

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KANBAN KONTROLLÜ MILKRUN DÖNGÜLÜ
MALZEME BESLEME SİSTEMİ:
TV FABRİKASINDA BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İ.Ethem ŞAHİN**

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Endüstri Mühendisliği

OCAK 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KANBAN KONTROLLÜ MILKRUN DÖNGÜLÜ
MALZEME BESLEME SİSTEMİ:
TV FABRİKASINDA BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İ.Ethem ŞAHİN
(507981075)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Aralık 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 24 Ocak 2011

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr.Şule İtir SATOĞLU (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.Bülent DURMUŞOĞLU (İTÜ)
Doç.Dr.Tijen ERTAY (İTÜ)**

OCAK 2011

Eşime ve biricik oğlum Timur'a,

ÖNSÖZ

Toyota'nın öncülük ettiği ve çoğunlukla Lean Institute ve Productivity yayınları aracılığıyla dünyaya öğrettiği Yalın Üretim Sisteminin, araştırdıkça ve öğrendikçe, prensipleri itibariyle ne kadar insan aklına ve mantığına yatkın olduğu ve ne kadar geniş kapsamlı bir organizasyonel başarı öyküsü olduğu görülmektedir.

İş, bu prensipleri ve teknikleri uygulamaya geldiğinde ise, kalpten bir bağlılık ile bu sistemin anlatılması, öğretilmesi ve hayata geçirilmesi için önderlik edecek insanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Önceki işyerimde Yalın Üretim çalışmalarını başlatarak ve verdiği sorumluluk ile bana vizyon katan Sn.Abdullah Akkuş'a ve sonraki dönemde bu çalışmalara yüksek bir ivme kazandırarak devam ettiren, benim de içinde bulunduğum hatırı sayılır bir topluluğun kendine rol modeli olarak aldığı Sn.Cevdet Özdoğan'a, aştığı yalın düşünce sistemi nedeniyle teşekkür ederim.

Bu tezi yazdığım dönem boyunca yönlendirmeleri ile bana destek olan tez danışmanı hocam Sn.Yrd.Doç.Dr.Şule İtır Satoğlu'na, af kapsamında dersleri tamamlamama ve tez görüşmelerime imkân veren işyeri yöneticilerim Sn.Erkal Tansan ve Sn.İbrahim Ergül'e teşekkür ederim.

Son olarak, tüm bu süreç boyunca bana destek olan ve muhtelif zamanlarda aklımdan geçen vazgeçme eğilimlerimi bertaraf eden sevgili eşime, aileme ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Aralık 2010

İ.Ethem ŞAHİN

(Makine Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

1. GİRİŞ.....	1
1.1 Yalın Üretim.....	1
1.1.1 Tarihçesi ve temelleri.....	1
1.1.2 Tanımı	3
1.1.3 Yedi temel israf	5
1.1.3.1 Fazla üretim israfı	5
1.1.3.2 Bekleme zamanı israfı.....	6
1.1.3.3 Taşıma israfı.....	6
1.1.3.4 İşleme israfı.....	7
1.1.3.5 Stok israfı	7
1.1.3.6 Hareket israfı.....	8
1.1.3.7 Ürün kusuru israfı	8
1.1.4 Yalın dönüşüm	8
1.1.4.1 Değeri tanımlamak.....	9
1.1.4.2 Değer akışını tanımlamak	9
1.1.4.3 Akış sağlamak	10
1.1.4.4 Çekmeyi sağlamak	11
1.1.4.5 Mükemmellik	11
1.1.5 Yalın üretim uygulama adımları	12
1.2 Değer Akış Haritalandırma	14
1.2.1 Mevcut durum değer akış haritası	15
1.2.2 Gelecek durum değer akış haritası	16
1.2.3 Gelecek durumu gerçekleştirme.....	17
1.3 Kanban	18
1.3.1 Kanban yapısı.....	20
1.3.2 Türleri.....	20
1.3.3 Uygulama kısıtları.....	22
1.3.4 Kanban kuralları.....	23
1.3.5 İtme sistemi - çekme sistemi	23
1.3.6 Uygulamadaki farklılaşmalar	25
1.3.6.1 CONWIP	26
1.3.6.2 POLCA.....	27
1.3.6.3 Diğer kanban uyarlamaları.....	31
1.4 Milkrun (Çekme Esaslı, Tekrarlı Dağıtım Sistemi)	34
1.4.1 Tanımı.....	34
1.4.2 Türleri.....	35
1.4.3 İşleyişi	36
1.4.4 Avantajları.....	37
1.4.5 Uygulama kısıtları.....	39
1.4.6 Uygulanma şekli	39

1.5 Tezin Amacı	41
1.6 Literatür Özeti	41
2. SİSTEM TASARIMI	45
2.1 Giriş	45
2.2 Değer Akış Haritası (DAH).....	46
2.2.1 Mevcut durum DAH.....	46
2.2.2 Gelecek durum DAH.....	47
2.3 Detaylı Süreç Haritası.....	49
2.4 Yol Haritası / Proje Planı.....	50
2.5 Uygulama Adımları	51
2.5.1 Hat dengeleme.....	51
2.5.2 Hat yanı tasarımı	54
2.5.2.1 KLT kutular	54
2.5.2.2 Dinamik raflar	55
2.5.2.3 Kanban toplama kutuları	56
2.5.3 Kanban / milkrun kapsamına alınan parçalar	57
2.5.4 PFEP (plan for every part) dosyası	58
2.5.5 Kanban sayısı hesabı	61
2.5.6 Kanban tasarımı ve basımı	62
2.5.7 Kanban işleyişi	64
2.6 Çağrı Sistemi & Milkrun	67
2.6.1 Milkrun kabulleri.....	71
2.6.2 Taşıma şekli.....	73
2.6.3 Araç çizelgeleme	75
2.7 Devreye Alma.....	78
3. UYGULAMA SONUÇLARI.....	79
3.1 Uygulamanın Geliştirmeye Açık Yönleri.....	81
3.2 Gelecekteki Çalışmalar	82
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR.....	85
EKLER.....	89

KISALTMALAR

TÜS	: Toyota Üretim Sistemi.
TZÜ	: Tam Zamanında Üretim.
JIT	: Just In Time.
GM	: General Motors.
IMVP	: International Motor Vehicle Program.
5S	: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. (Japonca, Tertip Düzen Disiplini)
SMED	: Single Minute Exchange Of Dies.
DAH	: Değer Akış Haritası.
TPM	: Total Productive Maintenance.
PVC	: Polivinil Klorür.
QFD	: Quality Function Deployment.
WIP	: Work In Process.
CONWIP	: Constant Work In Process.
MRP	: Material Requirement Planning.
POLCA	: Paired-cell Overlapping Loops Of Cards With Authorization.
QRM	: Quick Response Manufacturing.
AS/RS	: Automatic Storage / Retrieval System.
LRP	: Location Routing Problem.
VRP	: Vehicle Routing Problem.
MIT	: Massachusetts Institute of Technology.
LIPS	: Line Interactive Power Supply.
SAP	: Systemanalyse und Programmentwicklung. (Alman ERP Yazılımı)
ERP	: Enterprise Resource Planning.
ÜA	: Ürün Ağacı.
OEE	: Overall Equipment Efficiency.
MTM	: Methods Time Measurement.
PFEP	: Plan For Every Part.
FIFO	: First In First Out.
KLT	: Kleinladungsträger Träger. (Almanca, Hafif Yük Taşıyıcı Kutusu)
ESD	: Electro Static Dissipative.

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Yedi İsraf Türü	5
Çizelge 1.2 : Yalın Üretim ve QRM Karşılaştırması.....	28
Çizelge 2.1 : DAH İle Tespit Edilen Problem Listesi.	47
Çizelge 2.2 : KLT Kutu Tipleri Çizelgesi.	55
Çizelge 2.3 : Panel Çeşitleri ve Bilgileri.	68
Çizelge 2.4 : Milkrun Rotaları, Duruş/Servis Noktaları.	70
Çizelge 2.5 : K1 Rotası Süreleri.	71
Çizelge 2.6 : K2 Rotası Süreleri.	71
Çizelge 2.7 : Milkrun Genel Zaman Çizelgesi (Vardiyalık).....	75
Çizelge 2.8 : Mikrun Detay Zaman Çizelgesi	77
Çizelge 3.1 : Kanban/Milkrun Sistemi, Hat Duruş Kodları.....	79
Çizelge 3.2 : Sonuç Karşılaştırma Çizelgesi.....	80

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Toyota Üretim Sistemi Esasları.....	4
Şekil 1.2 : Yalın Üretim Uygulama Aşamaları.....	13
Şekil 1.3 : Mevcut Durum DAH Örneği.....	15
Şekil 1.4 : Gelecek Durum DAH Örneği.....	16
Şekil 1.5 : Süpermarket Kavramı ve Kanban Kullanımı	19
Şekil 1.6 : Kanban Çeşitleri.	20
Şekil 1.7 : Sinyal Kanban Türleri	21
Şekil 1.8 : Kanban Akışının Simgesel Gösterimi.	22
Şekil 1.9 : İtme / Çekme Sistemleri, Akış Zamanları Karşılaştırması.....	25
Şekil 1.10 : CONWIP Çalışma Şematiği.....	26
Şekil 1.11 : XYZ Şirketinde Üretim Hücreleri Dağılımı.....	29
Şekil 1.12 : Örnek POLCA Kartı.....	30
Şekil 1.13 : POLCA Kartlarının Akışı.....	30
Şekil 1.14 : Baz Stok İşleyişi.....	32
Şekil 1.15 : Kanban İşleyişi.....	32
Şekil 1.16 : Genişletilmiş Kanban İşleyişi.....	32
Şekil 1.17 : Genelleştirilmiş Kanban İşleyişi	33
Şekil 1.18 : Rastgele Besleme Çizelgesi	35
Şekil 1.19 : İç ve Dış Milkrun	36
Şekil 1.20 : Fabrika Merkezli Malzeme Temini ve Milkrun Karşılaştırması.....	37
Şekil 1.21 : Fabrika Merkezli / Milkrun Stok Seviye Karşılaştırması.....	38
Şekil 2.1 : Son Montaj Hat Dengeleme Örneği.	52
Şekil 2.2 : KLT Kutu (ESD Özellikli).....	54
Şekil 2.3 : Dinamik Raf Tasarımı	56
Şekil 2.4 : Kanban Toplama Kutusu.....	56
Şekil 2.5 : Malzeme Dağıtımı Değişimi (Eski / Yeni Durum)	57
Şekil 2.6 : Malzemeci Rol Değişimi (Eski / Yeni Durum).....	58
Şekil 2.7 : PFEP Dosyasının Görünüşü.	59
Şekil 2.8 : PFEP, Malzeme Detay Sayfa Görüntüsü	60
Şekil 2.9 : Çekme Kanban Tasarımı	63
Şekil 2.10 : PFEP Baskı Dosyası, Kanban Kontrolü.....	64
Şekil 2.11 : Kanban (Malzeme Hareket Kartı) Örneği.	64
Şekil 2.12 : Kanban İşleyişi, Resimli Beş Adım.	65
Şekil 2.13 : Çağrı Sistemi Çevrimi.	67
Şekil 2.14 : Panel Sipariş Yazılımı Çalışma Prensipleri.....	68
Şekil 2.15 : Milkrun Rotaları.	69
Şekil 2.16 : Milkrun Aracı.	73
Şekil 2.17 : Panel Taşıma Arabası.	74
Şekil 2.18 : Kutulu Malzeme Taşıma Arabası.....	74
Şekil A.1 : Değer Akış Haritası, Mevcut Durum.....	90
Şekil A.2 : Değer Akış Haritası, Gelecek Durum.....	91
Şekil A.3 : Detaylı Süreç Haritası.	92

Şekil A.4 : Uygulama Yol Haritası.....	93
Şekil A.5 : Proje Devreye Alma Planı.	94
Şekil A.6 : Hat Dengeleme Örneği.	95

KANBAN KONTROLLÜ MILKRUN DÖNGÜLÜ MALZEME BESLEME SİSTEMİ: TV FABRİKASINDA BİR UYGULAMA

ÖZET

Japon otomobil üreticisi Toyota'nın 1930'lardan itibaren geliştirdiği ve adına Toyota Üretim Sistemi dediği üretim metodolojisi, 1990 yılında dönemin üç IMVP (International Motor Vehicle Program) yöneticisi Womack, Jones ve Roos tarafından, beş yıllık çalışmanın ardından yayınlanan "Dünyayı Değiştiren Makina" kitabı aracılığıyla, "Yalın Üretim" adı ile dünyaya tanıtıldı. Kitap, 1800'lü yıllarda ustalığa dayalı atölye tipi otomobil üretiminden, Henry Ford'un standart iş temelli kitle üretimine geçişi ve sonrasında yükselen talep çeşitliliğinin en az kaynakla yönetildiği Toyota'nın Yalın Üretimini detaylıca anlattı.

Geçen bu yirmi yılda, Yalın Üretim, gittikçe daha iyi anlaşılan, geliştirilen ve uygulama sahası olarak otomotiv sektörünün sınırlarını aşan bir komple sistem haline geldi. Artık dünyada üretim dışı sektörlerde dahi, verimlilik artırma amacıyla yalın teknikler uygulanmaktadır.

Türkiye'de de, özellikle 2002 yılında kurulan Yalın Enstitü Derneği tarafından organize edilen etkinlikler ve türkçeleştirilen uluslararası yayınlar ile birlikte, yalın üretime olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır.

Bu tez, TV üretimi yapılan ve yalın üretim uygulanmayan bir fabrikada, yeni kurulan iki adet son montaj hattını kapsayacak yeni bir malzeme besleme sistemi kurma çalışmalarını ve uygulama adımlarını içermektedir.

Analiz çalışmalarına öncelikle mevcut durum analizi ile başlandı; detaylı süreç haritası çizildi ve mevcut durum değer akış haritası oluşturuldu. Süreç haritası ile, mevcut malzeme besleme sisteminin özellikle kişilerin deneyimlerine ve dikkatlerine emanet edilmiş olduğu görüldü. Önceden tanımlanmış ve kesinleştirilmiş olması gereken, hat düzeni ve malzeme taşıma şekilleri ile ilgili en basit kararların bile, üretime başlama zamanı geldiğinde, kişisel tecrübelerle ve inisiyatif kullanılarak verildiği anlaşıldı. Bu kararlar sonucunda ise, kaçınılmaz olarak uzun dönüş zamanları ve malzeme besleme kaynaklı kısa duruşlar oluşmaktaydı.

Mevcut durum değer akış haritasından yola çıkılarak tespit edilen üç aşamalı iyileştirme planı ile, son montaj ile iki ana iç üretim noktası ve ambarlar arasında olmak üzere, kanban kullanımı ve hat senkronizasyonu uygulamalarının devreye alınması planlanmıştır.

Bu tez kapsamında, yalnızca ilk aşama olan, ambarlar ile son montaj arasında, milkrun döngülü çekme kanbanı uygulanmasına yer verilmiştir. İkinci ve üçüncü aşamadaki senkronizasyon ve kanban uygulamaları, gelecekteki projeler olarak değerlendirilmiş ve kapsam harici bırakılmıştır.

Uygulamada, klasik tip fiziki kartlı kanban kullanımı tercih edilmiş ve kanban hareketlerini standardize edebilmek amacıyla da milkrun (çekme esaslı, tekrarlı

dağıtım) sistemi uygulanmasına karar verilmiştir. Gerekli ekipmanlar için tasarım yapılmış, yatırımları gerçekleştirilmiş, güzergahlar belirlenmiş, eğitimler verilmiş ve zaman çizelgeleri ile işleyiş standardize edilmiştir. Ayrıca kullanıcı talimatlarını içeren işleyiş prosedürü yayınlanmıştır.

Tezin yapısı, literatürde yer alan ve genel prensipleri ile kabaca tarif edilen yalın üretim, kanban, milkrun konularını, yalın anlamda sıfır noktasındaki bir işletmenin takip edebileceği ve hızlıca adapte edebileceği bir uygulama kılavuzu şeklindedir.

MATERIAL REPLENISHMENT SYSTEM VIA KANBAN CONTROLLED MILKRUN CYCLES: A CASE STUDY AT A TV FACTORY

SUMMARY

The production methodology that had been called as the "Toyota Production System" developed by the Japanese automobile manufacturer Toyota, starting from the 1930's, has been introduced to the world by the name "Lean Manufacturing", by the book "The Machine That Changed The World", that has been published at 1990 by Womack, Jones and Roos, the three top directors of the IMVP (International Motor Vehicle Program), after a five years of intensive study.

The book told the story of the development of the automobile manufacturing, starting from the late 1800's craftsmanship based job-shop manufacturing style, then having a big leap with the Henry Ford's standardized work based mass production at 1910's and finally the Lean Manufacturing that have been developed by Toyota, that coped with the increasing diversity in demand, managed with the minimal resource usage.

Inspired by the greatest rivals like Ford, General Motors and also by the American supermarket system, Toyota managed to construct its own production system at the 1950's. The idea was so simple, yet so difficult to repeat by others; eliminating all waste possible by deploying Just-In-Time and Autonomation, thanks to the genius team lead by the Toyoda family, Taiichi Ohno, also known as the "creator of kanban", and Shigeo Shingo, also known as the "creator of quick changeover, (SMED, single minute exchange of die)".

Toyota established such a system that integrated all internal workflow with each other and also with its suppliers. They have improved on all fields of business; from production in the first place, to the design of new products and also at marketing. They have shown the industry, how to introduce whole new products at the shortest time possible, providing a significant advantage over competitors, on the way to the market leadership among all automobile manufacturers.

As twenty years have passed from the revealing of "the machine", Lean Manufacturing has become the ultimate production system that has been discovered thoroughly, developed and optimised in the challenging aspects of many industries and exceeded the boundaries of the automotive industry. Now, lean techniques are also applied at the non-production industries, in order to increase productivity.

In Turkey, the interest and enthusiasm to the lean manufacturing has been growing, especially since the establishment of the Lean Institute Turkey Office in 2002, who has been organizing trainings and seminar activities and also been playing a major role on translation of international publications to Turkish language.

This thesis includes the work and the application steps held, on the material replenishment system that intended to be structured on two newly configured assembly lines at a TV production facility that had no experience with the lean manufacturing techniques or lean thinking philosophy.

The studies started with the present state analysis; detailed process maps has been drawn and the value stream map has been formed. By the evaluation of the present state process map, it has been clear that the replenishment activity of materials has been left to the experience and the carefulness of the material-picking operators. Even the simplest decisions that had to be cleared out way before the beginning of production like the assignment of the assembly stations and the material addresses, are decided just before the production starts, and mostly relied on the personal experience of the operators themselves. Inevitably, those decisions lead to higher setups and stoppages caused by the material replenishment, mostly when the production lots are small and there's not much time left to be organized.

The present state value stream map has lead to a three phase development plan, that are, the establishment of a kanban system and a synchronized line application between the assembly lines and the two internal manufacturing processes (main board assembly and plastic injection) and the storage areas.

Only the first of the above specified three phases, constitutes the content of this thesis, that is to establish a withdrawal kanban system via milkrun cycles between the assembly lines and the storage areas. The second and the third phases, that are the synchronized pull and kanban applications, are planned to be the forthcoming projects and excluded from the scope of the thesis.

At the withdrawal kanban application, classic type physical kanban cards has been preferred and in order to standardize the movement of kanbans between the assembly stations and the storage areas, a milkrun system is planned to be applied.

All the study depends on three fundamental steps: Assembly line balancing and line side design, Plan For Every Part (PFEP) and milkrun routing & time schedules.

By determining the monthly sales demand of the new product, the daily demand and the takt time was calculated. According to the takt time, it has been decided to handle the production with two dedicated assembly lines, each working two shifts per day.

Then the assembly line balancing study had been worked out with some constraints like, maintaining the lowest possible balance loss ratio, the lowest number of material racks, using the optimum number of assembly equipment and jigs etc.

The line balance provided the optimum layout of the materials and also the addresses of them, to achieve a place for every part. Also the arrangement and the configuration of the assembly stations were possible by the material allocation information available. The dynamic racks and the kanban collection bins were designed accordingly.

To manage the kanban calculations and the incoming material information, the PFEP (plan for every part) file was created. Structured on Microsoft Excel, the PFEP file simply contains all the information needed to create a kanban (card), like the part number and the description of the material, container type and capacity, the source and the destination addresses of the material etc.

Some materials had difficulties to adapt into the kanban/milkrun system. Some were beyond the reach of the milkrun routes and were excluded from the scope. The material called the LCD panel, was also inappropriate by means of physical measures and could not be stored at the work station with all possible varieties. So, a call system was designed, in order to pull the panels to the assembly line, with the right sequence at the right time.

After the kanban and call procedure has been designed, the milkrun routings and schedules had to be determined. A major advantage of the project was that, there was going to be only one tow truck to conduct the routing and therefore there was no need to optimize the vehicle routing.

Two main routes were assigned; one for the LCD panels and the other one for the materials with containers. Time schedules were formed in order to avoid any conflicts between kanban/milkrun controlled pull lines and the other push lines.

The line side hardware and the vehicle milkrun was procured and placed. Shortly after the detailed interactive trainings were given to both blue and white collar personnel, the new material replenishment system were deployed.

Consequently, the new system accomplished most objectives targeted at the beginning, like to ensure a reliable, robust system that standardized the material replenishment, to eliminate the line stoppage losses due to material transfer failures and to minimize the setup losses while mix production takes place.

WIP inventory levels had not been able to be reduced as planned, caused by the high levels of container capacities, indicated the importance of negotiating the material unit prices at the very first phase, within required parameters like minimum quantity with the minimum container size available. Nevertheless, the WIP became visible and manageable; giving a chance to improve the inventory levels.

The thesis is structured as a simplified application guide to the general concepts of lean manufacturing, kanban and milkrun that are described at the literature, for a company that is willing to adapt the system quickly, but have no or limited experience on lean manufacturing issues.

1.GİRİŞ

1.1 Yalın Üretim

1.1.1 Tarihçesi ve temelleri

Bütün bir üretim sürecini tam olarak birbirine entegre eden ilk kişi Henry Ford'dur. Ford, 1913 yılında Highland Park, Michigan'daki fabrikasında, birbirinin yerine kullanılabilir parçaları, standart iş ile birleştirerek ve konveyör sistemi ile hareket vererek, "akış üretimi" adını verdiği seri üretim şeklini yarattı [1].

Ford, gereken yerlerde özel amaçlı makineler ve geçer/geçmez masterlar kullanarak, imalat adımlarını işlem sırasına göre sıraladı ve bir otomobil için gerekli olan kompleleri, montaj hattı yanında dakikalar içinde hazır hale gelecek şekilde düzenledi. Bu, dönemin proses bazlı gruplanan genel amaçlı makineler ile atölye tipi üretim yapan Amerikan sistemine karşı devrimsel bir adımdı [1].

Toyota Üretim Sistemi (TÜS) olarak adlandırılan imalat felsefesi, Henry Ford'un icat ettiği seri üretim sisteminden sonra geliştirilmiş ikinci verimli iş sürecidir; belgelendirilmiş, analiz edilmiş ve sonra da dünyanın dört bir yanındaki çeşitli sanayi kuruluşlarına ihraç edilmiştir [2].

1930'larda Toyota'nın liderleri Ford ile General Motors'u (GM) ziyaret ederek montaj hatlarını incelediler ve Henry Ford'un "Bugün ve Yarın" (Today and Tomorrow) adlı kitabını dikkatle okudular. Taşıyıcı bant sistemini, hassas takım tezgahlarını ve ölçek ekonomisi fikirlerini kendi dokuma tezgahı üretimlerinde test ettiler. Toyota daha İkinci Dünya Savaşı öncesinde Japon pazarının ABD'deki gibi yüksek bir üretim hacmini kaldıramayacak kadar ufak ve talebin de dağınık ve yetersiz olduğunu görmüştü. (Toyota ayda 900 adet üretebilirken, ABD'de bir oto imalat hattı ayda 9,000 birim üretebiliyordu) Toyota yöneticileri uzun vadede ayakta kalabilmek için seri imalat yaklaşımını Japon pazarına uyarlamak zorunda olduklarının farkındaydılar [2].

1950'lerin başlarında, Ford'un seri üretim sistemi sınırlı sayıda modelden devasa miktarlarda üretmeye dayanıyordu. Bütün orijinal T-modellerinin siyah olması bu yüzdendi. Oysa Toyota, bunun tersine, aynı montaj hattını kullanarak farklı modellerden küçük miktarlarda üretmek zorundaydı, çünkü Japon pazarındaki müşteri talebi bir üretim bandının bütünüyle tek bir araca ayrılmasını kaldıramayacak kadar yavaştı. Ford'un elinde dünya kadar nakit para ve koca bir Amerikan pazarı ve uluslararası pazar vardı. Toyota az kaynak ve sermayeyle nakdi hızla çevirmek zorundaydı [2].

Toyota üst düzey yöneticileri 1950 yılında ABD'deki işletmelere 12 haftalık bir inceleme gezisi düzenlediler ve seri üretim tekniklerinin 1930'lardan beri pek değişmediğini gördüler. Gördükleri şey; kocaman makinelerin stoklarda depolanan büyük miktarda ürün imal etmesi ve sonra bu stokta yığılan ürünlerin bir başka büyük makine tarafından işlenmek üzere bir başka birime taşınması ve aynı şeyin sonraki adımlarda tekrarlanmasıydı. Bu süreç adımlarının çok büyük hacimlere dayandığını, bu adımlar arasındaki boşluk ve kesintilerin büyük miktarlarda malzemenin uzun süre stokta boşu boşuna yatmasına yol açtığını gördüler. Donanım maliyetlerinin yüksekliğine ve işçileri donanımları çalışır halde tutarak çalıştırma yoluyla parça başına maliyeti düşürme şeklindeki "verimliliğe" tanık oldular. Bol miktarda parça çıkaran ve makinelerle işçileri hiç boş bırakmayan yöneticilerin ödüllendirildiği geleneksel muhasebe önlemlerini gördüler; oysa bu sistem fazla üretime ve dengesiz bir akışa neden oluyor ve bu devasa yığılmalar arasında kusurlar haftalarca fark edilmeden gizlenebiliyordu. Atölyeler darmadağın ve kontrolsüzdü. Dev çatallı vinçlerin her yanına malzeme dağları yığıldığı fabrikalar imalathaneden çok depoya benziyordu [2].

Henry Ford kitabında imalat süreci boyunca kesintisiz malzeme akışı yaratmanın, işlemleri standartlaştırmanın ve israfı ortadan kaldırmanın önemini vurguluyordu. Fakat şirketi bu prensiplerden israf ile ilgili olanını her zaman uygulamıyor, dev stok yığınakları üreten ve bunları durmadan bir sonraki üretim aşamasına taşıyan üretim kümeleri oluşturuyordu. Toyota bunu Ford üretim sisteminin barındırdığı içsel bir kusur olarak değerlendirdi [2].

Toyota üretim yöneticisi Taiichi Ohno'nun vardı başlıca sonuçlardan biri, Toyota'nın başarması gereken şeyin kesintisiz akış olduğu ve o tarihlerde bunun en iyi örneğinin Ford'un kesintisiz çalışan montaj hattı olduğuydu [2].

Böylece Ohno, Toyota'nın birkaç fabrikasında "iş üzerinde öğrenme" turlarına girilerek, otonomasyon (jidoka) ve tek parçalı akış ilkelerini yaşama geçirmeye başladı. Yıllar içinde, Toyota Üretim Sistemi (TÜS) ortaya çıktı. Ayrıca, Amerikan süpermarketlerinden esinlendikleri "çekme sistemi" kavramı çok önemli fikirlerden biriydi. Bütün iyi yönetilen süpermarketlerde raftaki bir mal azaldığı anda hemen yerine yenisi konuluyordu. Yani malzemelerin yenilenmesini belirleyen, müşterinin tüketim düzeyi oluyordu [2].

1.1.2 Tanımı

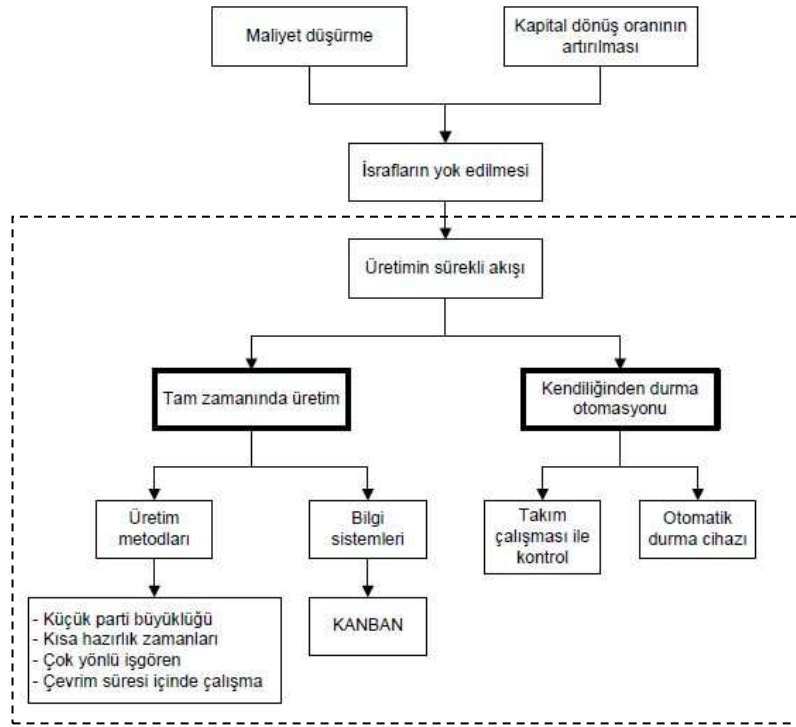
Kısaca Yalın Üretim; "en az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine de birebir uyabilecek/yanıt verebilecek şekilde, en az israf ve nihayet tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp, potansiyellerinin tümünden yararlanarak nasıl gerçekleştiririz?" arayışının bir sonucudur [3].

İngilizcede "Lean Production" veya "Lean Manufacturing" karşılığı olarak "Yalın Üretim" tanımlaması ilk kez, aynı zamanda "Dünyayı Değiştiren Makina" kitabının yayıncısı olan Amerikan MIT Üniversitesi bünyesindeki International Motor Vehicle Program (IMVP) tarafından 1990 yılında yapılmaya dek, Yalın Üretim TÜS olarak bilinirdi [3].

TÜS'ün temeli, operasyonel israfların yok edilmesine dayanır. Bu sistemi destekleyen iki ana konu: Tam Zamanında Üretim (TZÜ) ve Otonomasyondur (Jidoka) [4].

Şekil 1.1'de, Toyota Üretim Sistemi ve bu sistemin ana esasları verilmiştir. Tam zamanında üretim, temelde üretim metotları, yani üretim sahası organizasyonu ve bilgi sistemleri, yani iç haberleşme yetkinliğini gerektirir. Diğer bir deyişle TZÜ, bir işletmede bulunması gereken dört ana yapı taşını birbirine bağlar: ürün tasarımı, proses tasarımı, insani ve organizasyonel etkenler, üretim planlaması ve kontrol [4].

Toyota'nın üretim sistemi, bir çok yönden dünyadaki en gelişmiş tam zamanında üretim sistemidir. Stoklarını, Amerikan ve Avrupa otomobil üreticilerinden on kat, Japon rakiplerinden %50 fazla döndürebilmektedir. Diğer yandan, fiyat, kalite ve teslim süreleri bakımından oldukça rekabetçidir [4].



Şekil 1.1 : Toyota Üretim Sistemi Esasları [4].

Tam zamanında üretim, bir akış prosesinde, ihtiyaç duyulan “doğru” parçaların montaj sahasına tam olarak ihtiyaç olan “zamanda” ve “miktarda” ulaşmasıdır. Bu akışı tüm yapısına uydurabilen şirket “sıfır stok”a ulaşabilir. Üretim yönetimi bakışı ile bu ideal durumdur. Ancak otomobil gibi binlerce parçadan oluşan ürünlerde proses sayısı çok yüksektir. Üretim planına “tam zamanında” uygulamak çok zordur. Talep tahminindeki yanlış, dokümantasyondaki bir hata, kusurlu ürün ve tashih, ekipman arızaları ve devamsızlık gibi problemler söz konusudur. Önceki bir proste oluşan sorun, sonrasında kusurlu ürüne neden olur. Bu da üretim hattını durdurur veya üretim planını etkiler [5].

Bu nedenle, tam zamanında üretim için geleneksel yönetim metotları pek iyi çalışmaz. Malzemelerin tam zamanında tedarik edilebilmesi için, geleneksel yol önceki prosten sonraki proses yollamaktır. Ohno, malzeme transferinin tam ters yönde yapılması gerektiğini düşündü [5].

Sonraki proses önceki prosten ihtiyacı olan parçayı, doğru sayıda ve tam olarak ihtiyaç duyulan zamanda çeker. Önceki proses sadece çekilen parçaları üretir. Burada hangi parça ve kaç adet bilgilerinin bildirileceği bir haberleşme yeterlidir. Bu araç Kanban’dır; prosesler arasında üretim miktarının kontrolü için dolaştırılır [5].

Otonomasyon (Jidoka) ise, makinelere ilave edilen otomasyon ile hatalı parçanın anında tespit edilmesi ve hatalı şekilde üretimin devam ettirilmemesidir. Bu iki ana konu başlığının önemi, israfların elimine edilmesinde kilit rollere sahip olmalarıdır [5].

1.1.3 Yedi temel israf

Her fabrikada yapılan ürün farklı olsa da, fabrikalarda görülen tipik israflar çok benzerdir. Toyota yıllar süren iyileştirme faaliyetlerinden sonra, en göze çarpan ve Çizelge 1.1'de verilen yedi israf (Jap. Muda) türünü belirledi:

Çizelge 1.1 : Yedi İsraf Türü [6].

1	Fazla üretim
2	Bekleme zamanı
3	Taşıma
4	İşleme
5	Stok
6	Hareket
7	Ürün kusuru

1.1.3.1 Fazla üretim israfı

Toyota, fazla üretimin fabrikalarda sıkça görülen en kötü firelerden biri olduğu sonucuna vardı [6].

Fazla üretim israfı, genellikle iş hızlı yapıldığında ortaya çıkar. Böyle olduğunda daha çok hammadde tüketilir ve ihtiyaç olmayan çalışmaya ücret ödenir, dolayısıyla gereksiz stok yaratılır. Bu da ek bir malzeme yönetimi, stok tutmak için ek mekan, stokları taşımakta kullanılan para için bankaya ek faiz ödemesi demektir. Ayrıca stokları denetlemek üzere fazladan insan, fazladan evrak işi, fazladan bilgisayar, daha çok forklift ya da ambar alanı ve benzeri de gerekebilir [6].

