**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# OTOMOTİV YAN SANAYİSİNDE MALZEME BESLEME SİSTEMİNİN YALIN ÜRETİM YAKLAŞIMIYLA YENİDEN TASARLANMASI VE BİR UYGULAMA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Kıraç UÇAN**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Endüstri Mühendisliği Programı**

**OCAK 2014**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# OTOMOTİV YAN SANAYİSİNDE MALZEME BESLEME SİSTEMİNİN YALIN ÜRETİM YAKLAŞIMIYLA YENİDEN TASARLANMASI VE BİR UYGULAMA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Kıraç UÇAN**
**(507101112)**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Endüstri Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Doç Dr. Şule Itır SATOĞLU**

**OCAK 2014**

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507101112 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Kıraç Uçan**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"OTOMOTİV YAN SANAYİSİNDE MALZEME BESLEME SİSTEMİNİN YALIN ÜRETİM YAKLAŞIMIYLA YENİDEN TASARLANMASI VE BİR UYGULAMA"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Doç. Dr. Şule Itır SATOĞLU** .
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Şule Itır SATOĞLU** ….....
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Y. Doç. Dr. Murat BASKAK** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Y. Doç. Dr. Hüseyin Selçuk KILIÇ** .....
Marmara Üniversitesi

**Teslim Tarihi :** **16 Aralık 2013**
**Savunma Tarihi :** **20 Ocak 2014**

## ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında değerli katkılarıyla beni yönlendiren, her türlü desteği ve emeği esirgemeyen hocam Doç. Dr. Şule Itır Satoğlu'na teşekkür ederim.

Ocak 2014

Kıraç Uçan
Üretim Planlama Sorumlusu

**İÇİNDEKİLER**

**Sayfa**

**ÖNSÖZ** ..... **v**

**İÇİNDEKİLER** ..... **vii**

**ÇİZELGE LİSTESİ** ..... **ix**

**ŞEKİL LİSTESİ** ..... **xi**

**ÖZET** ..... **xiii**

**SUMMARY** ..... **xv**

**1. GİRİŞ** ..... **1**

**2. YALIN ÜRETİM YAKLAŞIMI** ..... **3**

2.1. Yalın Üretimin Sisteminin Tanımı ..... 4
2.2. Yalın Üretimin Sisteminin Amacı ..... 5
2.2.1. Sıfır stok ..... 6
2.2.2. Sıfır hata ..... 7
2.3. İsrafların Tanımlanması ..... 8
2.3.1. Aşırı üretim ..... 9
2.3.2. Bekleme ..... 9
2.3.3. Taşıma ..... 10
2.3.4. Süreç israfları ..... 10
2.3.5. Aşırı stokla çalışma ..... 10
2.3.6. Hareket ..... 11
2.3.7. Hatalı ürünler ..... 11
2.4. Yalın Üretim Sisteminin İlkeleri ..... 12
2.4.1. Değer ..... 12
2.4.2. Değer akışı ..... 13
2.4.3. Akış ..... 14
2.4.4. Çekme ..... 15
2.4.5. Sıfır hata yaklaşımı ..... 16
2.5. Üretim Kontrol ve Malzeme Tedariğine İlişkin Yalın Üretim Teknikleri ..... 16
2.5.1. Çekme sistemi (Kanban) ..... 17
2.5.2. Süreç içi sabit stok (CONWIP) ..... 23
2.5.3. Polca (Paired-cell overlapping loops of cards with authorization) ..... 24
2.5.4. Kit halinde teslimat ..... 26
2.5.5. Döngüsel sefer (Milk-run) ..... 29
2.5.6. Karma sistemler ..... 30

**3. OTOMOTİV İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ ALANINDA FAALİYET GÖSTEREN BİR FİRMADA ÜRETİM KONTROL VE MALZEME TEDARİĞİNE İLİŞKİN BİR ÖRNEK UYGULAMA ..... 33**

3.1. Firmanın Tanıtımı ..... 33
3.2. Mevcut Üretim Sistemi ..... 34
3.3. Mevcut Üretim Planlama Sistemi ..... 36
3.4. Mevcut Lojistik Yapı ..... 41
3.5. Mevcut Sistemin Olumsuzlukları ..... 44
3.6. Gelecek Durumun Tasarlanması ..... 44
3.6.1. Türkiye fabrikası için kurulacak kanban / kit sisteminin tasarımı ..... 45
3.6.2. Almanya fabrikası için kurulacak kanban sisteminin tasarımı ..... 55
3.6.3. Sevkiyat alanı stoklanacak toplam kap sayısının belirlenmesi ..... 60
3.7. Malzeme Tedarik Sisteminin Yeniden Tasarımının Sonuçları ..... 63

**SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 67**

**KAYNAKLAR ..... 71**

**EKLER ..... 75**

**ÖZGEÇMİŞ ..... 81**

## ÇİZELGE LİSTESİ

**Sayfa**

**Çizelge 3.1 :** Haftalık klima üretim planı. ..... 39
**Çizelge 3.2 :** SAP üretilmesi gereken borular raporu. ..... 40
**Çizelge 3.3 :** Bakır boru kapasite planlama çizelgesi. ..... 41
**Çizelge 3.4 :** Türkiye fabrikası için ürün boru matrisi..... 47
**Çizelge 3.5 :** Türkiye fabrikası için oluşturulan kitler. ..... 48
**Çizelge 3.6 :** Türkiye fabrikası için kit haline getirilen borular. ..... 51
**Çizelge 3.7 :** Almanya fabrikası için POLCA adetleri. ..... 57
**Çizelge 3.8 :** Almanya fabrikası için tek kanbanlı sisteme dahil edilecek boruların listesi..... 60
**Çizelge 3.9 :** Sevkiyat bölümünde olması gereken toplam kanban adedi. ..... 62
**Çizelge 3.10 :** Raf ihtiyacının belirlenmesi. ..... 62
**Çizelge 3.11 :** Türkiye fabrikasındaki iyileştirme sonuçları..... 63
**Çizelge 3.12 :** Almanya fabrikası için üretilen borulardaki iyileştirme..... 64
**Çizelge 3.13 :** Mevcut durum ortalama stok raporu. ..... 64

## ŞEKİL LİSTESİ

**Sayfa**

**Şekil 2.1 :** Tek kanbanlı sistem. ..... 19
**Şekil 2.2 :** Çift kanbanlı sistem. ..... 20
**Şekil 2.3 :** POLCA sistemi. ..... 26
**Şekil 2.4 :** Döngüsel sefer ( Milk-run).(Wikimedia) ..... 29
**Şekil 3.1 :** SAP kapasite planlama ekran görüntüsü. ..... 37
**Şekil 3.2 :** Büyük kasa. ..... 42
**Şekil 3.3 :** Küçük kasa. ..... 43
**Şekil 3.4 :** Boru taşıma arabası. ..... 43
**Şekil 3.5 :** 15. kit. ..... 53
**Şekil 3.6 :** 15. kit içeriği. ..... 53
**Şekil 3.7 :** 4. kit. ..... 54
**Şekil 3.8 :** 13. kit. ..... 54
**Şekil 3.9 :** 13. kite ait kanban. ..... 55
**Şekil 3.10 :** Almanya fabrikasına gönderilecek borulara ait sevkiyat regali. ..... 56
**Şekil 3.11 :** Sevkiyat alanındaki raflar ve kasaların konuluşu. ..... 61
**Şekil A.1 :** Klima bölümü mevcut durum değer akış haritası. ..... 76
**Şekil B.1 :** Bakır boru bölümü mevcut durum değer akış haritası. ..... 77
**Şekil C.1 :** Bakır boru bölümü üretim akış haritası. ..... 78
**Şekil D.1 :** Bakır boru bölümü uygulama sonrası değer akışı haritası. ..... 79

# OTOMOTİV YAN SANAYİSİNDE MALZEME BESLEME SİSTEMİNİN YALIN ÜRETİM YAKLAŞIMIYLA YENİDEN TASARLANMASI VE BİR UYGULAMA

## ÖZET

20. yüzyılın başlarından itibaren hızla gelişen endüstriler süreçlerini daha iyi kontrol etmek ve maliyetlerini azaltmak istemektedirler. 1960'lı yıllarda Toyota Motor Company tarafından uygulanmaya başlanan ve 1974 yılında dünyayı sarsan petrol krizi ile beraber "Yalın Üretim Sistemi" tüm dikkatleri üzerine çekmiştir.

Yalın üretim sisteminin temeli sıfır hata ve sıfır stok prensibine dayanmaktadır. Yalın üretim sistemine göre müşterinin para ödemek istemeyeceği her aktivite israftır. İsraflar, yalın üretim sistemindeki araçlar kullanılarak ortadan kaldırılabilir veya azaltılabilir. Böylece işletmeler için maliyete neden olan ama katma değer yaratmayan aktiviteler yani israflar ortadan kalkar ve işletmelerin rekabet güçleri artar.

Bu çalışmada, yalın üretim yaklaşımının nasıl ortaya çıktığı, yalın üretim sisteminin tanımı ve amacı açıklanmıştır. Yalın üretim sistemi bakış açısıyla işletmelerdeki israfların türleri ve oluşum nedenleri belirtilmiştir. Yalın üretim sisteminin uygulanması için işletmenin sahip olması gereken ilkeler belirtilmiştir.

Üretim kontrol ve malzeme tedariğine ilişkin yalın üretim tekniklerinden çekme sistemi, süreç içi sabit stok, polca, kit halinde teslimat, döngüsel sefer ve karma sistemler detaylı olarak incelenmiştir. Otomotiv yan sanayisinde iklimlendirme sistemleri alanında uluslararası faaliyet gösteren bir işletmede uygulama yapılmıştır. İşletme, Türkiye ve Almanya fabrikasında ürettiği klimalarda kullanılan bakır boruları firma bünyesinde üretmektedir. İşletmedeki tüm üretim bölümlerinin kontrolü üretim planlama bölümü tarafından yapılmaktadır. Yarı mamul olan bakır borular, malzeme tedariğine ilişkin yalın üretim teknikleri kullanılarak incelenmiş ve üretim planlamadan bağımsız olarak kendi üretim ihtiyacını kontrol eden bir yapıya dönüştürülmesine karar verilmiştir. Bir üründe yaklaşık on farklı tipte bakır boru kullanılmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda aynı üründe gereksinim duyulan borular kit haline getirilmiştir. Her bir kitin bir ürünlük malzeme bulundurması gerekmekte fakat bu durum üretim süreci açısından probleme sebep olmaktadır. Bu kitler için kanban büyüklükleri belirlenerek tek kanbanlı sistem uygulanmıştır. Almanya fabrikası için üretilen boruların belli bir sipariş yoğunluğuna sahip olanları için tek kanbanlı sistem, bu yoğunluğun altında kalan boruların ise POLCA sistemine benzer bir sistem ile takip edilmesine karar verilmiştir.

Yapılan uygulama sonucunda ek alan ve maliyete gereksinim duyulmadan, malzeme tedariği, malzeme kontrolü ve üretim talebi kontrolünde %51 ile %100 arasında değişen iyileştirmeler olmuştur. Stoklardan yaklaşık %2 artış olmuştur. Bu artış yönetim tarafından kabul görmüştür. Üretim planlama bölümünden kaynaklanabilecek hatalar ortadan kaldırılmıştır. Klima üretim hattı ile bakır boru üretim tesisi arasında üretim kontrol ve malzeme besleme sistemi geliştirilmiştir. Borular kit olarak kullanılmakta ve kullanım sonrasında sistemde ihtiyaç fazlası boru kalmamaktadır. Kit halinde teslimat yapılan uygulamalarda depoda kitler çalışanlar tarafından hazırlanırken, bu uygulamada bakır boru üretiminin boruları kit haline getirilmiş şekilde üretmesi sağlanmış ve kit hazırlama maliyeti oluşmamıştır.

## REDESIGNING OF MATERIAL FEEDING SYSTEM WITH LEAN MANUFACTURING POINT OF VIEW AND AN IMPLEMENTATION IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

## SUMMARY

Beginning of 20th century demand of the market had increased. Companies wanted to increase their production speed. Therefore, mass production method was become the best production method. While after production rate was caught the demand, customers were wanted to have the products customized and affordable price.

Rapid growth industries want to control and reduce their costs. Lean Manufacturing System was applied by Toyota Motor Company in the 1960's. In 1974, oil crisis arises and calls attention to Lean Manufacturing System. The main aim of this system is meeting the customer demand with using minimum sources.

Lean manufacturing system is based on two principles, which are zero failure and zero stock. Every activity which customer isn't willing to pay is waste. These wastes could be eliminated or reduced by using Lean manufacturing tools. Most known seven wastes are over production, waiting, carrying, processing wastes and working with huge stock, movements and defective products. Activities, which have non value adding costs in other term wastes, are removed and company opportunities are increased.

In this thesis, how lean manufacturing was showed up, definition and goals of the lean manufacturing system are explained. Types of waste and causes are described from lean manufacturing aspect. The mandatory principles in order to apply lean manufacturing system are defined. Four principles which are value, value flow, flow and pull, have to be applied first. Afterwards, zero defect aspect has to be applied.

In the literature research, types of pull system, constant work in process, paired-cells overlapping loops of cards (POLCA), kitting, milk-run and production control and hybrid systems are studied in detail with figures.

Especially, pull system, POLCA and kitting and their interaction are researched. Pull system and kitting were used in many cases regarding to automotive sector. Reasons of these are high handling costs, space requirements, having high customization requests.

An application is done in a factory which produces air conditioning units as a original equipment manufacturer in automotive industry. Factory produces their units to order. This factory produces air conditioning units to sell and produces copper pipes and light resin transfer molding covers in order to install their end products. Copper pipes and covers are in-house production and they are used in both Turkey and Germany plants. Copper pipe production is located three kilometers away from the factory Therefore, logistics costs were taken into consideration.

In the thesis, actual order acceptance process and production processes are explained by using value stream mapping method. Afterwards, production planning system for both air conditioning and copper pipe production are explained in detail. Light resin transfer molding production is left out of the scope.

In actual state, production plan for each production department is given by production planning department. Material feeding systems for copper pipes, which are used in both Turkey and Germany plant, were researched. Potential problems and disadvantages of actual system were examined. Material feeding system requires high work forces of warehouse employees. Produce to order systems requires more setup times. In addition, approximately on different shaped copper pipes are assembled while a unit is producing. Therefore, production can't be done because of partial production.

While redesigning the material feeding system pipes for Turkey plant and Germany plant are separated. The pipes, which are going to be consumed in Turkey plant, become a kit. These kits are created according to pipe-unit matrix. Actually, kits must be consisted of the pipes which are used in same units. Normally, parts in one kit should belong to one unit, but in this application these kits are turned into one bin kanban system due to production restrictions. By this way, setup times and kit preparation times are decreased. Thereafter, pipe production foremen can be able to give a decision of what should be produced. Production planner was giving the production quantities according to system but here after foremen also see the physical situation. Due to having discrete manufacturing, number of Kanban's must be at least two. Because of that, number of Kanban calculation formula was converted to quantity per kanban equitation whose unknown is quantity per kanban. Required carrier options are searched. Three different types of carriers are used in actual state.

Copper pipes for the Germany plant are separated into two different groups. One bin kanban systems were applied to the higher demand group. Lower demand group will have a system similar to POLCA. Higher demand group is consisted of 39 different material codes whose average demands are higher than 20 pieces per month. Lower demand group is consisted of 120 different material codes are lower than 20 pieces per month. Kanban system for higher demand group is exactly same with Turkey plant kanban system.

Requirements regarding to Turkey plant are controlled by pipe production foremen. Not only systemic but also physical control is established. Stocks out costs are reduced due to using of kanban system. Pipes are become kit and partial production problems are solved. Work forces for checking the parts availability are improved %100. Material supplies to the production line are done by warehouse employee. Materials are supplied by kits therefore material feeding time is reduced by %80. Control of production requirements are reduced by %72. Control of production requirements for Germany plant is reduced by %57.

Existing material carriers are used in future state. Existing material stocking area is efficiently used and layout study is done. Improved value stream map for pipe production is drawn. Production plan flow between production planning and copper pipe production foremen is removed.

As a result, stocks are increased by %2. Management accepted this increasement in stocks. All mistakes could be done by production planning are eliminated. Self-control mechanisms are created. Material feeding system has established between air conditioning production line and copper pipe production line. Normally, kitting workers are required for kit preparation in general. However, in this application, kits are prepared by pipe production employees during while pipes are producing. Existing material carriers and existing stocking areas are used efficiently. Setup times are reduced due to producing as many as kanban quantities.

# 1. GİRİŞ

Üretim ihtiyacının arttığı 1920'li yıllara kadar üretim yoğun emek gücüne bağlı olarak yapılmıştır. Dolayısıyla o dönemdeki vasıflı işçiler, ürünün kalitesine direk etki ettiği için önemliydi. Vasıflı işçiler basit ve çok amaçlı tezgâhları kullanarak istedikleri üretimi yapabilmekteydiler.

1. Dünya Savaşı'ndan sonra pazarın ürün ihtiyacında çok fazla artış olmuş ve bu artışı karşılayabilmek için de firmaların daha hızlı üretim yapması gerekmiştir. Otomotiv sektöründe bu ihtiyacı fark eden Henry Ford ve General Motors'dan Alfred Sloan, üretim tarzını emek ağırlıklı üretimden seri üretime taşımışlardır. Vasıflı işçilerin ürün üzerindeki etkisini kaldırmak ve daha hızlı üretim yapabilmek amacıyla 1920 yılından sonra da kitle üretimi geliştirmişlerdir. Miktarların yüksek ve çeşitliliğin çok az olduğu, ürünlerin vasıflı veya yarı vasıflı işçiler tarafından pahalı ve tek amaçlı tezgâhlarda üretilmesi olarak tanımlanan kitle üretimi pazarda rekabetin olmamasından ve farklılaşmamış ürünlere olan talebin fazla olmasından dolayı sorun arz etmemiştir.

