,50	5,14	0,00	10,92
	Cihaz 2 TKM3					
	Denetim.Queue	3,00	2,75	3,17	0,03	9,39
	Cihaz 2 TKM4					
	Denetim.Queue	1,19	1,06	1,33	0,00	9,58
	Cihaz 4 Son Denetim					
	Islemi.Queue	0,60	0,31	0,90	0,00	10,83
	Cihaz 4 TKM1					
	Denetim.Queue	4,61	4,41	4,76	0,00	10,01
	Cihaz 4 TKM2					
	Denetim.Queue	4,28	4,06	4,45	0,00	11,31
	Cihaz 4 TKM3					
	Denetim.Queue	4,30	4,10	4,48	0,00	9,99
	Cihaz 1 Denetim.Queue	2,81	2,63	3,00	0,00	10,96
	Cihaz 1 Son Denetim					
	Islemi.Queue	1,62	1,47	1,75	0,00	11,12
	Cihaz 1 TKM1					
	Denetim.Queue	4,40	4,17	4,60	0,00	11,16
	Cihaz 1 TKM2					
	Denetim.Queue	5,27	5,05	5,43	0,00	10,80
	Cihaz 3 Son Denetim					
	Islemi.Queue	2,49	2,22	2,75	0,00	10,59
	Cihaz 3 TKM1					
	Denetim.Queue	4,52	4,28	4,74	0,00	10,57
	Cihaz 3 TKM2					
	Denetim.Queue	4,68	4,46	4,85	0,00	10,06
	Cihaz 3 TKM3					
	Denetim.Queue	4,89	4,67	5,16	0,00	11,37
	Cihaz 3 TKM5					
	Denetim.Queue	1,84	1,69	1,97	0,00	7,31
	Cihaz 3 TKM6					
	Denetim.Queue	1,90	1,76	2,04	0,00	10,90
	Cihaz 3 TKM6					
	Denetim2.Queue	1,25	1,07	1,38	0,00	11,09
ist 19	Cihaz 1 Titresim Testi.Queue	9,77	9,18	10,60	0,00	30,62
	Cihaz 3 Titresim Testi.Queue	11,05	10,12	12,08	0,00	31,50

EK-4 İstasyonların İşlem Kırılımlı Bekleme Adetleri

İstasyon No	İşlem	Ortalama Bekleyen Adet	Bekleyenlerin Minimum Ortalama Adeti	Bekleyenlerin Maximum Ortalama Adeti	Bekleyen Minimum Adet	Bekleyen Maximum Adet
ist 1	Cihaz 5 C5TKM3.Queue	0,54	0,43	0,61	0,00	8,00
	Cihaz 5 Montaj.Queue	4,97	4,82	5,07	0,00	19,00
	İlk Montaj.Queue	3,68	3,60	3,74	0,00	18,00
	Tup Montaj.Queue	3,97	3,89	4,05	0,00	18,00
ist 2	Azot Basma.Queue	9,89	9,49	10,29	0,00	42,00
ist 3	Cihaz 2 Kabul Testi Tekrar.Queue	1,55	1,28	1,79	0,00	11,00
	Cihaz 4 Kabul Testi 2.Queue	3,53	3,35	3,73	0,00	21,00
	Kabul Testi 2.Queue	3,83	3,35	4,38	0,00	18,00
	Kabul Testi Cihaz 5.Queue	4,61	4,30	4,86	0,00	19,00
	Kabul Testi Cihaz 2.Queue	2,12	1,94	2,25	0,00	10,00
	Kabul Testi Cihaz 4.Queue	1,53	1,36	1,70	0,00	15,00
ist 4	Cihaz 5 CK Oncesi Parti.Queue	4,25	2,32	5,72	0,00	9,00
	Cihaz 2 CK Oncesi Parti.Queue	1,64	0,25	2,74	0,00	4,00
	Cihaz 4 CK Partisi.Queue	3,01	2,85	3,21	0,00	7,00
	Cihaz 1 CK.Queue	2,97	2,85	3,06	0,00	7,00
	CK Isilcevrım Islemi.Queue	0,50	0,42	0,61	0,00	5,00
	Cihaz 3 IsilCevrim.Queue	0,99	0,77	1,18	0,00	3,00
	Optik Tkm Montaj.Queue	1,39	1,35	1,44	0,00	15,00
ist 5	Cihaz 5 Son İşlemler.Queue	2,62	2,16	2,97	0,00	18,00
	Cihaz 4 C4TKM4.Queue	0,79	0,65	0,88	0,00	15,00
	Cihaz 4 Montaj.Queue	1,24	1,19	1,30	0,00	12,00
	Cihaz 4 Son İşlemler.Queue	0,13	0,06	0,21	0,00	12,00
	Batarya Kapak Tkm Montaj.Queue	1,40	1,37	1,44	0,00	15,00
	Cihaz 3 TKM1 Lens Montaj.Queue	1,87	1,79	1,95	0,00	18,00
	Cihaz 3 TKM2 Lens Yapıstırma.Queue	1,97	1,93	2,04	0,00	18,00
	Kopru Tkm Montaj.Queue	1,41	1,36	1,46	0,00	15,00
ist 6	Cihaz 2 Batarya Tkm Montaj.Queue	0,28	0,27	0,29	0,00	6,00
	Cihaz 2 Birleştirci Tkm Montaj.Queue	0,21	0,20	0,22	0,00	6,00
	Cihaz 2 C2TKM4.Queue	1,80	1,77	1,84	0,00	9,00
	Cihaz 2 Filtre Montaj.Queue	0,38	0,37	0,39	0,00	8,00
	Cihaz 2 İlk Montaj.Queue	0,31	0,30	0,32	0,00	8,00
	Cihaz 2 Montaj.Queue	0,73	0,70	0,77	0,00	7,00
	Cihaz 2 Odak Tkm Montaj.Queue	0,31	0,30	0,32	0,00	6,00
	Cihaz 2 Son İşlemler.Queue	0,35	0,22	0,54	0,00	8,00
	Cihaz 2 TKM2 Montaj.Queue	0,47	0,44	0,49	0,00	6,00
	Cihaz 2 TKM4 Montaj.Queue	0,77	0,74	0,81	0,00	8,00
	Cihaz 2Sızdırmazlık Oncesi	1,04	1,00	1,09	0,00	7,00