Dahası, aşırı stok ilk elde yapılması gerekenler konusunda da karışıklığa yol açar. İnsanların zihnini dağıtır, acil amaçlara ya da işlere odaklanmalarını engeller. Sonuç olarak, üretimi kontrol etmek üzere fazladan insana ihtiyaç duyulur. İşgörenler çok dolu görüldüğü ve makineler gereksiz yere meşgul edildiği için, ihtiyaç var gibi yanılgılı bir kabulle ek ekipman alımı da yapılabilir [6].

Fazla üretim daha temel problemleri gözlerden saklayan zorluklar yarattığından, en kötü israflardan biri sayılır ve ortadan kaldırılması gerekir. Bunu yapabilmek için ihtiyacımız olan ilk şey, makinelerden ve işgörenlerden, pazarın talepleriyle örtüşecek şekilde tam olarak yararlanılıp yararlanılamadığını anlamaktır [6].

Üretimin her aşamasındaki işgörenler bir sonraki süreci basitçe kendi müşterileri olarak düşünmelidir, çünkü bir sonraki süreç bir önceki süreçte üretilen ürün üzerinde çalışmayı içerir. Sadece müşteri tarafından talep edilen miktarda, yüksek kalitede, düşük maliyetle ve gereken zamanda ürettiğimizden emin olmamız gerekir [6].

1.1.3.2 Bekleme zamanı israfı

Bekleme biçimindeki israf, önlem alınabilecek şekilde apaçık göz önünde olmalıdır. Örneğin, makineyi fazla üretimle meşgul etmek yerine, işgörenler, gereken miktarda iş bitirildiğinde işsiz kalmalıdır. İşyerindeki bu uygulamayla, nezaretçiler kapasiteyi daha iyi değerlendirebilir ve durumu daha kolay kontrol altına alabilirler [6].

Fabrikada etrafımıza baktığımızda, çalışan makineleri gözlemekten başka bir iş yapmayan işgörenler de görürüz. Kimileri, makinelerin gözlemlenmesi gerektiğini, böylelikle bir problem çıktığında hemen önlem alınabildiğini söyleyebilirler. Ama bu, bir işgörenin önlem alması için zaten çok geçtir. Anormal bir durum çıktığında makineyi otomatik durduran bir mekanizma ve işgöreni uyaran bir zil veya ışık olmalıdır [6].

1.1.3.3 Taşıma israfı

Gelen malzeme üretim hattına girmeden önce ambarda depolanmış olabilir. Böyle bir uygulamada, malzemeyi izleyen bir elemanın onu nerede arayacağı, ambarın neresinde depolayacağı, bir daha ne zaman çıkaracağı ve üretim hattında nereye teslim edeceği konusunda bilgilendirilmesi gerekir. Koordinasyonda bir kopukluk varsa bu eleman malzemeyi üretim hattından alıp tekrar ambara bırakmak zorunda bile kalabilir [6].

Kötü planlanmış yerleşimler uzun mesafede taşımayı gerekli kılabilir. Bu ayrıca parçaları iki ya da üç kere elden geçirmeye de yol açabilir; böylece düzensiz bir biçimde sağa sola atılmış parçalar sonra geçici ambarda tutulup stok yerine kaydırılır. Bir ürün tamamlanıncaya kadar fabrikada kaç kilometre yol kat ettiğimizi öğrenmek şaşırtıcıdır [6].

Bu israfı ortadan kaldırmak için, yerleşimde, süreçlerin koordinatlarında, taşıma yöntemlerinde, bina bakımında, işyeri organizasyonunda iyileştirmeyi dikkate almak gerekir [6].

1.1.3.4 İşleme israfı

İşleme yönteminin kendisi de israfa yol açan bir problem kaynağı olabilir. Örneğin belli bir püskürtme döküm işlemi, yüzeyin taşlanıp bitirilmesi için ek bir emek gerektirebilir. Ama döküm iyi yapılıyorsa ya da ürünün tasarımında imal edilebilirlik göz önüne alınmışsa, yüzey işlemi yapacak işgören gereksiz olabilir [6].

Donatılar iyi korunmamış veya hazır edilmemişse, işgörenler malzemeyi işlerken fazladan çaba harcamak zorunda kalabilirler. Böyle uygunsuz işleme yöntemleriyle kusurlu parçalar üretilmesi çok mümkündür [6].

Bir makinenin işletilmesini kolaylaştırmak için bazı donanımlar eklenebilir veya değiştirilebilir. Örneğin, bir hava silindiri ya da zincir ve zincir dişlisi kullanılması makineyle delme işlemini otomatikleştirmeye yardımcı olabilir [6].

1.1.3.5 Stok israfı

Stok israfı ürünün maliyetini artırır. Fazladan elleçleme, fazladan mekan, fazladan faiz yükü, fazladan insan, fazladan yazı-çizi vb. gerektirir [6].

Gereksiz stoğu azaltmak için aşağıdaki tedbirler alınmalıdır:

- Kullanılmayan malzemeleri ortadan kaldırmak,
- Bir sonraki süreçte gerekli olmayacak parçalar üretmemek,
- Malzemeyi büyük partiler halinde satın almamak veya getirmemek,
- Ürünleri küçük partiler halinde imal etmek [6].

Stoğa bağı pek çok problem, stok israfını ortadan kaldırma konusunda daha çok dikkat gösterilmesini gerektirir. Örneğin; kalite problemleri, uzun hazırlık süreleri, makine arızaları, iletişim problemleri, üretim hattında dengesizlik vb. [6].

1.1.3.6 Hareket israfı

Ürüne değer katmayan zaman olabildiğince ortadan kaldırılmalıdır. İşgörenlerin alet/ekipman araması bu israf türüne örnek gösterilebilir. Diğer tipik durumlar, malzeme veya alet/ekipmanı seçmek ve yerleştirmek, prosesler arası yürümektir. Bir işgörenin, birden fazla makineyi çalıştırma sorumluluğu varsa, makineler mümkün olduğunca birbirine yakın yerleştirilmelidir [6].

1.1.3.7 Ürün kusuru israfı

Bir istasyonda kusurlu ürün çıkıyorsa, bir sonraki istasyondaki işgören(ler) bekleyerek zaman kaybeder, dolayısıyla ürüne maliyet eklenir ve üretim zamanı uzar. Dahası, parçaları yeniden işlemek veya kusurlu ürünleri ayıklamak ta gerekebilir. Bir montaj işleminde kusurlu ürün ortaya çıktığında, ürünü tekrar demonte etmek için ek emek ve yeniden montaj için ek parçalar gerekli olur. Bu da, üretim programının yeniden ayarlanmasını gerektirir [6].

Kötü parçaları iyi parçalardan ayırmak da ek emek ister. Bu durumda hem malzeme israfı, hem de parçalara daha önce katılmış emek değerinin israfı söz konusudur [6].

Bir başka israf ta müşteri teslimden sonra kusur bulunduğunda ortaya çıkar. Bu durumda katlanılan yalnızca zararı tazmin etme maliyetleri ve ek teslim maliyetleri de değildir, aynı zamanda hem o müşteriyle gelecekteki işler, hem de pazar payı tehlikeye girer [6].

Bu problemleri ortadan kaldırmak için, kusurlu ürünleri ya da kusurlu ürün üreten koşulları belirleyecek ve var olan herhangi bir kişinin hemen önlem almasını sağlayacak bir sistem geliştirmek gerekir. Böyle bir sistem olmaksızın, zamandan tasarruf etmek için alınacak başka önlemler boşunadır. Ürünleri daha kısa sürede üretme kapasitesine sahip otomatik makineler, koruyucu bir sistem olmadıkça, çok hızlı bir şekilde kusurlu ürün üretebilir [6].

1.1.4 Yalın dönüşüm

Yalın düşüncenin temel ilkeleri aşağıdaki beş madde ile özetlenebilir:

- Belirli bir ürün için “değeri” kesin ve açık bir şekilde tanımlamak,
- Her ürünün değer akışını saptamak,
- Değerin kesintisiz akışını sağlamak,
- Müşterinin değeri üreticiden “çekmesini” sağlamak,
- Mükemmellik peşinde koşmak [7].

1.1.4.1 Değeri tanımlamak

Değer ancak nihai müşteri tarafından tanımlanabilir. Değer tanımının anlamlı olabilmesi için, müşterinin ihtiyaçlarını belli bir zamanda belli bir fiyattan karşılayan belli bir ürün veya hizmet cinsinden ifade edilmesi gerekir [7].

Yalın düşünce, değer, belli müşterilerle oluşturulan diyalog sonucunda, belli fiyatlarla sunulan, belli yetkinliklere sahip olan belli ürünler cinsinden tam ve doğru olarak tanımlanmasına yönelik bilinçli bir çabayla başlamak zorundadır [7].

Bunu gerçekleştirmenin yolu, mevcut varlıklar ile teknolojileri görmezlikten gelmek ve firmaları güçlü, ürün odaklı ekiplere dayalı ürün grupları temelinde yeniden düşündürmektir. Tabii bu ayrıca, firmalardaki teknik uzmanların rollerinin yeniden tanımlanmasını ve değer nereden yaratılacağı konusunun yeniden düşünülmesini gerektirir. Gerçekçi açıdan bakıldığında, hiçbir yönetici bu değişikliklerin hepsini bir anda uygulamaya koyamaz, ancak burada önemli olan nokta, gerçekten neye ihtiyaç duyulduğu konusunda berrak bir görüşün oluşabilmesidir. Aksi takdirde, değer tanımının çarpıtılması kaçınılmazdır [7].

Özetle, değer doğru tanımlanması, yalın düşüncenin ilk kritik adımıdır. Yanlış ürün veya hizmetin doğru biçimde üretilmesinin sonucu israftır [7].

1.1.4.2 Değer akışını tanımlamak

Değer akımı, belli bir ürünün işletmedeki üç kritik yönetim görevinden geçirilmesi için gerekli olan tüm belli adımları gösterir: kavramsal boyutla başlayıp, ayrıntılı tasarım ve mühendislik çalışmalarından, üretimin başlamasına kadarki süreci içeren *problem çözme görevi*, siparişlerin alınmasından başlayıp ayrıntılı çizelgeleme çalışmalarıyla teslimatın yapılmasını içeren *bilişim yönetimi görevi* ve hammaddeden müşteriye ulaşan nihai ürüne dönüşümü içeren *fiziksel dönüşüm görevi* [7].

Yalın düşüncenin bir sonraki aşaması, her ürün için değer akımının *bütünüyle* tanımlanmasıdır. Firmaların nadiren gerçekleştirme girişiminde bulundukları bu aşama, hemen her zaman inanılmaz boyutlarda israfın varlığını ortaya çıkarır [7].

Değer akımı analizleri, özel olarak, hemen her zaman bu akım boyunca üç tip hareketin ortaya çıktığını gösterir:

- Yaratılan değer, kuşkuyla yol açmayacak kadar belirgin olduğu işler.
- Değer yaratmadığı halde, mevcut teknolojiler ve üretim varlıkları nedeniyle kaçınılmaz olan işler.
- Hiç değer yaratmayan ve hemen kaldırılabilir işler [7].

Yalın düşünce, bütüne bakabilmeyi, yani kavramsal boyuttan ayrıntılı tasarıma ve fiili uygulamaya, ilk satıştan sipariş girişleri ve üretim çizelgeleri ile teslimata ve uzaklarda üretilmiş hammaddelerden müşterinin elindeki ürüne dönüşümü gerçekleştirerek, belli bir ürünün yaratılıp üretilmesini sağlayan faaliyetler kümesine bakabilmeyi gerektirmektedir. Bu bütünsel bakışı gerçekleştirmeye uygun örgütsel mekanizmaya *yalın işletme* denir [7].

1.1.4.3 Akış sağlamak

Değer tam olarak tanımlanınca, belli bir ürün için değer akımı haritasını hazırlayan ve akım üzerinde israfa yol açan aşamaları kaldıran yalın işletmede, artık yalın düşüncenin bir sonraki aşaması başlatılabilir: değer yaratan aşamaların *akış* halinde olmasının sağlanması [7].

Akış ilkesinin potansiyelini ilk algılayan Henry Ford olmuştur. Ford, 1913 yılı sonbaharında, T model arabanın montaj süreci için gerekli işçiliği, son montaj hattında sürekli akış ilkesini uygulayarak %90 oranında azaltmıştır. Bunun ardından, T model arabanın parça imalatında kullanılan tezgahları doğru şekilde sıralayıp, hammaddeden bitmiş ürünün teslimatına kadar düzgün bir akış sağlamaya çalışarak, benzer bir üretkenlik sıçraması elde etmiştir [7].

Ford'un bu yönteminin uygulanabilmesi, yüksek üretim hacimleri, her üründe tamamen aynı parçaların kullanımı ve 19 yıl boyunca aynı modelin üretilmesi gibi özel durumlar ile mümkün olmuştur [7].

İkinci Dünya Savaşından sonra, Taiichi Ohno ile aralarında Shigeo Shingo'nun da bulunduğu teknik asistanları, asıl sorunun, bir üründen milyonlarca yerine, onlarca ya da yüzlerce talep edilen ufak parti üretimi ortamlarında sürekli akışı gerçekleştirmek olduğu konusunda görüş birliğine varmışlardı. Ohno ve arkadaşları, düşük hacimli üretim ortamlarında, çoğunlukla montaj hatları da kullanmadan, ancak bir üründen diğerine geçişteki hazırlık işlemlerini hızlandırıp, tezgah boyutlarını ufaltarak ve böylelikle farklı süreç aşamalarını (kalıplama, boyama ve montaj gibi) hemen ardı sıra gerçekleştirip, işlenmekte olan ürünün sürekli bir akış halinde tutulmasını sağlayarak üretimde sürekli akış elde edebilmişlerdir [7].

1.1.4.4 Çekmeyi sağlamak

Müşterinin gerçekten istediği ürünleri, tam da istediği anda tasarlayabilme, çizelgeleme ve imal edebilme becerisini kazanmak demek, satış tahmini işlemlerini bir yana bırakıp, sadece müşterinin istediği ürünlerin üretimine odaklanabilmek demektir. Yani müşteriye, çoğunlukla da istemediği ürünleri ürünün istenmeden *itilmesi* yerine, müşteri istediğinde ürünün *çekilmesi* sağlanmaktadır [7].

1.1.4.5 Mükemmellik

Organizasyonlar değeri doğru tanımlamaya başlayıp, değer akımının tümünü belirleyerek, ürün bazında değer yaratan aşamaların sürekli akmasını ve müşterilerin değeri işletmeden çekmelerini sağladıklarında, çalışanlar bir taraftan ürünleri müşterilerin gerçek ihtiyaçlarına yakınlaştırma, diğer taraftan iş yükleri, zaman, maliyetler ve hataları azaltma süreçlerinin sonunun olmadığını görmeye başlarlar [7].

Müşterilerle doğrudan diyalog içinde çalışan ürün odaklı ekipler, değeri daima doğru tanımlamanın yollarını bulacaklar, akışı ve çekmeyi güçlendirmenin yollarını öğreneceklerdir [7].

Mükemmelliğin en önemli hızlandırıcısı şeffaflıktır. Yalın bir sistemde herkes (tedarikçiler, montajcılar, distribütörler, müşteriler, çalışanlar) her şeyi bütünüyle görebildikleri için, değer yaratmanın daha iyi yollarını bulmak kolaylaşır. Ayrıca sistem, iyileştirmeleri gerçekleştiren çalışanlara anında ve çoğunlukla olumlu geri bildirim sağlamaktadır; bu da yalın iş ortamlarını hızlandırıcı en temel unsurlardan biridir [7].

1.1.5 Yalın üretim uygulama adımları

Bir şirkette yalın felsefenin oluşturulabilmesi yüksek oranda yönetim desteği ve adanmış işgücünün yanında bir yol gösterici (sensei) gerektirmektedir. Tipik olarak bir şirkette Yalın Üretimin devreye alınması, şirket hacmine bağlı olmak üzere asgari 1-2 yıl sürmektedir. Uygulama yaklaşımı, dört ana faza indirgenebilir:

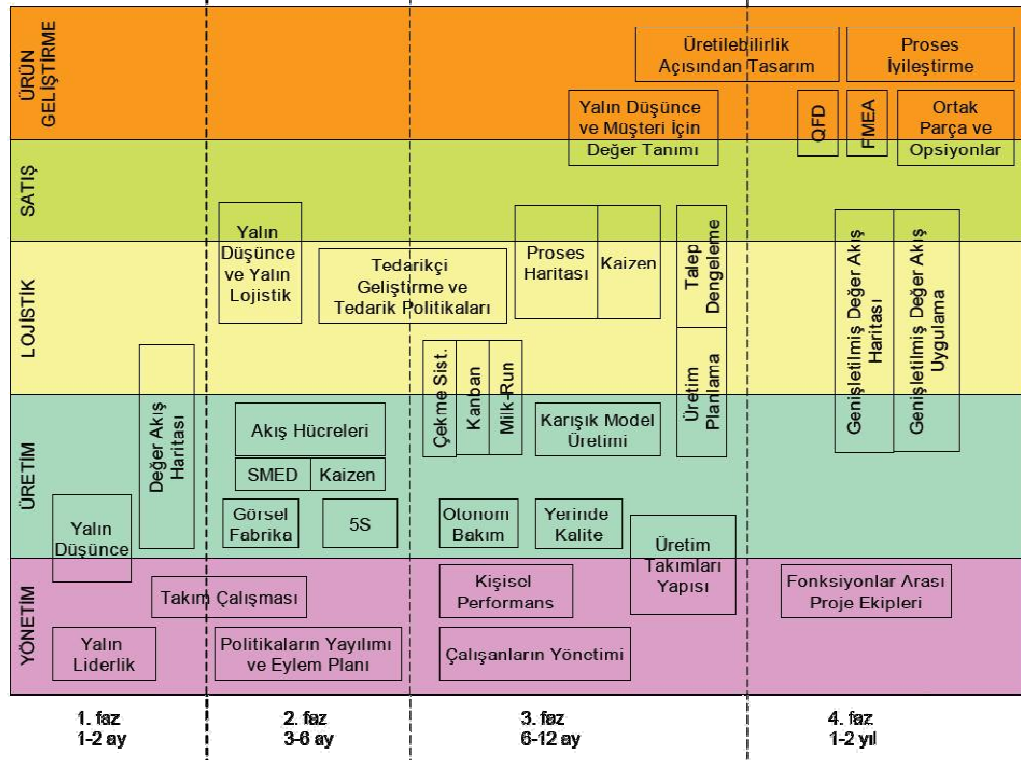
Bilgilendirme ve Planlama Fazı: Yalın düşünce ve yalın üretimin temel kavramları üzerine farkındalık yaratılır ve değer akış haritası çalışması yapılır.

Yalın Üretim Fazı: Değer akış haritası sonuçlarına göre, akış sistemleri ağırlıklı uygulamalar yapılır. Mavi ve beyaz yaka katılımı gereklidir.

Yalın Şirket Fazı: Değer akış haritası sonuçlarına göre, çekme sistemleri ağırlıklı uygulamalar yapılır; destek iş süreçlerinin iyileştirilmesi amaçlanır. Bilişim sistemleri ve maliyet ile ilgili bölümlerin de yoğun katılımı gereklidir.

Yalın Değer Zinciri Fazı: Genişletilmiş değer akış haritası çalışması yapılır. İlk katman tedarikçiler ve müşteriler ile ortak çalışmalar yürütülür. Ürün geliştirme sürecinin yalınlaştırılması için çalışma başlatılır [8].

Şekil 1.2’de, Yalın Üretim alt araçlarının zaman ve departman bazında dağılımı görülmektedir. İdeal bir yalın dönüşümünde, ilk adımda üst yönetim ve orta seviye yönetici seviyesinde yalın farkındalık yaratılması ve yalın düşüncenin yerleştirilmesi, yalın işletmeye giden dönüşüm yolundaki en önemli adımdır.



Şekil 1.2 : Yalın Üretim Uygulama Aşamaları [8].

Firma yönetiminin yeni üretim yönetimi şeklini benimsemesinin ardından, “üretim” için içine katılır ve temel yalın araçlarından olan “Değer Akış Haritası” oluşturma aşamasına geçilir. Burada tespit edilen süreç iyileştirme ihtiyaçları doğrultusunda bir yandan operasyonel alanlarda görsel fabrika uygulamaları başlatılırken, diğer yandan 5S (Japonca “S” harfi ile başlayan beş kelime ile özetlenen, iş sahasındaki Tertip Düzen Disiplini), SMED (Single Minute Exchange of Dies, Hızlı Kalıp Değişimi) ve Kaizen (Japonca, küçük sürekli iyileştirmeler yapmak) uygulamalarına başlanır, üretim hat yapısı mümkün olduğunca akış hücrelerine çevrilir.

Bu nokta ile birlikte “lojistik” tarafı da işin içine girer. Üretim tarafında üretim kayıplarının azaltılması amacıyla, bakımda Toplam Üretken Bakım (Total Productive Maintenance, TPM) ve buna bağlı otonom faaliyetleri ve kalitede hata azaltma çalışmaları organize edilirken, lojistikte malzeme hareketlerinin düzenlenmesi amacıyla, içeride çekme sistemleri, kanban ve milkrun (çekme esaslı, tekrarlı malzeme dağıtım sistemi) uygulamaları ve dışarıda da tedarikçi geliştirme programları devreye alınır.

Sistemin dengeli çalışabilmesi için önemli parametrelerden biri olan “Talep Dengeleme” konusunun gündeme alınabilmesi, “satış” tarafının işin içine girmesini gerektirir. Satış / pazarlama / ürün yönetimi ekiplerinin, müşteri ile birlikte “değer” tanımının güncel tutulmasına çalışması beklenir. Buradan da kritik araçlardan QFD (Quality Function Deployment, Müşteri Odaklı Tasarım) kullanımı, doğru özellikli nihai ürünün tasarlanabilmesi açısından ürün geliştirme / tasarım grupları için önemli girdi oluşturacaktır.

QFD kısaca, müşteri gereksinimlerinin, ürünün endüstriyel tasarım, ürün geliştirme, mühendislik, üretim ve satış sonrası hizmetleri ile birbirine bağlanmasını hedefleyen, 1960’larda Japonya’da geliştirilmiş bir kalite metodolojisidir [9].

Son aşama, tasarım tarafında yeni ürün geliştirme süreçlerinin, üretilebilirliğin ve ortak parça kullanımının ön plana çıkarıldığı bir şekle getirilmesini içerir. Bu aşama ile birlikte yalın anlayış organizasyona yerleştirilmiş olur.

1.2 Değer Akış Haritalandırma

“Değer akışı”, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünü olduğu açıklanmıştı [10].

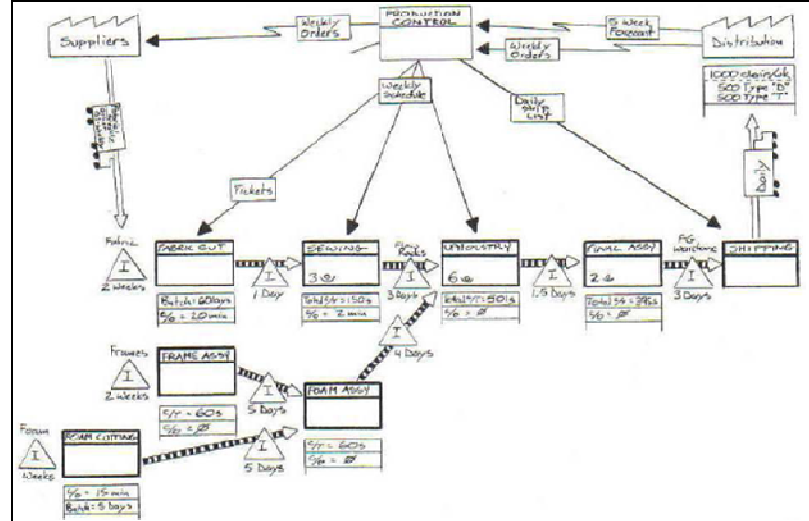
Değer akışı haritalandırma ise, ürünün geçtiği değer akışı boyunca oluşan malzeme ve bilgi akışının görülmesine ve anlaşılmasına yardımcı olan bir “kağıt kalem” tekniğidir [10].

Üretim akışı içinde, ilk akla gelen fabrika içindeki *malzeme* hareketi akışıdır. Fakat, her prosese daha sonra ne yapacağını söyleyen başka bir akış daha vardır: *bilgi* akışı [10].

Yalın üretimde, bilgi akışı da malzeme akışı ile aynı öneme sahiptir. Toyota ve tedarikçileri, kitle üreticiler ile aynı temel malzeme dönüşüm proseslerini (pres, kaynak, montaj gibi) kullanabilirler, fakat Toyota fabrikaları üretimlerini oldukça farklı düzenlerler. Burada sorulması gereken soru şudur: “Bir prosesin yalnızca bir sonraki prosesin istediği şeyi, istediği zaman üretmesi için bilgiyi nasıl akıtmalıyız?” [10].

1.2.1 Mevcut durum değer akış haritası

Müşteriden tedarikçiye kadar ürünün üretim yolu izlenir, malzeme ve bilgi akışında yer alan her proses dikkatli şekilde, standart semboller kullanılarak çizilir. Oluşturulan bu harita “mevcut durum” haritasıdır. (Şekil 1.3)



Şekil 1.3 : Mevcut Durum DAH Örneği [10].

Mevcut durum haritası çizilirken, belli bir ürün grubu seçilmeli, o ürün grubu için hammadde ve yan sanayilerden gelen parçaların sisteme giriş noktasından başlamak üzere, üretim süreci detaylıca incelenmelidir. Bunun için, kronometreler ile malzeme girişinden itibaren ürünün tek tek hangi süreçlerden geçtiği saptanmalı, her bir işlem sürecinin ne kadar sürdüğü ölçülmelidir. Ürüne değer katan süreçler arasındaki tüm beklemler ve stok ambarlarındaki beklemler de tek tek saptanmalı ve bu bilgiler sistemli şekilde kağıda dökülmelidir.

Mevcut durum haritalandırmasının bir diğer amacı da, ürünün fabrikadaki malzeme girişinden başlayarak, bitmiş halde ürün haline gelene kadar geçirdiği toplam sürenin (lead time) saptanmasıdır. Bu sürenin saptanmasında ürünün herhangi bir işlemde makine başında işlenmek için beklediği süre, stok ambarlarında beklediği süre kadar önemlidir ve mutlaka saptanmalıdır. Bunun için önce makineler arasında işlenmek için paletler halinde bekleyen WIP (Work In Process, Proses İçi Stok) ürün adedi saptanmalı, elde edilen sayı takt süresine bölünmelidir [3].

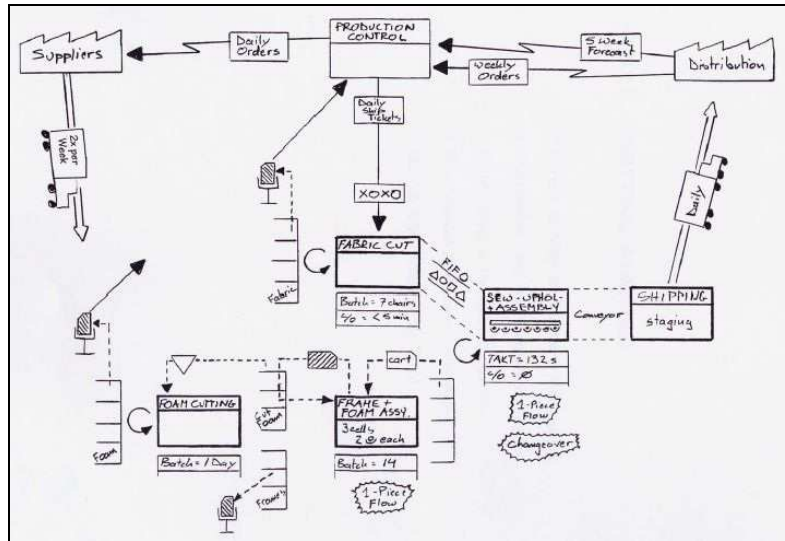
Takt (tempo) süresi, müşteri isteklerini karşılamak için, satış seviyesine bağlı olarak bir parça veya ürünün hangi sıklıkla üretilmesi gerektiğini belirtir. Takt süresi, kullanılabilir çalışma süresinin (saniye), müşteri talebine (adet) bölünmesi ile elde edilir [10].

Bu şekilde, stok bilgisinden bekleme zamanı bilgisine ulaşılır ve harita altındaki zaman eksenini oluşturulur. Zaman ekseninin üst tarafı gün cinsinden beklemleri (stoklar dahil) gösterirken, alt tarafı ise saniye / dakika bazında katma değerli işçilik miktarını gösterir. Eksenin her iki tarafının toplamalarının birbirine oranı ise, o işletmenin “yalınlık derecesini” ifade etmektedir.

1.2.2 Gelecek durum değer akış haritası

Mevcut durum haritası elde edildikten sonra yapılacak ilk iş, üretimin yalın sisteme göre nasıl organize edileceğini gösteren bir Gelecek Durum haritası hazırlamak ve yalın geçişi ilk aşaması olarak bu haritayı uygulamaya geçirmektir.

Şekil 1.4’te örnek bir gelecek durum haritası görülmektedir.



Şekil 1.4 : Gelecek Durum DAH Örneği [10].

Gelecek durum haritalandırmanın en kritik kriterlerinden biri, üretim temposunun kendisine göre ayarlanacağı bir “hız ayarlayıcı” (pace-maker) işlemi saptamaktır. Değer akışında, müşteriye en yakın kurulan hat (genellikle son montaj hattı), o ürün için hız ayarlayıcı olur. Amaç, tek parça akışını tüm fabrikada gerçekleştirmek, tüm üretim sürecini tek parça akışına göre yeniden organize ederek sürekli akış elde etmektir [3].

Eski sistemde (mevcut durum), günlük iş emirleri üretim içinde yer alan tüm makine, hat ve işlem noktalarına ayrı ayrı iletilirken, yeni sistemde (gelecek durum) iş emri ve takt süresi sadece hız ayarlayıcı hatta gönderilir ve bu hatta oluşturulacak üretim hızı, “çekme” modeline göre kendisinden önce gelen üretim istasyonlarına da aktarılır [3].

Hız ayarlayıcı hat ile parti üretimi gerçekleştiren makine / prosesler arasında, “kanban” aracılığıyla bir çekme ilişkisi yaratılmalıdır. Yalın literatürde bu organizasyonun adı “süpermarket” sistemidir. Amaç, süpermarkette her zaman olabilecek minimum sayıda işlenmiş ürün paletinin hazır stok olarak tutulmasıdır. Sistem işleyişinde kanbanlardan yararlanılır [3].

SMED uygulamalarının işletme ve yan sanayi tarafında yaygınlaştırılması, özellikle parça çeşitliliğinin yüksek olduğu işletmelerde, süpermarket stok hacminin düşük tutulabilmesi açısından kritik önemi vardır. Kalıp değişim süreleri sıfıra yaklaştıkça, süpermarket kullanımı da terk edilerek direkt beslemeli senkronizasyona geçilebilir.

1.2.3 Gelecek durumu gerçekleştirme

Çizilen gelecek durum haritasının, kısa bir süre içinde gerçekleştirilmek üzere projelere dönüştürülmediği sürece hiç bir değeri yoktur. Gösterilen çabanın tamamı katma değersiz bir faaliyete dönüşür [10].

Gelecek durumu gerçekleştirme bir kerede yapılamayacağından, öncelikle akış haritasının, çevrimler bazında bölümlere ayrılması gerekir [10].

Her çevrim için gelecek duruma ilişkin amaçlar ve hedefler net olarak ortaya konur. Bu aşamada spesifik ve sayısal hedefler konulması önemlidir. Toplam çevrim süresini 168 saniyenin altına indirmek, süpermarkette 2 günlük bitmiş ürün stoğu tutmak gibi [10].

Elde edilen fikirler, “Değer Akış Planı”na dönüştürülmelidir. Bu plan aşağıdaki konuları kapsar:

- Tam olarak, adım adım ne yapılacağına planlandığı,
- Ölçülebilir hedefleri,
- Gerçek termin süreleri, kimlerin gözden geçireceği ve kilometre taşlarını [10].

Değer akış planı kapsamındaki projeler, periyodik olarak (aylık, üç aylık) gözden geçirilmeli, yönetim kadrosu tarafından denetlenmelidir [10].

1.3 Kanban

Kanban, tam zamanında üretimi sağlamanın aracıdır; üretim hattının sinir ağı haline gelir. İşgörene karar verme sorumluluğu verir, yönetici ve amirlere nerede nelerin yapılması gerektiğini açıkça gösterir. Proseste ve makinelerde iyileştirme yapmayı teşvik eder [5].

İsraf noktalarının elimine edilmesine yönelik çalışmalar yapılmasına işaret eder. Bir üretim ortamında Kanban, işgücü ve stok ihtiyacının azaltılması, hatalı üretimin yok edilmesi ve sürekli arızaların önlenmesi konularında güçlü bir araçtır [5].

Tam zamanında üretim, gereken parçaları gereken zamanda, gereken miktarda, üretim sürecinin her adımında en ekonomik biçimde üretmek demektir. İdeal olan, hem işletme içinde, hem de tedarikçi fabrikalarında düzgün üretim akışları olmasıdır [6].

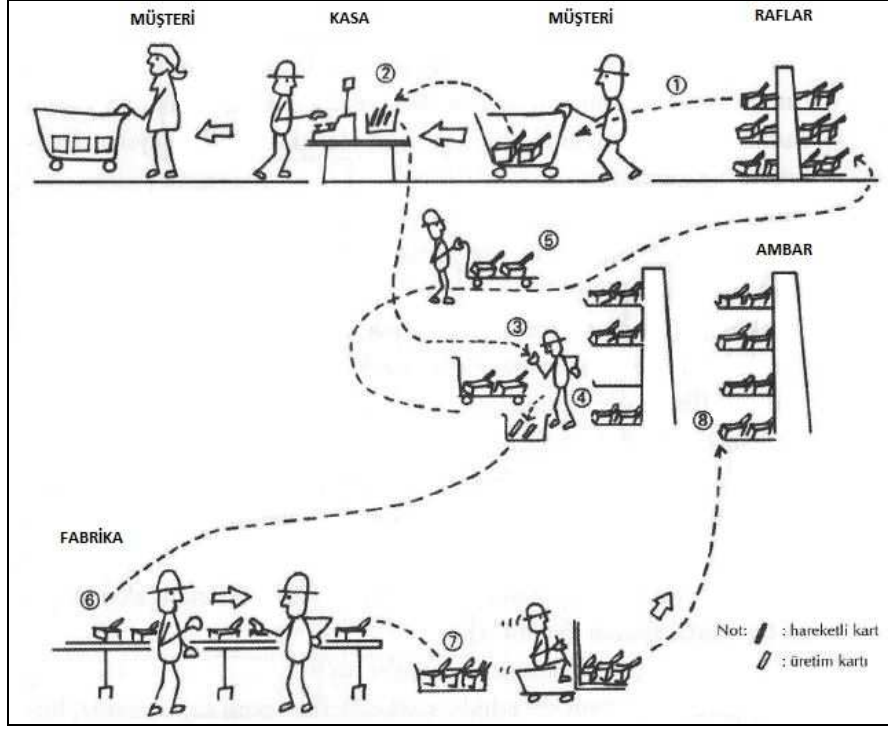
Hızlı kalıp değişimi, ürün eksenli yerleşim, tek parçalı akış üretimi düzenlemelerinin yanı sıra, birden çok süreci idare etme ve düzleştirilmiş / karma üretim, böyle bir akış geliştirmeye yardımcı olur [6].