Globalleşen dünya ve günümüz rekabet şartlarında firmaların varlıklarını sürdürebilmeleri için yüksek müşteri tatmini sağlayacak, gelişmelere ve müşteri taleplerine hızlı şekilde cevap verebilecek, her türlü kaynağın israf edilmesini önleyecek, verimliliği ve kaliteyi sürekli arttıracak şekilde organize etmek zorundadırlar. Rekabet koşullarının internet ile birlikte daha da hissedilir hale geldiği günümüzde firmaların rekabet etmelerini sağlayacak donanımlardan en önemlisi yalın üretim yaklaşımıdır.

Yalın üretim yaklaşımını benimsemiş firmalar; üretim, satış ve kârlılık açısından dünyada öncü olabilmektedir. Yalın üretim yaklaşımını benimsemiş firmalar katma değeri olmayan işlerin ortadan kaldırılması ve firmanın sürekli iyileştirilmesine katkı sağlanması konusunda çalışanlarını teşvik etmekte, seri üretim yapan firmalara kıyasla çalışanlarına daha çok sorumluluk vermekte, onların iş güvenliğine daha çok önem göstermekte ve ücret sistemini performanslarına göre değerlendirmektedirler. Bu da çalışanları yalın üretim felsefesini benimsemeleri konusunda motive

etmektedir. Çalışanlar seri üretim yapan firmalarda kendilerini sadece iş gören olarak hissederken, yalın üretim uygulayan firmalarda sorumluluk ile birlikte karar verme yetilerini de kullanabilmektedirler. Sonuç olarak müşterilerinin beklentilerini daha düşük maliyet ve daha yüksek kalite ile karşılayarak hem rekabet edebilmekte hem de kârlılıklarını arttırabilmektedirler (Okur, 2005).

Son yıllarda müşteri ihtiyaçlarının kapsamlı hale geldiği müşteriye özel ürünlerin üretilmesinin söz konusu olduğu gözlemlenmektedir. Ürün ve ürünleri oluşturan bileşenlerin çeşitliliği müşteri talebi veya müşteri portföyünü genişletmek amacıyla her geçen gün artmaktadır. Bu artış üretim kontrolünün ve malzeme akışının yönetimini de güç hale getirmektedir. Bu güçlüklerin üstesinden gelebilmek için etkin üretim kontrol ve malzeme besleme sistemlerinin tasarlanmasına gerek duyulmaktadır.

Bu tezin amacı, küreselleşen dünyada rakiplerle rekabet edebilmek için otobüs iklimlendirme sektöründe faaliyet gösteren ve global müşteri portföyüne sahip bir otomotiv yan sanayi firmasının, ana üretim hattına ve Almanya'daki fabrikasına yarı mamul tedarik eden aynı firma bünyesinde bulunan bakır boru üretim tesisi incelenecektir. Bakır boru üretim tesisinde üretilen yarı mamullerin firma içerisindeki akışı, ürüne monte edileceği iş istasyonuna kadar yalın üretim felsefesi doğrultusunda incelenecek ve tüm kısıtlar göz önüne alınarak etkin biçimde yeniden tasarlanacaktır. Bu tezde literatürde standart olarak bahsi geçen ve kullanılan kanban (kap) adedi firmanın kısıtlarına uygun olacak şekilde hesaplanmıştır. Ayrıca kit halinde teslimat ve kanban sistemleri birbiriyle bütünleştirilerek, sürecin yalınlaştırılması amaçlanmaktadır.

## 2. YALIN ÜRETİM YAKLAŞIMI

Japonya'nın 1945 yılında 2. Dünya Savaşı'nda yenilmesi sonucunda Toyota grubunun kurucusu Kiichiro Toyoda üç yıl gibi kısa bir sürede Japon otomotiv endüstrisinin Amerikan otomotiv endüstrisine yetişmesi zorunluluğunu hedef olarak koymuştur. Bu nedenle 1950 yılında Toyota Motor Company'nin kurucusu olan ailenin bireyi Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno, Ford'un kitle üretim modelini incelemek üzere Amerika'ya gitmiş ve burada yaptıkları incelemeler sonucunda kitle üretimin Japonya için uygun olmadığına karar vermişlerdir. Bu kararda etkili olan faktörler; Japonya'nın daha küçük bir pazara sahip olması, kişi başına düşen milli gelirin daha az olması, sermaye birikiminin düşük olmasıdır. Bunun sonucunda yalın üretim yaklaşımı doğmuştur.

Yalın üretim yaklaşımı ilk olarak Toyota Motor Company'de Toyota Üretim Sistemi adı altında uygulamaya konulmuştur. 1974 yılında dünyayı sarsan petrol krizi sonrasında yalın üretim yaklaşımı dünyanın ilgisini çekmiştir. Kriz sonucunda kitle üretimi yapan endüstriler maliyetlerini düşürmek zorunda kalmışlar ve pazara düşük hacimli ama yüksek çeşitliliğe sahip ürünler sunarak bunu gerçekleştirebileceklerinin farkına varmışlardır. Bu anlayışı benimseyen Japon endüstrileri Japonya'nın krizden en az zararla çıkmasını sağlamış ve dünyanın gözlerinin Japonya'ya çevrilmesine neden olmuştur.

1980'li yılların başında Japonya, piyasaya sürdüğü 3,5 milyon araç ile en büyük ikinci otomotiv üreticisi haline gelmiştir. Bu yıllarda Amerika'nın toplam 8 milyon adet otomobiline karşılık 11 milyonu bulan araç üretimi ile liderliği ele geçirmiştir. Bu büyük başarıda Toyota'nın yerini ifade etmek gerekirse 1982 yılında Toyota'da bir işçi yılda 56 otomobil üretebiliyorken o dönemin en büyük Amerikan otomobil üreticisi Chrysler'da ise bir işçi yılda 16 otomobil üretebilmektedir. Yine 1987 yılında Toyota'da bir otomobilin montajı 16 saatte bitiyorken aynı dönemde General Motors'da bu süre 31 saattir. Buradaki en önemli etken kalıp değiştirme sürelerinin 8 saatten 3 dakikaya indirilmesidir (Ohno, 1996). Bu değerler aradaki değişimi sayısal olarak ifade etmektedir.

Rekabet, firmaları müşterilere daha ucuza ürünü satabilmek için maliyetlerini düşürmeye zorlamakta ve Toyota'nın bu büyük başarıyı elde etmesini sağlayan yalın üretim yaklaşımını uygulamaya yöneltmektedir.

## 2.1. Yalın Üretimin Sisteminin Tanımı

Yalın üretim, ABD'deki Massachusetts Institute of Technology University bünyesinde dünya otomotiv sanayi üzerine çalışmalar yapan International Motor Vehicle Project (IMVP)'de araştırmacı olan John Krafcik tarafından ortaya atılmış bir terimdir (Womack ve dig., 1990).

Kitle üretimi, büyük ölçekte ve standart mal üretimi sağlayan iş bölümünün katı bir şekilde yapıldığı, ürünün standart halde olmasının verimlilik artışı sağladığı ve artan talebin de bu standartlaştırmayı hızlandırdığı bir üretim biçimidir. Bu tip üretimlerde makineler sadece belirli bir amaç için kullanılırlar. Bunun sonucunda ortaya düşük maliyetli fakat çeşitliliğe sahip olmayan ürünler çıkmaktadır. Yalın üretimde ise her hacimde kalitesi yüksek ve düşük maliyetli üretim yapılır. Bu üretim sisteminde daha az alan, daha az zaman, daha az donanım, daha az işgücü kullanılır. Yalın üretim yapan firmalar israfı ortadan kaldırmayı, kaliteyi geliştirmeyi, verimliliği arttırmayı, ürünlerde ve üretim süreçlerinde sürekli iyileştirmeyi hedeflemektedirler. Tüm bu çabaların sonucunda da işletmenin rekabet gücünde ve kârlılığında artış elde edilir.

Yalın üretim; yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan; hata, stok, isçilik, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği ve maliyet gibi unsurların en aza indirgendiği üretim sistemidir. Yalın üretim, "En az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine de bire bir uyabilecek/yanıt verebilecek şekilde, en az israfla (daha doğrusu israfsız) ve nihayet tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp, potansiyellerinin tümünden yararlanılmasıdır" (Cesur, 2004).

Yalın üretimi karakterize eden altı başarı faktörü vardır. Bunlar; proje yöneticisi, ekip çalışması, bilgi kültürü, tedarikçilerle uyum, eşzamanlı mühendislik ve tüketici oryantasyonudur (Cesur, 2004).

Yalın üretim, sistemdeki israfları ortadan kaldırmak ve sürekli olarak sistem etkinliğini arttırmak temeline dayanan bütünsel bir yaklaşımdır. Başka bir deyişle yalın üretim, pazardan gelebilecek talepleri karşılayabilmek için üst yönetimden işçisine ve yan sanayicisine kadar herkesin çalışmasını içerir ve sorumluğu herkese

paylaştırır. Yalın üretimde çok yönlü eğitilmiş personel ile yüksek derece esnekliği olan ve otomasyon düzeyi yüksek makineler kullanılır. Yalın üretim seri üretimle kıyaslandığında karmaşıklıktan uzak ve her şeyin (insan gücü, imalat alanı, araç-gereç yatırımı, stok vb.) azını kullanır (Womack ve Jones, 1998).

Seri üretim ile yalın üretim arasında göze çarpan en önemli farklar amaçlarda bulunmaktadır. Seri üretim yapanlar kendilerine sınırlı bir hedef tayin eder ve bu hedefe ulaşmaya çalışırlar. Oysa yalın üretim yapanlar kendilerine bir hedef koymak yerine sürekli iyileştirme ile bir işi veya ürünü daha kusursuz nasıl yapabilirimi sorgularlar.

## 2.2. Yalın Üretimin Sisteminin Amacı

Yalın üretimin temeli Toyota üretim sistemine dayanmaktadır. Buna göre Toyota üretim sisteminin kurucusu Taiichi Ohno'nun amacı, maliyeti arttırmadan küçük miktarlarda üretimi sağlayacak örgütlenmeyi oluşturmak ve makine donanımlarının değiştirilmesi için harcanan süreyi minimize edebilmektir.

Bu noktada israf tanımından bahsetmek gerekmektedir. Taiichi Ohno'ya göre israf "kaynak tüketen fakat değer yaratmayan bir faaliyet" olarak tanımlanmıştır (Ohno, 1996). Bu tanımlamadan da anlaşılacağı gibi ürüne değer katmayan ama maliyet yaratan faaliyetlere israf denilmektedir. Müşteriler için satın aldıkları ürünün beklentilerini karşılayıp karşılamadığı önemlidir. Ürüne müşteri bakış açısıyla değer katmayan her şey israftır. Örneğin; ham maddelerin üreticide ne kadar süre stokta beklediği, üretimin ne kadar sürdüğü, üretim sırasında oluşan zorunlu veya zorunlu olmayan beklemeler ve müşteriye teslim edilene kadar kaç kere muayene edildiği müşteri açısından herhangi bir anlam ifade etmemektedir. Yalın üretimin amacı da bütün israfları yok ederek kusursuzu elde etmeye çalışmaktır.

Toyota üretim sisteminin temelini "entegre fabrika" oluşturmaktadır. Entegre fabrika altı sıfırdan oluşan bir üretim modelidir. Entegre fabrika ile sıfır stok (sıfır mal fazlası, sıfır depo), sıfır hata, sıfır çelişki, üretimde sıfır ölü zaman, müşteri için sıfır bekleme süresi ve en nihayetinde de sıfır kâğıt başka bir deyişle sıfır bürokrasi ve sıfır gereksiz iletişim hedeflenmektedir (Ohno, 1996).

Yalın üretimde israfları ortadan kaldırabilmek için iki hedef üzerine odaklanılır. Bunlar, sıfır stok ve sıfır hatadır. Bu israfların sıfırlanması mümkün olmamakla

birlikte ancak azaltılması halinde maliyetler azaltılabilmektedir (Ardıç ve Yıldız, 2002).

### 2.2.1. Sıfır stok

Klasik üretim sistemlerinde stok; hammadde, yarı mamul ve bitmiş ürün olarak tutulabilmektedir.

Hammadde stokları, tedarikçilerin zamanında veya kaliteli ürün göndermemesi durumunda üretim sürecinin bundan etkilenmesini engellemek amacıyla tutulan stoklardır. Aynı zamanda, birim maliyeti düşürmek için daha büyük partiler halinde sipariş açılmasından oluşan stoklardır.

Yarı mamul stokları, üretim sürecinde olan makine ve donanım arızalarını; iş gücü eksikliklerinden kaynaklanan üretim gecikmelerinin bir sonraki süreci etkilememesi amacıyla tutulan stoklardır. Ayrıca, kalıp değişim sürelerinin uzun olduğu durumlarda kalıp değişim maliyetlerinin düşürülmesi için daha büyük parti üretimi yapılması da yarı mamul stoklarını arttırmaktadır.

Bitmiş ürün stokları ise, müşterilerin ani talep ve isteklerinin karşılanması amacıyla tutulan stoklardır. Daha kısa teslim süresi veren bir rakibin olması müşterinin rakibe yönelmesine neden olabilmektedir.

Sonuç olarak stok, zamanından önce ve ihtiyaçtan fazla üretmek demektir. Önce veya fazla üretmek, gerektiğinden fazla iş gücü, donanım, mekân ve enerji kullanımı demektir.

Yukarıdaki üç farklı stok tipinden de anlaşıldığı gibi genel olarak stok, ürünlerin üretim süreci içerisinde hiçbir işlem görmeden beklemesini ifade eder. Çünkü stoklama, ürüne hiçbir değer katmayan, üretkenliği düşürücü, maliyet arttırıcı, üretim sürelerini uzatıcı bir faktör ve israftır. Stok, üretimdeki bütün potansiyel sorunların üzerini örter ve bu nedenle de üretimdeki tüm kötülüklerin kaynağıdır (Monden, 1993).

Stokların başlıca zararları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Tokol, 2004):

1) Stok maliyetleri ürün maliyetlerine yansır.
2) Beklemeler artar.
3) Değişikliklerin yönetimi zorlaşır.
4) Kalitenin izlenmesi ve kontrolü zorlaşır.

5) Görsel yönetim zorlaşır.
6) Dengesiz iş yükleri oluşur.
7) Yüksek stoklar gerçek problemleri saklar.
8) Yönetim tüm zamanını gündelik ve acil durumlarla uğraşmakla geçirir.
9) Müşteri isteklerinin çok değişken olduğu ortamlarda, ani talep değişikliklerine, maliyetlerden veya rekabet gücünden taviz vermeden, hızlı bir şekilde cevap vermek güçleşir.

Ekonomik açıdan stok bulundurmak sermaye dönüşüm hızını düşürmektedir. Stoğa yapılan yatırım ise, stok süresi boyunca geri dönmeyeceği için ölü bir yatırım olmakla beraber kârlılığı azaltmaktadır. Sermayenin bekleyen stoklara yatırılması, depolama ve işletme maliyetlerinin arttırmasının yanı sıra bankaya yatırıp faiz getirisi elde etmek gibi fırsatların da kaçırılmasına neden olmaktadır.

Üretimde herhangi bir hata keşfedildiğinde bu hatanın yalın üretim felsefesi hatanın kaynağına inip çözmeyi hedeflerken kitle üretiminde ise bu malzemeyi stoktaki hatasız olanla değiştirme şansına sahip olmasıdır. Dolayısıyla stoklama, belli bir hata marjı kabul edilmiş olduğundan, hatasız üretimi kısıtlayıcı, hatasız üretime ulaşma çabalarını sınırlayıcı ve üretime rehavet getiren bir mekanizmadır (Ohno,1996).

### 2.2.2. Sıfır hata

Klasik üretim sistemlerinde kalite için belirlenmiş bir hedef vardır ve bu hedefe ulaşmaya çalışılır. Kalite fonksiyonu, muayene sistemleri ve kontrol şemalarına sahiptir. Buradaki düşünce, üretimden çıkan hatalı parçaların kontrol edilmesi ve erişilebilir bir kalite seviyesine ulaşmanın yeterli olacağıdır. Yalın üretim mükemmeliyetçi bir yaklaşımdır ve belli bir kalite seviyesi hedefi bu felsefeye ters düşmektedir.

Yalın üretim, üretime yük getiren israfları ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Üretim sürecindeki yarı mamullerin hatalı çıkması halinde gerekiyorsa üretimi durdurma sorumluluğunu üstlenilerek bir sonraki sürece hatalı parçanın gitmesi engellenmeli ve işlem görecek parçanın da aynı hataya sahip olma ihtimali ortadan kaldırılmalıdır. Gereken zamanda gerektiği kadar ve yüzde yüz kaliteli ürün üretmek yalın üretimin ana felsefesidir.

Yalın üretimin en geniş hedefi mükemmelliğe ulaşmak olup, bu hedefe ulaşmak tam anlamıyla mümkün değildir.

Yalın üretimde sıfır hata, sıfır stok temel hedeflerine ulaşmak için bazı ikincil hedeflerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunlardan birincisi, miktar ve çeşit açısından talepteki dalgalanmalara sistemin adaptasyonunu sağlamak üzere üretim kontrol fonksiyonunun geliştirilmesidir. İkincisi, her sürecin sonraki süreçlere sadece iyi (hatasız) parçaları göndermesini sağlamak üzere kalite güvence sisteminin kurulması ve üçüncüsü de sistemin insan kaynağını kullanarak maliyet azaltma hedefine ulaşabilmesini sağlamak üzere insana saygının egemen olduğu bir örgüt kültürünün oluşturulmasıdır.

Yalın üretimde hammadde, malzeme, yer ve işçilik israfından sürekli kaçınılır. İsrafların nedenleri belirlenmeye ve ortadan kaldırılmaya çalışılır. Bu da sürekli iyileştirme ile mümkündür.