	Ayar.Queue							
ist 7	Cihaz 1 TKM1 Test.Queue Ilk Montaj Cihaz 1.Queue	0,17 3,96	0,16 3,89	0,17 4,00	0,00 0,00	1,00 23,00		
ist 8	Cihaz 1 Montaj.Queue	2,69	2,66	2,72	0,00	24,00		
ist 9	Cihaz 1 KabulTesti.Queue Cihaz 1 Termal Gorus Ayari.Queue	1,02 0,11	0,94 0,10	1,10 0,12	0,00 0,00	11,00 4,00		
	Cihaz 1 Unite Testi Ayari.Queue	0,99	0,84	1,12	0,00	12,00		
	Cihaz 1 Cihaz Montaji.Queue	0,03	0,03	0,04	0,00	2,00		
ist 10	Cihaz 1 Sizdirmazlik.Queue Cihaz 1 Son Islemler.Queue Cihaz 1 Yazilim Yukleme.Queue	0,09 0,02 0,01	0,08 0,01 0,00	0,11 0,02 0,01	0,00 0,00 0,00	6,00 5,00 1,00		
	Yazilim Yukleme.Queue	2,02	1,37	2,51	0,00	5,00		
	ist 11	Cihaz 1 KabulTestiArazi.Queue	0,13	0,12	0,14	0,00	4,00	
	ist 12	Cihaz 1 Normalizasyon.Queue	0,05	0,04	0,05	0,00	2,00	
ist 13	Cihaz 3 C3TKM3.Queue Cihaz 3 Son Islemler.Queue Cihaz 3 TKM3 Montaj.Queue	0,31 0,01 0,01	0,25 0,01 0,01	0,35 0,02 0,01	0,00 0,00 0,00	8,00 2,00 4,00		
	Cihaz 3 TKM3 Paralellik Ayari.Queue Cihaz 3 TKM3 Son Islemler.Queue	0,02 0,01	0,01 0,01	0,02 0,02	0,00 0,00	4,00 4,00		
	ist 14	Cihaz 1 C1TKM3.Queue Cihaz 1 Lens Yapistirma.Queue Cihaz 3 C3TKM6.Queue Cihaz 3 TKM5 Montaj.Queue	1,28 0,64 3,48 0,40	1,22 0,60 3,39 0,39	1,33 0,67 3,58 0,40	0,00 0,00 0,00 0,00	14,00 10,00 19,00 15,00	
		Cihaz 3 TKM6 Dedektor Tkm Montaj.Queue Cihaz 3 TKM6 Kilit Tkm Montaj.Queue	0,58 0,47	0,56 0,43	0,61 0,49	0,00 0,00	9,00 9,00	
		Cihaz 3 TKM6 Montaj.Queue Cihaz 3 TKM6 Montaj2.Queue Cihaz 3 TKM6 Yapistirma.Queue	0,57 0,01 0,55	0,55 0,00 0,52	0,60 0,01 0,58	0,00 0,00 0,00	8,00 3,00 8,00	
		ist 15	Cihaz 3 Normalizasyon.Queue Cihaz 3 TKM6 Yazilim Yukleme.Queue	0,01 0,02	0,01 0,01	0,01 0,02	0,00 0,00	2,00 3,00
ist 16			Cihaz 3 Kabul Testi.Queue Cihaz 3 TKM6 Unite Testi Ayari.Queue	0,54 0,75	0,43 0,60	0,63 0,90	0,00 0,00	7,00 9,00
			ist 17	Cihaz 3 Kabul Testi Arazi.Queue	0,21	0,19	0,25	0,00
ist 18		Cihaz 5 Son Denetim Islemi.Queue Cihaz 5 TKM1 Denetim.Queue	0,09 0,58	0,06 0,55	0,11 0,61	0,00 0,00	14,00 5,00	