Süreçler arasında fiziksel bir mesafe olduğunda ise, veya kaynak yönündeki süreçlerde uzun bir imalat süresi olduğunda, süreçlerin birbirine bağlamanın yolu düşünülmelidir. Bu süreçler, görünmez konveyörlerle birbirine bağımlı gibi işlemelidir [6].

Kanban, Japonca'da "açıklama kartı" anlamına gelir ve üretim kontrolü araçlarından biridir. Kanban'ın etkili biçimde işlev görmesi, sadece TZÜ'nün diğer unsurları ile, örneğin düzleştirilmiş / karma üretimle, iyi işyeri organizasyonu ve akış üretimiyle bir arada olması halinde sağlanır [6].

Kanban, yukarıda belirtildiği gibi, dönemin Toyota yöneticilerinden Taiichi Ohno'nun, 1950'lerdeki ziyaretleri sırasında Amerikan süpermarket işleyişinin, fabrika ortamında da uygulanabileceği keşfi ile ortaya çıkmış bir üretim yönetim aracıdır [6].

Süpermarket ortamında kart sisteminin işleyişi Şekil 1.5'te verilmiştir.



Şekil 1.5 : Süpermarket Kavramı ve Kanban Kullanımı [6].

Müşteriler raflardaki malları seçip almalarının öncesinde, mallara kanbanlar iliştilmiş olacaktır. Kasada müşteriler faturayı öderken bütün kanbanlar toplanır, böylelikle belli bir dönemde hangi maldan ne kadar satıldığı bilinir. Toplanan kartlar satın alma bölümüne götürülür ve kartlarda belirtilen miktardaki mallar ambardan çekilerek yine raflara yerleştirilir [6]. (Çekme kanbanı, hareketli kart)

Ambara bağlı bir tedarikçi fabrikanın olduğu düşünüldüğünde, ambarda stoklanmış mallara “üretim kartı” iliştilir. Mallar ambardan çekilmeden önce, üretim kartları ayrılmalı ve doğru hareketli kartlarla eşleştirilmelidir [6].

Bu aşamada, satılan mal miktarına eşit sayıda üretim kartı mevcuttur. Ambarda ayrılan bu kartlar üretim alanına ulaştırıldığında, kartlar üzerinde yazılı miktarda üretim yapılacak ve kartlar mallarla eşleştirilerek, ambara gönderilecektir. Çevrim bu şekilde tamamlanmış olur [6].

Malzeme idaresi ve üretim faaliyetlerinde bu “süpermarket” yöntemiyle, tüm programlama ve sevk işleri azalabilir, malzeme akışı ve üretim, kartların idaresine katılan işgörenlerin her biri tarafından kontrol edilebilir. Dolayısıyla, programlama ve sevk elemanlarının rolü değişebilir ve basitçe izleme ya da güncelleştirme sistemi haline gelebilir [6].

1.3.1 Kanban yapısı

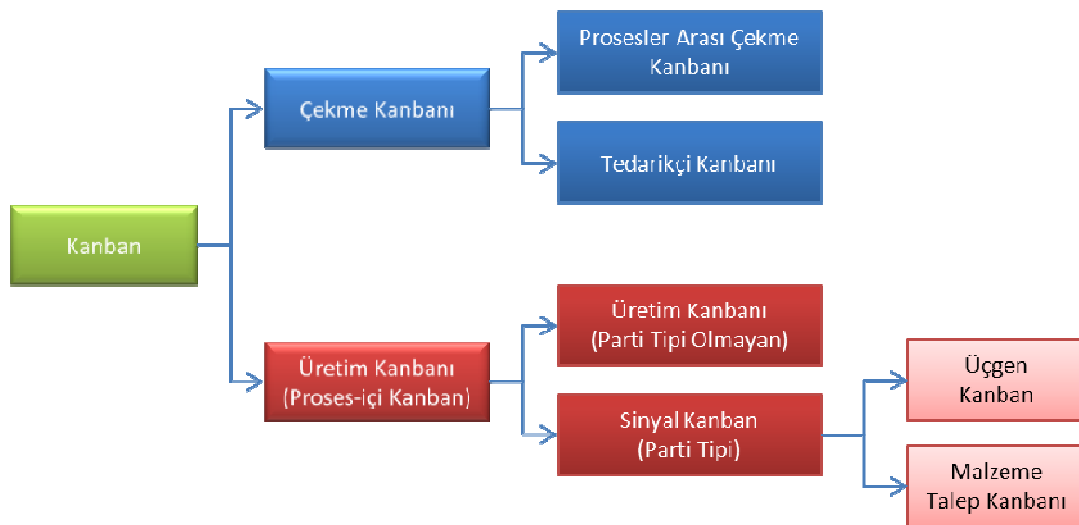
Toyota üretim sisteminin temelini oluşturan operasyonel metot olan Kanban, ilk ve yaygın kullanım formu olan, üzeri vinil veya PVC (Polivinil Klorür) kaplı kağıt parçasıdır [5].

Bu “kağıt parçası”, üzerinde üç kategoride tarifledebilecek veri içerir:

- Toplama Bilgisi,
- Transfer Bilgisi,
- Üretim Bilgisi [5].

1.3.2 Türleri

Temel olarak iki tür kanban vardır: *Çekme Kanbanı* ve *Üretim Kanbanı*. Bu iki kanban türü fonksiyonel olarak, uygulamaya özel durumlara göre Şekil 1.6’da gösterildiği şekilde çeşitlenebilir.



Şekil 1.6 : Kanban Çeşitleri.

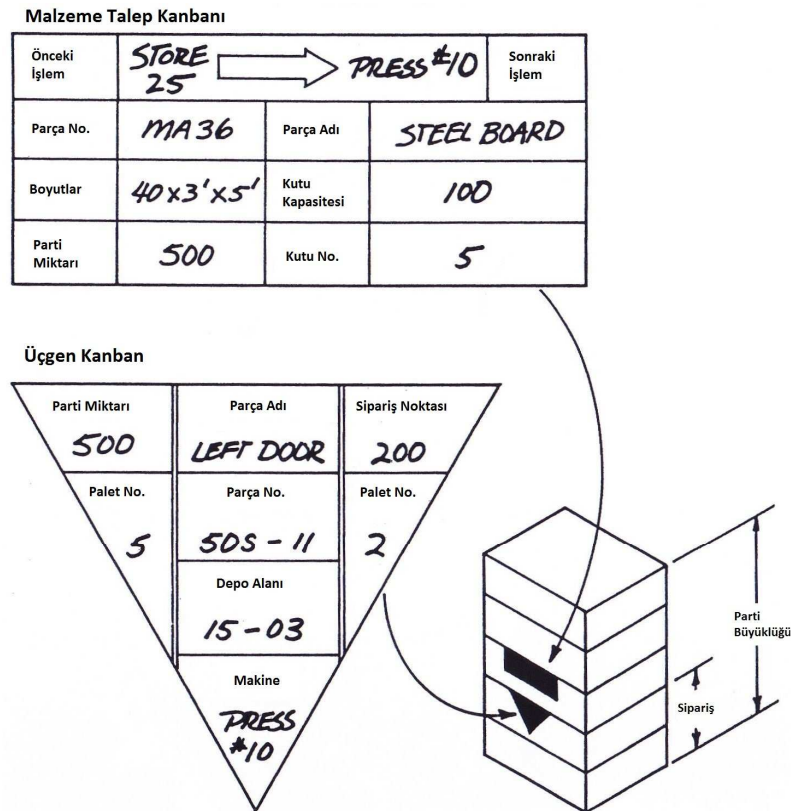
Çekme kanbanının iki çeşidinden biri olan prosesler arası kanban, süpermarket olarak kullanılan atölyeler arası veya tedarik edilen malzeme depo alanından malzeme çekmeyi koordine etme amacıyla kullanılır [11].

Diğer çekme kanbanı uygulaması olan tedarikçi kanbanı, kanban uygulayan ana sanayi firmasının, tedarikçilerinden temin ettiği malzemeleri "tam zamanında" teslim etmelerini istediğinde kullanılır. Burada önemli noktalardan biri, tam zamanında üretim ve sevkiyat yapılmaya başlandığında, tedarikçilerin buna hazır ve istekli olmalarıdır; aksi taktirde saat bazında teslimat yapmak zorunda kalan tedarikçilerin bunu yüksek stok ile karşılamaları gerekir ve zarar görürler [11].

1982 yılı itibariyle Toyota tedarikçilerinin %98'i ile tedarikçi kanbanı kullanıyordu, fakat tedarikçilerin yalnızca %50'si kendi işletmelerinde üretim kanbanı uyguluyordu [11].

Üretim kanbanı çeşitlerinden olan normal tip üretim kanbanı, montaj hatları ve hazırlık zamanlarının hemen hemen sıfır olduğu diğer alanlar için kullanılır [11].

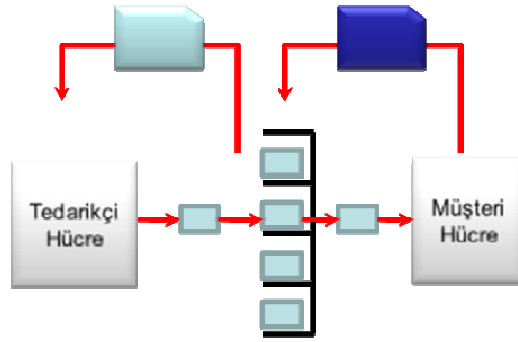
Sinyal kanbanı ise, pres, döküm, enjeksiyon kalıbı gibi alanlardaki parti tipi üretimde kullanılır. Sinyal kanbanı çeşitlerinden üçgen kanban, parça stoklama alanlarında önceden hesaplanmış seviyeye (yeniden sipariş seviyesi) yerleştirilerek, yine önceden hesaplanmış üretim miktarı kadar üretim siparişi oluşturulur [11].



Şekil 1.7 : Sinyal Kanban Türleri [11].

Şekil 1.7'deki üçgen kanbanda, malzeme miktarı 200 adete düştüğünde, 10 numaralı preste 500 adetlik parti halinde malzeme basılması gerektiği gösteriliyor. Şekilde aynı zamanda ikinci sinyal kanban türü olan malzeme talep kanbanı görülüyor. Malzeme tüketilip bu kanban açığa çıktığında, kart 25 numaralı bölgeye gönderilir ve buradan 10 numaralı prese 500 adetlik malzeme gönderilmesi gerektiği bilgisi iletilmiş olur [11].

Değer akış haritasındaki kanban gösteriminde kullanılan şekli ile, Şekil 1.8'de bir tedarikçi hücre ile bu hücrenin ürettiği yarı-mamulleri kullanan bir müşteri hücre görülmektedir. Aralarında ise, kontrollü bir stok alanı olan “süpermarket” simgesi bulunmaktadır.



Şekil 1.8 : Kanban Akışının Simgesel Gösterimi.

1.3.3 Uygulama kısıtları

Her ne kadar prensip oldukça kolay gözükse de, sahadaki şartlar bu ideal durumu sağlıklı şekilde uygulamaya elverişli olmayabilir.

Eğer bir işletmede aşağıdaki durumlar mevcut ise, kanban uygulaması zor veya imkansız olabilir:

- Düzenleştirilemeyen üretim,
- Proses yerleşimlerinde bozukluk,
- İşlerin standartlaştırılamaması,
- Düşük miktarl, devamı olmayan iş emirleri,
- Yüksek hazırlık süreleri,
- Hurda kayıpları,
- Talepteki büyük ve öngörülemeyen dalgalanmalar [11,12].

Yalın üretime göre bozukluk olarak tanımlanabilecek yukarıdaki durumların varlığı ile birlikte kanban uygulanması durumunda, asli amaç gerçekleşmeyecek, kanbanın kendisi tehlikeli bir silaha dönüşerek stok birikmesine neden olacaktır.

1.3.4 Kanban kuralları

Kanban sisteminin işletileceği üretim ortamında, tam zamanında üretimin amacına ulaşabilmesi için, aşağıda verilen kurallar dahilinde bir uygulama disiplini sağlanması önemlidir.

- Akış yönündeki süreç elemanları, sökülmüş kanban kartının üzerindeki bilgiye uygun olarak, kaynak yönündeki süreçten gelen parçaları edinmelidir.
- Üretim sürecindeki işgörenler, kanban üzerindeki bilgiye uygun olarak parçaları üretmelidir.
- Hiç kanban yoksa üretim yapılmayacak ve malzeme taşınmayacaktır.
- Kanban, parçaların üretim ya da taşınma emri için dolaşımda olmadığı sürece, parça kutusuna konulmamalıdır.
- Üretim sürecindeki işgörenler, parçaları kutularına koymadan önce, bunların %100 kaliteli parçalar olduğundan emin olmalılar.
- Süreçleri daha iyi bağlamak ve iyileştirmek üzere israfı açığa çıkarmak için, kanban sayısı zamanla azaltılmalıdır [5,6].

1.3.5 İtme sistemi - çekme sistemi

TZÜ, kanban veya "sıfır stok" adı verilen sistemlerin başarılı uygulamalarında, envanter seviyelerinin ve akış sürelerinin önemli oranda düşürülmesi sağlanmıştır. Ne var ki, kanban çok fazla sayıda üretim ortamında uygulanamaz. Kanban, yapısı gereği, tekrar eden üretim şekli için uygun bir sistemdir; siparişe dayalı bir ortamda çalışmayacaktır [13].

İtme sistemi olarak bilinen Malzeme İhtiyaç Planlaması (Material Requirement Planning, MRP) ile çekme sistemi olan kanban birbiri ile kıyaslandığında, çoğu firmaya göre, MRP genel olarak kanbana göre daha uygulanabilir görünür. Fakat uygulanabildiğinde ise, kanban üstün sonuçlar oluşturur. Bu üstünlükler, üretim ortamı, sıralama ve kontrol etkileri olarak gruplanabilir:

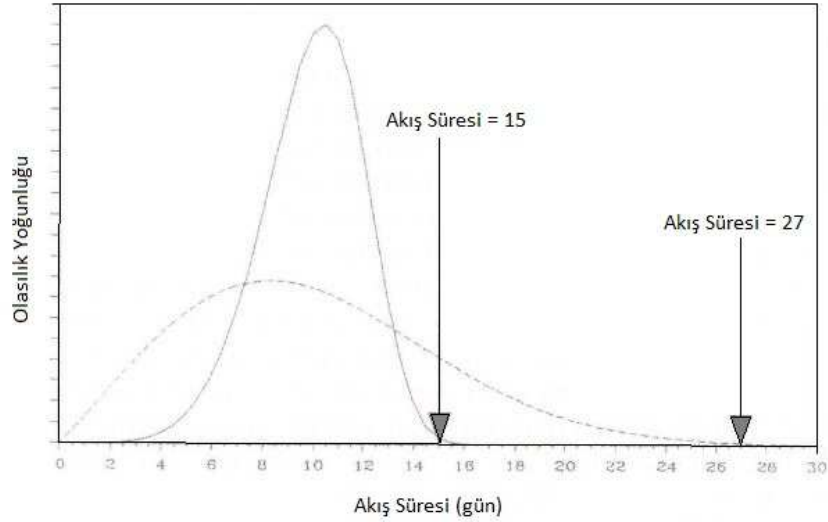
Üretim Ortamı Etkisi: Kanban, dengelenemeyen ve öngörülemeyen talep dalgalanmalarının olduğu üretim ortamlarında kullanılamaz. Diğer yandan, MRP hemen her kesikli üretim ortamında kullanılabilir [13].

Kanbanın, üretim ortamının şekillendirilmesini zorlaması gerçeği, önemli bir üstünlüktür. Kanban sayısı ile kontrol edilen WIP stok seviyesinin düşürülmesi, üretim problemlerini su yüzeyine çıkarır [13].

Sıralama Etkisi: İtme sistemleri "açık sıralama ağı" ve çekme sistemleri ise "kapalı sıralama ağı" olarak modellenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonunda, kapalı sistemin her iş istasyonunda, açık sistemden daha az ortalama WIP stoğuna sahip olduğu görülmüştür. Sonuçta, çekme sistemindeki toplam sistem WIP stoğu ve ortalama akış süresi, itme sistemine göre daha düşük olmaktadır [13].

Ayrıca, çekme sistemlerinde akış süresinin değişkenliğinin (varyans), eşdeğer bir itme sistemindekinden daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun sebebi, çekme sisteminde her iş istasyonundaki işlem sayısının negatif yönde ilişkili olmasıdır. İtme sisteminde herhangi bir ilişki mevcut değildir. Bu davranışa "negatif bağımlılık" adı verilir [13].

Düşük akış süresi ortalaması ve değişkenliğinin reel kazanımları vardır; daha düşük WIP ve bitmiş ürün stoğu. Şekil 1.9'da, akış süreleri eşit ortalamaya ve farklı değişkenliğe sahip iki üretim sistemi gösterilmiştir. Akış süresi 15 gün olduğunda, düşük değişkenlikli üretim sisteminde 15. güne kadar daha fazla sayıda işlem tamamlanır ve hizmet düzeyi daha yüksektir. Aynı zamanda, 15. güne yakın zamanda daha fazla sayıda işlem tamamlanır ve bu şekilde mamul stoğu için daha az zaman harcanmış olur. Eşit malzeme akış oranları (throughput rate) söz konusu olduğunda, daha düşük değişkenliğe sahip sistemin, daha düşük ortalama mamul stoğu bulunur [13].



Şekil 1.9 : İtme / Çekme Sistemleri, Akış Zamanları Karşılaştırması [13].

Kontrol Etkisi: Çekme sistemlerinin diğer bir üstünlüğü, WIP kontrolü sağlamasıdır. Bir itme sistemindeki WIP ve malzeme akış oranı dalgalanmaları, akış sürelerinin sabit olduğu kabulünü ihlal eder. Formül (1.1)'de verilen Little Yasası bu durumu açıklar [13]:

$$Ortalama_Akis_Süresi = \frac{Ortalama_WIP}{Ortalama_Malzeme_Akisi} \quad (1.1)$$

WIP'teki artışı kontrol etmenin yanında, çekme sistemlerinin kontrol edilmesi iki sebeple daha kolaydır:

WIP doğrudan gözlemlenebilirken, itme sistemindeki kapasite "öngörülür". Kapasite hesapları, çok sayıda verimlilik faktörlerine bağlı olduğundan ve bu faktörler, üretim karması ile birlikte değişebiliyorken, öngörü yapmak zorlaşır [13].

WIP seviyesi belirlemede yapılacak hatanın çekme sistemine olumsuz etkisi, hatalı kapasite öngörüsünün itme sistemine vereceği zarardan çok daha azdır [13].

1.3.6 Uygulamadaki farklılaşmalar

Kanbanın orijinal hali ile uygulanması, kanban dışındaki diğer yalın üretim ön şartların sağlanamadığı bazı sektörlerde ters etki yaratarak olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir.

Uzun hazırlık süreleri (setup), dengesiz ve değişken talep, standart dışı operasyon zamanları, çok fazla çeşitli malzeme / donanım kullanımı, ham madde teminindeki

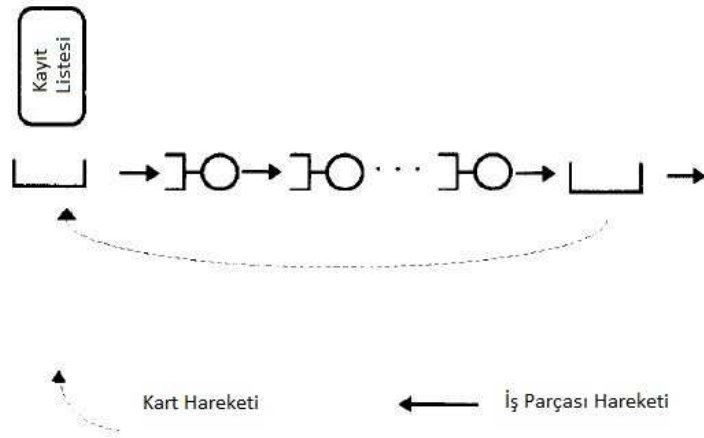
belirsizlikler gibi sorunlar yaşanan organizasyonlarda klasik kanban uygulaması ile hedeflenen stok düşümü sağlanamamakta, sürekli akışta sorunlar yaşanmaktadır [14].

Bu nedenle araştırmacılar klasik kanban prensiplerine büyük ölçüde bağlı fakat uygulamada farklılıklar içeren uyarlama ve varyasyonlar geliştirmişlerdir. Bu uyarlamaların en bilinenleri CONWIP (Constant Work In Process) ve POLCA (Paired-cell Overlapping Loops Of Cards With Authorization)'dır.

1.3.6.1 CONWIP

CONWIP, kanbanın genelleştirilmiş halidir. Kanban gibi elektronik sinyaller veya kartlar ile çalışır. CONWIP sisteminde, kartlar tüm üretim hattını kapsayan bir devre üzerinde dolaşır [13].

Hattın en başında, standart malzeme kutusu üzerine bir kart iliştilir. Hattın sonunda kutu içindeki malzemeler kullanıldığında, kart ayrılır ve başka bir malzeme kutusuna iliştilirmek için kart sırasına girmek üzere hattın başına gönderilir. İşleyiş şematığı Şekil 1.10'da verilmiştir [13].



Şekil 1.10 : CONWIP Çalışma Şematığı [13].

Kanban sisteminde, her kart tek bir spesifik malzemenin üretim sinyalini oluşturur. CONWIP üretim kartları ise üretim hattına atanmıştır ve malzemeye özel değildir. Hattın başında, malzeme numaraları kartlara atanır. Malzeme numaraları ile kartlar, referans olarak tutulan bir kayıt listesi ile eşleştirilir. Üretim hattının ilk işlem alanında çalışma gerektiğinde, kart sırasındaki ilk kart alınır ve kayıt listesinde ilk malzeme ile işaretlenir. Malzeme numarası eşleştirme zamanı da kart üzerine "sisteme giriş zamanı" olarak yazılır [13].

Kayıt listesinin işletilmesi, üretim ve stok kontrol işgörenlerinin sorumluluğundadır. Çoğu durumda, kayıt listesi ana üretim programından oluşturulur. Diğer durumlarda, kesin siparişler alındıkça kayıt listesine eklenir. Yetkili kişilerin kayıt listesine müdahale ederek malzeme numarası ekleyip çıkartmalarına izin verilir, fakat işlem alanı boşta bekliyor olsa bile, hiç bir şekilde, kart olmadan üretim başlatılmasına müsaade edilmez. En düşük sistem giriş zamanına sahip olan işlem ilk olarak başlatılır. Tek istisna tashih ürünleridir; en yüksek öncelik bunlardadır [13].

Çekme sistemleri WIP stoğunu kontrol altında tutup malzeme akış oranını ölçtüğünden, "doğru" malzeme akış oranı seviyelerini garanti edecek mekanizmanın kurulması gerekebilir. Azami kapasitesinin üzerinde talebi olan bir üretim bandında, olabildiği kadar hızlı üretim yapabilmek için, bahsedilen mekanizmaya ihtiyaç olmayabilir. Tersi durumda ise, hedef üretim seviyesinin ve hedeften düşük veya yüksek kalma durumunda alınacak aksiyonların belirlenmesi amacıyla kontrol parametreleri belirlenmelidir [13].

Bir CONWIP hattı için aşağıdaki parametrelerin optimizasyonu gerekir:

Kart Sayısı: Hattın azami WIP stoğu seviyesini belirler.

Üretim Kotası (q): Bir zaman aralığı için hedeflenen üretim miktarıdır.

Azami Hat Çıkışı İş Yüğü Miktarı (n): Herhangi bir andaki üretim sayısı ($q+n$) kadar ise, hat bir sonraki zaman dilimine kadar durdurulur.

Eksik Kapasite Tetiklemesi: "t" anında gerçekleşen üretim miktarı fonksiyonudur. Tetikleme fonksiyonu, fazla mesai gibi ilave kapasite ataması gereğini gösterir [13].

Özetle CONWIP, atölye seviyesinde girdi/çıkış kontrolü yapmak için bir metottur. Sistemde boş bir yer açılmadığı sürece yeni bir iş başlatılmaz. Darboğaz istasyonun boş kalmaması için hat üzerinde yeterli sayıda iş olmalı, fakat işlerin de çok beklememesi için de sayı az olmalıdır. Bu denge tutturulduğunda, sistemde fazla akış süresi veya WIP stoğu yaratmadan, azami çıktı elde edilmiş olur [13].

1.3.6.2 POLCA

POLCA uygulamasını tanıtmadan önce, 1998 yılında Amerikan Wisconsin-Madison Üniversitesi'nden Prof.Dr.Rajan Suri tarafından ortaya atılan ve Yalın Üretim Sistemine alternatif olarak sunulan QRM (Quick Response Manufacturing, Hızlı Tepki Üretimi) sistemini inceleyelim.

QRM, şirketlerin üretkenliklerini geleneksel maliyetle ilişkili performans metrikleri ile izlemeyi terk ederek, yalnızca akış sürelerinin düşürülmesine odaklanması gerektiğini savunan üretim felsefesidir [15].

Çizelge 1.2 : Yalın Üretim ve QRM Karşılaştırması [16].

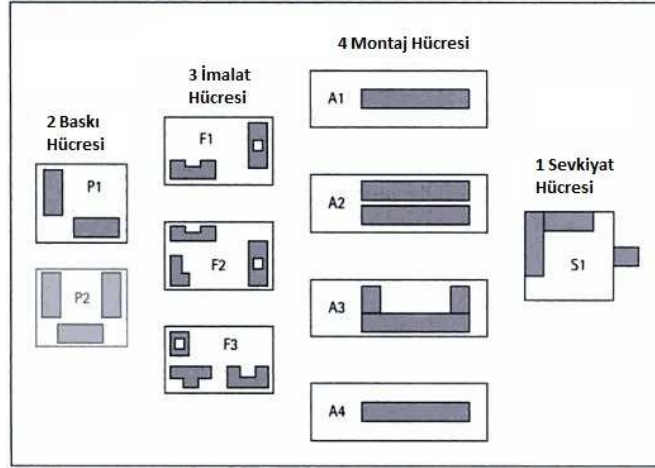
Yalın Üretim	QRM
İsrafların sistematik şekilde elimine edilmesi, sürekli iyileştirmeye götürür.	Akış süresinin düşürülmesi, sürekli iyileştirme ve israfların eliminasyonu ile sonuçlanır.
Tek parça akışı hedeflenir.	Tek parça akışı gerekli değildir; ürün yapısı gereği küçük parti üretimi gerekebilir.
Takt süresi ve dengelenmiş planlama ile akış desteklenir. Tüm üretim alanında dengelenmiş takt sürelerinin elde edilmesi için detaylı iş elemanı analizi ve iş standartlaştırılması gerekir.	Kurumsal esneklik, zaman dilimleme ve sistem dinamiklerinin açığa çıkartılması gibi tekniklerin kullanımı ile geniş ölçüde değişken ürün taleplerini karşılama yeteneği desteklenir.
Tedarikçiler, akış gerekliliklerini çekme sinyalleri ile sağlarlar.	Tedarikçiler "hızlı tepki"yi, operasyonlarını değiştirerek ve müşteri ile olan etkileşimlerini yeniden tanımlayarak sağlarlar.
Çekme, malzeme beslemeyi tetikler: bir gönder, bir üret. Bu, sevk edecek bitmiş ürün stoğu olacağını ima eder. Ayrıca, tedarik zincirinin her noktasında stok tutulması gerekir. Nihai ürün çeşidi fazla ise, çok fazla ürün stoğu olması gerekir. Özel tasarım ürünlerde çalışmaz.	Çok yüksek ürün çeşitliliği olan şirketlerde özel olarak kurgulanır. QRM'in amacı, bir siparişi olmadığı sürece o işi başlatmamaktır. Malzeme planlama ve sipariş verme için itme sistemini, sıkışıklığı önlemek için düzenlenmiş çekme yaklaşımı kullanılır.
Dengeli talep gerektirir.	Öngörülemeyen ve hızlı değişen talep durumunda kullanılır.
Tam zamanında teslimatı, ilk öncelikli performans kriteri olarak vurgular.	İlk öncelikli ölçüt, akış süresinin düşürülmesidir.

Sistem altyapısı Toyota Üretim Sisteminden gelir; atölye yerleşimi hücrelerden oluşur, makine kapasitelerinin tam kullanımı yerine akışa önem verilir, israfların eliminasyonu ve çekme tipi üretim konuları aynen korunmaktadır. Çizelge 1.2'de Yalın Üretim ve QRM arasındaki karşılaştırma verilmiştir [16].

Özetle QRM stratejisi, müşteriye özel tasarımı ve düşük parti miktarlı üretim yapan veya çok çeşitli ürün yelpazesine sahip olup, üretiminin ara aşamalarında bu çeşitliliğe karşılık gelecek yüksek stoğu karşılayamayacak işletmeler için etkin olarak kullanılabilir [16].

Bu noktada, QRM'in malzeme kontrol yöntemi olan POLCA ortaya atılmıştır.

Şekil 1.11'de, örnek olarak alınan XYZ şirketinin mevcut üretim hücrelerinin yerleşimi görülmektedir. Ürün akışında sırasıyla baskı, imalat, montaj hücreleri bulunmakta ve tüm ürünler tek olan sevkiyat hücrelerinde paketlenerek sevk edilmektedir. Her ürün sırasıyla bu hücre ailelerine uğramalıdır, fakat her ürün için sıralı hücre dizilimi farklı olabilir [16].



Şekil 1.11 : XYZ Şirketinde Üretim Hücreleri Dağılımı [16].

POLCA olarak adlandırılan QRM malzeme kontrol ve dağıtım sistemi üç unsur gerektirir: yüksek seviyeli MRP sistemi, hücresel organizasyon ve tek seviyeli ürün ağacı [16].

POLCA, MRP ve kanban sistemlerinin bakış açılarını birleştirirken, üretimdeki tıkanmalar ve aşırı WIP stoğunu kontrol edecek dört anahtar özelliğe sahiptir:

Üretim siparişi yetkileri, MRP aracılığıyla yaratılır.

Hücreler arası malzeme hareketlerinin haberleşme ve kontrolü, POLCA kartları aracılığıyla sağlanır. Hücre içi istasyonlar arası malzeme kontrolü için kanban veya benzeri bir sistem kullanılabilir [16].

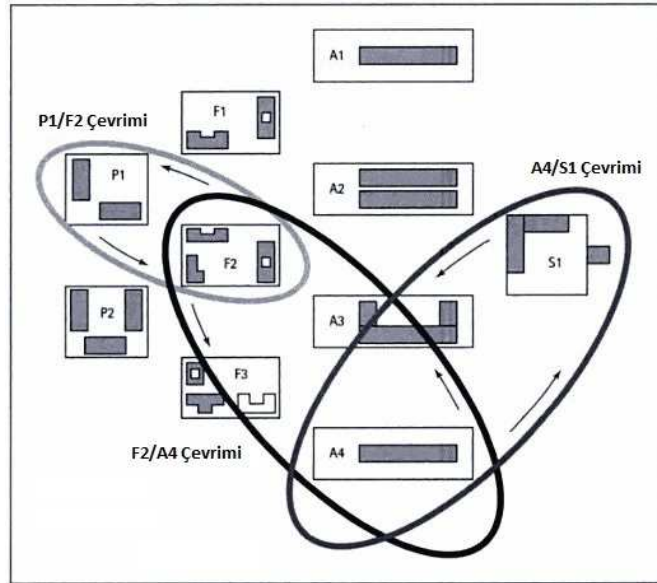
POLCA üretim kontrol kartları ürüne özel olmak yerine, bir hücre çiftine atanır. Bir siparişin rotasında gelen hücre P1, sonrasında gidilecek hücre F2 ise, belli sayıdaki

bu kartlara P1/F2 kartları adı verilir. Şekil 1.12'de örnek olarak P1/F2 kartı görülmektedir [16].



Şekil 1.12 : Örnek POLCA Kartı [16].

Her POLCA kartı, atandığı işe, üzerinde yazılı hücre çifti boyunca eşlik eder. Örneğin iş P1 hücresine geldiğinde kart iliştilir, sonraki hücre olan F2'ye birlikte giderler ve F2'de işlem tamamlanıp bir sonraki hücreye gideceği aşamada kart ayrılır ve tekrar P1'e gönderilir. Bu şekilde üretim hattı boyunca birbirini takip eden, Şekil 1.13'te görülen çevrimler oluşturulur [16].



Şekil 1.13 : POLCA Kartlarının Akışı [16].

Başlangıç hücresinin işe başlaması öncesinde MRP tarafından, nihai ürünün gerçekleşmesi için geçmesi gereken hücreleri sırasıyla içeren bir rota bilgisi yayınlanır. Sonrasında da MRP'de tanımlı işlem zamanları ile yetkilendirmeyi ve dolayısıyla önceliklendirmeyi yönetmesi beklenir [16].

Özetle, bir hücrenin üretim yapmaya başlaması için üç şartın yerine getirilmesi beklenir; işin (malzeme veya alt komple) olması, boşta uygun adresli POLCA kartı olması ve MRP tarafından verilmiş yetki. Bu üç şartı bir araya getiren siparişle önceliklendirilerek işleme başlanır. Bir hücre çiftine ait POLCA kartı sayısı ise, o hücrelerin akış süreleri ve planlama süresi boyunca günde ortalama kaç parça geçişinin olacağı bilgisi ile tayin edilir [16].