## 2.3. İsrafların Tanımlanması

Yalın üretimde üretim sürecinin bütün aşamaları mükemmelliği elde edecek şekilde tasarlanır. Yüzde yüz kaliteli üretimi, gereken zamanda ve gereken miktarda üretmeyi hedefler. Yalın üretimde tek bir amaç, tek bir çabayla gerçekleştirilmez. Bir amaca ulaşmak için öncelikle alt amaçlara ulaşılması gerekmektedir.

Yalın üretim sistemi düşük maliyetle yüksek kalitede ürün üreterek müşteri beklentisini karşılamayı amaçlar. Bu amaçları karşılamak için kalitede sıfır hata, üretimde sıfır stok hedeflenir. Yalın üretimi uygulayabilmek için en önemli kaynak insan aklıdır. İnsan kaynağı katılımlı ve çok fonksiyonlu olarak kullanılmalı, üretim fonksiyonu ise talebe yanıt verecek şekilde geliştirilmelidir. Yalın üretim bir proje veya bir moda değildir. Yalın üretim bir yaşam biçimidir ve sürekli uygulanmalıdır.

Yalın üretimde, en az donanım, malzeme, yer, zaman, insan, stok, hata, gereksiz tekrar, taşıma, arıza, ıskarta hedeflenir. Bu hedefe ancak, sürekli gelişme ile optimizasyonu sağlayarak ve satıcılarla birlikte bir takım ruhu oluşturularak çalışılırsa ulaşılabilir.

Klasik üretimlerde ürünün fiyatı maliyetinin üzerine kâr eklenerek hesaplanırken yalın üretimde satış fiyatı ile maliyet arasındaki fark bize kârı vermektedir. Bir ürünün satış fiyatını da pazar belirlediği için kârlılığı arttırmanın tek yolu maliyetleri azaltmaktır ve bu da israfların ortadan kaldırılması ile mümkündür. Yalın üretimde yedi israftan söz edebiliriz(Url1).

### 2.3.1. Aşırı üretim

Aşırı üretim yapılmasının nedeni küreselleşen dünyada müşterinin ihtiyaç duyduğu ürünü en kısa sürede teslim edebilmek için üretilen ürünlerin stokta beklemesidir. Aynı zamanda üretim blokları arasında oluşan stoklar da aşırı üretim israfına örnektir. Aşırı üretim daha büyük parti adetlerinden, iş görenlerinin sürekli meşgul gözükmek istemesinden, düşük insan kullanım oranından ve müşteri odaklı olmamaktan doğar. Bu stokların tutulmasının en büyük nedeni müşteri siparişini her durumda karşılayabilmektir. Aşırı üretim yapılması üretim hattının durmasını engeller ve bu da üretim zamanı gecikmelerine, fazla stok bulundurmaya, ekstra yer gereksinimlerine ve stoklamaktan kaynaklı kalite problemlerinin doğmasına neden olur. Yedi israf içinde olmasının nedeni ise maliyete neden olması, iş gücü ve makine kaynaklarını tüketmesi, stok yaratması, gizli stok ile problemleri örtmesi ve alan kullanmasıdır.

### 2.3.2. Bekleme

Üretim hattındaki makine veya iş gücünün zaman kaybı bekleme olarak adlandırılır. Makinenin operatör tarafından etkin şekilde kullanılması önemlidir.

Darboğazlar nelerdir, makine erişilebilirliğini düşüren en önemli etkenler nelerdir, makine erişilebilirliğini arttırmak için neler yapıyoruz, makinelerin başında operatör beklemesi nasıl engellenebilir soruları bize bekleme israfının nedenlerini verir.

Bekleme israfı, tedarik zincirinin güvenilir olmaması dolayısıyla malzeme eksikliğinden, çok amaçlı veya esnek kullanımın mümkün olmamasından, makinelerin arızalanmasından, başarısız üretim planlamadan, tasarım dizayn ve mühendislik sorunlarından kaynaklanmaktadır.

Üretimin kesikli olarak yapılması, iş akışının sürekliliğinin düşük olması, darboğazların oluşması, uzun tedarik süresi ve teslim tarihlerinde gecikme gibi israfları ortaya çıkarmaktadır.

Operatör makineye gereksinim duyulmayan zamanda atıl kalmamak için yavaş çalışarak bu zamanı gizler. Bekleme israfını önlemek için çalışma zamanları mümkün olduğu kadar tespit edilmeli ve buna göre işgücü planlanmalıdır. Kısaca, makine ve işgücü etkin bir şekilde kullanılmalıdır.

### 2.3.3. Taşıma

Taşıma hammadde, yarı mamul veya mamulün herhangi bir işlem görmek veya depolanmak için bir noktadan başka bir noktaya taşınmasıdır. Müşteri gözüyle baktığımızda taşıma işlemi ürüne herhangi bir değer katmadığı için israftır. Taşıma; karmaşık malzeme akışı, iyi kullanılmayan alanlar, gereksiz malzeme elde bulundurma ve ürünlerin zarar görme ihtimali demektir. Bu da işletmeye ek maliyet getirir. Taşıma israfının nedenleri, üretim süreçlerinin kötü tasarlanmış olması, düşük değer akış hızı, karmaşık malzeme akışı, ekipmanların paylaşılmasından dolayı oluşur.

Yedi israf arasında olmasının nedeni, üretim zamanını arttırması, fazladan kaynak ve alan kullanımı, düşük iletişim, süreç içi stok miktarının fazla olması ve malzemelerin hasar görme ihtimali olmasıdır.

Bu israfı ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için tesis yerleşimi malzemelerin akışlarına göre düzenlenmelidir. Tesis yerleşiminin yetmediği durumlarda alternatif taşıma yöntemleri kullanılarak da israf azaltılabilir.

### 2.3.4. Süreç israfları

Süreç israfı, müşterinin beklentilerin dışında müşteri için katma değer yaratmayan işlemlerin yapılması demektir.

Süreç israflarının nedenleri, güncel olmayan standartlar, “Her zaman böyle yaparız” tutumu, sürecin anlaşılmaması, gelişim eksikliği, standart işlem prosedürlerinin eksikliğidir.

Yedi israf arasında olmasının nedeni, kaynakları tüketmesi, üretim zamanını arttırması, şartnamenin üzerinde veya ötesinde çalışılması, bileşenin ömrünü azaltabilmesidir.

Süreçlerin izlenip incelenerek yapılacak iyileştirmeler ile beraber süreçlerde veya süreçlerin zamanlarında azalma sağlanabilir.

### 2.3.5. Aşırı stokla çalışma

Depolarda bulunan ham maddeler, süreç içi stoklar veya bitmiş ürünler; müşteri açısından katma değer yaratmayan süreçlere neden olduğu için israftır.

Aşırı stok ile çalışmanın nedenleri, düzleştirilmiş üretim çizelgesinin olmaması, tutarlı olmayan tahminler, uzun hazırlık süreleri, çekme yerine itme tipi üretim, büyük parti büyüklükleri ile çalışma ve güvenilir olmayan tedarikçilerdir.

Depolamak için fazladan alana gereksinim duyulması, stoklamak için fazladan kaynağa ihtiyaç duyulması, eksik kalma veya hataların üzerinin örtülmesi, malzemelerin hasarlanabilmesi ve raf ömürlerinin dolması gibi sonuçlara sebep olacağı için yedi israf arasındadır.

Bu israftan kurtulmak için stok miktarlarını azaltarak problemlerin görünür hale gelmesini sağlayıp, bu problemlere kalıcı çözümler bulunmalıdır.

### 2.3.6. Hareket

Sürecin tamamlanması için gerekli olmayan hareketler israf olarak tanımlanmaktadır. Bu israfın nedeni, standart üretim prosedürünün olmaması, kötü dizayn edilmiş üretim hücreleri, üretim ekipmanlarının standart yeri olmaması dolayısıyla aramakla zaman kaybedilmesi ve yetersiz eğitimdir.

Hareket israfı üretim akışını böldüğü, üretim sürelerini arttırdığı ve zararlara sebep olabileceği için yedi israf arasındadır.

İş basitleştirme, metot etüdü ve 5S uygulanarak hareket ve takım arama israfı azaltılabilir. Gereksiz arama, yürüme veya el kol hareketleri de en aza indirilmelidir.

### 2.3.7. Hatalı ürünler

İlk seferde doğru ürünü üretememek bir israftır. Hurda, yeniden işleme ve kusurlu ürünlerin veya yarı mamullerin oluşması bir israf türüdür. Bu tip hatalı ürünler müşteri memnuniyeti olumsuz olarak etkiler ve hatta müşterilerin kaybedilmesine neden olabilir. Hatalı parçaların düzeltilmesi için zaman harcanması ve malzeme kullanımı gibi maliyetlere neden olur.

Bu tür hataların kaynakları; kontrol edilemeyen süreçler, beceri ve eğitim eksikliği, yanlış tasarım veya mühendislik, makine sapmaları olabilir.

Planlamayı bölmesi, maliyetleri arttırması, bürokrasi yaratması, müşteri güvenini sarsması, kaynakları kullanması dolayısıyla yedi israf arasındadır.

Toplam kalite kontrol uygulamalarına ağırlık verilmeli, hazırlık süreleri mümkün olan en az süreye indirilerek parti büyüklükleri azaltılmalıdır.

## 2.4. Yalın Üretim Sisteminin İlkeleri

Yalın üretimi gerçekleştirebilmenin yolu yalın düşünmekten geçer. Yalın düşünce ile değerin ne olduğu tanımlanarak değer yaratan ve değer yaratmayan süreçler birbirinden ayrılır. Değer yaratan süreçlerin en doğru şekilde sıralanmasını ve yapılabilmesi halinde bu adımların akıştan çıkartılarak sürekli daha iyiye ulaşmayı hedefler. Yalın düşünce her türlü kaynağı daha az kullanarak daha fazla ürün üretmeyi ve müşterilerinin beklentilerine daha çok yaklaşmayı sağladığı için yalındır (Womack ve Jones, 1998).

Yalın düşüncenin beş temel ilkesi vardır. Bu ilkeler işletmeyi yalın yapan ilkelerdir ve olmazsa olmazlardır.

### 2.4.1. Değer

Yalın üretim bakış açısına göre değer kavramı sadece müşteriler tarafından tanımlanır ve ürünün fiyat, kalite ve diğer özelliklerinin müşteri beklentilerine cevap verip verememesinin ölçüsüdür (Womack ve Jones, 1998).

Müşteriler bir ürün veya hizmeti alırken ön planda tuttukları zevk ve beğenilerinin kaynağını, yaptıkları değer tanımı oluşturmaktadır. Müşteri açısından bakıldığında üretici de değer yaratan olduğuna göre, burada üreticinin hedefi ve amacı müşterinin değer tanımına uygun ürünü üretmektir.

Üreticiler değeri müşteri gözüyle bakıp tanımlamazlar ise değer yaratamazlar. Bu nedenle değer tanımlanırken müşterilerle iletişime geçilip, istediği ürünün özellikleri belirlenmelidir. Doğru bir şekilde değeri tanımlayabilen firmalar değer akışlarını bu doğrultuda yaptıkları takdirde daha hızlı ve ucuz üretip satabilir ve bunun sonucu olarak da kendilerine yeni müşteriler bulabilir ve satışlarını arttırabilirler.

Değer kavramı Japonca israf anlamına gelen “Muda” kavramının da tanımlanmasına yardımcı olur. Muda, değer yaratmayan fakat kaynakları tüketen faaliyetleri gösterir. Her israf bir muda'dır. Yeniden işlenmesi gereken hatalı ürünler, stoğa üretim ve ham madde stokları, taşımalar, beklemeler; kısacası müşteri gözüyle bakıldığında değer yaratmayan her faaliyet muda’dır, israftır.

Klasik üretim sistemine sahip firmaların ilk başlaması gereken nokta değerin tanımlamasıdır. Bundan sonraki adımlar değerin yanlış tanımlaması halinde yine israf olacaktır.

### 2.4.2. Değer akışı

Değer akışı, bir ürünü, hizmeti veya her ikisini birden meydana getirmek için izlediği yolları üç kritik yönetim görevinden geçirilmesi için gerekli olan aşamaları ifade etmektedir. Buradaki üç kritik yöntem; problem çözme görevi, bilişim yönetimi görevi ve fiziksel dönüşüm görevidir. Başka bir deyişle değer akışı, bir ürünün işletmedeki üç yönetim görevinden geçmesinde gerekli olan tüm adımlardır (Womack ve Jones, 1998).

Problem çözme görevi; ürünün tasarım ve mühendislik aşamalarından ürünün üretilmesine kadar devam etmektedir. Burada fiziken bir ürün ortaya çıkmadığı için kavramsal bir süreçtir.

Bilişim yönetimi görevi; müşteriden gelen sipariş ile birlikte ürünün üretilmesi için malzemelerin tedarik edilmesini, ürünün üretilmesini ve müşteriye teslim edilmesini içine alan süreçtir. Müşteri siparişi ile başlayıp ürünün müşteriye teslim edilene kadar geçen süreci kapsamaktadır.

Fiziksel dönüşüm görevi; ürünün ham madde halinde firmaya gelişinden başlar ve üretim süreçlerinden geçerek mamul haline gelene kadarki süreci içerir.

Değer akışı her zaman israfları ortaya çıkarır ve her ürün için değer akışının tanımlanmasını içerir. Tanımlanan değer akışlarını tümüne bütünsel bir bakış getirebilen yapıya yalın işletme diyebiliriz. Değer akışının uygulanması firmada farkına varılmayan birçok israfı ortaya çıkarır. Ürünün az bölümünün firma içinde üretilip büyük bölümünün firma dışında yarı mamul olarak satın alındığı işletmelerde hammaddeden müşteriye kadar olan her akışı incelersek birçok firmayı içinde bulunduran bir değer akışı ortaya çıkmaktadır ve bu değer akışını oluşturmak oldukça zordur. Bu nedenle yalın düşünceyi uygulayan firmalar kendilerinin değer akışlarında bulunan israfları yok etmekle birlikte etkileşim içerisinde bulundukları firmalarla da gönüllü iş birliği yaparak katma değer yaratmayan süreçleri belirler ve ortadan kaldırırlar.

Belli bir ürünün tasarımından imal edilip müşteriye sevk edilmesine kadar geçen tüm adımların veya başka bir deyişle süreçlerin tanımlanması ile bir değer akış haritası çıkarılır.

Değer akış haritaları; akışı görebilmemizi, değer akış yollarındaki israfların görülmesini, üretim süreçlerinin ortak verilerle incelenmesini sağlar. Bilgi ve

malzeme akışlarının arasındaki ilişkiyi gösterir. Değer akış haritaları görünür olduğu için adımlarla ilgili tartışmaya olanak sağlar. Yalın üretim tekniklerinin kullanılmasını sağlar.

Değer akış haritasındaki adımlar üç gruba ayrılır. Bunlardan birincisi değer yaratan adımlardır. Üreticinin amacı müşteri açısından değer yaratmak olduğundan bu adımlar kaldırılmamalıdır. İkinci tip adımlar, değer yaratmayan fakat ürünün üretilmesi aşamasında ihtiyaç duyulan, sipariş alma ve üretimin planlanması gibi hemen kaldırılamayan adımlardır. Üçüncü tip adımlar ise müşteri tarafından değer yaratmayan ve kaldırılması gereken adımlardır (Womack ve Jones, 1998).

### 2.4.3. Akış

Klasik üretim sistemlerinde üretimin daha verimli çalışabilmesi için partiler halinde üretim yapılması gerektiğine inanılıyordu. Bunun nedeni her makinenin belli bir iş için atanmış olmasından kaynaklanıyordu. Bir makinenin farklı işler için kullanılması da uzun hazırlık sürelerinden dolayı verimliliği düşürmekteydi.

1913 yılında Henry Ford, Model T'nin montajı için gereken çabayı, montaj hattında uyguladığı akış ilkesi ile %90 oranında azaltmıştır. Daha sonra da makinelerin yerleşimini değiştirerek aradaki taşımaları azaltmış ve üretkenlik de kayda değer bir yükselme elde etmiştir. Fakat bu uygulamanın etkin kullanılabilir olması için üretim hacimlerinin yüksek ve her üründe aynı parçaların kullanılması gerekmiştir. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra Taiichi Ohno ve teknik asistanları, bir üründen çok fazla üretmek yerine küçük partiler halinde ve akış uygulayarak üretmeleri gerektiğine karar vermişlerdir. Bunun için de tezgah boylarını ufaltarak ve ürünler arası geçişlerde oluşan hazırlık sürelerini azaltarak farklı süreçlerden geçen ürünlerin akışını sağlamışlardır.

Akış olmaması stok ve kalite açısından da problemler yaratmaktadır. Ürünlerin devamlı olarak akış sağladığı bir üretim hattında hatalı parçaların üretim bandının sonundaki çalışanlar tarafından fark edilerek düzeltileceklerini bilmekteydiler. Çalışanlar doğal olarak hattı kendilerinin durdurmaları halinde ceza alacaklarını bildikleri için hatalı parçaların üretiminin tamamlanmasına izin veriyorlardı. Bu da hatalı parçaların yeniden işlenmesi israfına sebep olmaktaydı. Parçaların imalatının büyük partiler halinde yapılması nedeniyle süreç içi envanterin takibi yapılamamaktaydı. Herhangi bir parçadan çok fazla üretildiği için de içlerinde hatalı

olan dahi olsa bunun yerine sağlam olanı kullanılacağı için bu hatalar önemsenmeyecek ve git gide artacaktır. Dolayısıyla bir süre sonra stoklarda hatalı parçalar çoğunluğu ele geçirecek ve doğru parçayı bulmak için aramalar gerçekleşecektir. Sonuç olarak stok ne kadar artarsa ihtiyaç duyulan parçayı bulma hızı da o kadar azalacaktır.