	Cihaz 5 TKM2 Denetim.Queue	0,59	0,56	0,62	0,00	5,00
	Cihaz 5 TKM3 Denetim.Queue	0,01	0,01	0,02	0,00	2,00
	Cihaz 2 Son Denetim Islemi.Queue	0,02	0,01	0,03	0,00	4,00
	Cihaz 2 TKM1 Denetim.Queue	0,20	0,19	0,21	0,00	5,00
	Cihaz 2 TKM2 Denetim.Queue	0,34	0,32	0,36	0,00	5,00
	Cihaz 2 TKM3 Denetim.Queue	0,21	0,19	0,22	0,00	5,00
	Cihaz 2 TKM4 Denetim.Queue	0,08	0,07	0,09	0,00	3,00
	Cihaz 4 Son Denetim Islemi.Queue	0,08	0,04	0,12	0,00	10,00
	Cihaz 4 TKM1 Denetim.Queue	0,61	0,58	0,64	0,00	7,00
	Cihaz 4 TKM2 Denetim.Queue	0,56	0,53	0,59	0,00	6,00
	Cihaz 4 TKM3 Denetim.Queue	0,55	0,53	0,58	0,00	6,00
	Cihaz 1 Denetim.Queue Cihaz 1 Son Denetim Islemi.Queue	0,60	0,57	0,65	0,00	7,00
	Cihaz 1 TKM1 Denetim.Queue	0,34	0,31	0,36	0,00	7,00
	Cihaz 1 TKM2 Denetim.Queue	0,96	0,91	1,01	0,00	8,00
	Cihaz 3 Son Denetim Islemi.Queue	1,12	1,07	1,16	0,00	10,00
	Cihaz 3 TKM1 Denetim.Queue	0,37	0,33	0,41	0,00	5,00
	Cihaz 3 TKM2 Denetim.Queue	0,71	0,66	0,74	0,00	9,00
	Cihaz 3 TKM3 Denetim.Queue	0,73	0,70	0,76	0,00	9,00
	Cihaz 3 TKM5 Denetim.Queue	0,76	0,73	0,81	0,00	9,00
	Cihaz 3 TKM6 Denetim.Queue	0,29	0,26	0,31	0,00	10,00
	Cihaz 3 TKM6 Denetim2.Queue	0,30	0,27	0,32	0,00	4,00
	Cihaz 3 TKM6 Denetim2.Queue	0,19	0,17	0,22	0,00	4,00
ist 19	Cihaz 1 Titresim Testi.Queue	2,07	1,94	2,26	0,00	11,00
	Cihaz 3 Titresim Testi.Queue	1,68	1,54	1,84	0,00	11,00



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA~~ TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 02/07/2019

Tez Başlığı / Konusu: Dijital İkizler Gömülü Gerçek Zamanlı Üretim Yürütme Sistemi Tasarımı: Kitlesele Özelleştirme İle Üretim Yapan Bir Firmada Uygulama

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 64 sayfalık kısmına ilişkin, 02/07/2019 tarihinde ~~çalışmam~~/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 2'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: İlhan Veli KOCABAY
Öğrenci No: N16127130
Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği
Programı: Endüstri Mühendisliği
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

02.07.2019

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Murat Caner TESTİK
(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İlhan Veli KOCABAY
Doğum yeri : ANKARA
Medeni hali : Evli
Elektronik posta adresi : ilhanvelikocabay@gmail.com
Adresi : Koru Mah., Mesa Koru Sitesi, Kavaklı Sk., 3c/17,
Çankaya/Ankara
Yabancı dili : İngilizce

EĞİTİM DURUMU

Lise : Süleyman Demirel Anadolu Lisesi
Lisans : Hacettepe Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Deneyim Alanları

-

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-