1.3.6.3 Diğer kanban uyarlamaları

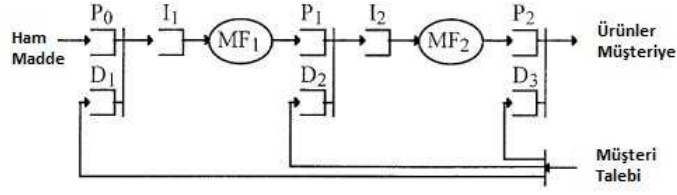
Kanban, bir şirketin (Toyota) spesifik ihtiyaçlarını karşılamak üzere, şirkete özel imalat ve pazar şartlarında etkin olarak çalışması amacıyla yaratılmıştır. Bu şartlar, tüm organizasyonlar için aynı olmadığından, literatürde kanban sistemi ile ilgili kısıtlar raporlanmıştır [14]. (*Kanban Uygulama Kısıtları* bölümünde incelenmiştir)

Kanban sistemini orijinal hali ile kullanmadaki operasyonel ve sektörel zorluklar nedeniyle ve diğer şirketlerin gerçeklerine uyum sağlayabilmek amacıyla, sisteme varyasyonlar ve uyarlamalar geliştirilmiştir. Kanban sistemini doğrudan referans veren ve orijinal kurguyu kullanarak geliştiren uyarlamalar ve melez uygulamalar aşağıda kısaca tanıtılmıştır:

Genişletilmiş Kanban Kontrol Sistemi: Kanban ve "Baz Stok" kontrol sistemine alternatif olarak geliştirilen sistem, bu iki yöntemin müşteriye hızlı tepki vermek ile düşük WIP stoğu tutmak arasında denge tutturamadığını savunur. Genişletilmiş kanban sisteminde, bitmiş ürün talebi tüm üretim aşamalarına bölüştürülür ve anında ilgili proseslere gönderilir. Buradaki önemli konu, her aşamadaki üretimin, talebe dayanmasıdır. Üretimi sınırlayan, sonraki aşamalara malzeme transferi emrini oluşturan sinyallerdir [17].

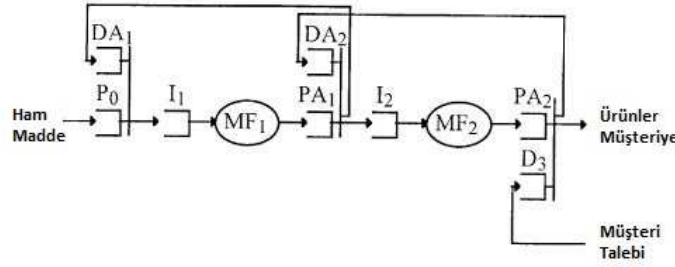
Genişletilmiş kanban sisteminin şematik gösterimi öncesinde, benzerliklerin ve farklılıkların net algılanması amacıyla, ilk önce baz stok ve kanban sistemlerinin şematik gösterimleri verilecektir.

Şekil 1.14'te *baz stok* işleyişinin şematik gösterimi verilmiştir. Burada müşteri talebi oluştuğunda, D_3 talebi P_2 ürününün müşteriye gönderilmesini sağlar. Aynı anda D_2 ve D_1 talepleri sırasıyla P_1 'den I_2 'ye ve P_0 'dan I_1 'e parça gönderilmesini sağlar [17].



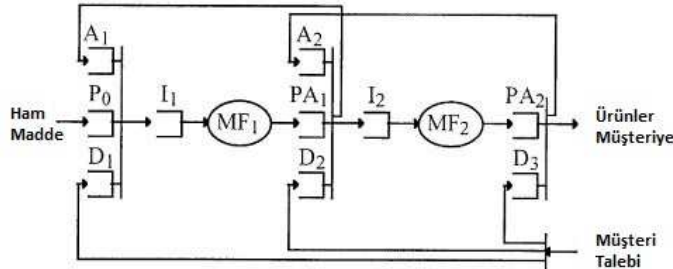
Şekil 1.14 : Baz Stok İşleyişi [17].

Şekil 1.15'te *kanban* işleyişi gösterilmektedir. Önceki bölümde bahsedildiği gibi, müşteri talebi D_3 , yalnızca son noktaya gönderilir. PA_2 'de ürün mevcutsa müşteriye gönderilir ve bu anda kanban ile birlikte DA_2 talebi oluşturularak, PA_1 'den I_2 'ye parça akışı sağlanır. Önceki istasyonda da işlem benzer şekilde gerçekleşir. Kanbanda üretim kontrolü, sadece kanbanın (kartın) o üretim noktasında bulunma durumu ile sağlanır. Kanban varsa üretim yapılır, yoksa yapılmaz [17].



Şekil 1.15 : Kanban İşleyişi [17].

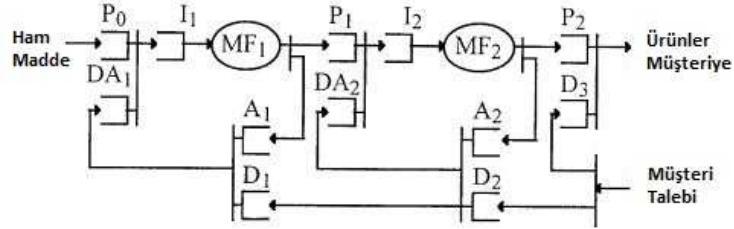
Genişletilmiş kanbanda, talep sisteme ulaştığında, D_3 , D_2 ve D_1 'e aynı anda iletilir. D_2 talebinin ulaştığı üretim noktasında, PA_1 'de bitmiş yarı-mamul mevcut ise, aynı zamanda A_2 'de de kullanılabilir kanban olması durumunda I_2 'ye gönderim yapılır. Üç ana şartın yerine getirilmesi beklenir; talep, mamul, kanban [17]. (Şekil 1.16)



Şekil 1.16 : Genişletilmiş Kanban İşleyişi [17].

Genelleştirilmiş Kanban Kontrol Sistemi: Genelleştirilmiş kanban, klasik kanbana çok benzer; yalnızca sistemde ilave kanbanlar mevcuttur. Kanbanda, herhangi bir aşamada bitmiş mamul (veya yarı-mamul) yoksa, bir önceki üretim noktasına talep

(üretim emri) gönderilemez. Genelleştirilmiş kanbandaki bu ilave kanbanlar, bu kısıtı giderme görevini üstlenir. Bir üretim noktasındaki *bitmiş ürün olmasa bile*, kanban kartı olduğu sürece bir önceki üretim noktasına talep gönderilir. A1 ve A2, ilave kanbanların bulunduğu sıra kutusunu temsil eder [17]. (Şekil 1.17)



Şekil 1.17 : Genelleştirilmiş Kanban İşleyişi [17].

Uyarlamalı (Adaptive) Kanban: Dengesiz talebin olduğu iş ortamlarında, alternatif malzeme akış kontrolü olarak geliştirildi. Bu sistem, stok seviyesi, gelen iş emirleri ve ürün talepleri bakımından, prosesler için ne zaman ve nasıl sinyal oluşturulacağı kararlarından oluşur. Simülasyon sonuçları, dengesiz talep durumunda orijinal kanban sistemine göre sevkiyat gecikmelerinde azalma göstermektedir [14].

Eş Zamanlı Sipariş Sistemi: Kanbandan ana farkı, üretim ve malzeme transferi emirlerinin, son aşamadaki gerçek talepteki tüm prosesler için eş zamanlı olarak verilmesidir. Bu emirlerin yayınlanabilmesi için, her aşamanın üretim ve transfer sinyalleri, nihai ürün üzerine etiketler ile işlenir. Gelen siparişler, nihai ürün stoğu ile karşılanır ve sinyal etiketleri çıkartılır, ayrılır ve ilgili tüm proseslere geri gönderilir [14].

Dağıtılmış Tepkisel (Decentralized Reactive) Kanban: Çok aşamalı üretim sistemlerinde ve talepte dengesiz değişimlerde, iyi performans vermeye odaklanır. Bağımsız olarak her iş istasyonunun stok kontrolünü hedefler; böylece talep karşılanırken, WIP stoğu ortalamasını düşük tutar ve gelen siparişi karşılama süresi ortalamasını azaltır [14].

Dinamik Ayarlı Kanban: Sinyal sayısında, dolayısıyla stok seviyesinde, dinamik olarak ayarlama yapar. Sinyal sayılarının değiştirilmesi, dengesiz talep ortamında başarılı üretimi için belirleyici bir etkidir [14].

Elektronik Kanban (e-Kanban): Fiziksel sinyaller, yani kartların yerine elektronik sinyaller kullanılır. Bu sistemin temel avantajı, şirket dışındaki kullanımlarda yan sanayi ile haberleşmede iyileştirme sağlaması, sipariş miktarlarının gönderilmesi ve

Üretim miktarlarının alınmasında anlık ve hassas veri sağlamasıdır. Üretim prosesleri arasında mesafe ne kadar fazla olursa olsun, hızlı iletişim sağlar ve dokümantasyonu azaltır [14].

1.4 Milkrun (ekme Esaslı, Tekrarlı Dağıtım Sistemi)

1.4.1 Tarifi

Milkrun lojistiği, malzemeleri rotalar kullanarak alıcının topladığı bir lojistik tedarik yönteminin genel adıdır. Firma (ana sanayi), belirlenmiş bir zaman periyodunda, yardımcı sanayi firmalarını dolaşan ve önceden belirlenmiş bir rota üzerinde yol alan bir kamyon dolaştırır ve topladığı malzemeleri fabrikaya getirir. Genel olarak, milkrun kullanımı aşağıdaki nedenler ile yapılır [18]:

- Malzeme toplam satınalma maliyeti içindeki, taşıma maliyetinin netleştirilmesi,
- Taşıma maliyetlerinin azaltılması,
- Firma retim hattı ile senkronizasyon sağlanması ve tam zamanında teslimat performansının arttırılması [18].

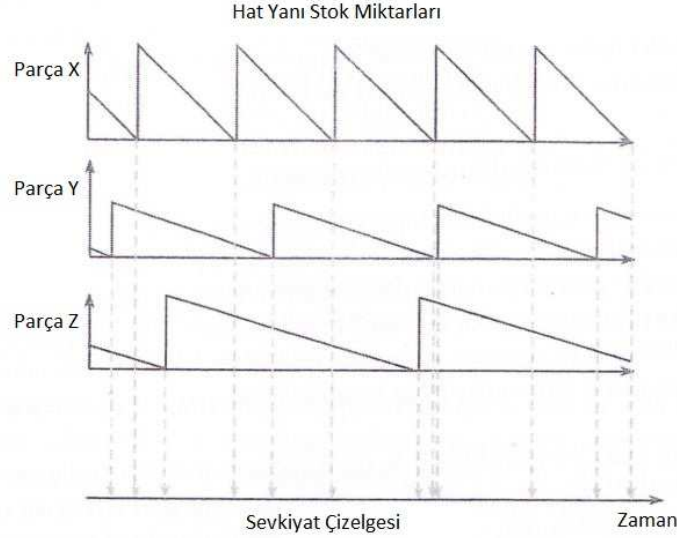
Bir çok fabrikada, malzeme organizasyonu malzemeleri hatlara, aynı süre yetecek miktarlarda göndermek yerine, aynı alanı veya hacmi kaplayacak miktarda sevk eder. Bunun gerekçeleri malzemelerin forkliftler ile getiriliyor olması, forklift iřęreninin yarım paletler için zaman kaybetmek istememesi veya AS/RS'nin (Automatic Storage / Retrieval System, Otomatik Depolama Sistemi) yarım paletler ile işlem yapmaya programlanmamış olması olabilir. Sonuçta hat yanına tam paletler gider ve bu bir tam palet, tüketim hızına göre 30 dakikalık veya bir haftalık üretimi karşılıyor olabilir [19].

Eğer X parçasının hacmi, Y parçasının beş katı kadar ise, X parçasının hat yanına sevkiyatı, miktardan bağımsız olarak, Y'nin beşte biri kadar yapılır [19].

Temel sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Yüzlerce parçanın tüketim oranlarını bilmeden, iřęren yarısı boş olan bir kutu veya rafın, yakında bir malzeme eksikliğine neden olacağını göremez [19].

Yüzlerce veya binlerce parçanın farklı besleme periyotları, Şekil 1.18'de görüldüğü gibi, malzeme taşıyıcıları için rastgele yoğunluklar ve aralarda boşluklar içeren bir iş yükü haline gelir [19].



Şekil 1.18 : Rastgele Besleme Çizelgesi [19].

Şekil 1.18'deki toparlanmış sevkiyat çizelgesindeki çeşitlilik kendiliğinden oluşur, çünkü tüm parçaların tüketim oranları sabit değildir. Bunun nedeni, hatta tam dolu, tek çeşit palet getirme politikasıdır. Malzeme organizasyonunu, bu yapay iniş ve çıkışlarla baş etmeye zorlamak, malzeme taşıma kaynaklarının verimli kullanılmaması anlamına gelir [19].

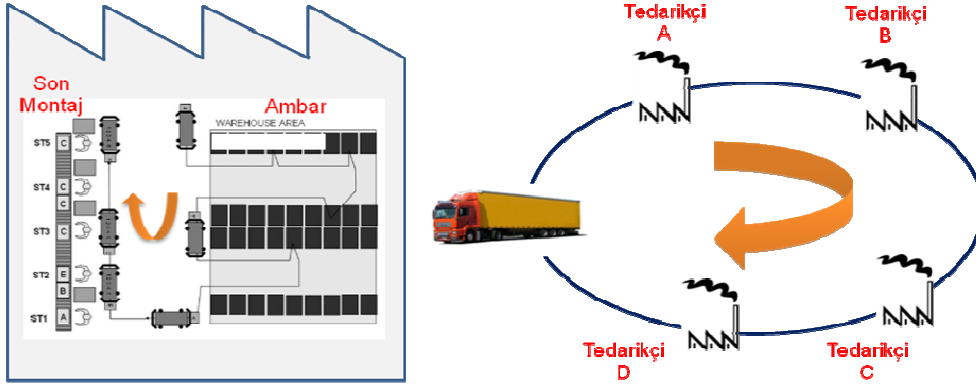
Hatta beslenen malzeme miktarları, tüketim oranlarına dayanmalıdır ve hatta belli bir miktar zaman veya bu zamanın katları yetecek şekilde hesaplanmalıdır. Bu şekilde hat yanı tedarikindeki dengesizliklerden kaçınılır ve hattın düzenli, periyodik sevkiyatlarla uyumlu miktarlardaki parçalar ile beslenmesi sağlanır. Buna *milkrun* (süt dağıtımı) sistemi adı verilir. Bu sistemin uygulamasında forkliftler yerine çeki araçlarının kullanımı tercih edilir [19].

Vida, pul, rondela, cıvata, somun benzeri bazı parçaların bir kutusu, birden çok sevkiyat periyodu boyunca yetecek kadar parça içerebilir. Fakat sevkiyat periyodu, tüm ana parçaların, her periyot içinde yeterli kalacağı şekilde belirlenmelidir [19].

1.4.2 Türleri

Milkrun uygulaması fabrika içinde üretim hatları ile depolar arasında (iç milkrun) veya fabrika ile tedarikçileri arasında (dış milkrun) yapılabilir. Şekil 1.19'un sol

tarafında, belirlenmiş rota üzerinde yol alan bir malzeme taşıma katarının, belirli zaman aralıklarında, belirli montaj istasyonlarına, düzenli olarak ambardan malzeme beslemesi gösterilmektedir; bu iç milkrundur.



Şekil 1.19 : İç ve Dış Milkrun

Şeklin sağ tarafında ise, benzer şekilde, belirlenmiş zaman aralıklarında, belirlenmiş bir coğrafi bölgede bulunan A, B, C, D tedarikçilerini dolaşan ve sadece bu belirlenmiş süredeki üretimi karşılayacak kadar malzemeyi alıp, rotasını tamamlayarak işletmeye dönerek, topladığı malzemeleri ambara teslim eden, dış milkrun işleyişi gösterilmektedir.

İç milkrunda, çoğu zaman tesis büyüklüğü, tek bir milkrun döngüsü ile kapsanamayacak kadar fazladır; bu nedenle birden fazla milkrun döngüsü ve rotası uygulanır. Bu da, ambarlardaki malzemelerin, talep edilme olasılıkları arasında özel bir korelasyon oluşturur [20].

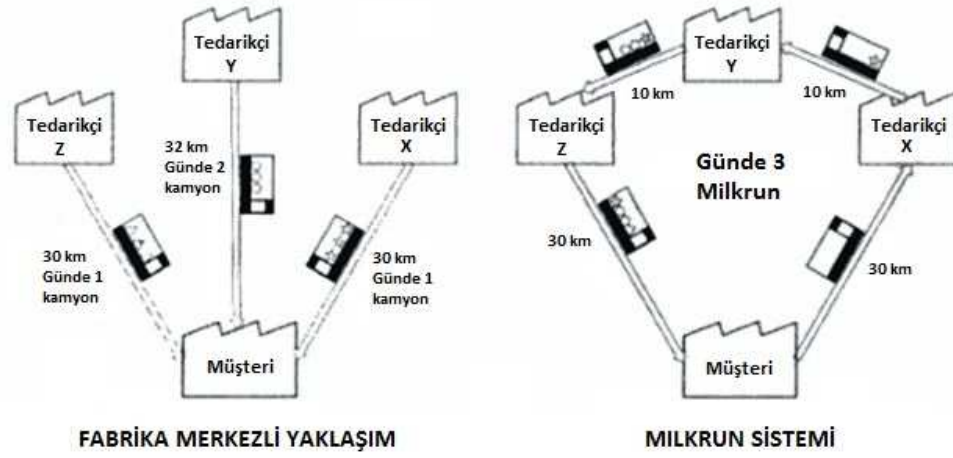
Rotaların, zaman periyodu, parça sayısı, uğranılacak istasyon sayısı vb. kriterlere göre optimize edilmesi gerekir.

1.4.3 İşleyişi

Dış milkrun sistemi, belirli bir bölgedeki tedarikçilerden, genellikle tek araçla, sık ve az miktarda (belirlenmiş süredeki üretimi karşılayacak kadar) malzeme alımına dayanır [21].

Şekil 1.20'de, fabrika merkezli klasik tip malzeme tedarik sistemi ile milkrun sisteminin şematik karşılaştırması verilmektedir. Klasik yöntemin uygulanması daha kolay iken, milkrun uygulamasında, her tedarikçi ile ayrı bir koordinasyon

gerektirmesi bakımından, ilave çaba gereklidir. Bu çabaya karşılık elde edilen avantajlar bir sonraki kısımda belirtilmektedir [21].



Şekil 1.20 : Fabrika Merkezli Malzeme Temini ve Milkrun Karşılaştırması [21].

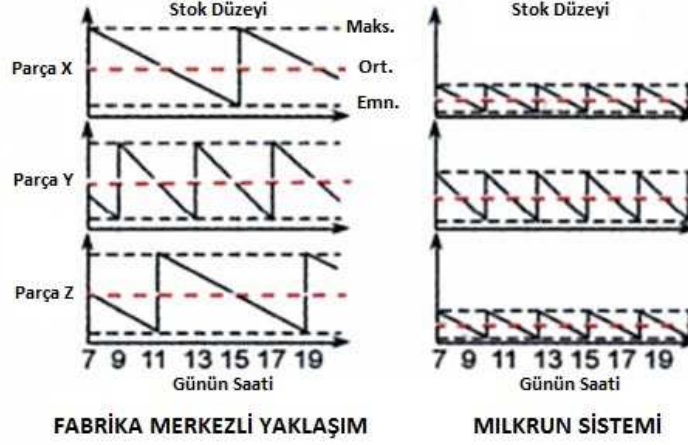
Klasik yöntemde, her tedarikçi kendi sağladığı malzemesini fabrikaya ayrı ayrı gönderir. Milkrun'da ise, aşağıdaki kabuller çerçevesinde, her seferde bir çevrim tamamlanır:

- Fabrikadan tedarikçilere giden kamyon, boş palet ve geri dönüşümlü kutu taşır.
- X, Y ve Z tedarikçilerinin her biri, aynı montaj kompleksinde kullanılan birer parçayı tedarik eder. X ve Z'nin parçaları bir komplede birer adet, Y'nin parçası ikişer adet kullanılmaktadır.
- Montaj hattı sabit bir tempoda çalışmaktadır.
- Her üç tedarikçi için aynı kamyon kullanılmaktadır; bu şekilde, üç tedarikçiye olan seyahatler, gün içine yayılmıştır [21].

1.4.4 Avantajları

Milkrun sisteminin başlıca dört avantajı vardır:

Stoğun azaltılması: Şekil 1.21'de, iki besleme sisteminin stok üzerindeki etkisi grafik olarak incelenmektedir. Testere dişi formundaki yapıda, besleme zamanları arasındaki doğrusal çizgiler, montaj hatlarının sabit tempoda üretim yaptığı kabulüne dayanmaktadır. Emniyet stoğu, sevk zamanlarındaki olası dalgalanmalardan üretimi korumak amacıyla konulmuştur. Verilen örnekte, milkrun uygulaması ile toplam stoklarda %80 civarında azalma meydana gelmektedir [21].



Şekil 1.21 : Fabrika Merkezli / Milkrun Stok Seviye Karşılaştırması [21].

Palet alanı ihtiyacı, palet sayısı ve geri dönüşümlü kutu sayıları da aynı oranda azalmaktadır. Geri dönüşümlü kutu kullanımındaki sıklığın artması ile, tek kullanımlık karton ambalajlama ile kıyaslandığında, geri dönüşümlü kutu yatırımı çok hızlı şekilde geri alınabilir. Tipik olarak yirmi seferden sonra, geri dönüşümlü kutular kendi maliyetlerini çıkartmış olurlar [21].

Tahmin Edilebilir Yenilenme Zamanları: Milkrunın değeri, sabit tüketim miktarlı parçalar ile sınırlı değildir. Milkrun aslında *tahmin edilebilir* bir taşıma sistemidir. Düzenli olarak çizelgelenmiş kamyon, her iki veya üç saatte fabrikaya varır; taşınan malzemeler değişebilir, fakat zamanlama değişmez [21].

Şekil 1.21'de, sabit tüketim hızı miktarlı üç adet parça gösterilmiştir. Gerçek üretim ortamlarında, tedarik sıklıkları birbirinden farklı 5.000 adet parça olabilir. Klasik sistemde, kamyon sahibi tedarikçi firmaların kendisi veya lojistik şirketleri de olsa, bu miktardaki malzeme tedariği karmaşık bir problem haline gelir. Milkrun, bu karmaşıklığı azaltır [21].

Fabrika sınırları içindeki malzeme ve komponentler, sadece bir sonraki teslimata kadar süredeki üretimi karşılayacak kadar planlanır. Parça tüketim hızları talebi karşılamak üzere oluşturulan üretim planına dayanır. Diğer tarafta, parça yenilenme zamanlarındaki değişkenlik, üretim planlamacıların en çok şikayet ettiği konulardan biridir [21].

Daha İyi Stok Görünürlüğü: Şekil 1.21'in sol tarafında gösterilen merkezi tip beslemedeki aşamalı teslimat yapısı, ambardaki malzeme stok seviyeleri hakkında az bilgi verir; normal olmayan durumları haber vermez. Tersine milkrun, aynı anda, çok

sayıda parça için eşlenmiş miktarda teslimat sağlar; bu sayede söz konusu parçaların tümünün raf stokları tam, yarı dolu veya bitmeye yakın olur. Böylece, bu parçaların kullanılabilir stok miktarlarındaki görülür bir dengesizlik, anında fark edilir [21].

Gelişmiş Tedarikçi İletişimi: Milkrun kullanmak, tedarikçilere daha fazla sayıda ziyaret gerçekleştirmeyi, dolayısıyla sevkiyatlar ve kalite konularında daha fazla iyileştirme fırsatı yakalamayı sağlar [21].

1.4.5 Uygulama kısıtları

Milkrun, aşağıdaki durumların varlığında, söz konusu parçalar için avantajını yitirir veya uygulanamaz:

- Bir parçadan her gün, birden fazla sayıda kamyon kadar ihtiyaç varsa. Bu durumda, bu parça için kamyon ataması yapılması gerekir ve eğer mümkünse, tedarikçi firmanın işletme sınırları içinde üretim yapması istenir.
- Bir parçadan, düzensiz şekilde ve küçük miktarlarda ihtiyaç varsa. Bu durumda profesyonel taşıyıcı firmalar kullanılabilir.
- Tedarikçi firma, coğrafi olarak herhangi bir milkrun rotası içine katılamayacak kadar uzak yerde ise. Bu firmaya kamyon göndermek uygun olmaz [21].

1.4.6 Uygulanma şekli

İç ve dış milkrun sistem tasarımı üç aşamadan oluşur:

- Rota planlamasının yapılması,
- Araçların sefer sayılarının belirlenmesi,
- Araçların optimum şekilde yüklenmesi [22].

Yüksek miktarda malzeme dağıtımı yapılan bir üretim ortamında, doğru ve optimize edilmiş rota planlaması yapabilmek için, LRP (Location Routing Problem, Lokasyon Rotalama Problemi) yöntemleri kullanılarak matematiksel modeller kurulur ve toplanacak parça sayısı, uğranılacak istasyon sayısı gibi kriterler göz önünde bulundurularak, amaç fonksiyonunda toplam mesafe veya maliyet en küçüklemesi hedeflenir. İç ve dış milkrun rotalama problemlerinin optimizasyonu, birbirine çok benzer değişkenlere sahip matematiksel modeller ile oluşturulur.

Bir iç milkrun uygulaması için kullanılan örnek amaç fonksiyonu ve kısıtların tanımı aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu: Günlük taşıma ve yarı-mamul stok maliyetlerinin enazlanması [22].

Kısıtlar:

- Her stok noktası bir rotaya atanır.
- Birbirlerinden parça çeken veya parça iten stok noktaları aynı rotadadır.
- Bir rotaya atanmayan stok noktasının güvenlik stoğu sıfırdır.
- Bir rotaya atanmayan stok noktasının yükleme / boşaltma süresi sıfırdır.
- Bir rotaya atanmayan stok noktasının toplam talebi sıfırdır.
- Bir kümeye atanan stok noktalarının te bir yükleme / boşaltma süresi vardır.
- Her stok noktasının yükleme / boşaltma süresi, malzeme miktarına bağlıdır.
- Bir stok noktasındaki toplam talep, stok noktasındaki birim talep süresi ile atandığı rotanın toplam çevrim süresinin çarpımına eşittir.
- Bir talep noktasındaki emniyet stoğu miktarı, stok noktasındaki toplam talep ile emniyet katsayısının çarpımına eşittir.
- Günde kaç çevrim yapılacağı, çevrimin hangi zaman aralığında denk geldiği.
- Her stok noktası için toplam malzeme hacmi, araç kapasitesini aşmaz [22].

Kurulan matematiksel model, ARENA veya benzeri simülasyon araçlarında modellenerek elde edilecek çözüm ile, alternatif rotalar içinde en düşük mesafe kat edilen, en hızlı veya en düşük malzeme maliyetli alternatif seçilir. Seçilen alternatif rotanın toplam süresinden hareketle, rota üzerinde kaç adet araç kullanılacağı, malzeme yenileme sıklığının kaç saat (veya dakika) olacağı belirlenir. Günlük bazda teslimat zaman çizelgeleri oluşturularak, düzenli akış sağlanmış olur.

1.5 Tezin Amacı

ABC şirketinde, son montaj hatlarına malzeme besleme yönteminin, kişiye bağımlılığı ortadan kaldıracak, kurallı, sistematik, küçük duruşlara izin vermeyen ve kendi kendine yönetilebilen bir şekle kavuşturulması amacıyla bir sistem kurulması ve sürekliliğinin sağlanması amaçlanmıştır.

Bu bağlamda, klasik kanban sisteminin devreye alınması ile malzeme tüketimine bağlı bir çekme sistemi tesis edilmesi, kanban ayırma işlemi ile montaj işgörenlerinin malzeme siparişi vererek, bizzat malzeme besleme çevriminin içine dahil edilmesi ve milkrun çevrimleri ile malzeme besleme operasyonunun, günlük üretim programında oluşabilecek minör değişikliklere ayak uydurabilecek sistematik altyapıya ulaştırılması planlanmıştır.

Bu tez ile, literatürde çok sayıda bulunan kaynakta genel prensipleri ile veya makalelerde ileri seviye optimizasyon yöntemleri ile anlatılan yalın üretim tekniklerinden kanban ve milkrun ile ilgili olarak, sanayide uygulama yapma noktasında, nereden başlamak gerektiği, hangi araçlarla ve hangi yollarla ilerleneceği konularında detaylı açıklama getiren bir kılavuz oluşturulması amaçlanmıştır.

1.6 Literatür Özeti

Toyota Üretim Sistemi ve sonradan aldığı genel tanımlama olan "Yalın Üretim" ile ilgili, 1980'li yılların başlarından itibaren, kitap ve araştırma makaleleri bakımından gittikçe artan miktarda uluslararası yayın yayınlanmaktadır.

Yapılan literatür araştırmasında incelenen kaynaklar, içerik bakımından aşağıdaki dört ana grup altında değerlendirilmiştir:

Toyota'nın başarı hikayesini, birinci ağızdan anlatan kitaplar. Toyota Üretim Sistemi'nin yaratıldığı dönemde, firma yönetiminde bulunan ve dönemin ihtiyaçlarından yola çıkarak, yalın teknikleri bizzat uygulayarak keşfeden veya sonraki dönemlerinde Toyota'da çalışmış ve Toyota'da uygulanan üretim ve yönetim metotlarını dünyaya anlatan kişiler tarafından yazılan kitaplardır.

Özellikle kanban sisteminin mucidi olarak bilinen Taiichi Ohno ve SMED'in mucidi olarak bilinen Dr.Shigeo Shingo kitaplarında, İkinci Dünya Savaşı sonrasındaki kısıtlı kaynaklar ile, gelişen tüketici beklentilerini karşılayabilecek sistemlerin tasarımı yaparken yaşadıkları deneyimleri ve bu tekniklerin geliştirilme hikayelerini anlatır. Kitapların bir kısmı öncelikle Japonca olarak yayınlanmış, fakat uluslararası tanınırlık, Productivity Press gibi yayıncılar tarafından bu kaynakların İngilizce'ye çevrilmesi ile kazanılmıştır.

Diğer Japon üreticilerinin ve genel ifade ile Batı'nın Toyota üretim sistemi ile ilgilenmeye başladığı dönem, 1973 yılında yaşanan petrol krizine rastlar. Üretim adetlerinin hızla düştüğü bu dönemde, Toyota'nın israfların yok edilmesine yönelik çalışmalarındaki başarısı, diğer büyük üreticilerin bu sistemi kendilerine adapte etmeye çalışmalarına neden oldu [5].

Aslen Toyota üretim sisteminin dünyaya tanıtılması ve Yalın Üretim kavramının doğması ile birlikte, üretim danışmanlığının ticari boyuta taşınmasını sağlayan kitap, "Dünyayı Değiştiren Makine"dir. Bu kitapta, Amerikan MIT (Massachusetts Institute of Technology) Üniversitesi bünyesinde kurulan IMVP üyelerinin, beş yıl boyunca, beş milyon dolar finansal kaynak harcayarak yaptıkları, dünyadaki otomotiv endüstrisinin geleceği ile ilgili rapor kapsamında, kitle üretimi ve yalın üretim teknikleri kıyaslanmış ve tüm sektörlerde uygulanabilecek yalın üretim sistemi uygulamalarının, dünyayı değiştirebileceği savunulmaktadır [23].

Kitabın yazarlarından Daniel Jones ve James Womack, 1997 yılında kurdukları Yalın Enstitü ile, yalın üretimin dünya çapında tanınması ve yaygınlaşmasında halen önemli aktif rol oynamaktadırlar.

Yalın üretim teknikleri ile ilgili detay eğitici kitaplar. Ağırlıklı olarak Yalın Enstitü ve Productivity Press tarafından yayınlanan, sadece belirli yalın üretim tekniklerine odaklanmış eğitici kaynaklardır. Yalın üretim uygulamayı gündemine alan firmalar tarafından, uygulama adımlarını içermesi bakımından tercih edilmektedir.

Değer akışı haritalandırma, TPM, SMED, 5S, Kanban gibi üretime teknikler, aşamaları ile birlikte detaylı olarak, fiktif firma örnekleri üzerinden anlatılmaktadır. Endüstride ilk uygulamaların yapılabilmesi için yararlanılacak en önemli kaynaklardır.

Prof.Dr.Yasuhiro Monden ve Prof.Dr.Jeffrey Liker gibi Toyota'nın üretim yönetimi yapısını çok iyi bilen akademisyenler ile, John Shook ve Michel Baudin gibi önemli derecede sanayi deneyimine sahip danışmanlar, yalın üretim konularında literatüre yön veren kitaplar yazmış, yalın tekniklerin geniş kitlelere ulaşmasına ve kolayca anlaşılmasına yardımcı olan yöntemler sunmuşlardır.

Yalın üretim tekniklerini geliştirici araştırmalar içeren akademik makaleler. Yalın üretim sisteminin en popüler teknikleri olan kanban ve milkrun ile ilgili, özellikle uygulama kısıtlarının aşılabilmesine yönelik yöntemlerin veya araçların sunulduğu akademik çalışmalardır.

Kanban tarafındaki makaleler ağırlıkla, kanban sayısı ve WIP stoğu optimizasyonu, üretim kanbanı sıralaması, kanban ayırma zamanı tayini gibi, kanban sistemi var olan ve firma veya sektör gerçeklerine göre, kanbanın faydalarını göz ardı etmeden daha verimli kullanabilmek ve performans kriterlerini iyileştirilmek adına yapılan araştırmaları içermektedir.

- Kanban uygulamasının elektronik ortamda, sinyaller ile gerçekleştirildiği ve WIP seviyeleri ve teslim zamanlarındaki değişimlerin anlık olarak görüntülenebildiği e-kanban uygulaması [24],
- Klasik kanbandaki sabit kanban sayısına karşılık, dengesiz talep ortamlarında stok maliyetlerini minimize edebilmek amacıyla kanban sayılarının stok seviyelerine ve bekleyen siparişlere göre değişken olarak belirlenmesi [25],
- Değişken operasyon süresi, değişken talep, önleyici bakım çalışması sırasında ve malzeme taşıma sistemlerinin çalışmaması durumlarında, kanban ekleme veya eksiltme simülasyonu ile WIP ve teslimat sürelerinde klasik kanbana göre daha iyi sonuçlar veren Esnek Kanban Sistemi [26],
- Kontrol çizelgesi veya stok tabanlı, değişken talep altında tepkisel kanban çeşitlerinin karşılaştırılması [27],
- Kanban sipariş sıralamasının, performans kriterlerine olan etkilerinin anlaşılması için simülasyon yapılması ile, en düşük işlem zamanı olan parçanın ilk üretilmesi gerektiğinin ispatlandığı çalışmalar [28],

- Melez modellemeye dayalı simülasyon programları ile kanban bazlı karmaşık üretim sistemlerinin devreye alınmadan önce hızlıca yapılandırılması [29] gibi araştırmalar mevcuttur.

Milkrun tarafında ise, genellikle lojistik maliyetlerinin düşürülmesi, rotaların ve uğranılacak istasyon konfigürasyonunun optimizasyonu amacıyla,

- Birden fazla tedarikçiden malzeme alınan, yükleme zamanlarının önceden belirlendiği ve değişken rota kullanabilen araçlar ile çalışıldığında, kurulan matematiksel model ile VRP (Vehicle Routing Problem, Araç Rotalama Problemi) çözümü [30],
- Kamyon yükleme oranlarının artırılarak sefer sayılarının ve mesafelerinin minimize edilmesi amacıyla, şehir içi milkrun uygulaması olarak, gün başına yüksek sayıda ve küçük parti miktarlı sevkiyat almak, GPS ile kamyon rotalarını izlemek ve yönetmek [18],
- Gerçek zamanlı araç yola çıkarma ile maliyet optimizasyonu [31] gibi çalışmalar mevcuttur.