Yalın üretim sisteminde yukarıdaki problemlerle karşılaşmamak için küçük partiler halinde biriktir beklet yapmadan akışın sağlanabilmesi için, işçi ve makinelerin istenilen anda çalışmaya başlaması ve üretilen her parçanın kusursuz olması şarttır. Akış sağlanan bir işletmede üretilen her parça bir sonrakinin ham maddesi olduğundan bu makineler belli bir ahenk içinde çalışmaktadır ve makinelerden birinin arızalanması veya hatalı ürün ortaya çıkması halinde bütün makineler durmaktadır. Bu duruşları engellemek için bütün çalışanlar aynı seviyede ve bütün makineleri kullanabilecek seviyede olmalı ve makine arıza oranları düşürülmelidir.

### 2.4.4. Çekme

Taiichi Ohno süreçler dizisinde bir sonraki sürecin işleyebileceğinden daha fazla üretim yapmanın ara stoklar oluşturduğunu bunun da bekleme ve aşırı üretim israfını ortaya çıkardığına gözlemlemiştir. Buna göre her aşama bir önceki aşamadan ihtiyacı olduğu anda ihtiyacı kadar olan parçayı sağlamalı ve bu sayıdan fazla üretim yapmamalıdır. Bu da tam zamanında üretim sistemi için bir temel oluşturmuştur.

Kitle üretim sisteminde her aşama kendi yapabildiğinin en iyisini yapar ve bir sonraki aşamanın işleyeceği parçayı iter. Talep edilen üründe olan bir değişiklik nedeniyle ilk aşamanın fazla ürettiği miktarlar atıl kalır ve stok oluşur. Bu da üretimin ihtiyaç duyulmayan bir yarı mamul veya ürün için zaman, donanım ve malzeme tüketmesi demektir. Her aşamanın kendisi için en iyiyi düşünerek planlandığı kitle üretimde her sürecin ayrı ayrı planlaması gerekirken yalın üretim yaklaşımına göre her süreç sadece tek bir noktadan yönetilebilmektedir. Yalın üretim yaklaşımında her süreç sadece kendinden sonraki sürecin ihtiyaç duyduğu parçayı üretmektedir.

Çekme sisteminin amacı, sistemde oluşacak dalgalanmaları ilk aşamalara kadar çekebilmek, ara stokları kontrol edebilmek mümkün ise tek parça akışı sağlamak ve üretimin takibini daha kolay seviyeye indirmektir. Talebin değişmesi durumunda kitle üretim sistemlerinde her sürecin ayrı bir sorumlusu olması ve her süreci yeniden

planlanması gerekirken çekme sistemlerinde çekilen malzemeyi üreteceğinden tekrardan planlamak gerekmemektedir.

Çekme sistemlerinde kesin olarak belirlenmiş ara stoklar bulunur. Bir sonraki süreç bu ara stoklardan malzemeyi çektiğinde bir önceki süreç o malzemenin yenisini yerine koymakla yükümlüdür. Bunun için de yeniden sipariş seviyesi ve parti büyüklüğü belirlenmelidir.

Çekme sistemlerinde Japonca kanban olarak adlandırılan sinyal kartları kullanılır ve bu kartlar bir önceki hangi üründen kaç adet üretmesi gerektiğini göstermektedir.

### 2.4.5. Sıfır hata yaklaşımı

Firmada daha önceki maddelerde anlatılan dört durum da gerçekleştiğinde mükemmeliyetçi olma durumu ortaya çıkacaktır. Çünkü firma değerlerini doğru tanımlamış, değer akışlarını doğru belirleyerek katma değer yaratmayan süreçlerini ortadan kaldırmış ve akışı sağlamıştır. Bütün bunlar sağlandığında firmadaki stoklar düşmüş, işgücü verimliliği iki katına yükselmiş, işlerin tamamlanma süreleri yarıya düşmüş ve müşterinin talebini karşılama hızı iki katına çıkmış olmaktadır.

Stokların azalması ve iş gücünün etkin kullanımı sonucunda malzemede veya süreçteki herhangi bir olumsuzluk bütün üretim hattını ve tam zamanında üretim yapıldığından dolayı da müşteri açısından gecikmeler sebebiyet verecektir. Bu problemi de çözmek için sıfır hata yaklaşımı uygulanmalı bir diğer deyişle mükemmelin peşinden koşulmalıdır.

Yalın üretim sistemini uygulayan firmada hataları milyonda birler seviyesine indirgenirken, kitle üretimi yapan işletmelerde bu oran yüzde ile ölçülecek seviyededir. Yalın üretimde ana hedef sıfır hataya ulaşmaktır (Okur, 2005).

## 2.5. Üretim Kontrol ve Malzeme Tedariğine İlişkin Yalın Üretim Teknikleri

Yalın üretim sisteminin amacı israfların ortadan kaldırılmasıdır. İsraflar ortadan kaldırılırken çeşitli araçlar kullanılmaktadır. Bu araçlardan bazıları şunlardır:

1. Çekme sistemi
2. Karışık yükleme ve üretimde düzenlilik
3. Tek parça akışı
4. İş istasyonları arası senkronizasyon

5. U hatları
6. Poke yoke
7. Toplam önleyici bakım
8. Kalite çemberleri

Bu tezde üretim kontrol ve fabrika içi malzeme tedarik sistemleri inceleneceğinden bu sistemlerin uygulanmasına ilişkin yalın üretim teknikleri açıklanmıştır. Diğer tekniklerin ayrıntılarına yer verilmemiştir. Özellikle literatür çalışmasında malzeme tedarik ve planlama sistemlerinin geçmişten günümüze geçirdiği aşamaları ve kullanılan farklı sistemleri detaylı olarak anlatılmıştır.

### 2.5.1. Çekme sistemi (Kanban)

Yalın üretim, ihtiyaç duyulan malzemenin ihtiyaç duyulduğu anda ve ihtiyaç duyulan miktarda ihtiyaç duyulan yerde olması sağlayan üretim sistemi olduğunu belirtmiştik. Bu tedarikçiden temin edilen malzemelerde olduğu gibi firmanın kendi ürettiği malzemeler için de geçerlidir.

Kitle üretim sistemlerinde her iş istasyonu bir sonrakinin işleyeceği malzemeleri itmektedir. Taiichi Ohno bu anlayışı tersine çevirmiş ve sadece bir sonraki iş istasyonunun bir seferde işleyebileceği kadar ürün üretmesini hedeflemiştir. Bu da aşırı üretimin ve süreç içi stokların azaltılmasını sağlamıştır. Bu açıdan yalın üretimi çekme sistemi olarak tanımlamak mümkündür (Acar, 2004).

Çekme sistemine göre en son iş istasyonu müşterinin ihtiyacı olan ürünü üretmek için bir miktar malzeme kullanır. Bu malzemenin kullanılması bir önceki istasyon için o malzemenin işlenerek yerine konulması gerektiği anlamını taşır. Bu şekilde en sondan ilk istasyona kadar devam eden bir tetikleme oluşur.

Toyota üretim sisteminin alt sistemlerinden biri olan kanban; bileşenlerin üretimini ve tedariğini hatta bazı durumlarda ham maddelerin stok seviyelerini kontrol etmek için yaratılmıştır (Muris ve Moacir, 2010).

Kanban, Japonca görsel kayıt, kart anlamına gelmektedir. Kanban bir iş istasyonunun bir önceki istasyona ilgili parçayı işlemesi için verdiği bir işarettir. Kanban sadece talep oluştuğunda ürünlerin üretilmesini sağlayan çekme sistemini uygulamak için kullanılır. Kanban her zaman ihtiyaç duyulan ürünlerle ilerler ve her süreç için bir iş emri anlamına gelir. Bu sayede aşırı üretimi ve malzemelere yüksek sermaye

ayrılmasını engeller. Kanban ile üretimdeki işçiler ne üreteceğini bilirler ve üretmeye başlama kararını kendileri verirler. Bu nedenle kanban sistemi, yönetilmesi kolay ve süreç içi stoğu azaltıcı bir karakteristiğe sahiptir. Üretimdeki gecikmeleri engellemek için iki iş istasyonu arasındaki kurulacak süpermarkette tampon stoğu tutulur. Süpermarketteki tampon stok miktarına bağlı olarak kullanılacak kanban sayısı belirlenir. Belirlenen kanban sayısı ile sürece başlamadan önce iki iş istasyonu arasında oluşabilecek gecikme ihtimalini daha da aza indirmek için daha fazla tampon stok tutulmalı yani kanban sayısı arttırılmalıdır. Bu da kanban iş istasyonuna geldikten ürünün üretiminin tamamlanmasına kadar geçen süreyi arttırmaktadır. Bütün bu belirlemeler yapıldıktan sonra bir iş istasyonu yarı mamul stoğundaki belirli miktardaki malzemeyi tükettiğinde bir önceki iş istasyonuna o malzemeye ait olan kanban gider. Bu bir önceki istasyon için üret emri demektir. Ürünler üretilirken diğer istasyon elindeki malzemeleri tüketmeye devam etmekte böylece stoksuz kalmamaktadır. Kanban sistemi düzenli olarak kullanılmaya başlandıktan sonra sistemin daha da iyileştirilmesi ve performansının arttırılabilmesi için kanban sayısı veya kanban içi adet azaltılmalı ve durum test edilmelidir. (Halevi, 2001).

Kanban tiplerine geldiğimizde üç farklı kanban tipi vardır. Bunlardan birincisi çekme kanbanı, ikincisi üretim kanbanı ve üçüncüsü ise tedarikçi kanbanıdır.

Çekme kanbanı, müşteri hücrenin hammadde veya yarı mamul stoğunda bulunan malzemelerden tüketmeye başlayınca kanban bir önceki hücreye gitmektedir. Çekme kanbanı ve tedarik kanbanı arasındaki tek fark çekme kanbanında kanban bir önceki hücreye iletilirken tedarik kanbanında ise kanban tedarikçiye iletilmektedir.

Üretim kanbanı ise müşteri hücreden gelen kanbana istinaden üretimin kanbanda yazan miktar ve tipte malzemenin üretilmesi gerektiğini göstermektedir.

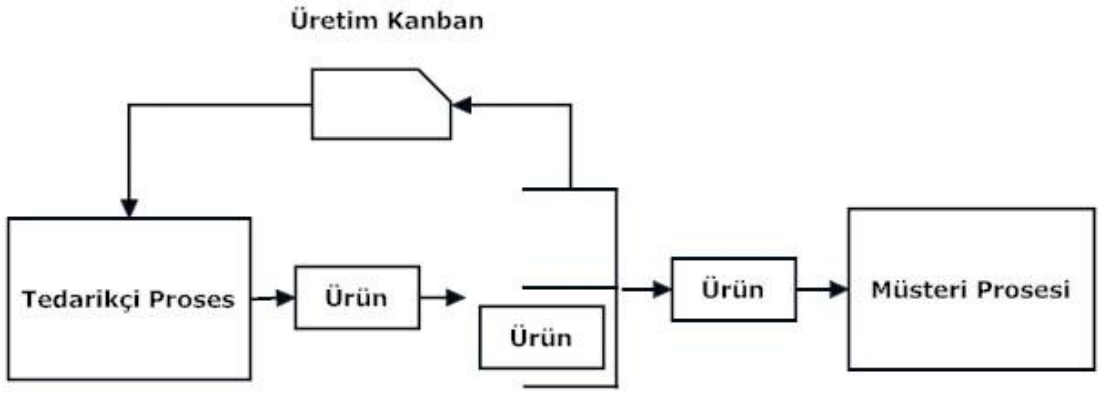
Kanban sistemini etkin ve verimli olarak kullanabilmek için üretimde sürekli bir akış ve mümkün olduğunca düzgünleştirilmiş bir üretim olmalıdır. Bütün işler standart şekilde yapılmalıdır.

Kanbanın kurallarından bazıları şunlardır (Halevi, 2001);

1. Önceki süreç gelen kanbanların sırasına ve kanban sayısına göre üretim yapar.
2. Sonraki süreç bir önceki süreçten kanbanda belirtildiği kadar ürün alır.
3. Hiçbir malzeme kanbanı olmadan taşınmaz veya üretilmez.

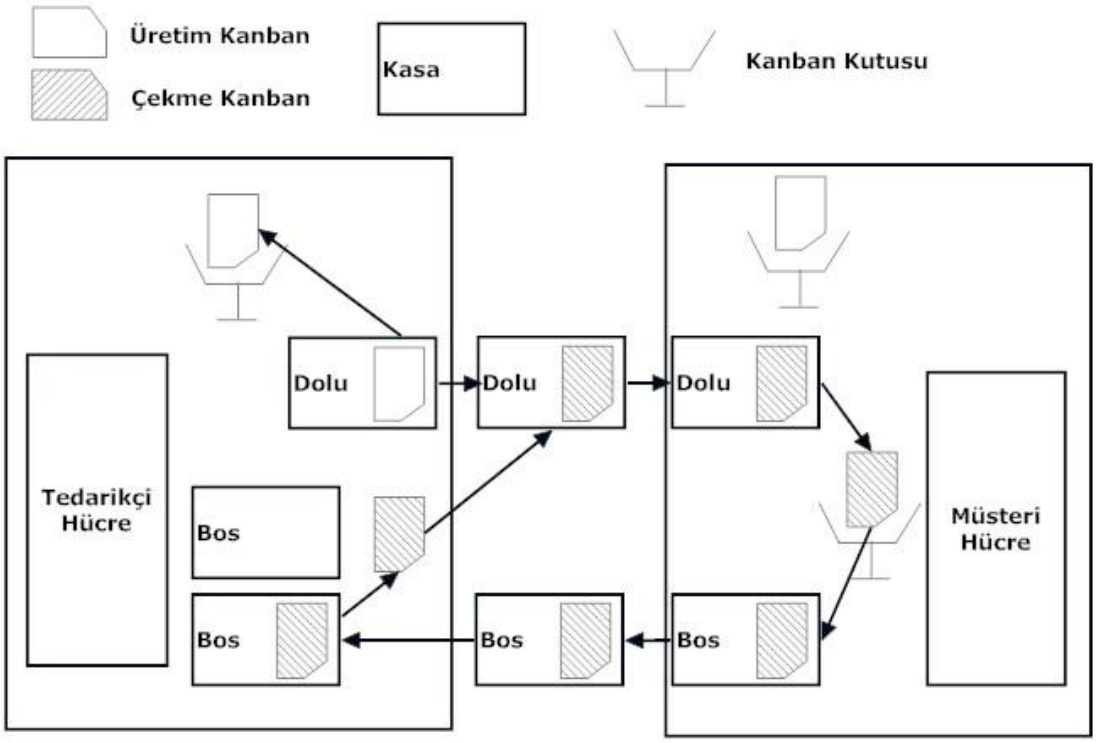
4. Kanban her zaman ürünlerle beraber hareket eder.
5. Hatalı ürünler hiçbir zaman bir sonraki sürece gönderilmez, böylece %100 hatasız ürünler üretimde olur.
6. Kanban adedinin düşürülmesi duyarlılığı arttırır.

Şekil 2.1'de de gösterildiği gibi tek kanbanlı sistemde müşteri proses süpermarket sisteminden bir ürünü aldığında bu ürünün üzerindeki kanban tedarikçi hücreye gitmektedir. Tedarikçi hücre bu üretim kanbanı ile müşteri hücrenin kanbanda yazan miktarda malzemeyi süpermarket stoğundan çektiğini ve bu malzemenin üretilerek yerine konulması gerektiğini anlar. Tedarikçi proses tarafından üretilen ürün kanban ile birlikte süpermarket rafında yerine alır. Bu döngü bu şekilde çekme prensibine göre çalıştığından ara stokların belirsiz şekilde artmasının önüne geçilmiş olur. Tek kart sistemi müşteri hücre ile süpermarketin birbirine çok yakın olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Ürünün süpermarketten müşteri hücreye geçmesi çok kısa sürmektedir.




**Şekil 2.1 :** Tek kanbanlı sistem.

Çift kanbanlı sistem ise Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Burada başlangıç adımı müşteri hücrenin kanban kutusunda olan üretim kanbanıdır. Bu üretim kanbanı üretimi tetikler ve müşteri hücre, kasadaki malzemeyi kullanıp çekme kanbanını boş kasa ile beraber tedarikçi hücreye gönderir. Eğer tedarikçi hücrede dolu kasa var ise çekme kanbanı bu kasaya konularak ürün ile beraber müşteri hücreye sevk edilir. Tedarikçi hücrenin kanban kutusunda üretim kanbanı ve boş kasa var ise tedarikçi hücre bu ürünü üretmesi gerektiği anlamına gelmektedir.




**Şekil 2.2 :** Çift kanbanlı sistem.

Kanban sistemi kullanılırken kanban sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Kanban sayısı *K*'yı etkileyen değişkenler, *D* ortalama günlük talep, *T* bekleme zamanı, *P* bir lotun üretim zamanı, *Q* taşıyıcı kapasitesi ve $\beta$ emniyet faktörüdür. Bütün bu değerler aşağıdaki formülde yerlerine konularak kanban sayısı hesaplanır **(2.1)**.

$$K = \frac{D(T+P)(1+\beta)}{Q} \qquad \textbf{(2.1)}$$

Yukarıdaki formülü uygulanırken $\beta$ emniyet faktörü stoksuz kalma ihtimalini minimize etmek için yüksek olarak belirlenir. Sistem dengeye geldikten sonra kanban miktarı düşürülerek sistemin performansı arttırılmış olur (Monden, 1993).

Muris ve Moacir, (2010) kanban sistemlerini incelediğinde 32 farklı değiştirilmiş kanban sistemi ile karşılaşmış ve kanban sistemlerini orijinal karakteristikleri ile karşılaştırmışlardır. Çift kartlı kanban sistemine uyma, üretimin stok veya son istasyondaki çizelgeye göre çekilmesi, üretim sürecinin her basamağındaki çalışanlar tarafından üretim akışının görsel olarak kontrol edilmesi ve sınırlı süreç içi stok olmak üzere dört orijinal karakteristik üzerinden yola çıkmışlardır. Bu dört karakteristikten en az üçüne uyan değiştirilmiş kanban sistemleri orijinal kanban

mantığını izleyen sistemler, üçten az karakteristiğe sahip olanlar ise orijinal kanban mantığı izlemeyen sistemler olarak ayırmışlardır.