Yalın üretim tekniklerine alternatif yöntem sunan, karşılaştırmalı akademik makaleler. Özellikle Kanban sisteminin, ideal sabit talep ve dengeli üretim atmosferi gibi ön şartların sağlanamadığı şirketler için, temelinde klasik kanban esaslarının gözetildiği çekme sistemi olan fakat kurallarının farklılaştırıldığı türev araçlar geliştirilmiş ve akademik makaleler şeklinde yayınlanmıştır.

Bu türev çözümlerden en popüler olanları CONWIP ve POLCA'dır. Klasik kanban sistemi ile karşılaştırılarak, dengesiz ve devamı belli olmayan, siparişe özel talep durumlarına karşı, kartlı üretim yetkilendirmesi sistemi korunmuş, fakat MRP ile birlikte itme sistemi işin içine katılarak, melez sistemler oluşturulmuştur.

Bu sistemlerin detayı, tezin Kanban çeşitlerinin tanıtıldığı, *(Kanban) Uygulamadaki Farklılaşmalar* kısmında verilmiştir.

2. SİSTEM TASARIMI

2.1 Giriş

Uygulama sahası olan ABC şirketinde, yeni kurulacak bir montaj hattında, benzer nitelikteki montaj bantlarında uygulanmaya devam edilen malzeme besleme şekli yerine, malzeme taşıma kaynaklı küçük duruş ve hat dönüş kaybı risklerini asgari düzeye indirecek sistem araştırması yapıldı.

Üretim, Üretim Mühendisliği, Kalite Güvence, Üretim Planlama/ İç Lojistik ve Bilgi İşlem departmanlarından kişilerin bulunduğu bir proje ekibi oluşturuldu.

Sürecin mevcut durum analizini yapabilmek adına değer akış haritası çizildi. Şirket bünyesinde herhangi bir aktif Yalın Üretim yaklaşımı veya farkındalığı olmadığından ve söz konusu projenin ilk Yalın Üretim projesi olması nedeniyle, mevcut durum değer akış haritasında tanımlanan iyileştirme noktalarından, ilk olarak, son montaj hattına malzeme besleme süreci ele alındı. Uygulama detaylarını içeren detaylı süreç haritası çizildi ve proje planı hazırlandı.

Gelecek durum haritasında yer alan, plastik enjeksiyon ile son montaj arasına kanban sistemi kurarak plastik parça imalatının düzenlenmesi ve stoklarının düşürülmesi konusu, projenin ikinci adımı olarak değerlendirildi.

İlk uygulama adımı, son montaj bandı ile ilgili ambarlarlar arasında malzeme akışının yönetilmesi için *çekme kanbanı* sisteminin altyapısının kurulması ve fiziki taşıma yöntemi olarak ta *milkrun* sisteminin devreye alınması ile birlikte periyodik besleme sistematığının oluşturulması olarak belirlendi.

Bu tez, yukarıda belirtilen ilk adım (Faz-1) ile ilgili tasarım ve uygulama detaylarını içerir. Son montaj öncesi plastik üretiminin üretim kanbanı ve süpermarket sistemi ile yönetilmesi (Faz-2) ve şasi üretiminin CONWIP ile yönetilmesi (Faz-3), sonraki projeler olarak değerlendirilmiş ve tez kapsamına alınmamıştır.

2.2 Değer Akış Haritası (DAH)

2.2.1 Mevcut durum DAH

Ürün ailesi olarak, toplam üç ana modelli yeni 19" ve 22" ürünler seçildi. Bu ürünlere ait ana işlem akışı olarak elektronik ana kart (şasi) üretim prosesi alındı. Yan üretim kolu olarak, plastik enjeksiyon prosesinden, birbirine benzer olan üç adet büyük plastik parça seçildi: Ön çerçeve, arka kapak ve ayak.

Ön çerçeve iş akışı, plastik enjeksiyon sonrasında makine başındaki işgören tarafından, enjeksiyon çevrim süresi içinde yapılan, hassas parlak yüzeylere koruyucu naylon kaplama ve kutu içine yerleştirme ile başlar. Kutu içeriği olan 60 adet ön çerçeve tamamlandığında, kutu üzerine tanımlayıcı etiket yapıştırılır. Sonrasında tamamlanmış kutular, malzeme taşıyıcılar tarafından offline (hat dışı) çalışma bölgesine taşınır. Burada kutular açılarak, ön çerçeveler üzerine sıcak baskı (hot stamp) ile logo baskısı ve tampon serigrafi ile model bilgisi yazımı tamamlanır. İşlemleri ve kutu içeriği tamamlanan ön çerçeveler, kalite kontrol aşamasından geçtikten sonra ambara gönderilir ve stoğa alınır.

Arka kapak iş akışı, enjeksiyon sonrasında makine başındaki işgören tarafından, enjeksiyon çevrim süresi içinde yapılan ultrasonik dübel çakma işlemi, poşetleme ve 30 adetlik kutu kapasiteli kutuların doldurulması ile başlar. Offline işlem yoktur. Kutular etiketlendikten ve kalite kontrol aşamasından geçtikten sonra ambara gönderilir ve stoğa alınır.

Ayak iş akışı, enjeksiyon sonrasında makine başındaki işgören tarafından, enjeksiyon çevrim süresi içinde yapılan koruyucu naylon kaplama, kaydırmaz kauçuk parçaların takılması ve 80 adetlik kutu kapasiteli kutuların doldurulması ile başlar. Offline işlem yoktur. Kutular etiketlendikten ve kalite kontrol aşamasından geçtikten sonra ambara gönderilir ve stoğa alınır.

Plastik parçalar, otomatik konveyör sistemi ile üretim programına göre, son montaj bandı yanındaki indirme noktalarına kadar gönderilir.

Plastik parçalar dışında, otomatik ve manuel dizgi hatlarında üretilen elektronik ana kart (şasi) ve güç kaynağı kartı (LIPS, Line Interactive Power Supply) da iç üretim yarı mamulü olarak, özel taşıma arabaları içinde son montaja gönderilir.

Bu beş ana parça dışındaki tüm parçalar, üretim programındaki sıra adetlere göre çeşitli otomatik ve normal ambarlardan, forklift ve çoğunlukla manüel transpaletler ile son montaj hattına getirilir.

Mevcut durum değer akış haritasında, yukarıda tanımlanan işlemler, plastik enjeksiyon parçaları bazlı olarak işlenmiş ve ara stoklar belirtilmiştir.

Mevcut durum analizinde göze çarpan aksaklıklar, plastik parça ambarındaki yüksek stok değerlerinin azaltılması ve offline işlemlerin enjeksiyon makineleri başına alınarak hücresel bir yapıya geçilmesi ihtiyacı olarak göze çarpmaktadır.

Ancak, haritada net olarak görülemeyen bir başka husus, ambarlardan çekilen malzemelerin de itme yöntemi ile hatta getirilmesi ve gün içindeki sık ve küçük miktarlı ürün dönüşlerinde yaşanan, doğru yere doğru malzeme beslemedeki aksaklıklar, hazırlık ve adaptasyon sürelerinin uzun olması ile birlikte yaşanan tanımsız küçük duruşların yaşanmasıdır.

Mevcut durum değer akış haritası **EK A.1**'de verilmiştir.

2.2.2 Gelecek durum DAH

Mevcut durum haritasının çıktısı olan problem tespitlerine karşılık, gelecek durum haritası, Çizelge 2.1'de verilen çözümleri içerecek şekilde çizildi.

Çizelge 2.1 : DAH İle Tespit Edilen Problem Listesi.

Faz	Problem	Gelecek Durum Çözümü
1	Diğer malzeme beslemeleri itme prensibi ile yapılıyor. Küçük duruş ve dönüş süreleri fazla.	Ambarlar ve son montaj arasında çekme kanbanı uygulamasına geçilmesi.
2	Plastik parça üretiminde işlem ve hareket israfı mevcut.	Offline (hat dışı) işlemlerin, hücresel çalışma yapısı ile, enjeksiyon makine yakınında tamamlanması.
	Plastik parça stok seviyeleri yüksek, depodan besleme itme prensibi ile çalışıyor.	Plastik enjeksiyon, plastik parça deposu ve son montaj arasında senkronizasyon bazlı kanban uygulamasına geçilmesi.
3	Şasi üretiminde, itme tipi üretim ve uzun hazırlıklar nedeniyle verimlilik düşük.	Conwip uygulaması ve hazırlıkların kısaltılması ile üretim başlatma emrinin, montajdan gelmesi.

Çizelge 2.1'de belirtilen ve gelecek durum haritasında gösterilen uygulamanın gerçekleştirilebilmesi için, üç faz başlığında, altyapıda önemli iyileştirmeler devreye alınmalı, gerekli tasarımsal sadeleştirmeler yapılmalı ve yatırımlar planlanmalıdır.

Bu bağlamda Faz-1'de, tedarikçi firmalar ile parça kutu tipleri ve kutu içi miktarlarının optimize edilmesi konularında anlaşılmalı, fabrika içi elleçleme asgari düzeye indirilmelidir. Gerekli miktarda standart kutu ve hat yanı raf sistemleri yatırımı planlanmalı, dağıtım rotaları belirlenerek gerekli standartlaştırma sağlanmalı ve emniyet önlemleri alınmalıdır. Bir sonraki aşamada, üretim çizelgelemesi standart hale getirildiğinde, geri dönüşümlü kutu kullanımı ile birlikte tedarikçi kanbanı uygulaması başlatılabilir.

Faz-2'de, baskı tipi, rengi ve pozisyonu ortaklaştırılmalı, sonrasında her enjeksiyon makinesinin yanına birer adet sıcak baskı ve tampon serigrafi makinesi alınmalıdır. Sıcak baskı ve tampon serigrafi makinelerinin model değişim süreleri minimize edilmelidir. Ayrıca üretim programının, kanban çevrimine yetecek kadar süre karşılığı kadar miktarda ürünün sırası ve adedi değiştirilemez hale getirilmelidir. Sonrasında, fiziki mesafelerin fazla olması nedeniyle, plastik parça ambarına sevkiyat emrini verecek elektronik sinyal altyapısı kurgulanmalı, hat yanı stokları (WIP) takip edilebilir hale gelmelidir. Enjeksiyon tarafında ise, kalıp değişim sürelerinin radikal şekilde kısaltılması, her farklı plastik parça kodu için yeterince stok bulundurma noktasında hayati önem taşımaktadır. Aksi taktirde stok miktarlarının düşürülmesi mümkün olmayacaktır.

Faz-3'te ise, elektronik kart üretimi ile montaj hatları arasında yaşanan iletişim eksikliği ve hazırlık zamanlarının uzunluğu nedeniyle oluşan verimsizliğin, ilave insan gücü ve ekipman kullanımı ile çözülme durumu, son montajdan tetiklenen CONWIP sistemi ile üretim emirlerinin oluşturulacağı bir yetkilendirme ve senkronizasyon sisteminin devreye alınması ile iyileştirilecektir.

Gelecek durum akış haritası **EK A.2**'de verilmiştir.

Giriş kısmında da belirtildiği üzere, gelecek durum haritasında belirtilen ilk ikinci ve üçüncü fazlar, gerektirdikleri ön çalışmaların, şirketin mevcut çalışma düzeninde yaratacağı köklü değişiklik ve yatırım miktarlarının yüksekliği nedeniyle proje kapsamında sonraki aşamaya bırakılmış ve tez kapsamına alınmamıştır.

2.3 Detaylı Süreç Haritası

Proje kapsamının daraltılması ve netleştirilmesi ile birlikte, detay inceleme yapabilmek adına, benzer özellikli bir montaj hattı ile ilgili mevcut durum detaylı süreç haritası çizildi. Harita **EK A.3**'te verilmiştir.

Detaylı süreç haritasında, son montaj bandına malzeme besleme işinin, üretim planlama tarafından yayınlanan üretim programı ile tetiklendiği görülüyor. Üretim programında yer alan mamul kodları ve miktarları bilgisi, montaj hattı proses kontrol görevlisi (kısaca, *prosesçi*) ve montaj hattı malzeme tedarik görevlisi (kısaca, *malzemeci*) tarafından, bir sonraki ürün dönüşümü yapılmadan belli bir zaman önce (hazırlıklara yetecek kadar; genellikle 45 - 60 dakika önceden) kontrol edilmektedir. Bu durum, tipik bir itme sistemidir.

Prosesçi ve malzemeci, SAP (Alman menşeli ERP (Enterprise Resource Planning, Kurumsal Kaynak Planlama) yazılımı) ürün ağacı listelerini sistemden çeker, değişiklik bildirimleri, e-posta veya sözlü uyarı ile bildirilmiş farklılıklar olup olmadığına karşı denetler; gerekirse kendi listeleri üzerinde düzeltme yaparak, ilgili ambarlara "rezervasyon" adı verilen ilk malzeme siparişini oluştururlar.

Depo sorumluları, periyodik olarak SAP rezervasyon ekranlarını kontrol ederler ve sipariş edilmiş malzemeleri depo çıkışında hazır etmek üzere çalışmalara başlarlar.

Malzemeci, kullandığı manüel transpaleti ile depolara çok kez gidip gelerek, sipariş ettiği malzemeleri toplar ve bant yanına getirir. Topladığı malzemelerden, bildiklerini tecrübesine dayanarak, bilmediklerini ise prosesçi ile haberleşerek hattın ilgili istasyonuna bırakır.

Bu noktadan sonra, bir sonraki ürün dönüşümüne kadar, azalan malzemelerin takibi yapılır ve yeni rezervasyonlar açılarak döngü tekrarlanır.

Mevcut durumun analizi yapıldığında, yürütülen sistemin özellikle ürünün en son aşamada bir kez daha kontrol edilerek hatta giriyor olması gibi avantaj olarak görünen işleyişinin, aslında ne kadar insana bağımlı ve hataya açık olduğu net olarak görülmektedir. Bu tip manüel besleme ile ilgili başlıca dezavantajlar aşağıda sıralanmıştır:

- Ani program değişikliklerine cevap verememe,

- Düşük adetli üretim partilerinde hazırlık için zaman kalmaması,
- İnsana ve tecrübeye bağımlılık; devamsızlık durumunda işlerin aksaması,
- Montaj personelinin konu dışında tutulmuş olması,
- Gerçek tüketim hızı değil, üretim programı takibi,
- Her üretimde tekrarlanan araştırma, haberleşme ihtiyacı,
- Ambarlarda sipariş çakışmalarında bekleme,
- Son anda fark edilen malzemeler nedeniyle sürekli hale gelen "acil" durumu,
- Malzeme kaynaklı küçük duruşlar ve ürün dönüş kayıpları.

Yukarıda bahsedilen durumların, kanban sisteminin yerleştirilmesi ve milkrun döngülerinin tesis edilmesi ile düzene sokulması ve sistematik hale getirilmesi planlanmıştır.

2.4 Yol Haritası / Proje Planı

Kanban kontrollü, milkrun döngülü yeni malzeme besleme stratejisinin uygulama adımlarının netleştirilmesi ve proje planının oluşturulması amacıyla, "Microsoft Visio" programı ile şematik yol haritası çizildi. (**EK A.4**)

İlerleme şekli olarak, ilk önce seçilen ürün ailesine ait ürün ağaçlarının (ÜA), SAP sisteminden çekilmesi, buradan da montaj hattı iş dengelemesinin yapılması ve ÜA'daki malzemelerin hangilerinin kanban kapsamına alınacağını netleştirilmesi çalışmaları planlandı.

Bir yandan hat dengeleme sonucunda malzeme hedef adresleri belirlenirken, diğer yandan da detaylı malzeme çalışması başlatılması gereği ortaya konuldu. Detaylı malzeme çalışmasının, kanban kapsamında beslenecek malzemelerin, yan sanayiden geliş şekillerini, kutu tipi, kutu boyutları ve kutu içi adetlerin optimize edilmesini içermesi planlandı.

Söz konusu son montaj bantlarının hat yanı tasarımı, hat dengeleme sonuçlarının kullanılarak hangi istasyona, hangi sayıda ve şekilde raf sistemi gerekeceği, bunlara ait kanban toplama kutusu tasarımı ve bunlara ait yatırımın planlanması ile ortaya çıktı.

Eş zamanlı olarak, malzeme bilgilerini ve kanban hesaplarını bünyesinde bulunduracak PFEP (Plan For Every Part, her parça için plan) dosyasının devreye alınması, kanban kart tasarımının tamamlanması ve kanban baskı dosyasının oluşturulması planlandı.

Milkrun rotalarının ve malzeme besleme zaman çizelgesinin belirlenmesi, yollar ve depolama alanları ile ilgili düzenlemelerin tamamlanması ve en son olarak mavi yaka personelin detay eğitimlerden geçirilerek dokümantasyonun yayınlanmasının ardından, yeni sisteme başlanılabileceği ön görüldü.

Yukarıda tarif edilen uygulama adımları, proje toplantılarında görev takibi yapılabilmesi adına "Microsoft Project" programında proje planına dönüştürüldü. Lokal düzenlemeleri ve yatırım takibini de içeren proje planı **EK A.5**'te verilmiştir.

2.5 Uygulama Adımları

Mevcut durum detaylı süreç haritası ve sonrasında oluşturulan proje planına uygun olarak hat dengeleme, hat yanı tasarımı, PFEP dosyası, kanban baskısı, milkrun rotaları, milkrun dağıtım çizelgeleri konuları ele alınmıştır.

2.5.1 Hat dengeleme

Hat dengeleme öncesinde, hedef çevrim süresini ve istasyon sayısını tayin edebilmek adına, "müşterinin talebini karşılayabilmek için, art arda iki doğru ürün üretimi arasında geçen zaman" [19] olarak tanımlanan ve Almanca'da tempo anlamına gelen takt süresinin hesaplanması gerekti. Takt süresi, formül (2.1) ile hesaplanır.

$$Takt_suresi = \frac{Net_calisma_suresi}{Talep} \quad (2.1)$$

İki son montaj bandının ikişer vardiyada, yani toplamda dört vardiyada üreteceği günlük toplam ürün miktarı 3.700 adettir. Buradan, bant başına vardiyalık üretim miktarı talebinin 925 adet olduğu kolayca bulunur. Vardiyalık net çalışma süresi de, 435 dakikalık çalışma süresi üzerinden %90 OEE (Overall Equipment Efficiency, Ekipman Etkinlik Oranı) öngörüsü ile 391,5 dakika olduğundan, takt süresi (2.1) formülünden, 25,4 saniye olarak hesaplanır.

Hesaplanan takt süresinden hareketle, montaj hattında çalışacak montaj işçisi sayısı da formül (2.2)'den hesaplanır.

$$\text{Min.montaj_operatoru_sayisi} = \frac{\text{Toplam_montaj_suresi}}{\text{Takt_suresi}} \quad (2.2)$$

Ürün ailesi olarak alınan üç adet ana LCD TV modeline ait iş elemanları incelendi: 19", 22" ve 22" DVD.

Referans ürünün toplam işçiliği 5,289 dakika olduğundan, formül (2.2)'den toplam montaj işçisi sayısı 13 işçi olarak hesaplandı.

Takt süresine ve ürünün tasarımından gelen montaj kısıtlarına göre hat dengelemesi yapıldı. Şekil 2.1'de bir kısmı örnek olarak gösterilen 19" ürün, 12 iş istasyonunda çalışan 13 montaj işçisi ile vardiyada 925 adet TV üretecek şekilde dengelenmiştir.



Şekil 2.1 : Son Montaj Hat Dengeleme Örneği.

Dengelemeler, Microsoft Excel ortamında oluşturulan format üzerinde, istasyonlara manüel iş ataması yapılarak, aşağıdaki şekilde hazırlandı:

- Ürünü oluşturan tüm parçaların listesi ürün ağacından alındı.
- Malzemeler, benzer boyutlu ürün montajında izlenen montaj sırasına uygun şekilde istasyon diziliminde sıralandı.

- Ürünü oluşturan tüm işlem adımları yazıldı ve karşılığındaki süreler MTM (Methods Time Measurement) tekniğine uygun şekilde analiz edilerek belirlendi. Ayakta çalışma karşılığı olan %9 yorulma payı, birim sürelere dahil edildi.
- Her iş adımı karşılığındaki "Adam #" kısmına istasyon numarası ve adam sayısı bilgisini veren sayısal değer girildi. Örneğin "2_1", 2.istasyonda bulunan 1.işgören anlamına gelir.
- Vidalama içeren iş adımlarının karşısındaki "tork" kısmına, tasarımda öngörülen vida tork değeri yazıldı.
- Aynı işgörene atanan işlerin toplam süresi, sayısal olarak dengeleme kaybını belirlemekte (referans dengelemede % 4,7) ve görsel olarak denge grafiğini oluşturmaktadır.

Elde edilen ilk dengeleme sonucu, aşağıdaki konuların tümü dikkate alınarak tekrar dengelenmiş ve optimum iş dağılımı ile elde edilmiştir:

- Doğru, işlem önceliği bakımından mantıklı iş dağılımı,
- Düşük dengeleme kaybı (< %5),
- Ürün dönüşlerinde (hazırlık), diğer ürünlerin malzeme dağılımları ile en uyumlu dizilim, malzeme yer değişikliği gerektirmeme,
- Belirlenmiş sabit tork değerinde kullanılan elektrikli tornavidaların sayısını minimize edecek şekilde,
- En az aparat kullanımı gerektirme,
- Birden fazla yerde kullanılan malzemeleri, olabildiğince birleştirerek WIP stoğunun düşük düzeyde tutulması.

Dengeleme sonucunda, söz konusu ürünlerin ürün ağaçlarında yer alan her bir parçanın hangi istasyonda konumlandırılacağı bilgisi (hat içi adresleme bilgisi) oluşmuş oldu. Örnek dengeleme **EK A.6**'da verilmiştir.

2.5.2 Hat yanı tasarımı

Kanban uygulamasının, standartlaştırmayı tetiklemesi bakımından montaj bandı düzeninde ilave donanım kullanılması kararlaştırıldı. Bu itibarla, malzemelerin montaj bandına gelişinin, üzerine ilgili kanban iliştirilmiş KLT kutularının içinde, hat yanı stoklama şeklinin dinamik raflar ile her malzemeye belirli bir yer atanmış halde olması kararlaştırıldı. İlgili donanımın miktarı belirlendi ve yatırımı yapıldı.

2.5.2.1 KLT kutular

KLT (Kleinladungsträger Trger; Almanca, Hafif Yük Taşıyıcı) kutular, özellikle otomotiv sanayide sıkça kullanılan, üst üste ve yan yana dizildiğinde standart Euro Palet lusne (800mm x 1200mm) sığacak ve üzerinde malzeme tanıtım kartı yeri bulunacak şekilde tasarlanmış modüler kutu çeşididir.

Standart dışı ve değişken ambalajların, boyut, ağırlık ve içerdiği parça adedi bakımından standardize edilmesi amacıyla, malzemelerin montaj bantlarına ESD (Electro Static Dissipative, Statik elektriği biriktirmeyen, yarı iletken malzeme) zellikli KLT kutular ile sevk edilmesi kararlaştırılmıştır. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2 : KLT Kutu (ESD zellikli)

Kullanılması kararlaştırılan KLT kutu tipleri, 1-5 arasında numaralandırılmış şekilde izelge 2.2’de verilmiştir. Buna göre en küçük kutu boyutu 300mm x 200mm, en büyük kutu boyutu 800mm x 600mm olarak belirlenmiştir.

Kutu kodları, kutunun boyut bilgisini içermektedir. Örneğin, RL-KLT-4147 kodlu kutuda, kodun sayısal kısmındaki "4", 400mm x 300mm ölçülü, "147" ise 147mm yükseklikli kutu olduğunu anlatır.

Çizelge 2.2 : KLT Kutu Tipleri Çizelgesi.

Sıra No.	Kutu Tipi	Resim	Dış Boyutlar			İç Boyutlar		
			Kutu uzunluğu (m)	Kutu genişliği (m)	Kutu yüksekliği (m)	Kutu uzunluğu (m)	Kutu genişliği (m)	Kutu yüksekliği (m)
1	RL-KLT-3147		0,300	0,200	0,147	0,250	0,170	0,130
2	RL-KLT-4147		0,400	0,300	0,147	0,345	0,265	0,130
3	RL-KLT-4280		0,400	0,300	0,280	0,345	0,265	0,260
4	RL-KLT-6280		0,600	0,400	0,280	0,560	0,360	0,260
5	Daifuku		0,800	0,600	0,310	0,750	0,560	0,290

Malzeme çalışması sırasında prensip olarak, milkrun çevrim sürelerine uygun sayıda parçanın sığıdığı en küçük kutu alternatifi seçilmeye çalışılmıştır. Bu şekilde, hat yanı dinamik raf ihtiyaçları da minimize edilmektedir.

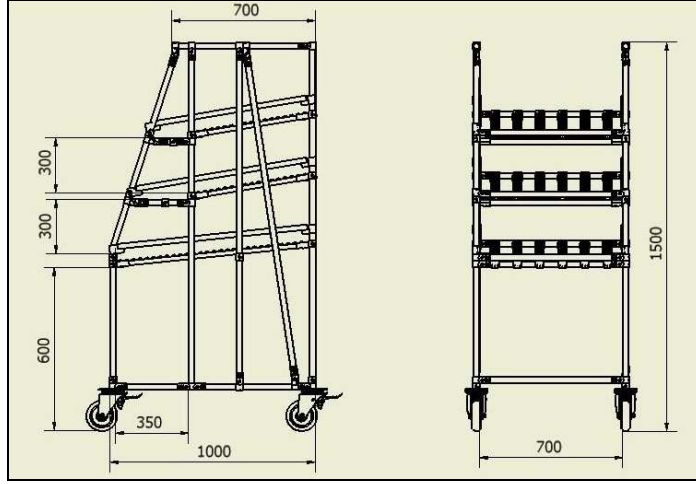
Gerekli kutu miktarlarının hesabı, PFEP (Plan For Every Part) dosyasında yer almaktadır.

2.5.2.2 Dinamik raflar

Malzeme beslemede FIFO (First In First Out, ilk giren ilk çıkar) prensibini zorunlu kılmak, malzeme ve montaj işgöreninin görev sahalarını ayırmak ve en önemlisi kullanıldığı istasyonda her parça için alan ve adres sağlamak amacıyla ESD özellikli dinamik raf tasarımı yapıldı.

Dinamik raf tabirindeki “dinamik” tanımlaması, raf sistemini oluşturan her bir raf katının, eğimli şekilde yerleştirilmiş çoklu kaydırıcı rulolara sahip parçalardan meydana gelmesinden ve arka taraftan bırakılan malzeme kutusunun ön taraftaki işgörene efor sarf etmeksizin ulaştırılabilmesi nedeniyle kullanılmaktadır.

Hat dengelemesinde belirlenen ve PFEP dosyasında yer alan her istasyondaki malzeme yoğunluğu ve her malzemenin yerleştirilebileceği standart kutu boyutları dikkate alınarak Şekil 2.3’teki raf tasarımı yapılmıştır.



Şekil 2.3 : Dinamik Raf Tasarımı

Bu tasarıma sahip raflardan, her istasyona bir adet veya iki adet yan yana yerleştirilerek, her rafta en küçük boyutlu üç adet RL-KLT-3147 kutu (300mm x 200mm) yani üç çeşit malzeme stoklama imkanı sağlanmıştır.

Gerekli raf miktarlarının hesabı, PFEP dosyasında yer almaktadır.

2.5.2.3 Kanban toplama kutuları

Kanban işleyişinin önemli bir aşaması olan, kutudan malzeme kullanımı ile birlikte, ilgili kanbanın kutudan ayrılması ve bir sonraki döngüde kartları toplayacak olan malzemeci işgörene siparişin zahmetsizce iletilmesi amacıyla her dinamik raf üzerine, Şekil 2.4'te görülen kanban toplama kutusu tasarlanmış ve temin edilmiştir.



Şekil 2.4 : Kanban Toplama Kutusu.

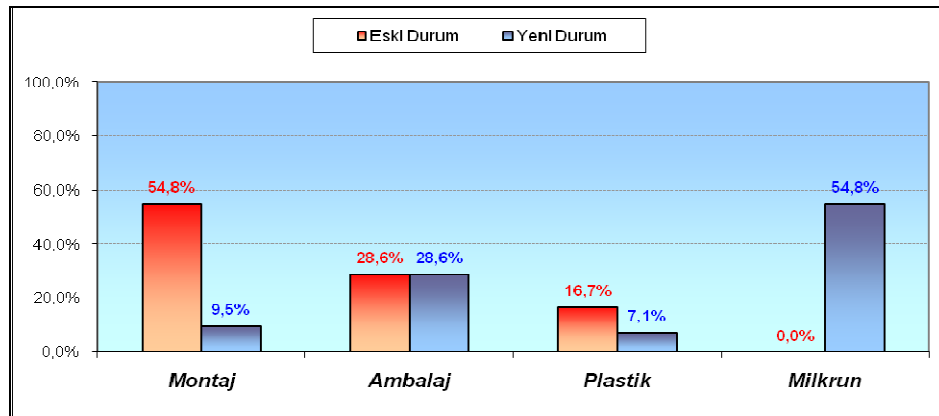
Montaj işgöreni, kendi alanını terk etmeksizin ayırdığı kanbanı kutuya atmakta, eğimli monte edilen yarı açık kanban toplama kutusu tasarımı ile, malzemeci açığa çıkan kartları kolayca ayırt edebilmektedir.

Genel prensip olarak, montaj işgöreni, rafında bekleyen bir malzeme kutusundan aldığı ilk malzeme ile birlikte, kanbanı ayırmakta ve kanban toplama kutusuna atmaktadır.

2.5.3 Kanban / milkrun kapsamına alınan parçalar

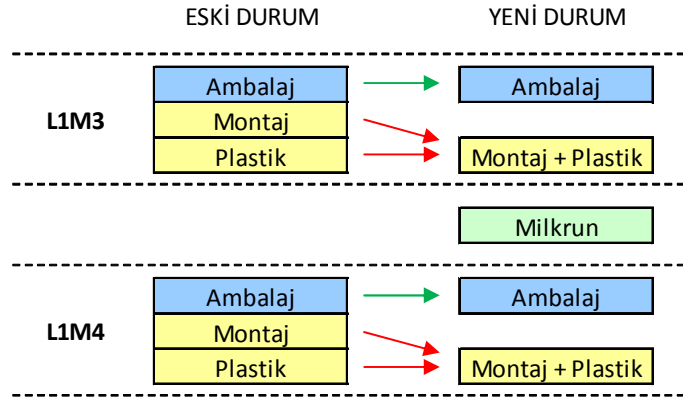
Önceki durum olarak örnek alınabilecek benzer montaj bantlarında, malzeme taşıma işi üç malzemeci tarafından yürütülmektedir: Ambalaj malzemecisi, montaj malzemecisi ve plastik malzemecisi.

Şekil 2.5'te görüleceği üzere, örnek 19" üründe, eski durumda, son montaja beslemesi yapılan toplam 42 çeşit malzemenin, % 54,8'i montaj, %28,6'sı ambalaj ve %16,7'si plastik malzemecisi tarafından taşınırken, yeni durumda, özel arabaları ile hatta getirilen şasi, LIPS ve hemen hat yanına otomatik taşıma sistemi ile indirilen ön çerçeve, arka kapak ve ayak dışındaki tüm montaj ve plastik parçaları, kanban/milkrun kapsamına alındı. Ambalaj malzemelerinin, milkrun rotasına alınamayacak bir lokasyonda bulunması nedeniyle, yine ambalaj malzemecisi tarafından çekilmesine devam etmesine karar verildi.



Şekil 2.5 : Malzeme Dağıtımı Değişimi (Eski / Yeni Durum)

Özetle, iki son montaj bandında çalışan toplam altı malzemecinin görev dağılımı yeniden düzenlendi. Şekil 2.6'da, eski durumda ambalaj malzemecisi olan işgörenlerin görevine aynen devam ettiği, montaj ve plastik malzemeciliği görevlerinin birleştirilerek yeni bir milkrun sorumlusu rolü yaratıldığı görülmektedir. Toplamda altı kişilik malzemeci kadrosu, beş kişi ile yönetilir hale gelmiştir.



Şekil 2.6 : Malzemeci Rol Değişimi (Eski / Yeni Durum)

2.5.4 PFEP (plan for every part) dosyası

PFEP dosyası, kanban kapsamına alınması kararlaştırılan malzemelere ait her türlü stoklama bilgisinin, hat dengeleme adreslerinin, tüketim miktarlarının bulunduğu ve kanban ihtiyaçlarının hesaplanarak ve güncel tutulduğu ana dosyadır. Ayrıca hat yanında bulundurulacak toplam KLT kutu ve dinamik raf miktarları hakkında da veri içerir.

Kanban hesabında kullanılacak olan;

- Malzeme listesi, SAP ürün ağacından (kapsama göre daraltılarak),
- Malzeme adresleri, hat dengeleme adımlarından,
- Tüketim bilgisi, hat dengeleme sonucundan,
- Kutu kodları ve içerik miktarları, malzeme detay sayfasından alınmaktadır.

PFEP dosya görüntüsü, Şekil 2.7'de verilmiştir.

PFEP (PLAN FOR EVERY PART) LİSTESİ

Sıra No.	Mamul	Tanım	Parça No.	Parça Adı	BOM adet	ÖB	Üretim Miktar (ad/vrd.)	Kullanılan miktarı (ad/vrd.)	Hat, İstasyon	rota	Kutu içi miktar (Mevcut)	ÖB2	Tüketim süresi (saat/par ti)	Kutu içi miktar (Hedefi)	ÖB3	Tüketim süresi (saat/n art)	Kutu içi miktar (Seçim)	ÖB4	Tüketim süresi (saat/n art)	Max. Kutu/seri	KANBAN HESAP		Kutu Tipi
																					SEÇİM KANBAN #	SEÇİM KANBAN #round	
1	HRD000	18254900 K	X53911GAR1	3M 11	0,140	M	925	130	L1M3-03	K1	1.050	m	58,8	105	m	5,9	105	m	5,9	1	0,49	1	RL-KLT-3147
2	HRD000	18254900 K	90231G	BAND	1,0	ADT	925	925	L1M3-02	K1	3.200	adet	25,1	2.000	adet	15,7	3.200	adet	25,1	1	0,12	1	RL-KLT-4147
3	HRD000	18254900 K	90231G	BAND	1,0	ADT	925	925	L1M3-07	K1	3.200	adet	25,1	2.000	adet	15,7	3.200	adet	25,1	1	0,12	1	RL-KLT-4147
4	HRD000	18254900 K	090228G-1	BAND	5,0	ADT	925	4.625	L1M3-08	K1	5.000	adet	7,8	2.000	adet	3,1	5.000	adet	7,8	1	0,37	1	RL-KLT-4147
5	HRD000	18254900 K	VCB21200GF	DUGM	1,0	ADT	925	925	L1M3-01	K1	1.890	adet	14,8	400	adet	3,1	1.890	adet	14,8	1	0,20	1	RL-KLT-6280
6	HRD000	18254900 K	VCA502G	KAB FP	1,0	ADT	925	925	L1M3-02	K1	1.050	adet	8,2	400	adet	3,1	1.050	adet	8,2	1	0,35	1	RL-KLT-6280
7	HRD000	18254900 K	VCA515G	KON.K	1,0	ADT	925	925	L1M3-04	K1	2.000	adet	15,7	500	adet	3,9	2.000	adet	15,7	1	0,19	1	Daifuku
8	HRD000	18254900 K	056V19-1	LCD	1,0	ADT	925	925	L1M3-02	K2	72	adet	0,6	72	adet	0,6	72	adet	0,6	3	3,34	4	Euro Pallet
9	HRD000	18254900 K	VCB20400GF	MERCE	1,0	ADT	925	925	L1M3-01	K1	500	adet	3,9	500	adet	3,9	500	adet	3,9	1	0,74	1	RL-KLT-3147
10	HRD000	18254900 K	YSZ35903-1	METAL	1,0	ADT	925	925	L1M3-04	K1	250	adet	2,0	250	adet	2,0	250	adet	2,0	1	1,48	2	RL-KLT-6280
11	HRD000	18254900 K	VCA31100-1	METAL	1,0	ADT	925	925	L1M3-02	K1	250	adet	2,0	250	adet	2,0	250	adet	2,0	1	1,48	2	RL-KLT-3147
12	HRD000	18254900 K	VCA31000-2	METAL	1,0	ADT	925	925	L1M3-02	K1	250	adet	2,0	250	adet	2,0	250	adet	2,0	1	1,48	2	RL-KLT-3147
13	HRD000	18254900 K	XST354-1	METAL	1,0	ADT	925	925	L1M3-10	K1	250	adet	2,0	250	adet	2,0	250	adet	2,0	1	1,48	2	Daifuku
14	HRD000	18254900 K	YSZ35902-1	METAL	1,0	ADT	925	925	L1M3-04	K1	250	adet	2,0	250	adet	2,0	250	adet	2,0	1	1,48	2	RL-KLT-6280
15	HRD000	18254900 K	VCB23200GF	PLS.SA	1,0	ADT	925	925	L1M3-08	K1	792	adet	6,2	306	adet	2,4	306	adet	2,4	1	1,21	2	RL-KLT-6280
16	HRD000	18254900 K	VCA25400GF	STAND	1,0	ADT	925	925	L1M3-12	K1	354	adet	2,8	300	adet	2,4	354	adet	2,8	1	1,05	2	Euro Pallet
17	HRD000	18254900 K	VCA172	TT/IR/P	1,0	ADT	925	925	L1M3-04	K1	816	adet	6,4	140	adet	1,1	140	adet	1,1	2	2,64	3	Daifuku
18	HRD000	18254900 K	011970R	VIDA N	4,0	ADT	925	3.700	L1M3-02	K1	30.000	adet	58,8	2.000	adet	3,9	30.000	adet	58,8	1	0,05	1	RL-KLT-4280
19	HRD000	18254900 K	011262R	VIDA N	2,0	ADT	925	1.850	L1M3-12	K1	9.000	adet	35,3	2.000	adet	7,8	9.000	adet	35,3	1	0,08	1	RL-KLT-4280
20	HRD000	18254900 K	011469R	VIDA F	5,0	ADT	925	4.625	L1M3-11	K1	15.000	adet	23,5	2.000	adet	3,1	15.000	adet	23,5	1	0,12	1	RL-KLT-4280
21	HRD000	18254900 K	011467R	VIDA F	3,0	ADT	925	2.775	L1M3-04	K1	15.000	adet	39,2	2.000	adet	5,2	15.000	adet	39,2	1	0,07	1	RL-KLT-4280
22	HRD000	18254900 K	011649R	VIDA S	4,0	ADT	925	3.700	L1M3-05	K1	20.000	adet	39,2	2.000	adet	3,9	20.000	adet	39,2	1	0,07	1	RL-KLT-4280
23	HRD000	18254900 K	011649R	VIDA S	3,0	ADT	925	2.775	L1M3-06	K1	20.000	adet	52,3	2.000	adet	5,2	20.000	adet	52,3	1	0,06	1	RL-KLT-4280
24	HRD000	18254900 K	011646R	VIDA S	1,0	ADT	925	925	L1M3-10	K1	17.000	adet	133,2	2.000	adet	15,7	17.000	adet	133,2	1	0,02	1	RL-KLT-4280

Şekil 2.7 : PFEP Dosyasının Görünüşü.

Şekil 2.7'de verilen PFEP ana sayfasında, örnek olarak 17.sırada geçen malzemeyi inceleyelim. VCA172 malzeme kodlu parça, HRD000 mamulünde bir adet kullanılmakta, dolayısıyla 925 adetlik vardiyalık kayıpsız üretimde toplam 925 adet tüketilmesi öngörülmektedir. Malzeme, K1 rotasına dahildir ve L1M3 son montaj bandının 4.istasyonunda ürüne montajı yapılmaktadır (L1M3-04). Mevcut durumda 816 adet olan kutu içeriğine karşılık, 140 adetlik hedef miktara yönelik yeni kutu çalışması tedarikçi firmadan talep edilmiş ve "seçim" kısmında görüldüğü gibi, malzeme 140 adetlik kutusu ile temin edilmeye başlanmıştır. Bu yeni kutu içerik miktarı ile birlikte, bir kutu malzeme 1,1 saatlik ihtiyacı karşılayacaktır, yani 1,5 saatlik besleme periyodunu besleyebilmek için minimum 2 adet kutu transferi yapılacaktır. Kanban sayısı, 2,64 adet olarak hesaplanmış ve yukarı yuvarlanarak, bu malzeme için 3 adet kanban ihtiyacı olduğu belirlenmiştir.

Malzeme detay sayfası, malzemelerin kutu boyutu, içerik ve ağırlık bakımından gerekli olan ambalaj bilgilerini, hangi ambarda stoklandığı, hangi tip KLT kutuya sığacağı bilgilerini içerir.

Malzemelerin mevcut ambalaj boyutu ve içerik miktarları ile ilk kanban hesapları yapıldığında, kutu içi miktarların genel olarak çok yüksek olması ve ambalaj hacimlerinin fazlalığı nedeniyle tüketim süreleri günler hatta haftalar düzeyinde çıkmıştır.

WIP stoklarını önemli oranda yükseltecek bu duruma önlem olarak, malzeme detay sayfasında, Şekil 2.8'de görülen *mevcut* ve *hedef* adında bölümler açılarak, üretim planlama bölümüne hedef kutu boyutları ve adetleri verilmiştir.

MALZEME TANIMLAMA EKRANI

#	Malzeme No.	Malzeme Adı	Tedarikçi	Menşei	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Ambalaj Tipi (Kutu, Koli vb.)	Depo Yeri (Mevcut)	Depo Yeri (Yeni)	Kutu içi miktar	ÖB	KLT KUTU tipi (Mevcut Ambalaj ile)	KLT KUTU tipi (Hedef miktar ile)	Hedef İçerik (Miktar)	ÖB
1	VIDA	Türkiye	0,18	0,18	0,14	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	9.000	adet	3	1	2.000	adet		
2	VIDA	Türkiye	0,18	0,18	0,14	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	12.500	adet	3	1	2.000	adet		
3	VIDA	Türkiye	0,18	0,18	0,14	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	15.000	adet	3	1	2.000	adet		
4	VIDA	Türkiye	0,18	0,18	0,14	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	15.000	adet	3	1	2.000	adet		
5	VIDA	Türkiye	0,18	0,18	0,14	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	15.000	adet	3	1	2.000	adet		
6	VIDA	Türkiye	0,18	0,18	0,14	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	17.000	adet	3	1	2.000	adet		
7	VIDA	Türkiye	0,18	0,18	0,14	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	17.000	adet	3	1	2.000	adet		
8	VIDA	Türkiye	0,18	0,18	0,14	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	20.000	adet	3	1	2.000	adet		
9	VIDA	Türkiye	0,18	0,18	0,16	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	30.000	adet	3	1	2.000	adet		
10	LCD 5	G.KORE	1,15	0,97	0,82	Palet	Panel Ambar	Panel Ambar	72	adet	palet	palet	72	adet		
11	LCD 5	G.KORE	1,15	0,97	1,00	Palet	Panel Ambar	Panel Ambar	72	adet	palet	palet	72	adet		
12	BANL	Türkiye	0,20	0,20	0,11	Poşet	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	5.000	adet	2	1	2.000	adet		
13	SUNG	Türkiye	0,29	0,29	0,13	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	1.250	adet	4	2	500	adet		
14	BAND	Türkiye	0,20	0,20	0,11	Poşet	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	3.200	adet	2	1	2.000	adet		
15	KABL	ÇİN	0,36	0,27	0,14	Koli	L2M1 Koltukaltı	1002 - Daifuku	3.000	adet	3	2	500	adet		
16	TT/RI	Türkiye	0,80	0,60	0,30	Plastik K	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	816	adet	5	5	140	adet		
17	STAN	Türkiye	0,67	0,42	0,40	Koli	Küçük Plastik	KART - Ek. Kart	354	adet	palet	3	300	adet		
18	META	Türkiye	0,44	0,32	0,24	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	250	adet	4	1	250	adet		
19	META	Türkiye	0,44	0,32	0,24	Koli	1002 - Daifuku	1002 - Daifuku	250	adet	4	1	250	adet		
20	VIZOLit 100 mm (210 x 100 x 30) mm	Slovakya	0,46	0,33	0,01	Poşet	Plastik Ambar	1002 - Daifuku	6.000	adet	3	1	500	adet		

Şekil 2.8 : PFEP, Malzeme Detay Sayfa Görüntüsü

Bu kapsamda satın alma sorumluları ve tedarikçi firmalar ile görüşülerek, birim satın alma fiyatlarını artırmadan, verilen hedef rakamlara inilmesi talep edilmiştir. Buradaki hedef miktarlar, 1,5 saat olarak belirlenen besleme aralığının üzerinde kalacak tüketim oranında ve malzeme boyutları itibarıyla mantıklı seviyelerdeki kutu içi adetler olarak belirlendi. Bu kutu içi adetlerde getirilecek malzemelerin sığabileceği KLT kutu tipleri çalışıldı.

PFEP dosya yapısı, bir günde yapılacak sefer sayısına göre kanban hesabının otomatik olarak güncelleneceği yapıdadır.

Dosya üzerinden ayrıca, istasyon bazında hat kenarında ne kadar yer ayrılması gerekeceği ve hangi hat için hangi KLT kutudan ne kadar ihtiyaç duyulacağı bilgisi elde edilmektedir.

Uygulamada, her mamul koduna bağlı ürün ağacında yer alan kanban kapsamındaki parçalar PFEP dosyasına girilmiş, parçalardan hat dengelemesinde birden fazla istasyonda kullanılanların kullanım adetleri bölüştürülerek satırlar elde edilmiştir.

Örneğin, X malzemesinin A montaj bandının 12. istasyonuna tanımlanmış kanban sayısı 2 iken, aynı malzemenin herhangi bir bant ve/veya istasyondaki kanban sayısı 1 veya 3 gibi farklı bir miktarda olabilir.

2.5.5 Kanban sayısı hesabı

Her malzeme için kanban sayısının belirlenmesi amacıyla literatürde farklı gösterimlere sahip olmakla birlikte, yaklaşık sonuçlar veren formüller incelenmiştir.

$$Kanban\# = \frac{Talep[ad./gün] \times (Dagitim_frekansi + akis_suresi + Emniyet_suresi)[ad.]}{Kutu_Icerigi[ad.]} \quad (2.3)$$

$$Kanban\# = \frac{Talep[ad./gün] \times Toplam_kanban_akis_suresi[gün] \times (1 + \alpha)}{Kutu_Icerigi[ad.]} \quad (2.4)$$

“Toyota’nın Kanban Formülü” adı da verilen (2.4) formülü ile hesaplamalar yapılmıştır [32]. Burada " α " belirsizlik katsayısıdır.

Uygulamada, her 1,5 saatte bir kez kart toplama/malzeme dağıtım seferi yapılacaktır. Sefer aralığının 1,5 saat olarak belirlenme gerekçesi, milkrun çizelgeleme kısmında bahsedilecektir.

Kutuya atılan bir kartın ortalama kutuda bekleme süresinin yarım çevrim süresi kadar (0,75 saat) olacağı ve bir tam çevrim süresi de (1,5 saat) dağıtım için bekleyeceği öngörülmüş, üzerine de emniyet süresi olarak yarım çevrim süresi (0,75 saat) ilave edilmiştir.

Bu şekilde, karşılaşılabilecek en riskli durum olan, kart toplama/malzeme dağıtım sefer zamanından hemen sonra kutuya atılan bir kartın, yaklaşık iki tam çevrim sonra istasyona ulaştırılması durumu güvenceye alınmış olmaktadır.

Dolayısıyla, formüller tarafında, talebin 925 ad./vardiya, vardiyanın 7,25 saat ve kutu içeriğinin 250 adet olduğu bir malzeme için formül (2.3)'ten, toplamda iki adet kanbanın yeterli olduğu hesaplanmaktadır.

$$Kanban\# = \frac{925 / 7,25 [ad./ saat] \times (1,5 + 0,75 + 0,75) [saat]}{250 [ad.]} = 1,53 ad. \rightarrow 2 ad. Kanban \quad (2.5)$$

Kanban çevrim süresi 2,25 saat (ortalama bekleme 0,75 + dağıtım 1,5) ve α belirsizlik katsayısı %30 alındığında formül (2.4)'ten yaklaşık aynı sonuç elde edilmektedir.

$$Kanban\# = \frac{925 / 7,25 [ad./ saat] \times (2,25 \times 1,3) [saat]}{250 [ad.]} = 1,49 ad. \rightarrow 2 ad. Kanban \quad (2.6)$$

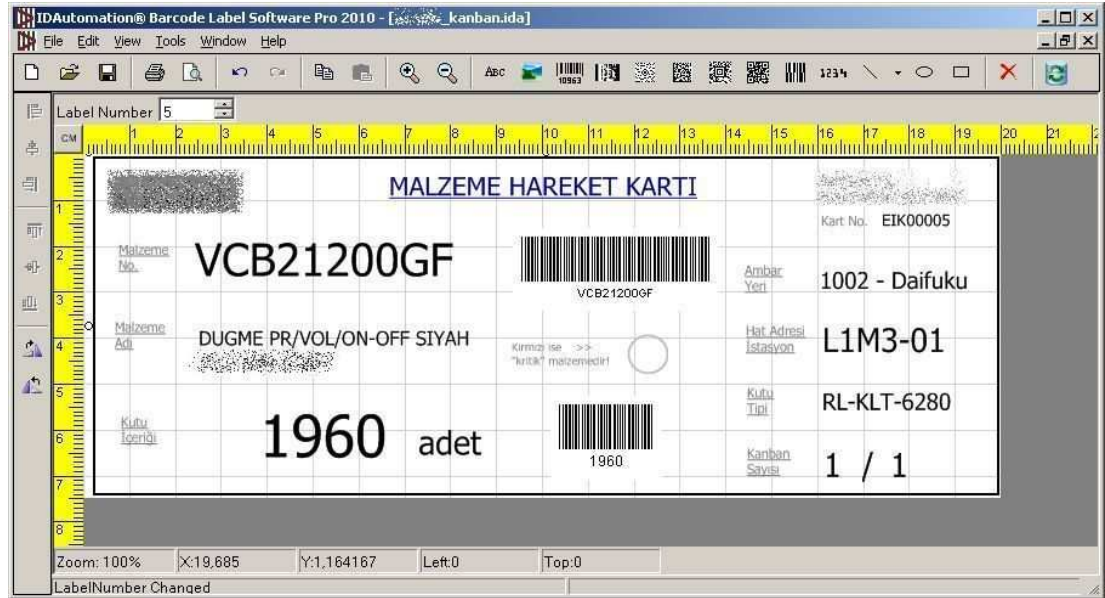
2.5.6 Kanban tasarımı ve basımı

Kanbanlar, KLT kutulara uyum bakımından dış boyutları 200mm x 80mm olacak şekilde belirlendikten sonra, içerik ve yerleşim tasarımı "ID Automation: Barcode Label Software Pro 2010" programı kullanılarak yapıldı.

Şekil 2.9'da gösterildiği gibi, Çekme Kanbanı yerine "Malzeme Hareket Kartı" tanımlaması kullanılmıştır. Bunun yanında kart üzerinde aşağıdaki bilgiler yer almaktadır:

- Malzeme no. (Nümerik ve tek boyutlu barkodlu halde),
- Malzeme adı,

- Kutu içeriği miktarı (Nümerik ve tek boyutlu barkodlu halde),
- Kart seri numarası (tekrarsız kod),
- Ambar yeri,
- Hat adresi (montaj hattı adı ve istasyon numarasının birleşimi),
- KLT kutu tipi,
- Kart sıra numarası,
- Kritik malzeme olup olmadığına dair işaret.



Şekil 2.9 : Çekme Kanban Tasarımı

Kart tasarımında yer alan bilgilerin tümü, PFEP dosyasından beslenen bir baskı dosyasından (MS Excel) direkt olarak ilişkilendirilmiştir. Bu şekilde, barkod etiket programında sadece tasarım bilgileri tutulmakta, kanban malzemeleri ile ilgili tüm bilgi “baskı deneme” dosyasında saklanmaktadır.

PFEP dosyasında hesaplanan kanban sayısı, baskı dosyasında kayıtlı olan mevcut kanban listesindeki “malzeme adı”, “montaj bandı adı” ve “istasyon no.” bilgilerinin birleştirilmiş hali olan koda göre sorgulanır ve eğer kanban mevcut fakat miktarı eksik ise uyarı vererek ilave kart basımı için yönlendirme yapar.

Şekil 2.10'da, baskı dosyasında kontrolü yapılan malzemelerden ikisinin, önceden basılmış kanban bilgilerine göre sayıca farklılık içerdiği bir durum gösterilmektedir. Bu kontrol sayesinde, kutu içi miktarı veya kullanıldığı istasyonu değişen bir malzemenin yeni barkodunun basılması gerektiği gözden kaçırılmamış olur.

A	B	C	D	P	Q	R	S	T	U	V	W	AA	AB	AC	AD	AE	AF	
	Mamul	Tanım	Parça No.	Parça Adı	Tüketim süresi (saat/parç i)	Kutu içi miktar (Seç)	OBİ	Tüketim süresi (saat/parç i)	Max Kutu/sefer	İÇİME GİRİŞİ	İÇİME KARŞI	Kutu Tipi	KOD	BASILI KANBAN NO	KANBAN #	KANBAN ADET CHECK	KANBAN BASMA DURUMU	2
1	H	18254800	VCB31100-1	METAL	2,0	250	adet	2,0	1	1,48	2	RL-KLT-3147	L1M4-02VCB31100-1	00085	2	OK	Kanban_OK	
14	H	18254900	VCB21200GF	DUGM	3,1	1.890	adet	14,8	1	0,20	1	RL-KLT-6280	L1M3-01VCB21200GF	00005	1	OK	Kanban_OK	
15	H	18254900	VCB21200GF	DUGM	3,1	1.890	adet	14,8	1	0,20	1	RL-KLT-6280	L1M4-01VCB21200GF	00035	1	OK	Kanban_OK	
16	H	18254900	VCB23200GF	PLS.SA	2,4	306	adet	2,4	1	1,21	2	RL-KLT-6280	L1M3-08VCB23200GF	00018	2	OK	Kanban_OK	
17	H	18254900	VCB23200GF	PLS.SA	2,4	306	adet	2,4	1	1,21	2	RL-KLT-6280	L1M4-08VCB23200GF	00048	2	OK	Kanban_OK	
18	H	18255100	VCB25700GF	PLS.SIY	0,8	96	adet	0,8	2	3,42	4	RL-KLT-6280	L1M4-08VCB25700GF	00120	4	OK	Kanban_OK	
19	H	18255000	VGH21200GF	DUGM	3,1	1.890	adet	14,8	1	0,20	1	RL-KLT-6280	L1M3-01VGH21200GF	00093	1	OK	Kanban_OK	
20	H	18255000	VGH21200GF	DUGM	3,1	1.890	adet	14,8	1	0,20	1	RL-KLT-6280	L1M4-01VGH21200GF	00101	1	OK	Kanban_OK	
21	H	18255000	VGH23200GF	PLS.SA	2,4	200	adet	2,4	1	1,21	3	RL-KLT-6280	L1M3-08VGH23200GF	00094	2	FALSE	Kanban_Bas	
22	H	18255000	VGH23200GF	PLS.SA	2,4	306	adet	2,4	1	1,21	2	RL-KLT-6280	L1M4-08VGH23200GF	00102	2	OK	Kanban_OK	
23	H	18255100	YK23301GF	PLASTİK	1,8	210	adet	1,9	1	1,56	2	Euro Pallet	L1M4-07YK23301GF	00118	2	OK	Kanban_OK	
24	H	18254905	YS235900	METAL	0,8	200	adet	0,8	2	3,70	4	RL-KLT-6280	L1M3-04YS235900	00143	4	OK	Kanban_OK	
25	H	18254905	YS235900	METAL	0,8	200	adet	0,8	2	3,70	4	RL-KLT-6280	L1M4-04YS235900	00146	4	OK	Kanban_OK	
26	H	18254805	W1X515G	KABLO	3,1	50	adet	0,4	4	7,40	8	RL-KLT-6280	L1M4-03W1X515G	00051	1	FALSE	Kanban_Bas	

Şekil 2.10 : PFEP Baskı Dosyası, Kanban Kontrolü

Kanbanlar söz konusu program ve ilişkilendirildiği baskı dosyası yardımı ile düz A4 kağıda basıldıktan sonra kesilerek ESD özellikli laminasyon folyolarının içine yerleştirilip, laminasyon makinesinden geçirilmek suretiyle ısıtılarak kaplanmaktadır.

Şekil 2.11'de, basılmış ve kaplanmış bir kanban örneği görülmektedir. Kritik malzeme uyarısı çıkan kartlara kırmızı etiket yapıştırıldıktan sonra PVC kaplaması yapılmaktadır.

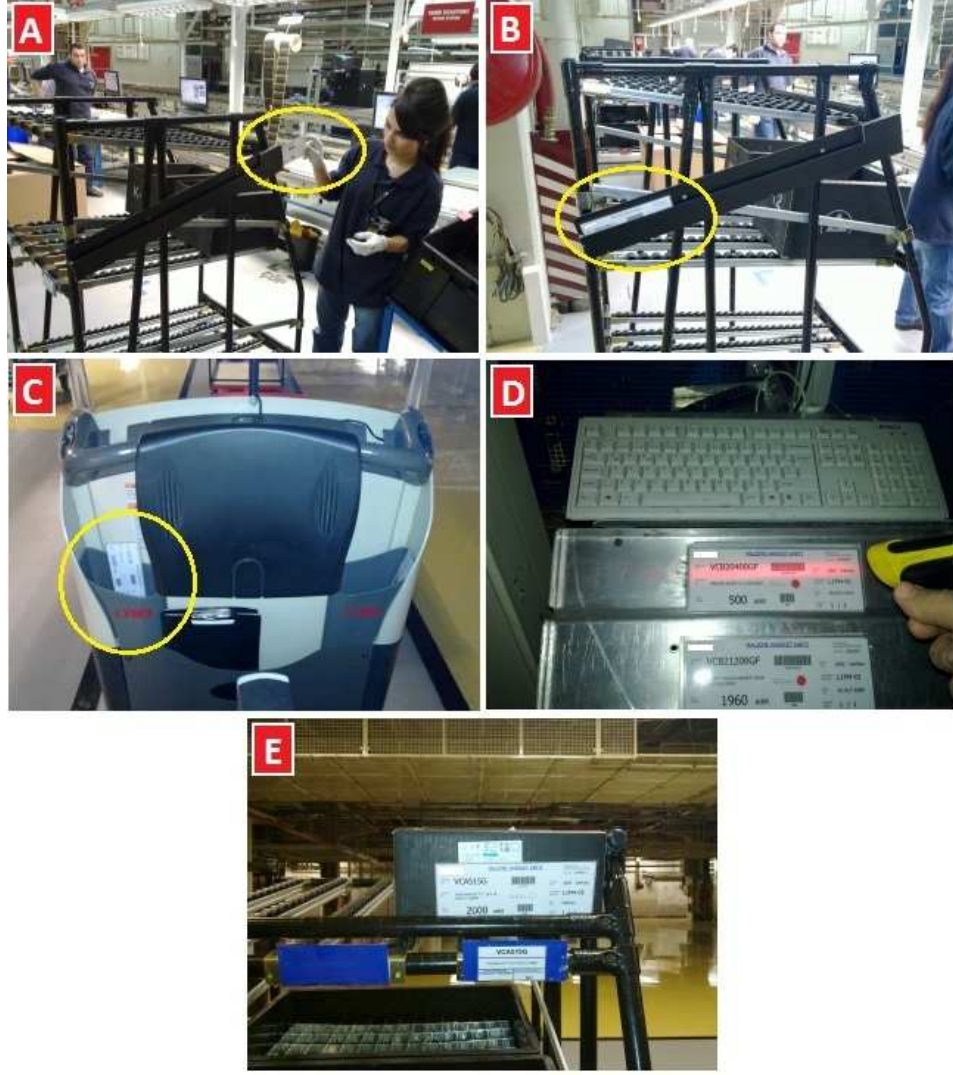


Şekil 2.11 : Kanban (Malzeme Hareket Kartı) Örneği.

2.5.7 Kanban işleyişi

Bir ürün, son montaj bandına girmeden önce, ürün ağacı ve malzeme geliş şekilleri incelenmiş, hat dengelemesi ve talimatları tamamlanmış, PFEP dosyası ile kanban sayıları hesaplanmış ve kartları basılarak ilgili istasyonlara dağıtılmış ise, sistem kullanıma hazır demektir.

Şekil 2.12'de, kanban çevriminin adımları beş adımda özetlenmiştir.



Şekil 2.12 : Kanban İşleyişi, Resimli Beş Adım.

Şekil 2.12-A'da, montaj işçisi, hemen arkasındaki dinamik rafta hazırda bekleyen malzeme kutusuna ihtiyaç duyduğunda, kutu içinden alacağı ilk malzeme ile birlikte kutu içinde veya önünde bulunan kanbanı da alır ve kanban toplama kutusuna atar.

Bu klasik kanban prensibi, insana bağlı hatayı en aza indirmek için uygulanmaktadır. Fakat, günlük uygulamada, yalnızca vida benzeri 15.000 - 20.000 gibi çok yüksek adetli ambalajlarda, montaj işçisi, konveyör yanında tuttuğu 1.500 - 2.000 adetlik en küçük boy avadanlık kutusunu bir ölçek gibi kullanarak, orijinal vida kutusundan son ölçeği aldığı zaman kanbanı toplama kutusuna atmaktadır. Bu şekilde, klasik yönetime göre WIP stoğu %50'ye yakın oranda daha düşük düzeyde tutulmaktadır.

Örneğin, bir milkrun çevrimi boyunca 200 adet tüketilen 20.000 adetlik vida kutusu, ilk vida alındığında kanbanı ayrılrsa, ilk çevrim sonunda 19.700 adet vida mevcut iken yeni 20.000 adetlik kutu istasyona varacaktır. Toplamda 39.700 adet anlık vida stoğu oluşur. Halbuki, örneğin 2.000 adet kapasiteli avadanlık kutulu alternatif uygulama ile, yaklaşık bir ölçek vida kaldığında kanban ayrılırsa, ilk çevrim sonunda avadanlık kutusundaki 1.700 adet vida ve yeni gelen 20.000 adet ile birlikte toplam 21.700 adet anlık stok bulunur; ki bu da yaklaşık %45 daha az WIP stoğu anlamına gelir.

Şekil 2.12-B'de, kanban toplama kutusu içinde, bir sonraki milkrun çevriminde milkrun sorumlusu tarafından alınmayı bekleyen bir kanban görülmektedir. Kanban toplama kutusunda bekleme süresi, ortalama olarak bir milkrun çevriminin yarısı kadardır. Burada en kötü senaryo, milkrun sorumlusunun istasyon hizasını geçtikten hemen sonra kanbanın açığa çıkmasıdır. Bu durumda, kanbanın kutuda bekleme süresi yaklaşık iki çevrime uzar. Bu nedenle, kanban hesaplarında emniyet payını belirlerken bu konuya dikkat edilmiştir.

Şekil 2.12-C'de, milkrun aracında, ilgili montaj hattının adı altında toplanmış ve bir sonraki çevrimde malzemeleri ile birlikte teslim edilecek malzemelerin kanbanları görülmektedir.

Şekil 2.12-D'de, bir sonraki çevrimde hatta beslenmek üzere kanbanları toplanan malzemelerin siparişinin verilme şekli görülmektedir. Milkrun rotası üzerinde merkezi bir noktaya kurulan bir PC istasyonunda, toplanan kanbanlar üzerindeki malzeme numarası ve adet bilgileri barkod okuyucular ile okutularak, SAP malzeme sipariş ekranı aracılığıyla siparişe dönüştürülmektedir. Bu şekilde, araç depoya varmadan önce, malzemelerin hazırlanması için zaman kazanılmaktadır.

Şekil 2.12-E'de, milkrun sorumlusu tarafından depodan alınmış bir malzemenin, kanban üzerinde yazılı istasyonda bulunan dinamik rafta, o malzemeye ayrılmış ve isim plaketi asılmış bölgeye bırakıldığı durum görülmektedir.

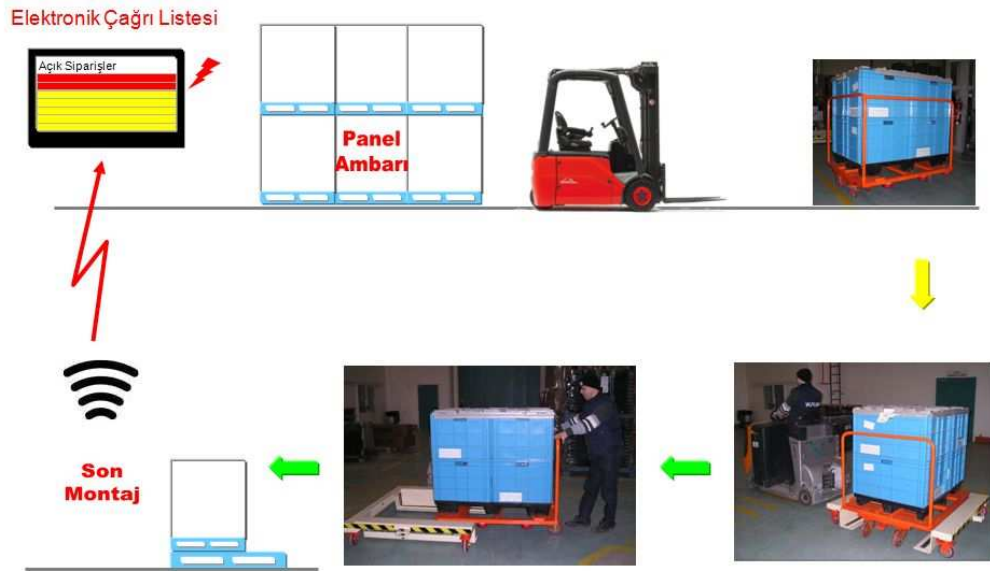
Son adım ile birlikte, kanban çevrimi tamamlanmış; montaj işgöreni tarafından siparişi verilen malzeme, bir sonraki milkrun çevriminde tedarik edilerek, ihtiyaç olan istasyona beslenmiştir.

2.6 Çağrı Sistemi & Milkrun

Kurulan besleme sisteminde, milkrun kapsamında olup, kanban ile yönetilmeyen özel durumlu bir malzeme mevcuttur. LCD TV panel malzemesi, aşağıda sıralanan gerekçeler nedeniyle kanban ile yönetilememekte, çağrı tipi senkronizasyon ile hatta beslenmektedir:

- Havalelidir, istasyon yanında her çeşitten bulundurmak mümkün değildir,
- Bir palette bulunan malzeme miktarı düşüktür,
- En değerli malzemedir (A sınıfı).

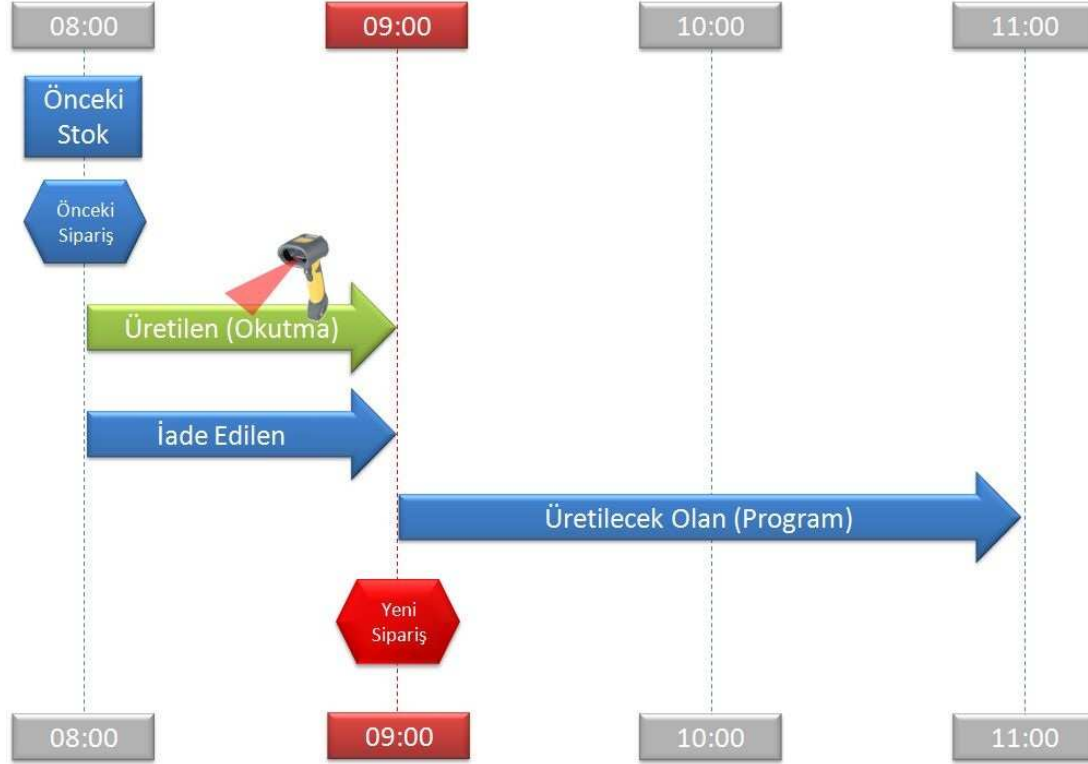
Şekil 2.13'te, söz konusu panel malzemesi için tasarlanan malzeme besleme sistematığı görülmektedir.