Orijinal kanban mantığına sahip 23 adet değiştirilmiş kanban metodu kanban sistemlerinin gelişimi ve değişimi konusunda nelerin gerekli olduğunu göstermektedir. Bu kanban sistemlerinden bazıları aşağıda açıklanmıştır.

Dinamik ayarlanan kanban (Dynamicaly Adjusting Kanban), Rees ve diğ. (1987) tarafından ortaya atılmıştır. Kanban sayılarının dinamik olarak değiştiği kanban sistemlerinin değişken taleplere sahip üretim sistemlerinde başarılı sonuçlar vermiştir.

Izumi ve Takahashi (1990) eş zamanlı sipariş sistemini teorik olarak geliştirmiştir. Toyota kanban sistemi ile karşılaştırıldığında ortaya çıkan fark, son ürünün gerçek siparişine olan ihtiyacın eş zamanlı olarak bütün üretim ve malzeme taşıma süreçleri için aynı anda serbest bırakılmasıdır. Bu siparişleri serbest bırakılması için öncelikle her adımdaki üretim ve taşıma sinyalleri son üründe işaretlenir. Siparişler bitmiş ürün stoğu tarafından karşılandığında işaretler silinir, ayrılır ve her bir sürece ayrı ayrı gönderilir. Bu sayede envanter eksikliği nedeniyle siparişlerin karşılanamaması engellenmiş olur.

Ansari ve Modarress (1995), e-kanban sistemini tanımlamışlardır. Bu sistemin normal kanban sisteminden tek farkı sinyali fiziksel kanban yerine elektronik kanbana sahip olmasıdır. Bu fark kanbanın firma dışındaki üretim süreçleriyle yani tedarikçilerle de olan iletişimi sağlayabilmesidir. E-kanban ile tedarikçilerin miktar ve terminlere uyma performansı hızlı bir biçimde artmaktadır. Üretim yerleri arasındaki mesafeden bağımsız çalışması ve şirketin kağıt işlerini azaltması bakımından da yararlı olmuştur.

Esnek kanban sistemi (Flexible Kanban System), Gupta ve Al-Turki (1997) tarafından geliştirilmiştir. Sistemin üretim çevrimindeki belirsizliklerden dolayı bloklanmasını ve malzemesiz kalmasını engellemek için sistematik olarak sinyal sayısını değiştirmektedir. Talebin belirsiz ve üretim sürelerinde sapmaların yaşandığı üretim sistemlerinde esnek kanban sisteminin uygulanması üretim sistemini başarıya ulaştırdığı tespit edilmiştir.

Merkezi olmayan duyarlı kanban (Decentralized Reactive Kanban), Takahashi ve Nakamura (1999) tarafından geliştirilmiştir. Çok kademeli üretim sistemlerinde ve

değişken talebe sahip sistemlerde iyi performansı garanti etmektedir. Bu kanban sistemi, talebi karşılamanın yanında her bir iş istasyonunda bulunan stoğu birbirinden bağımsız olarak kontrol etmektedir. Bu da süreçteki ortalama stoğu azaltmakta ve gelen siparişlerin karşılanma süresini azaltmaktadır.

Genişletilmiş kanban kontrol sistemi (Extended Kanban Control System), Dallery ve Liberopoulos (2000) tarafından ortaya atılmıştır. Bu yazarlara göre bundan önceki hiçbir kanban sistemi hızlı müşteri tepkisi ile düşük süreç içi stok arasındaki dengeyi bu sistem kadar iyi kuramamışlardır. Bu sistemde bitmiş ürün için olan talep birkaç üretim kademesine bölünür ve ilgili süreçlere gönderilir. Bu durumda her bir kademedeki üretim sinyallerle sınırlanan talebe bağlıdır ve yine bu sinyaller parçaların bir sonraki kademeye gönderilmesini sağlar.

Tardif ve Maaseidvaag (2001), tarafından önerilen uyarlanabilir kanban (Adaptive Kanban), sabit olmayan talepler için malzeme akışını kontrol etmeyi amaçlamaktadır. Bu sistem ne zaman ve kaç adet sinyalin serbest bırakılacağını; sistemdeki stok seviyesi, gelen siparişler ve ürün ihtiyacına göre karar vermektedir. Araştırmacıların yaptığı simülasyonlar bu yöntemin orijinal kanban sistemi kadar kolay uygulanabilir olduğunu ve sabit olmayan talepleri orijinal kanban sistemine göre teslimatları daha az geciktirdiğini göstermektedir.

Orijinal kanban sistemini incelemeyen yaklaşımlar da aşağıda açıklanmıştır.

Barkot kanban (Bar-Coding Kanban), Landry ve arkadaşları (1997) tarafından bir Kanada firmasında incelenmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, firmanın satın aldığı malzemelerin akış koordinasyonunun arttırılmasıdır. Bu sistem malzeme ihtiyaç planlama ve barkotları kullanmaktadır. Barkotlar ile süreç içi veya firma için stok takip edilebilmekte ve değişken talebin olduğu durumlara uyum sağlayabilmektedir.

Sahte çekme kontrol sistemi (Fake Pull Control System), Hendrick (1988) tarafından küçük hacimli ve yüksek değerli ürünler üreten firmaya adapte edilmiş halidir. Sahte çekme kontrol sistemi, orijinal kanban çekme işlemini yapmadığında üretim sisteminin malzemeleri itmesine olanak sağlayan kanban sistemidir.

Karışık itme / çekme (Hybrid Push/Pull), Hudson ve Wang (1991) tarafından geliştirilen bir Markov karar verme sürecidir. Bu sistemde aynı anda işleyen farklı üretim sistemlerinin paralel ve seri olarak kontrol edilmesini sağlamaktadır. Bu sistemdeki ilk üretim kademeleri itme prensibine göre çalışırken daha sonra gelen

üretim kademeleri çekme prensibine göre çalışmaktadır. Sonuç olarak sistemin ortalama maliyeti düşük olmaktadır.

Sanal kanban (Virtual Kanban), Takeda ve diğ. (2000) tarafından teorik olarak ortaya atılmıştır. Çok kademeli üretim sistemlerine ve yüksek oranda özelleştirilmiş ürünlere uygulanabilir.

Görüldüğü gibi firmalar kanban sistemlerini kendilerine uygularken, firmanın içinde bulunduğu koşulları iyi analiz ederek kanban sistemlerini özelleştirerek uygulamışlardır. Her firmanın müşteri tipleri, çalışma şartları, talebi ne olursa olsun kanban sistemlerini kendilerine göre adapte edebilirler.

### 2.5.2. Süreç içi sabit stok (CONWIP)

Süreç içi sabit stok, İngilizce adıyla Constant work in process (CONWIP), Spearman ve diğ. (1990) tarafından ortaya atılmıştır. Tek kartı kullanarak belli bir hattaki süreç içi stok miktarını kontrol etmeye çalışır. Kanban sisteminin genelleştirilmiş bir halidir ve tek kartlı kanban olarak düşünülebilir. CONWIP ile kanban arasındaki en temel fark ise CONWIP'de çekilen malzemenin yerine yeni malzemenin üretilmesi ile ilgili sinyal bütün hattın en başına giderken, kanbanda sadece bir önceki iş istasyonuna gitmektedir.

CONWIP, belirli sayıda kabın veya kartın bütün üretim hattı boyunca dolaştığı kapalı bir üretim yönetim sistemi döngüsüdür. Amacı, üretimdeki süreç içi stoğu sabit tutarak stok seviyesini düşürmek, üretim planlama ve çizelgelemeyi kontrol etmektir (Halevi, 2001)

Bir kap üretim hattının sonuna ulaştığında içindeki bitmiş ürün alınır ve kap üretim hattının en başına gönderilerek diğer partilerin de toplanması beklenir. Her kabın çevrim süresi boyunca ilgili kapta tek bir tip malzeme bulunmaktadır. Kabın içerisindeki malzeme miktarları önceden belirlenmiş taşıma parti büyüklüğüne eşittir. Bu kapalı üretim sisteminin açık olan üretim sistemlerine göre avantajları; aynı ürün çıktı hızına sahip olmasına rağmen daha kolay kontrol, daha az sapma ve daha az ortalama süreç içi stok seviyesi demektir (Halevi, 2001).

Süreç içi stoklar darboğaz olan kaynağa sürekli parça taşıyarak üretimin sürekli olmasını garanti ederler. Süreç içi stok arttıkça çıktı hızı da üretim sisteminin maksimum kapasitesine kadar artmaktadır. Fakat süreç içi stokların çok fazla olması

maliyeti arttırır. Aynı zamanda termin sürelerinin ortalamasının ve sapmasının artmasına, bu da kötü tahmine ve geç geri bildirime neden olur. Bizim amacımız minimum süreç içi stok seviyesiyle maksimum çıktıyı elde edebilmektir. Siparişin sonsuz olduğu durumda darboğaz yaratan makinenin sürekli çalışması maksimum çıktı hızını belirler. Bu makinenin önünde veya sistemin herhangi bir aşamasında kuyruk yaratmayacak çıktı hızı sistemin maksimum çıktı hızıdır ve bu hızda üretim için gerekli olan süreç içi stok da idealdir (Halevi, 2001).

CONWIP bir yönüyle itme diğer yönüyle çekme sistemidir. Bitmiş ürün stoğundan talep karşılandığında CONWIP sistemi çekme sistemi gibi çalışır ve üretim hattını bu ürünü üretmesi için tetikler. Üretime başlandıktan sonra bitmiş ürün haline gelene kadar üretim sürecinde de itme sistemi olarak çalışır.

CONWIP sistemlerinde kanban sistemlerine göre süreç içi stokları daha azdır bu da beraberinde bazı faydalar getirmektedir. CONWIP sistemine sahip olan üretim sisteminde hatalar daha erken fark edilmektedir. Süreç içi stok seviyesi daha düşük olduğundan bir makineden çıkan hatalı parça bir sonraki süreç adımına geldiğinde malzemenin problemli olduğu anlaşılacak ve üretim durdurularak daha fazla hatalı parçanın üretilmesi engellenmiş olacaktır. Bir diğer faydası, üretimde daha az süreç içi stok olacağından çalışanlar hangi yarı mamulü işleyeceklerini düşünmek için daha az zaman harcayacaklardır. Ayrıca, yalın üretim felsefesinde genel olarak bahsedilen bütün israfların ve problemlerin görünür olabilmesi süreç içi stoğun düşürülmesi ile mümkündür (Spearman ve diğ., 1990).

### 2.5.3. Polca (Paired-cell overlapping loops of cards with authorization)

Günümüz rekabet koşullarında hızlı tepkisel üretim (Quick Response Manufacturing-QRM) önem kazanmıştır. Yüksek değişkenliğe ve ürün çeşitliliğine sahip sistemlerde ürünün müşteriye en kısa sürede teslim edilebilmesi için hızlı tepkisel üretim etkin ve rakiplerle rekabette avantaj sağlayacak bir tekniktir. Siparişe üretim yapılan firmalarda müşterinin verdiği siparişe hızlı tepki verebilmek önemlidir. Hızlı tepkisel üretim, bütün tedarik zinciri içerisindeki termin sürelerini azaltmaya odaklanmıştır. Daha detaylı olarak incelediğimizde, genel olarak hızlı tepkisel üretim müşteri gereksinim duyduğu ürünlerin tasarım ve üretim süreçlerini hızlıca gerçekleştirerek en kısa sürede müşteriye cevap vermektedir. Firma içerisinde hızlı tepkisel üretim ise bütün görevlerin ve süreçlerin termin sürelerinin azaltılması, kalitenin arttırılması,

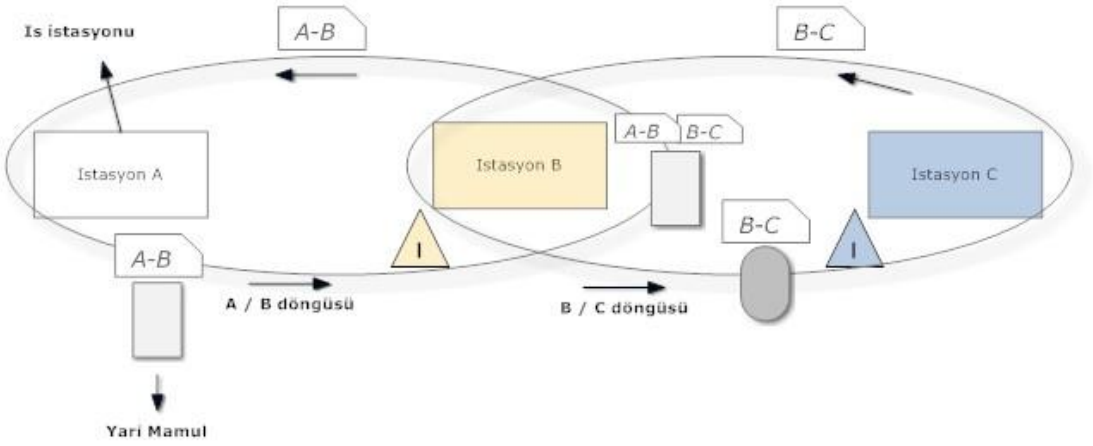
maliyetlerin azaltılması ve tepki hızının arttırılması anlamlarını taşımaktadır (Fernandes ve Silvio, 2005).

Toyota'nın uyguladığı kanban sistemi ile yukarıda bahsedilen çok çeşitlilikte ve değişkenliğe sahip siparişlere hızlı tepki verebilmek mümkün değildir. Tepki süresinin arttırılması için çekme sisteminin oluşturduğu kısıtlamaların üstesinden gelebilmek için hem çekme hem itme sistemini kapsayan karma bir mekanizma olarak POLCA sistemi ortaya çıkmıştır (Spearman ve Zazanis, 1992).

POLCA, çok sayıda karmaşık ürün rotasına sahip üretim ortamındaki stoğu ve akışı kontrol etmek için kullanılmaktadır (Suri, 1998).

Çekme sisteminin temel prensiplerinden biri olan bir adet ürün kullanıldığında yerine yenisini üret sinyalinin verilmesi, müşterinin hızlı tepki beklediği durumlarda yetersiz kalmaktadır.

Kanban sistemine göre bir iş istasyonundaki malzemelerden bir miktarı tüketildiğinde önceki istasyonlara kanban sinyali gönderilmektedir. Bu sinyal, iş istasyonunda bir adet malzemenin tüketildiğini ve iş istasyonu tarafından bir adet malzemenin talep edildiği anlatılmaktadır. Bu malzemenin otomotiv üretiminde kullanılan bir malzeme olduğunu ve müşteriye göre çok fazla çeşitlilik olduğunu düşünürsek, her malzemeden orta seviyede bir stok tutmamız gerekecektir. Tamamen müşteriye özel üretim yapılan durumlarda stok miktarı gittikçe artacaktır. POLCA sisteminin uygulanabilmesi için üretim sisteminin birbirleri ile benzer işleri yapabilecek gruplar halinde hücrelere ayrılması gerekmektedir. Geleneksel yalın üretim sistemindeki gibi sabitlenmiş bir üretim rotası olmadığından her bir hücre farklı üretim rotalarının bir parçası haline gelebilir. Böylece yarı mamuller iş hücreleri arasında çapraz olarak geçiş yapabilmektedirler.




**Şekil 2.3 :** POLCA sistemi.

Yukarıdaki Şekil 2.3'te POLCA sisteminin işleyişi gösterilmiştir. Burada ilk olarak A-B POLCA kartının işleme alınabilmesi için iki şart gereklidir. Bunlardan birincisi genellikle üretim planlama tarafından verilen iş emri, ikincisi ise A-B POLCA'sıdır. Bu iki koşul sağlandığında A-B kartı iş emri ile birleşerek yarı mamulün üretilmesini sağlar ve bu yarı mamul B istasyonuna ilerler. Burada B istasyonun ön stokunda bekleyen yarı mamul B-C kartı geldiğinde ve kapasitesi var ise bu yarı mamulü işler ve C istasyonunun işlenmeyi bekleyen yarı mamuller stokuna gönderir(Url2).

POLCA sisteminin uygulanması için bazı kısıtlar mevcuttur, bu kısıtlarda bazıları;

1. Üretim hattındaki iş hücrelerinin genel olarak yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Düzenleme yapıldıktan sonra üretim rotalarının bağlanması gerekmektedir. Bu da sonsuz sayıda üretim rotasının oluşmasına neden olabilir.
2. Her bir iş hücresinin ortalama kapasite kullanım oranı geleneksel yalın üretimdeki gibi %80-90 arasında olmalıdır.
3. Her bir hücre veya ürün için gerekli olan kapasite kaba olarak tahmin edilebilmektedir. Fakat ürünlerin iş yükü arasında çok fazla farklılık var ise POLCA'nın uygulanması zorlaşmaktadır.

Yukarıdaki şartların sağlanması halinde bile POLCA'nın kesin olarak uygulanabilir yargısına varılamamaktadır (Suri, 1998).

### 2.5.4. Kit halinde teslimat

Üretim sistemlerinde malzemelerin üretime dağıtımı sürekli olarak iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Malzeme besleme sistemlerinden bir tanesi de kit halinde teslimattır.

Kit halinde teslimat sistemi basit olarak bir nihai ürünü oluşturan parçaların set halinde üretilmek üzere iş istasyonuna sevk edilmesidir.

Otomotiv endüstrisinde; malzemelerin elde bulundurma maliyetinin yüksek olması, müşterinin isteğine göre yapılan değişikliklerin çok fazla olması ve her bir özel parçanın montaj hatlarında etkin bir şekilde depolanması alan açısından problem yaratmaktadır. Bu problemle başa çıkabilmek için kit halinde teslimat bu sektörde etkin bir şekilde uygulanabilmektedir. Otomotiv üreticilerinin bu problemden rekabet avantajı sağlamalarının tek yolu montaj hattındaki her bir ürüne özel kitlerin oluşturulmasıdır. Böylece hem üretim hattında fazla stok tutulmaz hem de her aracın hangi özelliklere sahip olacağı üretimin en başından belirlenir. Bu da üretimde çalışan personelin yanlış parçayı kullanmasına ve parçaları aramasına engel olur.