Şekil 2.13 : Çağrı Sistemi Çevrimi.

Eski panel besleme sisteminde, forklift işçisini son montaj üretim programını takip eder ve panel paletini hat yanına kadar getirir. Yeni sistemde ise, üretim programındaki ürün adetlerini ve sıralamasını takip eden bir yazılım, periyodik olarak panel ambarındaki sipariş noktasına panel siparişi oluşturur. Panel ambarında görevli forklift işçisini, açık sipariş gördüğünde, siparişteki panelleri boş arabalara yerleştirerek sıralar. Milkrun aracı sıralama bölgesine geldiğinde, panel yüklenmiş arabayı, katardaki yerine yerleştirir, boş arabayı bırakır ve panelleri montaj bandına götürür.

Şekil 2.14'te, söz konusu yazılımın örnek çalışma sistemi gösterilmektedir. Buna göre, saat 09:00'da oluşturulacak yeni siparişin içeriği, bir saat önceki sipariş detayına ve stoğa, son bir saat içindeki panel eşleştirme okutmalarına ve varsa panel iadelerine ve de sonraki iki saat boyunca üretilecek olan mamullerin panel bilgilerine dayanmaktadır.



Şekil 2.14 : Panel Sipariş Yazılımı Çalışma Prensibi.

Çizelge 2.3'te panel çeşitleri ve fiziki ölçüleri ile birlikte, bir palette yer alan panel sayıları verilmiştir.

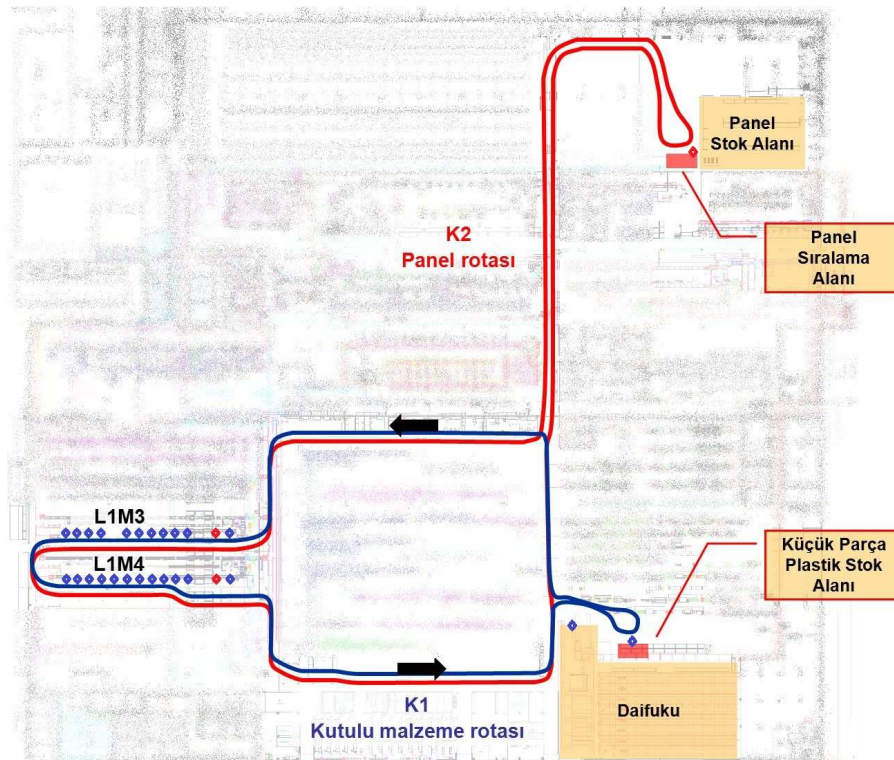
Çizelge 2.3 : Panel Çeşitleri ve Bilgileri.

Panel Marka	Ekran	A (cm)	B (cm)	H (cm)	Hacim (m ³)	Kutu/ Palet	Panel/ Kutu	Panel/ Palet
S1	19"	115	97	82	0,91	12	6	72
S2	22"	115	97	100	1,12	12	6	72
L1	19"	115	100	110	1,27	18	12	216
L2	22"	115	100	93	1,07	12	7	84
A1	19"	115	106	110	1,34	24	8	192
A2	22"	115	90	97	1,00	12	9	108

Vardiyada 925 adet TV üretildiğinde, Çizelge 2.3'te bulunan panel alternatifleri arasında, en düşük kapasiteli palet olan S1 ve S2 marka panellerde, 72 adetlik panel stoğu, formül (2.7)'de görüldüğü gibi, yaklaşık 34 dakikada tüketilecektir.

$$Tüketim_hizi = \frac{72ad.panel \times 7,25saat / vrd \times 60dak}{925ad.TV / vrd} = 33,86dak \quad (2.7)$$

Kanban ile yönetilen malzemelerin rotasına kısaca K1, çağrı ile yönetilen panel rotasına kısaca K2 rotası adı verildi. Şekil 2.15'te, K1 ve K2 milkrun rotalarının fabrika yerleşim planındaki görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.15 : Milkrun Rotaları.

(2.7) sonucundan, yaklaşık her yarım saatte bir kez bir montaj bandına bir palet panel getirilmesi gerektiği ortaya çıkmış oldu. Buradan hareketle, milkrun besleme çevrim süresinin ne olacağına karar verebilmek için, K1 ve K2 rotalarının, tek başlarına yaklaşık kaç dakikada tamamlanabildiği araştırıldı.

Çizelge 2.4'te, Şekil 2.15'te noktalar şeklinde gösterilen söz konusu iki rotada, hangi malzeme alanlarına ve montaj istasyonlarına uğradığının listesi verilmiştir. Buna göre, K1 rotalarında, montaj hattına göre 14 veya 15 noktaya malzeme besleme imkanı varken, K2 rotalarında sadece 3'er noktaya uğranmaktadır.

Çizelge 2.4 : Milkrun Rotaları, Duruş/Servis Noktaları.

Montaj Bandı >> Rota Durak Yeri	L1M3		L1M4	
Rota >>	K1	K2	K1	K2
Panel ambarı, panel sıralama alanı	-	✓	-	✓
Daifuku ambarı, malzeme çıkış alanı	✓	-	✓	-
Küçük parça plastik stok alanı	✓	-	✓	-
1. istasyon (Ön çerçeve)	✓	-	✓	-
2. istasyon (Panel)	✓	✓	✓	✓
3. istasyon (Hoparlör)	✓	-	✓	-
4. istasyon (Tuş Takımı)	✓	-	✓	-
5. istasyon (Şasi, LIPS)	✓	-	✓	-
6. istasyon (Şasi, LIPS vidalama)	✓	-	✓	-
7. istasyon (Kablo Konfigürasyon)	✓	-	✓	-
8. istasyon (Kablo Konfigürasyon)	✓	-	✓	-
9. istasyon (İlave İst.- DVD)	-	-	✓	-
10. istasyon (Arka Kapak)	✓	-	✓	-
11. istasyon (Arka Kapak vidalama)	✓	-	✓	-
12. istasyon (Ayak)	✓	-	✓	-
13. istasyon (Ayar hazırlık, T-0)	-	-	-	-
PC Terminali, Barkod okutma istasyonu	✓	✓	✓	✓
Bir Çevrimde Uğranılan Nokta Sayısı	14	3	15	3

Tam bir K1 rotası yaklaşık 450 metre ve K2 rotası yaklaşık 700 metredir; buna karşılık K1 rotasında taşınan malzeme sayısının fazlalığı nedeniyle, malzemeleri araca yükleme ve istasyonlarda dinamik raflara aktarma işleri, toplamda K2 rotasının süresinin iki katı sürede tamamlanabilmesine neden olmaktadır. Çizelge 2.5'te K1 rotasının, Çizelge 2.6'da ise K2 rotasının toplam çevrim süreleri verilmiştir. Bu süreler, rota üzerinde araç kullanılarak ve istasyonlara malzeme verme ve kutu alma denemelerinin kronometraji ile elde edilmiştir. Ölçülen süreler ayrıca yolda karşılaşılabilecek araç ve insan trafiğine karşılık ek süre ilave edilmiştir.

Bir montaj bandı için K1 ve K2 rotalarının toplamı, muhtemel küçük aksamalar ile yaklaşık 45 dakikayı bulmaktadır. Birbirine komşu iki montaj bandına hizmet edecek tek bir milkrun aracının, bu durumda 90 dakikalık çevrimler ile malzeme beslemesi yapması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Çizelge 2.5 : K1 Rotası Süreleri.

No.	İşlem	Ort. Süre (dk)
1	Kart topla, boş kutu topla, dolu kutu bırak.	8,9
2	SAP ekranında kartları barkod okuyucu ile okut.	2,1
3	Daifuku depo önüne git.	1,8
4	Daifuku depo yazılımına siparişi aktar.	0,9
5	<i>(Malzemenin gelmeye başlaması)</i>	1,1
6	Boş kutuları bırak, dolu kutuları al	9,5
7	Montaj hattına git.	2,0
8	<i>(Yolda karşılaşılan trafik)</i>	2,0
	Toplam	28,3

Çizelge 2.6 : K2 Rotası Süreleri.

No.	İşlem	Ort. Süre (dk)
1	Dolu arabaları bırak, boş arabaları al.	2,4
2	Panel ambarına git.	3,7
3	Boş arabaları bırak, dolu arabaları al.	2,2
4	Montaj hattına git.	3,4
5	<i>(Yolda karşılaşılan trafik)</i>	2,5
	Toplam	14,2

2.6.1 Milkrun kabulleri

Milkrun çevrimlerinin rotaları, zamanlamaları ve işleyişi tasarlanırken aşağıda verilen kabuller ve öngörüler dikkate alınmıştır.

İstasyonlar:

- Her malzeme kutusu kullanımına başlandığında, ilişikteki kanban ayrılır ve kanban toplama kutusuna atılır. (Vidalar dışında)
- Vida kutularından son ölçek vida alındığında, kutuya ait kanban ayrılır ve kanban toplama kutusuna atılır.
- İstasyonlar arasında malzeme alışverişi yapılmaz.
- Kanbanlar kaybedilmez.
- Malzemelerde, tüm partiyi etkileyecek bir seri kalite problemi yoktur.

- Kutu içi malzeme miktarları partiden partiye değişmez. Özellikle azalma yönünde değişim varsa, değişiklik devreye girmeden önce mutlaka kanban sayısı kontrolü yapılır.

Araç ve Katar:

- İki montaj bandına bir araç hizmet verecektir.
- Rota süresi hesabında kullanılmak üzere, araç 6 km/h sabit hızla yol almaktadır.
- Araç ve çekilen arabalar arıza yapmamaktadır.
- Aracın şarj süresi, bir vardiya yetecektir. Yedek batarya bulundurmak sureti ile vardiya değişimlerinde hızlı değişim yapılarak, zaman kaybı minimum düzeyde tutulacaktır.
- Panel taşıma araçları, C-araba ve iç araba ikili sisteminden oluşur. Fazla sayıdaki iç arabalardan, panel ambarında her zaman iki adet yedek araba bulunur.

Yollar:

- Her zaman belirlenen rotada seyahat edilir, tek yön kurallarına uyulur.
- Yolda karşılaşılan trafik, çevrim başına toplamda 2-2,5 dakikadan fazla kayıp yaratmaz.

Ambarlar:

- Malzemeler her zaman belirlenmiş stok alanında hazır durumdadır.
- Malzemelerin SAP stoğu oluşmama vb. sistemsel problemi yoktur.
- Daifuku otomatik ambar sisteminden malzeme listesi ile malzeme çağırıldığında, yaklaşık bir dakika sonra malzemeler gelmeye başlar.
- Otomatik ambar donanımı arıza yapmaz.
- Otomatik ambar çıkış noktasında, diğer montaj hatları için malzeme bekleme kuyruğu yoktur.
- Ambar sorumluları her zaman yerindedir ve ön hazırlığını zamanında yapar.
- Daifuku depo otomatik olduğundan, depo içi sipariş optimizasyonu gerekmez.

2.6.2 Taşıma şekli

Milkrun çevrimlerinin aralığı 1,5 saat olarak belirlendikten sonra, milkrun aracını oluşturacak katarın özellikleri belirlendi.

Milkrun aracı, en önde milkrun sorumlusu işgören tarafından kullanılan bir çeki aracına (tow truck) bağlı, keskin dönüşlerde savrulma veya rotadan çıkma durumlarının önüne geçebilmek adına "iz takip edebilme" özellikli çok sayıda taşıyıcı aracın arka arkaya birbirine bağlı olduğu bir araba katarıdır.



Şekil 2.16 : Milkrun Aracı.

Şekil 2.16'da, ABC şirketinde kullanılan milkrun aracı görülmektedir. Araç, panel taşıma amacıyla özel tasarlanmış iki adet taşıyıcı araba ve kutulu malzeme taşıma amacıyla tasarlanmış üç adet raflı arabadan oluşan, toplam beş arabalık bir katarından oluşmaktadır.

Şekil 2.17'de gösterilen panel taşıma arabaları, iki parçadan oluşmaktadır: İç araba ve C-araba.

C-araba sayısı, formül (2.7) sonucunda çıkan, en kötü durumda palet başına yaklaşık 34 dakikalık besleme süresi dikkate alınarak belirlendi. Bu panel markası ile üretim yapılırken, 1,5 saatlik besleme aralığında üretimin devam ettirilebilmesi için, bant yanına en az üç adet panel paleti çekilmesi gerekecektir. Panel paletlerinin üst üste iki adet olacak şekilde taşınabilmesi nedeniyle, toplam iki adet C-araba temin edilmiştir.



Şekil 2.17 : Panel Taşıma Arabası.

C-arabaların içine takılarak kullanılan iç araba sayıları ise, herhangi bir anda, C-arabalar üzerinde iki, iki montaj bandının istasyonlarında ikişer ve depodaki hazırlama alanında her montaj bandı için ikişer olmak üzere toplamda on adet iç araba ihtiyacı belirlenmiş ve bu yönde tedarik yapılmıştır.

Şekil 2.18'de, kanban kapsamında beslemesi yapılan kutulu malzemeler için tasarlanan raflı arabalar görülmektedir. Her biri üç katlı ve her bir katının iç ölçüleri iki adet 800mm x 600mm kasa taşıyabilecek genişlikte boyutlandırılan arabaların iki adedi dolu malzeme kutularını, üçüncü araba ise toplanan boş malzeme kutularını toplamak üzere kullanılmaktadır.



Şekil 2.18 : Kutulu Malzeme Taşıma Arabası.

2.6.3 Araç çizelgeleme

Milkrun çevrim süresinin 1,5 saat olarak belirlenmesi ile birlikte, muhtemel karışıklıkların önüne geçebilmek ve sahada işi yönetecek personelin ihtiyaç duyacağı standardizasyonu sağlayarak sistemin tıkanmasını önleyecek çizelgelemenin gerekliliği belirlenmiştir.

Bu nedenle, Çizelge 2.7'de verilen vardiyalık genel milkrun zaman çizelgesi oluşturulmuştur. Bu zaman çizelgesi ile, yalnızca milkrun sorumlusunun günün hangi saatinde hangi çevrimi dolaşması gerektiği ile ilgili kafa karışıklığını önleyerek yönlendirme sağlanmasının dışında, etkileşimde olduğu panel sıralaması yapan forklift işgöreni ve kutulu malzeme hazırlayan depo işgöreninin, kanban/milkrun sisteminin kendilerinden günün hangi saatinde hazırlık beklendiğini bilmesi önem arz etmektedir; zira kanban/milkrun sistemi ile yönetilen iki montaj bandına karşılık, eski sistem ile malzeme hareketleri yönetilen yedi adet daha son montaj hattı bulunmaktadır.

Çizelge 2.7 : Milkrun Genel Zaman Çizelgesi (Vardiyalık).

Çevrim #	Saat Dilimi Başlangıcı	Saat Dilimi Sonu	Milkrun Sorumlusu				Panel Forklift Operatörü		Daifuku Operatörü	
			Panel (L1M3)	Panel (L1M4)	Malzeme (L1M3)	Malzeme (L1M4)	Panel (L1M3)	Panel (L1M4)	Malzeme (L1M3)	Malzeme (L1M4)
1	08:00	08:15	x				(23:55)			
	08:15	08:30		x				08:10		
	08:30	08:45			x				08:30	
	08:45	09:00								
	09:00	09:15				x				09:00
2	09:15	09:30								
	09:30	09:45	x				(09:25)			
	09:45	10:00		x				09:40		
	10:00	10:15	Çay Molası							
	10:15	10:30			x				10:15	
3	10:30	10:45				x				10:30
	10:45	11:00								
	11:00	11:15	x				(10:55)			
	11:15	11:30		x				11:10		
	11:30	11:45			x				11:30	
4	11:45	12:00								
	12:00	12:15	Öğle Yemeği							
	12:15	12:30								
	12:30	12:45				x				12:30
	12:45	13:00								
5	13:00	13:15	x				(12:55)			
	13:15	13:30		x				13:10		
	13:30	13:45			x				13:30	
	13:45	14:00								
	14:00	14:15				x				14:00
6	14:15	14:30								
	14:30	14:45	x				(14:25)			
	14:45	15:00		x				14:40		
	15:00	15:15			x				15:00	
	15:15	15:30								
7	15:30	15:45				x				15:30
	15:45	16:00								

Zaman çizelgesinde, bir vardiya her biri 1,5 saatten oluşan beş ana zaman dilimine bölünmüştür. Her ana zaman diliminin ilk 15 dakikası ilk montaj bandına, ikinci 15 dakikası ikinci montaj bandına panel beslenmesi ile harcanmaktadır. Sonraki 30 dakika ilk montaj bandına ve son 30 dakika ikinci montaj bandına kutulu malzeme besleme beslenmesi ile harcanmaktadır.

Çizelge 2.8'de verilen detay zaman çizelgesinde ise, Çizelge 2.7'deki genel çizelgede verilen ve bir vardiyayı beş ana parçaya bölen 1,5 saatlik zaman dilimlerin her birinin içinde, milkrun sorumlusu, forklift işgöreni ve Daifuku ambar sorumlusunun hangi sırayla hangi işi yapacağını detaylı tarifi yapılmaktadır. Buna göre, her 1,5 saatlik çevrimde, milkrun işgöreni iki montaj bandına birer kez K1 ve K2 rotası servisi vermektedir. Böylelikle, milkrun işgöreninin tam olarak hangi saatte nerede olacağı net olarak belirlenmekte ve etkileşimde olduğu birimlere bildirilmektedir.

Genel ve detay zaman çizelgeleri, işleyişin tümünü kapsayan yeni malzeme besleme prosedürünün ekleri olarak fabrikaya yayınlandı. Rotada yapılacak değişiklikler, revizyon takipli dokümantasyon kapsamına girmiş oldu.

Çizelge 2.8 : Mikrun Detay Zaman Çizelgesi

MILKRUN SORUMLUSU					PANEL FORKLİFT OPERATÖRÜ					DAIFUKU OPERATÖRÜ				
	Başlangıç	İşlem	Süre	Bitiş		Başlangıç	İşlem	Süre	Bitiş		Başlangıç	İşlem	Süre	Bitiş
I	08:00	A noktasından Panel ambarı sıralama bölgesine (B noktası) git.	00:04	08:04		15:55	Üretim programı veya sinyalizasyona uygun sırada ve miktarda L1M3 paneli al, boş arabaya yerleştir, sırala.	00:05	16:00					
	08:04	2 adet boş palet arabasını yerine bırak, 2 adet L1M3 panel paletini C arabalarına yerleştir.	00:03	08:07										
	08:07	B noktasından L1M3 panel istasyonuna git.	00:02	08:09										
	08:09	2 adet boş palet arabasını kenara al, dolu arabaları yerine yerleştir, boş arabaları C arabaya yerleştir.	00:04	08:13		08:10	Üretim programı veya sinyalizasyona uygun sırada ve miktarda L1M4 paneli al, boş arabaya yerleştir, sırala.	00:05	08:15					
	08:13	A noktasına git.	00:02	08:15										
II	08:15	A noktasından Panel ambarı sıralama bölgesine (B noktası) git.	00:04	08:19										
	08:19	2 adet boş palet arabasını yerine bırak, 2 adet L1M4 panel paletini C arabalarına yerleştir.	00:03	08:22										
	08:22	B noktasından L1M4 panel istasyonuna git.	00:02	08:24										
	08:24	2 adet boş palet arabasını kenara al, dolu arabaları yerine yerleştir, boş arabaları C arabaya yerleştir.	00:04	08:28										
	08:28	A noktasına git.	00:02	08:30										
III	08:30	A noktasından Daifuku önüne (C noktası) git.	00:02	08:32							08:30	SAP Rezervasyon ekranından L1M3 sipariş bilgilerini Daifuku yazılımına aktar, çağırma işlemini başlat.	00:02	08:32
	08:32	Aracın L1M3 toplama kutusundaki kartları al, Daifuku sorumlusuna ver.	00:01	08:33							08:32	(Daifuku çıkış noktasına malzemelerin gelmeye başlaması.)	00:02	08:34
	08:33	Araç üzerindeki boş KLT kutularını Daifuku operatörüne ver.	00:02	08:35							08:34	L1M3 kartlarını Milkrun sorumlusundan al.	00:00	08:34
	08:35	Daifuku operatörünün eşleştirdiği kutuları (KLT kutu içinde malzeme kutusu ve kanban) L1M3 arabasına yerleştir.	00:10	08:45							08:34	Boş KLT kutularını Milkrun sorumlusundan al, ayrılan yere bırak.	00:02	08:36
	08:45	C noktasından L1M3 ilk istasyona git.	00:02	08:47							08:36	Gelen malzemeleri doğru kart ve KLT kutu ile eşleştir. Kutuları Milkrun sorumlusuna teslim et.	00:08	08:44
	08:47	L1M3 istasyonlarına uğra. Dolu kutuları bırak, boş kutuları al, kartları topla ve aracın L1M3 kart toplama haznesine bırak.	00:09	08:56										
	08:56	A noktasına git.	00:02	08:58										
	08:58	Aracın L1M3 toplama kutusundaki kartları al, PC'den SAP rezervasyon ekranında iken kartları okut. Kartları araca geri bırak.	00:02	09:00										
IV	09:00	A noktasından Daifuku önüne (C noktası) git.	00:02	09:02							09:00	SAP Rezervasyon ekranından L1M4 sipariş bilgilerini Daifuku yazılımına aktar, çağırma işlemini başlat.	00:02	09:02
	09:02	Aracın L1M4 toplama kutusundaki kartları al, Daifuku sorumlusuna ver.	00:01	09:03							09:02	(Daifuku çıkış noktasına malzemelerin gelmeye başlaması.)	00:02	09:04
	09:03	Araç üzerindeki boş KLT kutularını Daifuku operatörüne ver.	00:02	09:05							09:04	L1M4 kartlarını Milkrun sorumlusundan al.	00:00	09:04
	09:05	Daifuku operatörünün eşleştirdiği kutuları (KLT kutu içinde malzeme kutusu ve kanban) L1M4 arabasına yerleştir.	00:10	09:15							09:04	Boş KLT kutularını Milkrun sorumlusundan al, ayrılan yere bırak.	00:02	09:06
	09:15	C noktasından L1M4 ilk istasyona git.	00:02	09:17							09:06	Gelen malzemeleri doğru kart ve KLT kutu ile eşleştir. Kutuları Milkrun sorumlusuna teslim et.	00:08	09:14
	09:17	L1M4 istasyonlarına uğra. Dolu kutuları bırak, boş kutuları al, kartları topla ve aracın L1M4 kart toplama haznesine bırak.	00:09	09:26										
	09:26	A noktasına git.	00:02	09:28										
	09:28	Aracın L1M4 toplama kutusundaki kartları al, PC'den SAP rezervasyon ekranında iken kartları okut. Kartları araca geri bırak.	00:02	09:30										

2.7 Devreye Alma

Hesaplanan sayıda dinamik raf ve milkrun aracı katarını oluşturan araba temin edildi. Raflar hat yanlarına dizildi ve 5S'e uygun şekilde yerleri işaretlendi.

Montaj işgörenleri ve malzeme taşıma sorumlularına uygulamalı eğitimler verildi ve işleyiş prosedür haline getirilip ekli talimatları ile yayınlandı.

Tüm kanbanlar forklift ehliyeti alınan milkrun sorumlusuna teslim edildi. Hat yanındaki dinamik raflar, yeni devreye giriş nedeniyle tamamen boş olduğundan, ilk malzeme taşıma seferine mahsus olmak üzere, tüm malzemeler, kutuları ve kanbanları ile birlikte hatlara taşındı.

Her vardiyada bir asıl ve bir yedek olmak üzere, toplam dört kişi milkrun aracını kullanmak ve sistemi yönetmek üzere görevlendirildi.

Sonrasında, kanban ve milkrun işleyişlerindeki görev paylaşımına uygun şekilde, zaman çizelgesine ve rota güzergahlarına uyarak, kanban toplama, boş kutu toplama ve malzeme besleme çevrimleri başlatılmış oldu.

3. UYGULAMA SONUÇLARI

ABC şirketindeki, son montaj hatlarına kanban kontrollü, milkrun döngülü malzeme besleme sisteminin tasarlanmaya başlanması ile, yatırımların gerçekleştirilmesi, donanımların tam olarak hazırlanması ve forklift sürücü sertifika eğitimleri dahil tüm eğitimlerin tamamlanarak, dokümantasyonu ile birlikte eksiksiz devreye girişi arasında, proje ekibi toplam üç ay süre ile çalışmıştır.

Son montaj hatları ve ambarlar arasında çekme kanbanı kullanılan ve periyodik milkrun döngüleri ile yönetilen yeni düzenin, malzeme besleme sisteminin kurallı ve düzenli bir süreç haline getirilmesi ana amacının yanında, ölçülebilir iki çıktısı olacağı öngörülmüştür: Malzeme taşıma kaynaklı duruş süresi ve hat yanı stok (WIP) miktarı.

Son montaj hatlarında gerçekleşen duruşlar, ekip sözcüleri tarafından, MS Access tabanlı bir dosyaya, önceden belirlenmiş duruş kodları girilerek kaydedilmektedir. Kanban/milkrun sisteminin devreye alınması esnasında, bu duruş kodlarına Çizelge 3.1'de görülen yeni duruş kodları eklenmiştir.

Çizelge 3.1 : Kanban/Milkrun Sistemi, Hat Duruş Kodları

kod		
Kod	TV Montaj Takım Liderliği	Not
32-A	Kanban/Milkrun_Bakım	
32-B	Kanban/Milkrun_Planlama	
32-C	Kanban/Milkrun_Ürt.Müh.	

Kurulan hattın yeni olması nedeniyle, önce-sonra karşılaştırması, ancak benzer ölçülerdeki TV üretimi yapan montaj hatları ile yapılabilmektedir. Bu nedenle, referans alınan montaj hattındaki yaklaşık %4'lük malzeme kaynaklı duruşa karşılık, sistemin devreye alındığı tarihten itibaren izlenen altı ay boyunca, malzeme taşıma, kanban sistemi veya milkrun çevrimleri kaynaklı duruş miktarı "sıfır" olarak gerçekleşmiştir. Buna araç arızaları ve donanım problemleri de dahildir.

Hat yanı stok miktarı karşılaştırması tarafında ise, kanban hesaplarında alınan belirsizlik katsayısının, ilk uygulama nedeniyle %30 gibi yüksek seçilmesinin, her çeşit malzemeden stok bulundurulmasının ve genel olarak kutu içi malzeme miktarlarının yüksek olmasının etkisiyle, ortalama yaklaşık 2,4 günlük ortalama stok miktarı oluşmaktadır.

Referans montaj bandında, hat yanı raf sistemleri olmadığından, WIP değerinin herhangi bir standardı bulunmamakta, ürüne ve günlük malzeme temin stratejilerine göre değişiklik göstermektedir. Genellikle, hat yanına ürün miktarına göre malzeme getirilmekte fakat %100 tüketim kontrolü sağlanamadığından küçük malzeme duruşları ve model dönüşlerinde hazırlık süresi kayıpları oluşmaktadır. Referans hatta, ortalama olarak yaklaşık 2 günlük stok miktarı bulunmaktadır.

Özetle, itme tipi klasik malzeme taşıma sistemi yerine, kanban/milkrun sisteminin uygulanması ile birlikte elde edilen sonuçlar, Çizelge 3.2 karşılaştırma tablosunda verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Sonuç Karşılaştırma Çizelgesi.

No.	Kriter	Önce (İtme Sistemi)	Sonra (Kanban/Milkrun)	Sonuç	İyileştirme Fırsatı
1	Genel süreç işleyişi	Kişilerin tecrübesine dayalı.	Kurallı, sistematik, kendini yönetebilir.	✓	
2	Duruş oranı	%4.	%0.	✓	
3	WIP stoğu	Ortalama 2 gün.	Ortalama 2,4 gün.	✗	Kutu içeriği azaltma ile ortalama 0,8 güne çekilmesi.
		Sapma yüksek.	Sapma düşük. (0,2 gün)	✓	
		Stok değişken, kontrolsüz.	Min.-maks. arası kontrollü stok.	✓	
4	Hat dönüş süresi	5 - 10 dakika.	< 1 dakika.	✓	
5	Hat yanı malzeme çeşitliliği	Sadece üretilen ürüne ait malzemeler.	Hatta üretilen tüm ürünlere ait malzemeler.	✓	
6	Hata (yanlış montaj) olasılığı	Sıfıra yakın.	Mevcut.	✗	Poka Yoke ile yanlış parça kullanımının engellenmesi.
		Sorumluluk malzemecide.	Sorumluluk operatörlerde.	✓	
7	Malzemeci sayısı (2 vrd., 2 hat toplam)	12	10	✓	

Sonuç çizelgesinde görüldüğü üzere, süreç kararlı hale gelmekle birlikte, WIP stoklarında bir miktar artış gözlemlenmekte ve işgören hata olasılığı artmaktadır. Orta vadede, malzeme kutu içeriği çalışmaları ve kanban sayısı optimizasyonu ile birlikte stok gün sayısının azaltılması mümkündür.

Hata olasılıklarının azaltılması için ise, işgörenlere yetkinlik kazandırma için, çok yönlü beceri eğitimleri düzenlemek ve raflardan yanlış malzemeyi almayı engelleyecek poka yoke (hata önleme) düzenekleri kurulmalıdır.

3.1 Uygulamannın Geliştirmeye Açık Yönleri

Kanban/milkrun sisteminin hatasız ve kolay yönetilir hale getirilmesi ve tüm sektörlerde sorunsuz kullanılabilmesi için gerekli sistemsel ve yönetsel bazı iyileştirmelerin devreye alınması gereklidir.

Sistemsel:

- Malzeme kutu içi miktarların ve kutu boyutlarının düşürülmesi.
- Firma ambalaj standartlarının oluşturulması, ambalaj ile ilgili organizasyonel sorumlu birim oluşturulması.
- Yeni malzeme temini öncesi, ambalaj özelliklerinin netleştirilmesi, buna göre malzeme fiyatlandırmasının sağlanması.
- Malzemelerin kalite oranlarının iyileştirilmesi için, tedarikçi geliştirme programlarına ağırlık verilmesi.
- Yeni işe alınan işgörenlere verilen eğitim kapsamına Genel Yalın Üretim, Kanban, Milkrun konularının eklenmesi.

Yönetsel:

- Herhangi bir tecrübesiz personelin yönetebileceği, kolay PFEP yönetim ekranı.
- Kanbanı olmayan yeni malzeme uyarı sistemi.
- Hatalı malzeme seçimini engelleyecek akıllı raf sistemi gibi poka yoke çözümlerinin devreye alınması.
- Kanban kaybetme durumunu erken uyaracak yazılım/sistem.
- Kapsam dışı bırakılan malzeme kısıtlarının bertaraf edilmesi ile kapsam içine dahil edilmesi.
- Rota mesafe ve istasyon sayısı optimizasyonu.
- Depo içi sipariş toplama sırası optimizasyonu.

3.2 Gelecekteki Çalışmalar

Tez kapsamına alınan ve Faz-1 adı verilen çekme kanbanı uygulamasının ardından, hazır temin edilen malzeme tarafında, malzeme elleçlemesinin azaltılabilmesi ve tam zamanında teslimat ile hat yanı stoklarının minimize edilebilmesi amacıyla "tedarikçi kanbanı" uygulamasına geçilmesi planlanmaktadır. Tedarikçi kanbanı yapabilmek için ise, öncesinde üretim programının bir kısmının sabitlenerek yük seviyelendirmesi yapılması gerekecektir.

Değer akış haritasında Faz-2 olarak tanımlanan, plastik enjeksiyon atölyesi ile son montaj atölyesi arasında, elektronik kanban kontrollü yarı-mamul senkronizasyonu projesi devreye alınacaktır.

Mevcut durumda, üretim planlama tarafından yayınlanan son montaj üretim programı takip edilerek itme tipi çalışılan sistemde, yine kişisel tecrübe ve telefon ile haberleşmeye dayanan plastik malzeme talep ve enjeksiyon baskı süreçlerinin, bir kısmı sabitlenen üretim programından, otomatik oluşturulacak elektronik sevk emri ile otomatik plastik malzeme talebi yapılan ve sinyal kanban sistemi ile enjeksiyon emri oluşturulan sisteme dönüştürülmesi için çalışmalar yapılmaktadır.

Son montajı, AS/RS'yi, plastik malzeme deposunu ve enjeksiyon makinelerini ilgilendiren ve SAP ile entegre çalışacak dört aşamalı yazılım gerektiren ve bu sistemin beklenen faydası, ortalama depo stok gün sayısının beş günden iki güne düşürülmesi ve plastik enjeksiyon atölyesi kaynaklı teslim edememe duruşlarının ortadan kaldırılması olacaktır.

Son olarak Faz-3'te ise, yine iç üretim yarı mamulü olan elektronik kart üretiminin son montaj temposuna senkronize edilmesi amacıyla bir CONWIP uygulaması yapılması planlanmaktadır.

Sonuç itibarıyla, bu üç fazın sonunda, fabrika içi üretim senkronizasyonu sağlanmış olacak ve müşteriye ürün teslim sürelerinde kısalma, duruş azalması ile verimlilik artışı sağlanacaktır.

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu teze konu olan çalışma sonunda, Yalın Üretim'in uygulanmadığı hatta bilinirlik seviyesinin oldukça düşük olduğu bir fabrikada, gerek ve yeter şartların sağlanması durumunda, Kanban ve Milkrun sistemlerinin nasıl basitçe uygulanabileceği, uygulama ile aşama aşama gösterilmiştir.

Burada gerek ve yeter şartlardan kasıt, ilgili üretim sahasında var olan işçilik ve malzeme çeşitliliğinin önceden bilinmesi, sistematik olarak yönetilmesi, optimize edilmesi ve değişkenliklerin kontrol altında tutulabilmesinin yanı sıra, talep miktarlarının da en az bir planlama dönemi boyunca tutarlı ve öngörülebilir düzeylerde seyretmesidir.

Tüm imalat birimlerine ve sevkiyat noktalarına üretim programı yayınlama ve buna göre itme düzeninde yarı-mamul ve mamul akışlarının sağlanması düzenine karşılık, Toyota Üretim Sisteminin yapı taşlarından olan kanban sisteminin kullanılması, doğru yapılandırıldığında WIP stoklarının düşmesine, hat dönüş sürelerinin ciddi oranda azaltılmasına ve malzeme transferi kaynaklı duruşların yok edilmesine olanak sağlamaktadır.

Yeni bir ürünün üretimi başlamadan yeteri kadar zaman önce yapılacak olan, malzeme çeşitleri, fiziki kutulama şartları ve kutu içi miktarların mümkün olan en düşük düzeyde tutulacağı "ambalaj" ve doğru kısıtlar ile detaylı şekilde planlanmış hat dengelemeleri ve bu dengelemeler ışığında düzenlenmiş "hat yanı organizasyonu" çalışmalarının, düzenli malzeme akışının en kritik aşamaları olduğu görülmüştür.

Uygulama sonuçlarında da görüldüğü üzere, ambalaj çalışmasında hedeflenen kutu içi miktarlarının tutturulamaması, direkt olarak stok düzeylerine yansımakta ve ortalama stok miktarı gibi bazı sayısal iyileştirmeler sağlanamayabilmektedir.

Kanban sisteminin bir diğ er y onu olarak, iş g renlerin üzerindeki inisiyatif kullanmak zorunda kalma zorluğunu azaltması ve sorumluluğu paylaştırması gözlemlenmiştir. Artık malzeme taşımakla görevli iş g renler standart tanımlı işlerini yaparak, normal bir tempoda hatları besleyebilmektedir. Montaj iş g renleri de, malzeme kutusundan kanban ayırma işlemi ile aslında malzeme siparişi verdiklerini fark ettiklerinde, kendilerini malzeme besleme sistematiiğinin bir parçası olarak hissetmekte ve uygulamayı sahiplenmektedir.

Milkrun ( ekme esaslı tekrarlı dağıtım sistemi) sisteminin devreye alınması ile birlikte ise, malzeme besleme zamanlamalarında standardizasyon sağlanmıştır. Belirlenen malzeme besleme periyodları çizelgelenmiş ve gerekli temas noktalarında yayınlanarak bekleme süreleri minimize edilmiştir. "Acil malzeme" kavramı ortadan kaldırılmıştır. Montaj iş g reni, siparişini verdiği malzemenin, bir sonraki çevrimde eline ulaşacağını bilmektedir.

Uygulamanın gerçekleştirildiği montaj hatlarının çekme kanbanı ve milkrun sistemlerini uygulayarak elde edilen kazançların sürdürülebilmesi bakımından, her yeni malzeme tanımlanması süreci ile paralel şekilde ambalaj çalışmasının sistematik olarak yürütülmesi ve kanban uygulamasının tedarikçiye kadar genişletilmesi gerekmektedir.

 lk uygulama olması ve mevcut fiziksel koşullar nedeniyle ihtiyaç duyulmayan, fakat yaygınlaştırma ile birlikte sayısı artacak milkrun rotalarının optimizasyonu bir diğ er geliştirme ihtiyacı olarak ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca otomatik ambar kullanılması nedeniyle ihtiyaç duyulmayan malzeme toplama optimizasyonu konusu, klasik tip ambar düzeninde, adresine göre optimum malzeme toplama sürelerinin elde edilmesi bakımından çalışılması gereken diğ er bir konudur.

Özetle, malzeme besleme sistematiiği olarak kanban ve milkrun sistemlerinin bir arada kullanılması ile, malzeme ve bilgi akışlarındaki etkinlik en üst düzeye çıkararak, kayıpların önlenmesi tarafında önemli avantajlar sağlayabilmektedir. Burada başarılı bir uygulama gerçekleştirmedeki anahtar konu, söz konusu sistemlerin sağlıklı çalışabilmesi için gereken altyapı değişikliklerinin ne kadarının tamamlandığı veya tamamlanmaya aday olduğudur.

KAYNAKLAR

- [1] **Url-1** <<http://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>>, alındığı tarih 07.09.2010.
- [2] **Liker, J.**, 2005: Toyota Tarzı (The Toyota Way. McGraw-Hill, 2004). Acar Matbaacılık.
- [3] **Okur, A.S.**, 1997: 2000'li Yıllarda Türkiye Sanayii İçin Yapılanma Modeli: Yalın Üretim, Mart Matbaacılık. İkinci Baskı, Kasım 2005.
- [4] **Vollmann, T.E., Berry, W.L., Whybark, D.C.**, 1997: Manufacturing Planning And Control Systems. Irwin/McGraw-Hill. Fourth Edition.
- [5] **Ohno, T.**, 1988: The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production. Portland Oregon: Productivity Press.
- [6] **Suzaki, K.**, 2005: İmalatta Mükemmellik Yolu: Sürekli İyileştirme Teknikleri (New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement. Free Press, 1987) BZD Yayıncılık.
- [7] **Womack, J.P., Jones, D.T.**, 1996: Lean Thinking, Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation. New York: Free Press, Second Edition, 2003.
- [8] **Yalın Enstitü**, 2005: Yalın Sistem ve Kazanımları Sunumu. Yalın Üretim Konulu, 19.04.2005 Tarihli TAYSAD Toplantısı.
- [9] **Url-2** <http://www.qfdi.org/what_is_qfd/what_is_qfd.htm>, alındığı tarih 30.10.2010.
- [10] **Rother, M., Shook, J.**, 1999: Görmeyi Öğrenmek: Değer Yaratmak ve İsrafı (Muda) Ortadan Kaldırmak İçin Değer Akışı Haritalandırma. The Lean Enterprise Institute. Brookline, MA.
- [11] **Monden, Y.**, 1998: Toyota Production System: An Integrated Approach To Just-In-Time, Engineering & Management Press; 3 edition (December 1998) p.13-34
- [12] **Monden, Y.**, 1983: Toyota Production System: Practical Approach To Management. Industrial Engineering And Management Press, Norcross, GA.
- [13] **Spearman, M.L., Woodruff, D.L., Hopp, W.J.**, 1990: CONWIP: A Pull Alternative To Kanban. International Journal Of Production Research, Vol.28 No:5 p.879-894.
- [14] **Junior, M.L., Filho, M.G.**, 2010: Variations Of The Kanban System: Literature Review And Classification. International Journal Of Production Economics. 125. p.13-21.
- [15] **Turner, T., Giles, D., Albores, P., Mitchell, R.**, 2006: Quick Response Manufacturing: 'When Kanban Is Not The Solution'. Control Magazine, No.2, p.20-23, iomnet.org.uk.

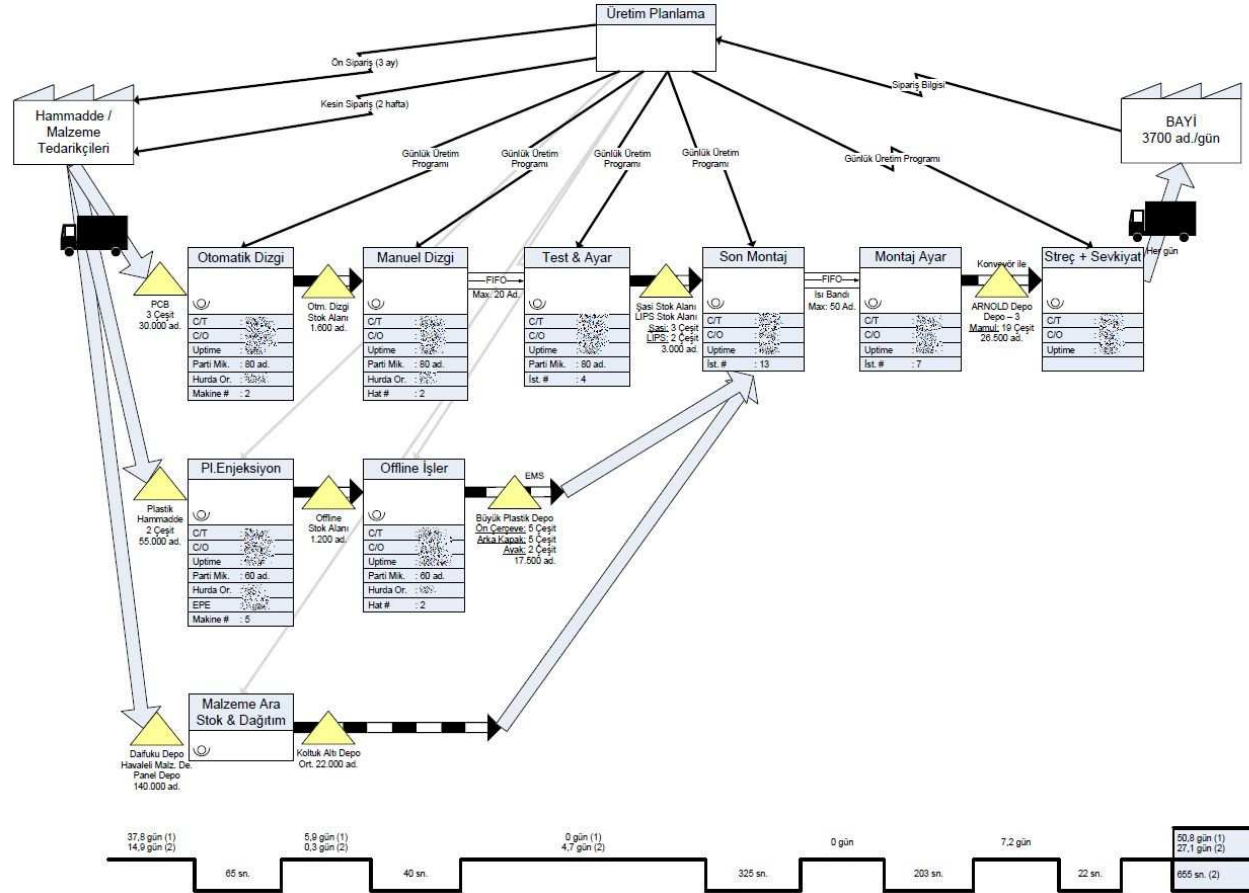
- [16] **Suri, R.**, 1998: Quick Response Manufacturing: A Company-Wide Approach To Lead Time Reduction. Productivity Press, Portland.
- [17] **Karaesmen, F., Dallery, Y.**, 2000: A Performance Comparison Of Pull Type Control Mechanisms For Multi-Stage Manufacturing. International Journal Of Production Economics. 68, p.59-71.
- [18] **Nemoto, T., Hayashi, K., Hashimoto, M.**, 2010: Milk-run Logistics By Japanese Automobile Manufacturers In Thailand. Elsevier Ltd. Procedia Social And Behavioral Sciences 2, p.5980-5989.
- [19] **Baudin, M.**, 2002: Lean Assembly: The Nuts And Bolts Of Making Assembly Operations Flow. Productivity Press. NY.
- [20] **Kovacs, A.**, 2008: Optimizing The Storage Assignment In A Warehouse Served By Milkrun Logistics. 15th International Symposium On Inventories, Budapest. p.112.
- [21] **Baudin, M.**, 2004: Lean Logistics: The Nuts And Bolts Of Delivering Materials And Goods. Productivity Press. NY.
- [22] **Akılhoğlu, H., Baydoğan, M.G., Bolatlı, Y., Canbaz, D. Halıcı, A., Sezgin, Ö., Özdemirel, N.E., Türkcan, A.** 2006: Dizel Enjektör Üretimi Yapan Bir Şirket İçin Fabrika İçi Çekme Esaslı Tekrarlı Dağıtım Sistemi Tasarımı. Endüstri Mühendisliği Dergisi, MMO. Cilt 17, Sayı 3, Sayfa 2-15.
- [23] **Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D.**, 1990: The Machine That Changed The World. Rawson Associates Macmillan Publishing Co. New York.
- [24] **Lee-Mortimer, A.**, 2008: A Continuing Lean Journey: An Electronic Manufacturer's Adopting Of Kanban. Assembly Automation, 28/2, p.103-112.
- [25] **Sivakumar, G.D., Shahabudeen, P.**, 2009: Algorithms For The Design Of A Multi-Stage Adaptive Kanban System. International Journal Of Production Research, 47/23, p.6707-6738.
- [26] **Gupta, S.M., Al-Turki, Y.A.Y., Perry, R.F.**, 1999: Flexible Kanban System. International Journal Of Operations & Production Management, 19/10, p.1065-1093.
- [27] **Takahashi, K.**, 2003: Comparing Reactive Kanban Systems. International Journal Of Production Research. 41:18, p.4317-4337.
- [28] **Aytuğ, H., Doğan, C.A.**, 1999: Simulation Analysis Of Order And Kanban Sequencing Rules In A Kanban Controlled Flow Shop. Simulation Councils, Inc.72/4, p.212-220.
- [29] **Hao, Q., Shen, W.**, 2008: Implementing A Hybrid Simulation Model For A Kanban Based Material Handling System. Robotics And Computer-Integrated Manufacturing. 24, p.635-646.
- [30] **Sadjadi, S.J., Jafari, M., Amini, T.**, 2009: A New Mathematical Modeling And A Genetic Algorithm Search For Milk Run Problem (An Auto Industry Supply Chain Case Study). International Journal Of Advanced Manufacturing Technologies, 44, p.194-200.

- [31] **Du, T., Wang, F.K., Lu P.Y.**, 2007: A Real-Time Vehicle Dispatching System For Consolidating Mikruns. Transportation Part E43, p.565-577.
- [32] **Sendil Kumar, C., Panneerselvam, R.**, 2007: Literature Review Of JIT-KANBAN System. International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 32. p.393-408.

EKLER

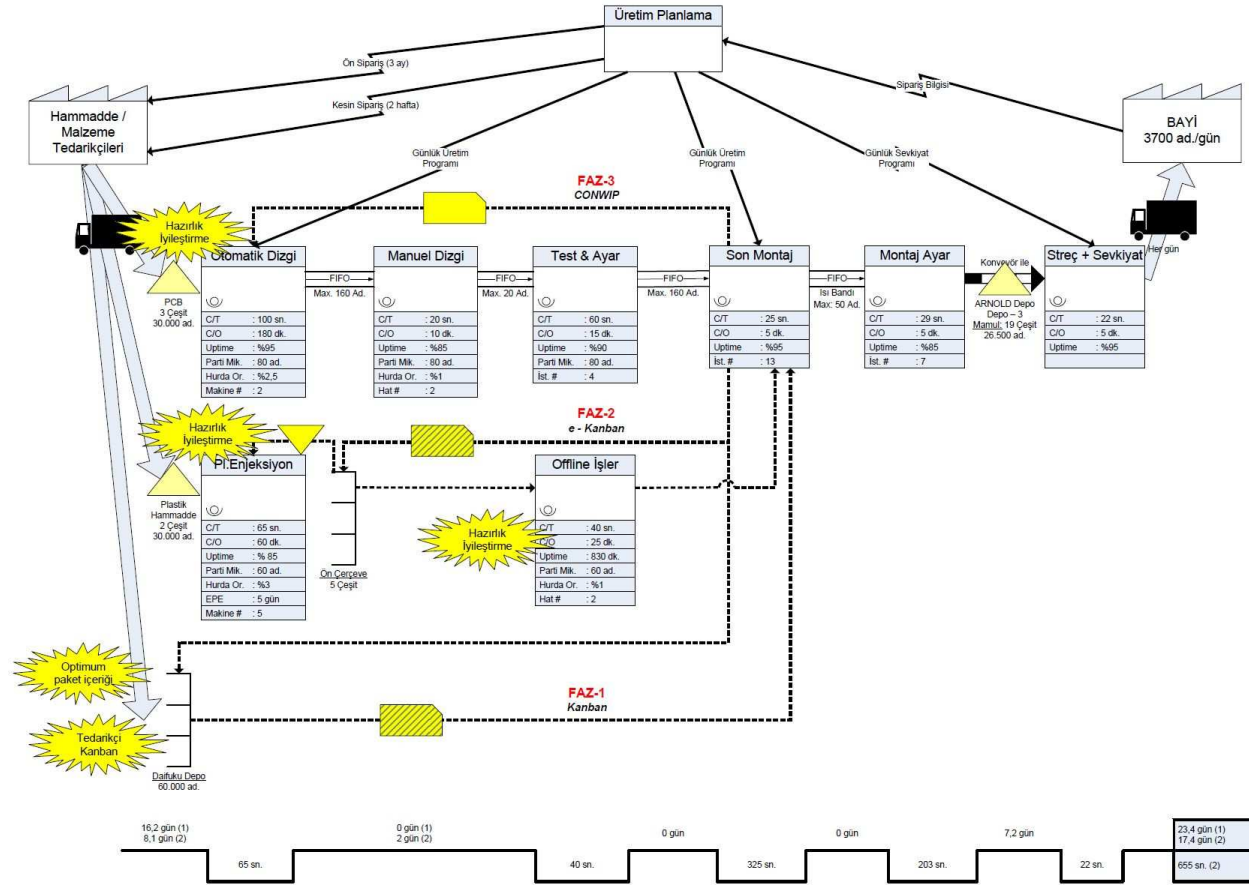
- EK A.1** : Değer Akış Haritası, Mevcut Durum.
- EK A.2** : Değer Akış Haritası, Gelecek Durum.
- EK A.3** : Detaylı Süreç Haritası.
- EK A.4** : Uygulama Yol Haritası.
- EK A.5** : Proje Devreye Alma Planı.
- EK A.6** : Hat Dengeleme Örneği.

EK A.1



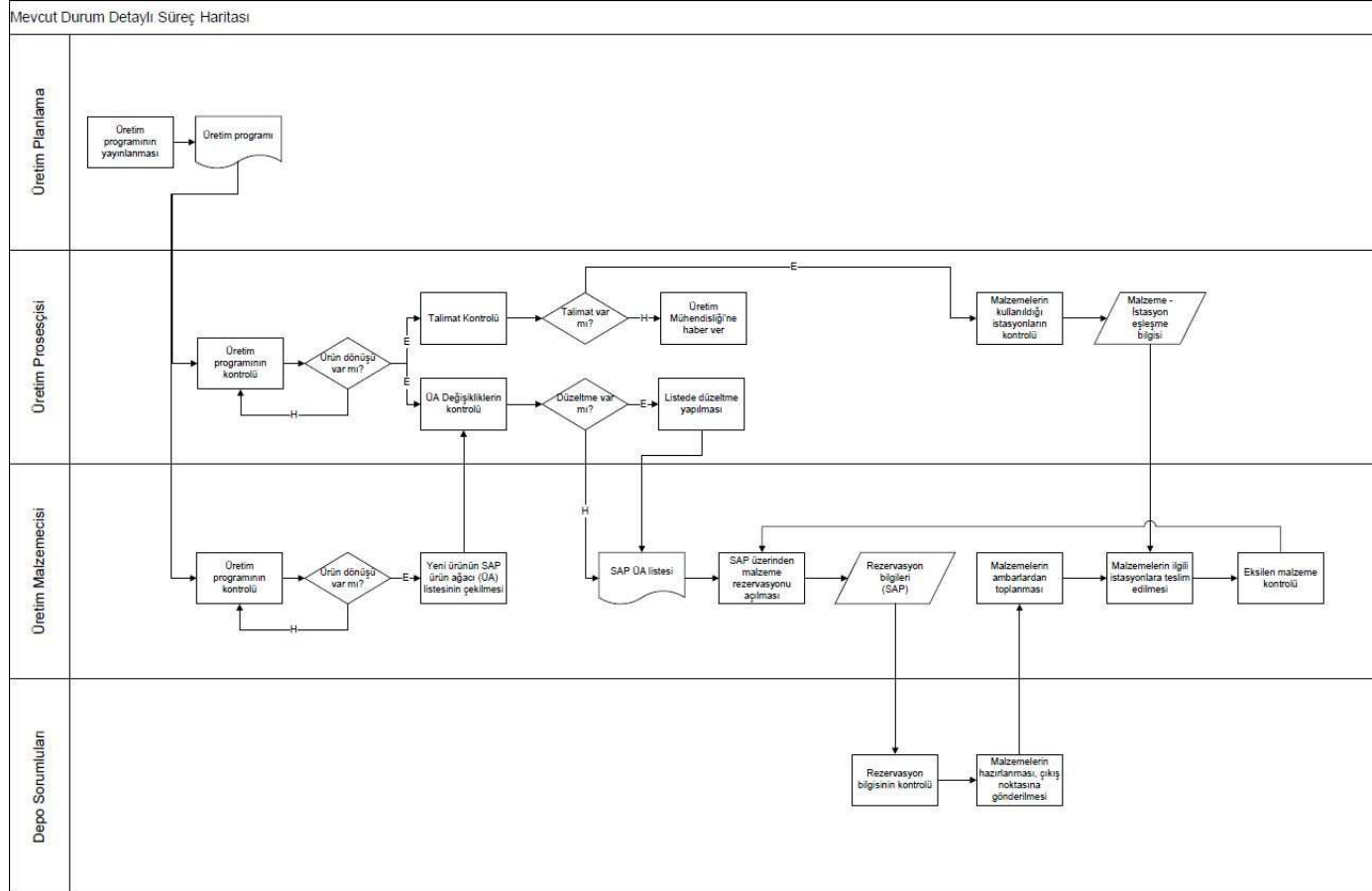
Şekil A.1 : Değer Akış Haritası, Mevcut Durum.

EK A.2



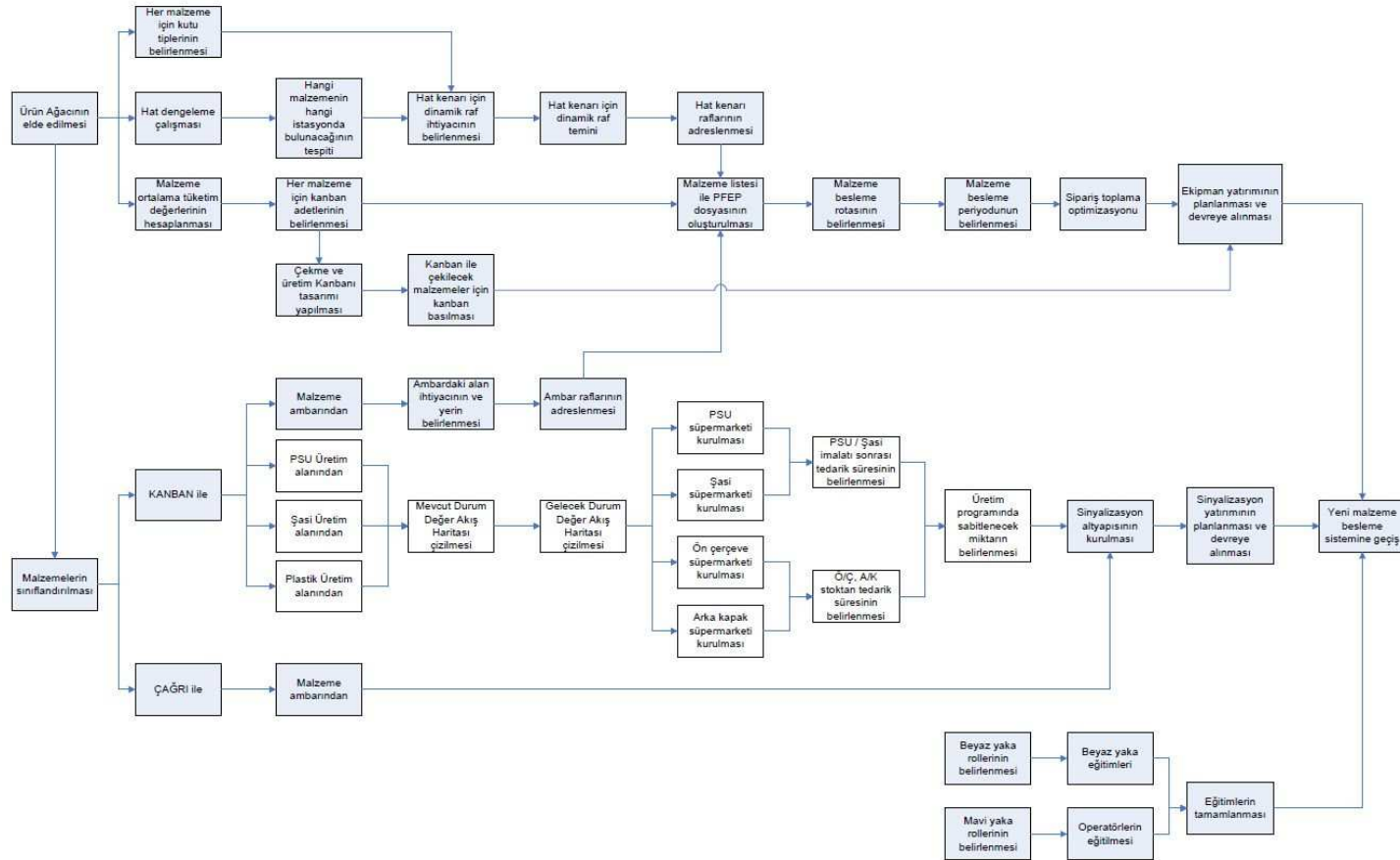
Şekil A.2 : Değer Akış Haritası, Gelecek Durum

EK A.3



Şekil A.3 : Detaylı Süreç Haritası.

EK A.4



Şekil A.4 : Uygulama Yol Haritası.

EK A.5



Şekil A.5 : Proje Devreye Alma Planı.

EK A.6

GÖRÜŞÖLÇÜ NO.														Kapasite (adet)		925							
														Ortalama zaman (dk)		0,423		Dengeleme kaybı (%)		4,7%			
														Dengeleme		İst. 1		Toplam İşçilik (dk)		5,289			
														dak.		sn.		Adam #		Tork			
5	Bezli al paletli sil																						
10	1 adet O-Ç (VCA290) al. İç yüzeyi yukarı gelecek şekilde paletle yerleştir.																						
15	Her 60 adette bir önperçeve kutusunu falçata ile aç.																						
20	1 adet tuş takımı (VCB21200GF) plastiği al. ön perçeveye yerleştir.																						
25	1 adet merceği (VCB20400GF) al. Ön perçeveye yerleştir.																						
30	1 adet combi label etiketi (HRD832-B) al. Paletle yerleştir.																						
35	Stopere bas ürünü gönder.																						
40	Stoktan 1 adet lod paneli (VCA51100) al. Lod panelin koruyucu poşetini aç. Ekran kısmı üstte kalacak şekilde hazırlık masasına koy.																						
45	1 adet sağ panel yan çitası (VCA31100) al. panel üzerine yerleştir.																						
50	1 adet sol panel yan çitası (VCA31000-1) al. panel üzerine yerleştir.																						
55	2 adet vida (011970R) al. Sağ Metal panele 1. vida ile vidala.																				0.5Nm		
60	2. vida ile vidala.																				0.5Nm		
65	2 adet vida (011970R) al. Sol Metal panele 1. vida ile vidala.																				0.5Nm		
70	2. vida ile vidala.																				0.5Nm		
75	Her 10 adette bir yeni kutu aç.																				0.5Nm		
80	Panelin koruyucu filmi çıkarak ön perçeve üzerine yerleştir.																						
85	1 adet LVDS (Interface) kablosu (VCA5026) al. Lod paneli üzerindeki soketlere tak.																						
90	1 adet destek (90231G) söngeri al. Paneldeki yerine yapıştır.																						
95	Combi labeldan panel etiketini çıkar ve panel üzerine yapıştır.																						
100	Stopere bas ürünü gönder.																						
105	1 adet hopanör grubu (VCA117) al. Hopanör grubunu ön perçeveye yerleştir.																						
110	1 adet alüminyum folyo (XS3911GAR1) al. sağ hopanör ve panel üzerine yapıştır.																						
115	1 adet alüminyum folyo (XS3911GAR1) al. sol hopanör ve panel üzerine yapıştır.																						
120	Merceği ve tuş takımını ön perçeveye 1., 2. ve 3. yerdan havya ile dağla.																						
125	paneli okut.																						
130	Stopere bas ürünü gönder.																						
135	1'er adet alt (Y8235902-1) ve üst yatay metal braket (Y8235902-1) al. Panel ve ön perçeve üzerine yerleştir.																						
140	1 adet tuş takımı modülü (VCA172) ve 1 adet tuş takımı kablosu (VCA515G) al. Tuş takımı kablosunun konektörünü modül üzerindeki soket yerine tak.																						
145	Tuş takımı modülünü önperçeveye yerleştir.																						
150	3 adet vida (011467R) al. 1. vida ile üst yatay braket ön perçeveye 1. vidala.																				0.5Nm		
155	Tuş takımı modülünü ön perçeve 1 adet vida (011467R) ile vidala.																				0.5Nm		
160	3. vida ile alt yatay braket ön perçeveye vidala. Elektrikli tomavıdayı yerine bırak.																				0.5Nm		
165	Stopere bas ürünü gönder.																						
170	Psu (VGH140) al. Şasiyi (VYA110) al. Aparata yerleştir. Birleştir. Çıkart ve panel üzerindeki yerine yerleştir.																						
175	4 adet vida (011649R) al. Şasiyi 1. yerdan vidala.																				0.9Nm		
180	PSU'yu 2. yerdan vidala.																				0.9Nm		
185	PSU'yu 3. yerdan vidala.																				0.9Nm		
190	PSU'yu 4. yerdan vidala. Elektrikli tomavıdayı yerine bırak.																				0.9Nm		
195	Stopere bas																						
200	Keçeli kalemi al. O-Ç ye atılan ve panel atılan 4'er adet panel vidasını ve 1 adet tuş takımı vidasını folyolara işaretli combo label işaretle (panel ve 1.t vida)																						
205	3 adet vida (011649R) al. PSU'yu 1. yerdan vidala.																				0.9Nm		
210	Şasiyi 1. yerdan vidala.																				0.9Nm		
215	Şasiyi 2. yerdan vidala. Elektrikli tomavıdayı yerine bırak.																				0.9Nm		
220	Interface kablosunun konektörünü şasiye tak.																						
225	Hopanör kablosunun konektörünü şasiye tak.																						
230	Stopere bas																						
235	Keçeli kalemi al. Şasi ve psu vidalarını işaretle.																						
240	Bar kod okuyucuyu al. Arka kapak etiketini, psuyu ve şasi etiketini okut.																						
245	1 adet bant (90231G) al. Panel braketine yapıştır.																						
250	Panelden gelen inverter kablolarının 2 adet konektörlerini PSU üzerindeki soketlere tak.																						
255	Panelden gelen inverter kablolarının 2 adet konektörlerini PSU üzerindeki soketlere tak.																						
260	Tuş takımı kablosunun konektörünü PSU üzerindeki sokete tak.																						
265	Stopere bas ürünü gönder.																						
270	2 adet yanmaz bant (90228G-1) al. Inverter kablolarını panel üzerine yapıştır.																						
275	1 adet yanmaz bant (90228G-1) al. Tuş takımı kablosunu panele sabitle.																						
280	2 adet yanmaz bant (90228G-1) al. Hopanör kablosunu panele sabitle.																						
285	soketleri işaretli combo labelle işaretle																						
290	1 adet dikey AV çıkış plastiği (VCB23200GF) al. Şasi üzerindeki yerine yerleştir.																						
295	Stopere bas ürünü gönder.																						
300	1 adet arka kapak stoktan (VCA291) al. kontrol et. Kapak, iç kısmı yukarı gelecek şekilde, hazırlık masası üzerine bırak.																						
305	Her 30 adette bir arka kapak kutusunu falçata ile aç.																						
310	1 adet ayak mekanizması (XS7354-1) al. arka kapaktaki yuvasına yerleştir.																						
315	1 adet vida (011646R) ile ayak mekanizmasını A.K. vidala.																				0.5Nm		
320	Ürün içinde vida veya yabancı cisim kontrol et. Combi labeli işaretle.																						
325	Kapakçı O-Ç ye bırak.																						
330	Hazır arka kapakçı önperçeveye yerleştir.																						
335	5 adet vida (011459R) al. Arka kapakçı ön perçeveye 1. vida ile vidala. (üst sağ)																				0.5Nm		
340	Arka kapakçı ön perçeveye 2. vida ile vidala. (üst sol)																				0.5Nm		
345	Arka kapakçı ön perçeveye 3. vida ile vidala. (alt sağ)																				0.5Nm		
350	Arka kapakçı ön perçeveye 4. vida ile vidala. (alt sol)																				0.5Nm		
355	Arka kapakçı ön perçeveye 5. vida ile vidala. (alt orta)																				0.5Nm		
360	Stopere bas ürünü gönder.																						
365	Aparatı al. Kart girişini kontrol et.																						
370	1 adet dikey ayak plastiği (VCA25400GF) al. Arka kapaktaki yuvasına yerleştir.																						
375	2 adet vida (011262R) al. Dikeye ayağı 1. vida ile vidala.																				0.9Nm		
380	Dikeye ayağı 2. vida ile vidala.																				0.9Nm		
385	Arka kapakçı ön perçeveye 1 vida (011646R) ile vidala. (a-k şasi)																				0.5Nm		
390	Palet üzerindeki enerji kablosunun konektörünü TV'nin AC girişine tak.																						
395	Stopere bas ürünü gönder.																						
400	Combi label etiketini işaretle (arkakapak vidalarını ve ayak vidalarını say)																						
405	Palet üzerindeki anten kablosunun konektörünü TV'nin tuner girişine tak.																						
410	1 adet yatay ayak (VCB22700GP) al. Dikey ayak üzerindeki yerine yerleştir.																						
415	LCD'yi palet üzerinde dik konuma getir.																						
420	Ayar istasyonu için okuma ve yükleme yap.																						
425	Palet üzerindeki mandalı kaldır.																						
TOPLAM İŞÇİLİK																5,289							
Offline																0,000							
HAT ÜZERİ İŞÇİLİK																5,289							

Şekil A.6 : Hat Dengeleme Örneği.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: İbrahim Ethem Şahin

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 16.04.1977

Adres: Merkez Mah. Çiğdem Cad. No:60B/4 Avcılar, İstanbul

Lisans Üniversitesi: İTÜ Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği (1994-1998)

Yayın Listesi:

-