Literatüre bakıldığında kit halinde teslimat ile montaj hattında stoklamaya alternatif olarak ortaya atılmıştır. Burada belirli sayıdaki bileşenin farklı ürünler için farklı kitlere tahsis edilmesinde yaşanan problemler incelenmiştir. Bütün incelenen modellerde amaç işin erken veya geç bitirilmesi, süreç içi stok bulundurma ve elde bulundurma maliyetlerinin minimize edilmesidir. De Souza ve diğ. (2008), kit halinde teslimatın yapılabilmesi için malzemelerin mevcut malzeme arabaları ile nasıl taşınacağına yönelik model geliştirmiştir. Bu modelde elde bulundurma ve depolama maliyeti minimize edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca kit halinde teslimat ergonomi ile ilişkili olarak da incelenmiştir. Kitin biçiminin çalışanın performansı üzerindeki etkisi ve tasarımın çalışanın performansını en üst düzeyde kullanabileceği şekilde yapılması incelenmiştir (Brynzer ve Johansson, 1995).

Kit halinde teslimat ile montaj hattında stoklama birbirleri ile kıyaslanmış ve hangisinin hangi koşullar altında daha iyi performansa sahip olduğu incelenmiştir. Herhangi bir parçanın kitin içinde mi yoksa üretim hattının yanındaki stoklama alanında mı bulunması gerektiği çok ölçütlü karar verme tekniği ile Bozer ve McGinnis (1992) tarafından incelenmiştir. Caputo ve Pelagagge (2008), kit halinde teslimat, montaj hattında stoklama ve kanban gibi sistemleri karma olarak uygulamak için ABC analizini kullanmışlardır.

Kit halinde teslimatta iki tip kitten bahsedilebilir. Bunlardan birincisi istasyon bazında olan kittir ve istasyona verildikten sonra tükenene kadar orada kalmaktadır. İkincisi ise tükenene kadar nihai ürün ile birlikte hareket eden kittir.

Kit halinde teslimatın yapılabilmesi için malzemelerin kasalara uygun biçimde konulması gerekmektedir. Kitler merkezi depoda veya montaj hattına yakın bir noktada oluşturulabilirler. Kit haline getirilmiş parçalar iş istasyonlarına gönderilebilir veya çalışanlar kitleri almak için teslimat noktasına gelebilirler. Burada kitlerin hazırlanması için depoda bir alana ve insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle kitler, işçilik ücretlerinin ucuz olduğu durumlarda daha avantajlıdır. Birkaç montaj hattının eş zamanlı olarak çalıştığı ve çok fazla malzeme talebi gerektiren durumlarda veya aynı malzemeleri kullanan paralel montaj hatlarında kit halinde teslimat avantajlıdır (Caputo ve Pelagagge, 2011).

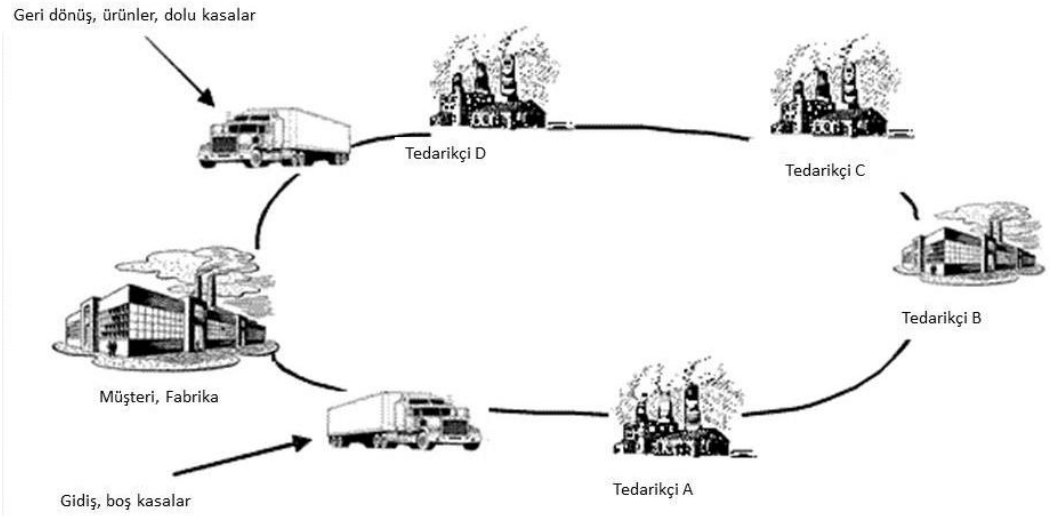
Limere ve diğ. (2011), merkezi bir depoya sahip olan bir otomotiv firmasının kitleri süpermarket sistemi ile stoklandığı sistemi kurdukları matematiksel modeli bir vakada kullanarak incelemişlerdir. Herhangi bir alan sıkıntısı olmayan durumlarda bütün ürünlerin üretim hattında stoklanması en uygun olmaktadır. Bu çözüm en uygun çözümden bile daha iyi olmasına karşın olurlu değildir. Bütün ürünlerin kit halinde teslim edilmesi de en uygun çözümden daha kötü bir sonuç doğurmaktadır. Dolayısıyla en uygun çözüm iki sistemin de karma olarak kullanıldığı yapıyı gerektirmektedir. Kit halinde teslimat, bir maliyete yol açmakla birlikte hattın yanında çok fazla alan kazandırmaktadır. Kitlerin oluşturulması toplu halde malzemelerin stoklanmasından daha fazla elde bulundurma maliyetine sebep olmasına karşın, malzemelerin etkin biçimde kit haline getirilmesi ekonomik açıdan bu maliyeti telafi edecektir. Küçük parçaların kit haline getirilmesi büyük parçalara göre daha çok avantaj sağlamaktadır (Limere ve diğ, 2011).

Durmuşoğlu ve Kılıç (2012), kit halinde teslimat sisteminin tasarlanması için matematiksel model geliştirmişlerdir. Bu modelde süreç içi sabit stok ve kit haline getirmek için ihtiyaç duyulacak olan çalışan sayısının minimize edilmesi incelenmiştir. Yapılan çalışmada kit halinde teslimatın tasarımında 5 önemli faktör olduğu gözlemlenmiştir. Bunlar; kit sayısı, turun periyodu, kit haline getiren çalışanların sayısı, kit alanı ve taşıyıcının kapasitesidir. Bu matematiksel modelin mevcut literatürden farkı kitlerin dönüşüm periyodu süresinin de modelin içine katılmış olmasıdır. Bu modelde optimum döngü zamanı ve kitlerin sayısı, süreç içi stoğu ve kit hazırlayan çalışan sayısını minimize ederek hesaplanmıştır.

### 2.5.5. Döngüsel sefer (Milk-run)

Döngüsel sefer, İngilizce adıyla milk-run ilk olarak sütlerin köylerden teker teker toplanarak işleneceği yere götürülmesinden ortaya çıkmıştır. Önceden belirlenmiş rotalarda araçlar sütleri toplayarak üretim tesisine götürmektedir. Milk-run sistemi, iş istasyonlarının ihtiyaç duyduğu malzemeleri önceden belirlenmiş rota çerçevesinde iş istasyonlarına teslim etmesidir. Bu yöntem iş istasyonlarının ihtiyaç duyduğu malzemelerin bir kamyon yükünden daha az olması durumunda ekonomik olabilmektedir. Bu yöntem fabrikanın kendi içerisindeki hammadde, yarı mamul ve atıkların depolar ile üretim yerleri yani iş istasyonları arasında taşıma faaliyeti için kullanılır (Kovacs, 2011).

Milk-run sistemi, standart olarak yapılan tedarikçi müşteri arasında çift yönlü taşıma yerine, birden fazla tedarikçiye yapılan döngüsel seferleri içeren bir sistemdir. Şekil 2.4'te gösterildiği gibi içine boş kasalar yüklenmiş olan milk-run aracı müşteriden çıkarak belirli bir rotada tedarikçilere uğramakta ve boş kasaların yerine dolu kasaları yükleyerek firmaya geri dönmektedir. Böylece daha az stok ile sistem çalışmaktadır.




**Şekil 2.4 :** Döngüsel sefer ( Milk-run).

Milk-run sistemlerinde malzemeler tedarikçilerden firmaya taşındıktan sonra boşalmış olan kasaların tekrar tedarikçilere taşınması için ters yönlü bir akış ortaya çıkmaktadır. Bu akış daha az hacim ve daha az ağırlık ile kamyonların tedarikçilere geri dönmesi demektir. Burada kullanılmayan bir kapasite oluşmaktadır. Milk-run sisteminin sadece tedarikçiden müşteriye olmadığı durumlarda tedarik zinciri içerisindeki taşıma maliyetleri daha da azalacaktır. Örneğin, tedarikçilerinizden

hammadde ve yarı mamulleri toplayıp firmaya teslim eden milk-run aracı aynı zamanda bitmiş ürünlerin de müşterilere dağıtımı yapabilmesi ve belirli bir rota dâhilinde bütün bu akışı gerçekleştirebilmesi durumunda maliyetler azalacaktır (Yıldız ve diğ., 2010).

Milk-run sistemi sadece tedarikçiler ile firma arasında değil aynı zamanda firmanın kendi içerisinde de uygulanmaktadır. Üretim alanlarındaki süreç içi stoğun hem az olması hem de üretimdeki alanın kısıtlı olması dolayısıyla depo ile üretim arasındaki milk-run arabası, üretimdeki iş istasyonlarının ihtiyacı olan malzemeleri üretime temin etmektedir. Milk-run arabası ile üretime temin edilen malzemeler üretimde ihtiyaç duyulana kadar hat yanında stoklanmaktadır. Burada önemli olan üretim alanında az miktarda stoğun üretimi aksatmadan yenilenerek sürekliliğinin sağlanabilmesidir(Url3).

Satoğlu ve Şahin (2013), rotaların tanımlı ve servis süresinin belirli olduğu merkezi depodan üretim hattındaki farklı iş istasyonlarına malzeme besleyen bir ortamda firma içi milk-run malzeme besleme sistemi tasarımının yapılabilmesi için matematiksel model ve sezgisel yaklaşım geliştirmişlerdir. Geliştirilen matematiksel model, malzeme ihtiyacının sabit ve sürekli olduğu üretim hattında, elde tutma ve stok bulundurma maliyetinin toplamını en küçüklemeyi hedeflemişlerdir. Sezgisel yaklaşım ile mevcut servis süreleri kullanılarak yeni rotaların oluşturulması ve değişik servis sürelerini dikkate alarak çözümün iyileştirilmesini sağlamışlardır.

### 2.5.6. Karma sistemler

Yukarıda belirtilen sistemler sadece tek başlarına değil firmaların içinde bulunduğu stratejik ve mevcut koşullar dolayısıyla karma olarak da kullanılmaktadır. Sanayileşmenin ilk başladığı yıllarda malzemelerin temin süreleri ve bulunabilirliği zor olduğundan firmalar sermayelerinin büyük bir kısmını malzeme stoğuna ayırmaktaydı. Bu da çok fazla stok dolayısıyla çok fazla alan ve elde bulundurma maliyetini beraberinde getirmekteydi. Hızlı müşteri talebinin ortaya çıkmasıyla ve müşteriye en hızlı şekilde cevap verebilmek için her iş istasyonunda büyük stoklar biriktirilmeye başlanmıştır. Buradaki bir diğer amaç eleman ve makinenin hiçbir zaman atıl durumda kalmamasını sağlamaktır. Taleplerin azalması ile beraber firmalar maliyetleri düşürmek için yalın üretim felsefesini benimsemişlerdir. Önce üretim hattındaki stokları azaltarak tek parça akışı uygulamaya çalışılmıştır. Bunun

mümkün olmadığı noktada parti büyüklükleri belirlenerek kanban sistemi temel alınarak süreç içi stoklar biraz daha azaltılarak düzenli hale getirilmiştir. Süreç içi stokları daha da azaltmak için her üründe gereksinim duyulan müşteriye özel malzemeler kit haline getirilerek üretim hattındaki stoklamadan kaynaklı israflar engellenmeye çalışılmıştır.

Günümüzde kanban ve kit halinde teslimat seçenekleri yaygın ve birbirine entegre olarak kullanılmaktadır. Örneğin otomotiv endüstrisinde bir araca monte edilecek far grupları(ön, arka ve sis farları), lastikler ve jantlar kit haline getirilip daha sonra da belli bir kanban büyüklüğü ile stoklanmaktadır. Böylece her bir malzeme için ayrı ayrı kanban takibi yapmak yerine tüm kitin sadece tek bir noktadan takibi yapılabilmektedir. Özellikle Kanban ile kit halinde teslimat arasındaki etkileşim literatürde en çok karşılaşılan konulardır.

Milkrun sisteminde, firma tarafından tedarikçiye gönderilen sipariş programları çerçevesinde malzemeler araca yüklenerek firmaya gönderilebileceği gibi, depodaki kanban barkotları ile hangi malzemelere ihtiyaç duyulduğunun bilgisi tedarikçilere bildirilerek ilgili malzemelerin milkrun araçlarına yüklenmesi sağlanabilir. Aynı durum kit halinde teslimat için de geçerlidir. Böylece kit halinde teslimat ve kanban sistemleri milkrun sistemi ile bütünleşik olarak çalışabilmektedir.

# 3. OTOMOTİV İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ ALANINDA FAALİYET GÖSTEREN BİR FİRMADA ÜRETİM KONTROL VE MALZEME TEDARİĞİNE İLİŞKİN BİR ÖRNEK UYGULAMA

## 3.1. Firmanın Tanıtımı

Otobüsler için iklimlendirme cihazları üreten bir firmada üretim kontrol ve malzeme tedariğinin incelenmesi ve uygulanması bu tezin konusunu oluşturmaktadır.

Firma yalın üretim sistemini 2007 yılından itibaren firmada uygulama başlamıştır. Firmada sürekli iyileştirme sistemi olarak kaizen çekleri kullanılmakta ve iyileştirmenin derecesine bağlı olarak çalışanların performansı ölçülmektedir. Firmada düzenli olarak 5S uygulanmakta olup her ay yapılan denetimler ile takip edilmektedir. Her sabah 08:00-08:15 arasında üretimde yapılan toplantıya her düzeyden beyaz yakalı çalışanlar(satın alma, mühendislik, üretim planlama, malzeme planlama, kalite) ve üretimdeki birim amirleri katılmaktadır. Bu toplantıda bir önceki gün yaşanan problemler anlatılır, eksik eleman ya da malzeme var ise alınacak önlemler belirlenir, bir önceki güne ait planlanan üretim adetleri ile sonuçların karşılaştırılır, yaşanması muhtemelen problemler herkese aktarılarak beyin fırtınası ortamı yaratılır ve çözüm için gerekli adımların atılması sağlanır. Örneğin, personel işe gelmediğinde kapasite düşeceğinden üretimin öncelik vermesi gereken adetler tekrardan gözden geçirilebilir.

Firma müşteri odaklı çalışmaktadır. Otomotiv sektörünün başta gelen otobüs fabrikaları firmanın müşteri portföyünü oluşturmaktadır. Firma hem yerli pazara hem de ihracat ile dünya pazarına hizmet etmektedir. Firma ürünlerini fabrikalara sattığından ürün satışlarında herhangi bir mevsimsellik bulunmamaktadır. Bazı durumlarda müşteriler otobüs üreticilerinden ihale ile otobüs satın almaktadırlar. Böyle durumlarda maliyet azaltılması için özel çalışmalar yapılmaktadır. Bu da ürünlerin müşteriye göre değişiklik gösterdiği standart bir ürün olmadığı anlamına gelmektedir. Örneğin, ihaleyi alan otobüs firması klima olarak bu firmayı tercih

ettiğinde o ihale için belli bir ürün belirlenmektedir. Bu ürüne ihale bittikten sonra hiç sipariş gelmeme ihtimali bulunmaktadır.

Bahsedilen firmanın dünyanın birçok yerinde farklı ürünleri üreten fabrikaları bulunmaktadır. Bu firmanın Türkiye ve Almanya fabrikaları benzer tip ürünler üretmektedir. Bu fabrikalarda nihai ürünün üretilmesinde kullanılan bazı yarı mamuller(bakır borular ve klimaya monte edilen kapakların bir kısmı) firmanın kendi bünyesinde üretilmektedir. Bu noktayı daha da açmak gerekirse, Türkiye fabrikasında üretilen bakır borular, Almanya fabrikasında da kullanılırken, Almanya fabrikasında üretilen alüminyum borular da Türkiye'deki fabrikada da kullanılmaktadır.

Yalın üretim felsefesi kapsamında bakır borulardan oluşan yarı mamullerin daha az stok, daha az iş gücü, daha az kaynak kullanımı ile üretim ve montaja beslenmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Burada ulaşılmaya çalışılan hedef, her iki fabrikanın ihtiyacı olan bakır boruların üretiminin, planlamadan bağımsız olarak, kanban kontrollü ve kitler halinde gerçekleştirilebilmesidir.

## 3.2. Mevcut Üretim Sistemi

Firmada kurumsal kaynak planlama yazılımı olarak SAP kullanılmaktadır. SAP sistemi 2006 yılında faaliyete geçmiş olup günümüzde etkin ve verimli bir şekilde kullanılmaktadır.

Klima üretim sürecine dair değer akış haritası Ek A'da gösterilmiştir. Sürecin başlangıcı müşteri siparişidir ve değer akış haritasında müşteri MAN olarak kabul edilmiştir. MAN'dan ve diğer ana üreticilerden(müşterilerden) gelen sipariş programları SAP sistemine satış iç hizmetler tarafından girilmektedir. Müşteriden siparişler uzun dönemli tahminler ve kesinleşen siparişler olarak haftada bir olarak gelmektedir. MAN'dan gelen Milk-Run programı ile bir aylık kesin siparişler belirlenmekte fakat bu siparişlerde de küçük çaplı değişiklikler yapılabilmektedir.

Yeni veya öngörüsü(tahmini) olmayan bir sipariş geldiğinde bu ürün ile ilgili üretim planlamaya bilgi verilmektedir. Üretim planlama SAP üzerinden bu üründe kullanılan malzemelerin listesini malzeme planlamaya göndermekte ve bu malzemeler incelenerek teslim tarihi belirlenmektedir. Belirleme aşamasında malzemelerin son tamamlanma tarihi, kapasite uygunluğu ve müşterinin talep ettiği

tarih dikkate alınmaktadır. Müşteri, üretim planlamanın belirlediği üretim yani sevk tarihinden daha erken istediği durumda terminin öne çekilmesi için yapılması gereken mesai veya malzemenin daha erken elimize ulaşması için tedarikçilerin yapacağı mesai ya da lojistik açıdan malzemenin tır yerine uçak ile getirilmesi gibi seçenekler incelenmektedir. Müşterinin oluşacak ekstra maliyetleri kabul etmesi durumunda veya firmanın stratejik olarak bu maliyeti kabul etmesi halinde sevk tarihi revize edilip müşteriye sunulmaktadır.

Ek A'da klima üretimine ait değer akış haritası verilmiştir. Üretimin başlangıç noktası blende ile yan panelin yapıştırılmasıdır. Yapışan iki malzeme kuruması için yaklaşık dokuz saat bekler ve daha sonra alt tabla ile ikinci bir yapıştırma işlemi gerçekleştirilir ve yine dokuz saat kuruması için beklenir. Buradaki regaller (taşıyıcı arabalar) ilk giren ilk çıkar prensibiyle çalışmaktadır. Kuruyan ürünler üretime başlanmak üzere evaporatör hazırlama istasyonuna gelir. Kondanser istasyonu da buna paralel olarak klimanın kondanserlerini hazırlamaya başlar.

Evaporatör ve kondanser, evlendirme diye adlandırılan istasyonda birleştirilerek borulama istasyonuna gelir. Burada borular yarı mamule eklenir. Bir sonraki istasyonda elektrik tesisatı ve diğer montaj işçilikleri yapılarak daha sonra borularda kaçak olup olmadığı helyum gazıyla test edilir. Testi geçen klima, kapak atma istasyonuna ilerler. Eğer testte bir kaçak olduğu tespit edilirse, borulama istasyonunda ilgili kaçak noktası yeniden kaynatılarak helyum testi tekrardan yapılır. Klimanın fonksiyonlarının ve elektrik bileşenlerinin kontrolü için R134 testi yapılır. Bu testi de başarı ile geçen klimalar son hazırlık ve kalite kontrol noktasından geçtikten sonra paketlenerek sevk edilmek üzere sevkiyata gönderilir. Bir ürün için ortalama harcanan katma değerli süre 250 dakika ve çevrim süresi ise 25 dakikadır.

Tezin uygulama kısmında incelenecek olan boru bölümünde ise üretim akış şeklinde gerçekleştirmekte olup değer akış haritası Ek B'de, üretim akışı Ek C'de verilmiştir. Üretim küçük çaptaki borulardan büyük çaptakilere doğru düz boy boruların istenilen uzunlukta kesilmesiyle başlar. Kesilen boruların çapakları alındıktan sonra boru bükme tezgâhında malzeme koduna ve çapa özel CNC programı ile borular istenilen şekilde bükülür. Bükülen boruların fireleri belirlenerek bu fireler de daha sonra borudan kesilir ve tekrardan çapaklar alınır. O- ring yapma, şişirme ve eksantrik pres, kordon açma, delik delme, boğaz açma, kurt ağzı açma, manuel çapak alma, iz

vurma, lehimleme istasyonlarında üretilen borunun özelliğine göre işlenir. Lehimleme istasyonundan çıkan borular yıkama kasalarına yerleştirilerek yıkama kazanlarına borunun iç temizliğinin sağlanabilmesi için daldırılır. Yıkama işleminin sonunda borunun üzerinde ventil olması gerekiyorsa ventil monte edilir ve Almanya fabrikasına gönderilecek borular için Helyum gazıyla kaçak testi yapılır. Ayrıca, boru izolasyonlu ise izolasyon yapıştırılır ve son olarak da borunun uçları tapalanır ve etiketlenir. Böylece borular sevke veya klima üretiminde kullanılmaya hazır hale gelir.

Lehimleme istasyonunda hızlı kalıp değişimi(SMED) uygulanmakta olup kalıp değişim süreleri dakikalar düzeyindedir. Bu da stoklu çalışmak yerine küçük partilerde sadece ihtiyaç olan adet kadar üretmeyi mümkün kılmaktadır. Borunun üretimi tamamlandıktan sonra Almanya fabrikası için üretilen borulara Helyum kaçak testi uygulanıp sevkiyat alanına gönderilmektedir. Türkiye fabrikasında kullanılan borular için ise herhangi bir test yapılmamakta ve direkt olarak üretime sevk edilmektedir. İki fabrika arasında süreç farkının olmasının nedeni Almanya fabrikasına gönderilen boruların nakliye masrafının yüksek olması ve herhangi bir kaçak tespit edilmesi durumunda müdahale etme(yeni malzemenin gönderilmesi) ve sorunun çözülmesinin daha karmaşık olmasıdır.

### 3.3. Mevcut Üretim Planlama Sistemi

Firmada sipariş yoğunluğuna göre kapasite dengelemesi yapılmaktadır. Müşteriye sevk tarihi bildirirken atıl olan kapasitelerde üretim yapılması tercih edilmektedir. Fakat bazen müşteriler için bu tarih çok geç veya ilgili dönemde sipariş yoğunluğu olabilmektedir. Burada malzeme planlama bölümü ile koordineli çalışılarak tüm malzemeleri erken tamamlanan ürünler daha erken üretilmektedir. Böylece yapılması gerekecek fazla mesailer azaltılmakta ve kapasite dengelenmektedir. Kapasite durumunu gösteren SAP çıktısı Şekil 3.1'de verilmiştir.

Şekil 3.1'deki ekran görüntüsü bize ilgili haftalardaki kapasite ihtiyacını ve mevcut kapasiteyi saat cinsinden söylemektedir. Ayrıca mevcut kapasitenin yüzde kaçının dolu olduğunu ve ne kadar kullanılabilir kapasite kaldığını göstermektedir. Örneğin 47. haftada 712,80 saat mevcut kapasite bulunmaktadır. 876,86 saat kapasite ihtiyacı bulunmaktadır. Bu da mevcut kapasitenin %123'üne karşılık gelmektedir. Firma

sipariş bazlı çalıştığından siparişlerde herhangi bir öteleme yapmak mümkün değildir, çünkü müşterilere siparişlerin sevk tarihleri önceden bildirilmiştir. Böyle durumlarda kapasite ihtiyacı daha önceden de bahsedildiği gibi mesailer yapılarak veya kapasite dengelenerek karşılanmaktadır.

Firmada aylık kapasite planlama toplantıları yapılarak sonraki sekiz haftalık süreç incelenmekte ve kapasite yoğunluğuna göre ilgili siparişlerin sevk tarihinden daha önce üretilerek stoklanmaktadır. Böylece yapılması gereken mesai ihtiyacı mümkün olduğunca en aza indirilmektedir.

İşyeri STRAC STR Klima Katı Kapasitesi ÜY
Kapasite türü 002 İşgücü

| Hafta | İhtiyaç | Kps.varlığı | Yük | Klnb.kpst. | Brm. |
|---|---|---|---|---|---|
| 45.2013 | 617,22 | 570,24 | 108 % | 46,98- | SA |
| 46.2013 | 900,57 | 712,80 | 126 % | 187,77- | SA |
| 47.2013 | 876,86 | 712,80 | 123 % | 164,06- | SA |
| 48.2013 | 806,42 | 712,80 | 113 % | 93,62- | SA |
| 49.2013 | 970,98 | 712,80 | 136 % | 258,18- | SA |
| 50.2013 | 893,96 | 712,80 | 125 % | 181,16- | SA |
| 51.2013 | 886,37 | 712,80 | 124 % | 173,57- | SA |
| 52.2013 | 14,33 | 712,80 | 2 % | 698,47 | SA |
| 01.2014 | 682,00 | 570,24 | 120 % | 111,76- | SA |
| 02.2014 | 619,50 | 712,80 | 87 % | 93,30 | SA |
| 03.2014 | 195,33 | 712,80 | 27 % | 517,47 | SA |
| 04.2014 | 0,00 | 712,80 | 0 % | 712,80 | SA |
| 05.2014 | 339,00 | 712,80 | 48 % | 373,80 | SA |
| 06.2014 | 380,68 | 712,80 | 53 % | 332,12 | SA |
| 07.2014 | 432,43 | 712,80 | 61 % | 280,37 | SA |
| 08.2014 | 6,58 | 712,80 | 1 % | 706,22 | SA |
| 09.2014 | 107,80 | 712,80 | 15 % | 605,00 | SA |
| 10.2014 | 396,00 | 712,80 | 56 % | 316,80 | SA |
| 11.2014 | 393,00 | 712,80 | 55 % | 319,80 | SA |
| 12.2014 | 186,33 | 712,80 | 26 % | 526,47 | SA |
| 13.2014 | 0,00 | 712,80 | 0 % | 712,80 | SA |
| 14.2014 | 255,83 | 712,80 | 36 % | 456,97 | SA |
| 15.2014 | 469,67 | 712,80 | 66 % | 243,13 | SA |
| 16.2014 | 422,27 | 712,80 | 59 % | 290,53 | SA |
| 17.2014 | 179,17 | 570,24 | 31 % | 391,07 | SA |
| 18.2014 | 4,17 | 712,80 | 1 % | 708,63 | SA |
| Toplam >>> | 11.036,47 | 18.105,12 | 61 % | 7.068,65 | SA |

**Şekil 3.1 :** SAP kapasite planlama ekran görüntüsü.

Sipariş sisteme girildikten sonra malzeme planlama süreci yine SAP üzerinden yapılmakta ve her hafta düzenli olarak tedarikçilere malzeme satın alma programı gönderilmektedir. Ek A'daki değer akış haritasında yerli tedarikçiler içerisinde en uzun tedarik süresine sahip olan Alpin firması dikkate alınmıştır.

Firmanın sattığı ana ürün klima olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle öncelikle klima için üretim planı yapılmaktadır. Üretim planlama her hafta ondan sonraki ikinci haftanın üretim planlamasını yapmaktadır. Yani sabitleme uzunluğu iki haftadır. Bunun nedeni üretim planı yapıldıktan sonra tedarikçiler göndermeleri gereken malzemeleri görebilmektedirler. Planlanan hafta tedarikçiler hangi malzemeden ne kadar sevk etmesi gerektiğini görür ve bir sonraki hafta içerisinde bu malzemeyi sevk eder ve sonraki ikinci haftada da bu ürünler klima üretim hattında ürünlerin üretilmesi için kullanılır. Üretilmesi gereken yarı mamuller de klima üretim bandı için bir tedarikçi olarak kabul edilmekte ve yine buna göre tedarik edilmektedir.

Haftalık klima üretim planı Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bu tabloda hangi gün, hangi tipte, hangi üretim sırasıyla ve kaç adet ürün üretileceği, her bir ürüne ait birim üretim zamanı, planlanan üretim duruşları(eğitim gibi), var ise fazla mesailer, klimalarının kapakları boyalı ise boya kodları ve müşteri şase numaraları, üretimde çalışması gereken personel sayısı gibi tüm bilgiler bulunmaktadır.

Bir sonraki haftanın bakır boru ve kapaklarının üretim planı da her hafta salı ve çarşamba günleri ondan sonraki haftanın klima üretim planı hazırlandıktan sonra yapılmaktadır. Almanya fabrikasına gönderilecek borular da iki hafta önceden sabitlenmekte ve olağanüstü durumlar haricinde değişiklik yapılmamaktadır. Hangi yarı mamulden kaç adet üretmemiz gerektiği bilgisi SAP sisteminden alınan verilere göre planlanmaktadır. SAP'den alınan üretilmesi gereken borulara ilişkin rapor Çizelge 3.2'de verilmiştir. Bu raporda üretilmesi gereken tarih, malzeme kodu, malzeme tanımı ve sipariş miktarı gibi veriler mevcuttur. Buradaki malzeme kodları sırasıyla SAP'den incelenerek hangi fabrika için kaç adet üretilmesi gerektiği belirlenir. Her iki fabrikanın ihtiyacı olan aynı tip boruların adetleri üretim sürecindeki farklılıktan dolayı ayrı ayrı hesaplanır. Kapasite ihtiyacını belirlemek için Çizelge 3.3'de verilen üretim kapasite planlama sayfası kullanılmaktadır. Bu sayfada üretilecek olan adetler Çizelge 3.2 listesinden alınarak Çizelge 3.3'deki adetler sütununa yazılmaktadır. Buna göre her bir malzeme kodu için hazırlık zamanına, adet ile birim üretim zamanının çarpımı kadar süre eklenerek toplam zaman sütununa yazılır. Tüm toplam zamanların toplamı da yüklenen hücresinin sağındaki hücreye yazılır.

**Çizelge 3.1 :** Haftalık klima üretim planı.

| KW | | 46 | | PZRT. SIRALAMA | SALI SIRALAMA | ÇRŞ SIRALAMA | PRŞ SIRALAMA | CUMA SIRALAMA | CTESİ SIRALAMA | 10.11.2013 17:15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 5(N5)-3(M4)-5(T5)-5(N5) | 5(T4)-5(T3)-4(N5)-5(T3) | 2(T4)-4(N5)-5(T4)-5(N5) | 5(T3)-2(M4)-5(T3)-2(M4) | 5(N5)-5(T3)-5(N5)-5(T3) | 5(T3)-7(N5)-4(K)-5(N4) | |
| Müşteri | Ident | Ürt. Süresi (sa) | Kod | 5(T3) | 3(T4) | 4(M4) | 5(T3)-2(N3)-1(N2) | 1(N2)-1(N3) | | |
| KLİMA ÜRETİMİ | | | | 11 Kasım 2013 Pazartesi | 12 Kasım 2013 Salı | 13 Kasım 2013 Çarşamba | 14 Kasım 2013 Perşembe | 15 Kasım 2013 Cuma | 16 Kasım 2013 Cumartesi | TOPLAM |
| MBT | 11112356C | 7,16 | N1 | | | | | | | 0 |
| MBT | 11112357C | 7,16 | N2 | | | | 1 | 1 | | 2 |
| MBT | 11112358C | 7,16 | N3 | | | | 2 | 1 | | 3 |
| MBT | 11112359C | 7,76 | N4 | | | | | | 5 | 5 |
| MBT | 11115279A | 7,16 | N5 | 10 | 4 | 9 | | 10 | 7 | 40 |
| MBT | 11115280A | 7,76 | N6 | | | | | | | 0 |
| MAN | 8401930C | 8,02 | M1 | | | | | | | 0 |
| MAN | 8401512C | 8,02 | M2 | | | | | | | 0 |
| MAN | 8402251C | 8,02 | M3 | | | | | | | 0 |
| MAN | 8402052B | 7,85 | M4 | 3 | | 4 | 4 | | | 11 |
| MAN | 8402053B | 7,85 | M5 | | | | | | | 0 |
| MAN | 8402050A | 7,2 | M6 | | | | | | | 0 |
| MAN | 11114603A | 7,85 | M7 | | | | | | | 0 |
| TEMSA | 11116596A | 4,73 | T1 | | | | | | | 0 |
| TEMSA | 8402211C | 5,76 | T2 | | | | | | | 0 |
| MAZ | 11119188A | 5,25 | T3 | 5 | 10 | | 15 | 10 | 5 | 45 |
| MAZ | 11119187A | 5,76 | T4 | | 8 | 7 | | | | 15 |
| TEMSA | 11117032A | 5,3 | T5 | 5 | | | | | | 5 |
| TEMSA | 11117865A | 5,3 | T6 | | | | | | | 0 |
| Webasto Hungary | 11117931A | 6,08 | K | | | | | | 4 | 4 |
| GolAZ | 11117728A | 5,3 | F | | | | | | | 0 |
| NBB | 11114232A | 4,5 | D1 | | | | | | | 0 |
| JSC "Minsk Automobile | 11114475A | 5,83 | | | | | | | | 0 |
| | | yükleme | | 23 | 22 | 20 | 22 | 22 | 21 | 130 |
| | | plan. Ele.say | | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 17 | 17,5 | |
| | | HPU | | 0,48 | 0,41 | 0,50 | 0,41 | 0,41 | 0,43 | 0,44 |
| | | Çalışma Saati | | 11 | 9 | 10 | 9 | 9 | 9 | |
| KASET/ŞYY/FRONTBOX | | | | 11 Kasım 2013 Pazartesi | 12 Kasım 2013 Salı | 13 Kasım 2013 Çarşamba | 14 Kasım 2013 Perşembe | 15 Kasım 2013 Cuma | 16 Kasım 2013 Cumartesi | TOPLAM |
| MBT | 68821A | 0,27 | | | | | | | | 0 |
| MBT | 8403212a | 0,5 | | 20 | | | | | | 20 |
| MBT | 8402756A | 0,61 | | | | | | | | 0 |
| MBT | 8403218B | 0,6 | | | | | | | | 0 |
| MAN | 68588C | 0,27 | | 2 | | | | | | 2 |
| TEMSA | 8400078B | 0,15 | | | 15 | | | | | 15 |
| MBT | 1102202B | 1,62 | | | | | | | | 0 |
| NBB | 1103028A | 1,05 | | | | | | | | 0 |
| SNA | 11117524A | 0,75 | | | | | | | | 0 |
| SNA | 11117486A | 0,75 | | | | | | | | 0 |
| SNA | 11117525A | 0,83 | | | | | | | | 0 |
| SNA | 11117105A | 0,83 | | | | | | | | 0 |
| SNA | 11117123A | 0,83 | | | | | | | | 0 |
| SNA | 11117152A | 1 | | | | | | | | 0 |
| Spheros Climate Syste | 11117978A | 1,33 | | | 5 | 7 | 7 | | | 19 |
| | | yükleme | | 22 | 20 | 7 | 7 | 0 | 0 | 56 |
| | | plan. Ele.say | | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |

**Çizelge 3.2 :** SAP üretilmesi gereken borular raporu.

| Planlı açılış trm. | Planlanan bşl.trm. | Planlanan bitiş trm. | Malzeme | Kısa metin | Plnl.sipariş miktarı | Temel ölçü birimi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 22.11.2013 | 22.11.2013 | 25.11.2013 | 1102356B | Boru Takimi Yuksek Basinc I | 60,000 | ADT |
| 22.11.2013 | 22.11.2013 | 25.11.2013 | 1102357A | Boru Takimi Yuksek Basinc II | 60,000 | ADT |
| 22.11.2013 | 22.11.2013 | 25.11.2013 | 1102358B | Boru Takimi Emis I | 60,000 | ADT |
| 11.11.2013 | 11.11.2013 | 12.11.2013 | 1102359B | Boru Takimi Emis II | 10,000 | ADT |
| 22.11.2013 | 22.11.2013 | 25.11.2013 | 1102360B | Boru Takimi Akiskan | 60,000 | ADT |
| 22.11.2013 | 22.11.2013 | 25.11.2013 | 1102361A | Boru Takimi Kondenser/Toplama Tanki | 60,000 | ADT |
| 22.11.2013 | 22.11.2013 | 25.11.2013 | 1102362B | Boru Takimi Toplama Tanki/Kurutucu | 60,000 | ADT |
| 22.11.2013 | 22.11.2013 | 25.11.2013 | 1102363C | Boru Takimi Frontbox 10x1 | 60,000 | ADT |
| 22.11.2013 | 22.11.2013 | 25.11.2013 | 1102380A | Boru Takimi Evaporator Sol | 60,000 | ADT |
| 22.11.2013 | 22.11.2013 | 25.11.2013 | 1102387A | Boru Takimi Evaporator Sag | 60,000 | ADT |
| 26.11.2013 | 26.11.2013 | 27.11.2013 | 1103686B | Boru Takimi Kondenser/Toplama Tanki NC | 10,000 | ADT |
| 26.11.2013 | 26.11.2013 | 27.11.2013 | 1103687B | Boru Takimi Toplama Tanki/Kurutucu NC | 10,000 | ADT |
| 20.11.2013 | 20.11.2013 | 20.11.2013 | 11117868A | Boru Takimi - Emis/Basinc Ara Baglanti | 9,000 | ADT |
| 20.11.2013 | 20.11.2013 | 20.11.2013 | 11117869A | Boru Takimi Emis 1 D16 | 9,000 | ADT |
| 20.11.2013 | 20.11.2013 | 20.11.2013 | 11117870A | Boru Takimi Yuksek Basinc 1 D10 | 7,000 | ADT |
| 25.11.2013 | 25.11.2013 | 26.11.2013 | 68269A | Boru Takimi Vana Baglanti Parcasi AXGH | 10,000 | ADT |

**Çizelge 3.3 :** Bakır boru kapasite planlama çizelgesi.

| BORU IDENTLERİ | Hazırlık Zamanı (saat) | Birim üretim zamanı (Saat) | KW46 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | İşgünü | 5 |
| | | | Güvenlik | 1,3 |
| | | | Günlük Çal. Sa. | 9 |
| | | | Personel sayısı | 3 |
| | | | Mevcut Kap. | 175,5 |
| | | | Yüklenen | 168,218 |
| | | | Toplam Boru Ad. | 700 |
| | | | Adetler | Toplam Zaman |
| 1102356B | 0,48 | 0,07 | 60 | 4,68 |
| 1102357A | 0,41 | 0,04 | 60 | 2,81 |
| 1102358B | 0,48 | 0,07 | 60 | 4,68 |
| 1102359B | 0,625 | 0,14 | 70 | 10,425 |
| 1102360B | 1,96 | 1,65 | 60 | 100,96 |
| 1102361A | 0,425 | 0,02 | 60 | 1,625 |
| 1102362B | 0,53 | 0,22 | 60 | 13,73 |
| 1102363C | 0,44 | 0,06 | 60 | 4,04 |
| 1102380A | 0,44 | 0,06 | 60 | 4,04 |
| 1102387A | 0,44 | 0,06 | 60 | 4,04 |
| 1103686b | 0,625 | 0,06 | 10 | 1,225 |
| 1103687B | 0,81 | 0,18 | 10 | 2,61 |
| 11117868A | 0,61 | 0,337 | 20 | 7,35 |
| 11117869A | 0,36 | 0,13 | 20 | 2,96 |
| 11117870A | 0,283 | 0,074 | 20 | 1,763 |
| 68269A | 0,48 | 0,08 | 10 | 1,28 |

Böylece toplam kapasite ihtiyacı belirlenmiş olur. Bir sonraki aşama ise bu kapasite ihtiyacını karşılamak için kaç gün kaç personel ile günde kaç saat çalışarak bu kapasitenin karşılanacağının hesaplanmasıdır. Çizelge 3.3'deki örnekte 3 personelin günde 9 saat ve haftada 5 gün çalışması gerektiği gözükmektedir.

## 3.4. Mevcut Lojistik Yapı

Firma, satın alma malzemelerini tedarikçileriyle yapılan sözleşmeler kapsamında firmaya teslim edilmesi veya tedarikçinin sevkiyat deposundan teslimi olarak

seçmektedir. Firmanın kendi ürettiği yarı mamuller klima üretim hattına boru taşıma arabaları, kasalar ve kapak taşıma arabaları ile taşınmaktadır. Bu yarı mamullerin içerisinde müşteriye satılanlar da olabilmektedir, bunlar sevkiyat alanına gönderilmektedir. Örneğin, kapağı hasarlanmış klima için bir müşteri yeni bir kapak talep edebilmektedir. Ayrıca Almanya fabrikasının ihtiyacı olan bakır borular da sevkiyat alanına gönderildikten sonra burada koliler halinde paketlenerek Almanya fabrikasına gönderilmektedir.

Boruların firma içerisindeki lojistik hareketi üretilen borunun ebadına ve büyüklüklerine göre değişmektedir. Şekil 3.2'teki gibi büyük ve Şekil 3.3'teki gibi küçük kasalar ve bu kasalara sığmayan borular için Şekil 3.4'te gösterilen boru taşıma arabaları firma içerisinde mevcut durumda kullanılmaktadır. Bu kasalara her seferinde rasgele malzeme konulmaktadır. Yani başka bir ifadeyle boruya atanmış kasa bulunmamaktadır. Bütün borular bu kasalara doldurularak üretimden önce depoda geçici olarak depolanırlar. Depo personeli üretimin ihtiyacına göre bu boruları borulama istasyonuna taşınmakta ve burada ürüne monte edilmektedir.




**Şekil 3.2 :** Büyük kasa.



**Şekil 3.3 :** Küçük kasa.



**Şekil 3.4 :** Boru taşıma arabası.

## 3.5. Mevcut Sistemin Olumsuzlukları

Bölüm 3.3'te firmada üretim planlama sisteminin nasıl gerçekleştiği incelenmiştir. Burada ortaya çıkabilecek aksaklıklardan bir tanesi üretim planlama bölümü herhangi bir bakır boruyu üretim planına almayı atladığında aynı klimada kullanılan diğer borular üretilse dahi nihai ürün üretilememektedir. Başka bir problem ise kapasitenin yetersiz olduğu durumlarda yanlış önceliklendirme yapılması, dolayısıyla belli bir üründe kullanılacak olan boruların bir kısmının üretilip kalanının üretilememesidir. Çünkü bir üründe kullanılacak boruların bir arada üretilmesi yerine mevcut olan kapasite farklı ürünlerde kullanılacak olan boruların üretilmesi için kullanılabilmektedir. Bu gibi problemlerle karşılaşıldığında bunları çözmek için üretim planı değiştirilmekte fakat buna rağmen üretimin durmasına veya aksamasına neden olmaktadır. Sonuç olarak bütün kontrol üretim planlama bölümüne aittir.

Üretim planına göre üretilen Türkiye fabrikasında kullanılacak borular uygun kasa tipine konularak üretim bandının yanında bulunan depoya ait bölümde stoklanmaktadır. Bu borular ihtiyaç oldukça buradan üretime çekilmektedir. Her bir borunun üretimde bulunan adedi farklı olduğundan, üretimdeki stoklar farklı zamanlarda tükenmekte ve malzemeler de depodan farklı zamanlarda istenmektedir. Bir üründe yaklaşık on farklı tipte boru kullanılmakta, lehimleme istasyonunda çalışan personel bu boruları depodan kendi talep etmektedir. Bu da katma değeri olmayan bir iştir.

Almanya fabrikasında kullanılmak üzere üretilen borular ise kasalar ve boru taşıma arabaları ile sevkiyat alanına taşınmaktadır. Sevkiyat alanındaki borular, boyutlarına ve kolideki boş kalan yerlere göre paketlenmekte ve sevk edilmektedir. Bu borular daha sonra Almanya fabrikasının deposunda ayrıştırılarak stoklanmaktadır. İş istasyonunun ihtiyacı olduğunda da ilgili iş istasyonuna göndermektedir. Bu da çok fazla elleçleme oluşturmakta ve hatta boruların hasar görmesine neden olmaktadır.

## 3.6. Gelecek Durumun Tasarlanması

Her iki fabrika için de üretilen ürünlere hangi iş istasyonlarında bakır boruların monte edileceği belli olduğundan, nihaî ürünlerin üretilmesi için gerekli olan boruların ihtiyacı da bilinmektedir. Bu da üretim planlamadan bağımsız olarak boruların kanban sistemi ile takip edilmesini mümkün kılmaktadır. Bir üründe

kullanılan borulara ait kanban kap kapasiteleri de kullanım adetleri ile orantılı olacak şekilde oluşturulursa bu borular kanban adedine bağlı kalınacak şekilde ana üretim bandına kit halinde teslim edilebilir. Buradaki problem ise bazı müşterilere ihale kapsamında ürünler üretilmesidir. Bu ihale adedi tamamlandıktan sonra o ürünün başka bir müşteri tarafından talep edilme ihtimali çok düşüktür. Bu da kanban sisteminde ihale kapsamındaki sipariş adedi tamamlandıktan sonra yarı mamul kalmasına sebep olacaktır. Bunu engellemek için bu tipteki borular kanban sisteminin dışında bırakılacak yani SAP sistemi üzerinden ihtiyaç olup olmadığının takip edilmesi gerekecektir. Sürekli talebi olan borular için kanban sistemi uygulanmıştır. POLCA sistemi kanban sistemine ek olarak üretim planlamadan gelen iş emri ile çalıştığı için bu tip borular bu yöntemle takip edilmelidir.

Ana üretim bandında belli bir klimanın üretiminin tamamlanması ürüne ilk işlemin yapılmasından itibaren yaklaşık üç iş günü sürmektedir. Her bir klimada farklı tipte, boyutta ve çapta borular bir arada kullanıldığından bu boruların aynı anda birer klimalık kitler olarak üretilmesi ve boru bölümünden ana üretim bandına taşınması çok fazla ek işçilik ve lojistik maliyeti oluşturmaktadır. Bu koşullarda en uygun yöntem, kitlerin kanban olarak birleştirilmesidir. Örneğin; bir kitte ilgili klimadan on adet üretebilecek borunun bulunması ve bu adedin kap büyüklüğü olarak kabul edilmesi gerekmektedir.

Uygulama iki aşamadan oluşacaktır. Almanya ve Türkiye fabrikaları için üretilen borular ayrı ayrı incelenecektir. Türkiye fabrikası için üretilen borular için kit ve tek kanbanlı sistem, Almanya fabrikası için üretilen borular için de POLCA ve tek kanbanlı sistem uygulanacaktır.

### 3.6.1. Türkiye fabrikası için kurulacak kanban / kit sisteminin tasarımı

Ana üretim bandının değer akış haritası Şekil 3.1'de gösterildiği gibidir. Burada ilgilenilecek kısım borulama istasyonu ile boru üretimi arasında kanban ve/veya kit halinde teslimat yapılarak kendi kendini planlayabilen bir boru üretim tesisinin tasarlanmasıdır.

Türkiye fabrikasında kullanılan borular için aşağıdaki adımlar izlenecektir.

- Bütün üretilen borular içerisinden Türkiye fabrikası için üretilenler tespit edilecek,
- Boru ürün matrisi ile aynı üründe kullanılan borular belirlenecek,

- Boru ürün matrisine göre aynı ürünlerde kullanılan borular için kitler oluşturulacak,
- Kitlerin hangi tür kasa veya arabalarda kaç adet stoklanacağı ve kap adetleri belirlenecek.

Uygulamaya ilk olarak kanban yapılacak boruların belirlenmesi amacıyla 2013 yılının ilk on ayında firma bünyesinde üretilen boruların listesi oluşturulmuştur. Bu listedeki borulardan Türkiye fabrikasında kullanılan borular ayrıştırılmıştır. Bu boruların hangi ürünlerde kullanıldığı tespit edilmesi maksadıyla bir kısmı Çizelge 3.4'te verilen matris oluşturulmuştur. Matriste aynı ürünlerde kullanılan borular kendi içerisinde kit haline getirilmiştir. Türkiye fabrikası için toplamda 15 adet kit oluşturulmuştur. Bu kitler Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Kanban büyüklükleri hesaplanırken mevcut olarak kullanılan üç farklı stoklama tipi dikkate alınmıştır. Bunlar boru taşıma arabası, küçük ve büyük kasalardır. Her borunun farklı ebatta ve uzunlukta olması dolayısıyla farklı şekilde depolanması gerekmektedir. Bu nedenle yapılan tasarımda kapların standart olması ve aynı zamanda ergonomik olarak taşınabilmesi dikkate alınarak kap kapasiteleri belirlenmiştir. Diğer taraftan oluşturulan kitlerin sadece bir adet ürünün üretilmesini sağlayacak şekilde yapılmasının üretim sistemi ve talep akışı açısından mümkün olmadığı daha önce açıklanmıştır. Bu nedenle kitler kanban haline getirilmeli ve her bir kanban için kullanılacak kasalar veya arabalar belirlenmiş olmalıdır. Üretimde tek kanbanlı sistem uygulanmasına karar verilmiştir.

**Çizelge 3.4 :** Türkiye fabrikası için ürün boru matrisi.

| Ürünler / Borular | 1104075B | 11114914a | 11114934a | 11115260a | 11115840a | 11116447a | 11116596a | 11117143a | 8401961b | 8402050A | 8403218b | 8403349a | 11111755b | 11114216a | 11114217b | 11115049a | 11115054a | 11116973a | 11116974b | 11116975b | 11116976a | 11117747a | 11118494a | 11118709a | 11118838a | 11119126a | 11119187a | 8402211c | 8402238b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1103219B | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102356B | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102357A | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102363C | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1104005A | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102359B | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1101753A | | x | x | x | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102476A | | x | x | x | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102358B | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102380A | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102360B | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102361A | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102362B | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102387A | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1101962A | | x | x | x | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1104004A | x | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1103677A | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1103678A | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1103679A | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1103680A | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1101963A | x | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102495A | x | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1101761A | x | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1101750A | | x | x | x | | | | | x | x | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1101747A | | x | x | x | | | | | x | x | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102497A | x | x | x | x | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1101752B | | x | x | x | | | | | x | x | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102498A | x | x | x | x | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1102496A | x | x | x | x | | | | | x | x | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8401740A | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 8401741A | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 8401742A | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 8401743A | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 8401744A | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 8401745A | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 8401746A | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 8401748A | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 8401749A | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 8402124A | | | | | | | | | | | | | | x | x | | | | x | x | | x | | | | x | | | |

**Çizelge 3.5 :** Türkiye fabrikası için oluşturulan kitler.

| 1. Kit | 11115840a | 11116447a | 11116596a | 11117143a |
|---|---|---|---|---|
| 1102356B | x | x | x | x |
| 1102357A | x | x | x | x |
| 1102363C | x | x | x | x |
| 1102358B | x | x | x | x |
| 1102380A | x | x | x | x |
| 1102360B | x | x | x | x |
| 1102361A | x | x | x | x |
| 1102362B | x | x | x | x |
| 1102387A | x | x | x | x |
| 1102359B | x | x | x | x |

| 2.Kit | 11114914a | 11114934a | 11115260a |
|---|---|---|---|
| 1104005A | x | x | x |

| 3.Kit | 11114914a | 11114934a | 11115260a | 8403349a |
|---|---|---|---|---|
| 1101753A | x | x | x | x |
| 1102476A | x | x | x | x |
| 1101962A | x | x | x | x |

| 4.Kit | 11114914a | 11114934a | 11115260a | 8401961b | 8402050A | 8403349a |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1101750A | x | x | x | x | x | x |
| 1101747A | x | x | x | x | x | x |
| 1101752B | x | x | x | x | x | x |

| 5.Kit | 8403218b |
|---|---|
| 1103219B | x |

| 6.Kit | 1104075B | 8401961b | 8402050A |
|---|---|---|---|
| 1101963A | x | x | x |
| 1102495A | x | x | x |

| 7.Kit | 8402050A |
|---|---|
| 1103677A | x |
| 1103678A | x |
| 1103679A | x |
| 1103680A | x |

| 8.Kit | 1102995c |
|---|---|
| 1103259A | x |
| 1103715A | x |

| 9.Kit | 1104075B | 11114914a | 11114934a | 11115260a | 8402050A |
|---|---|---|---|---|---|
| 1102497A | x | x | x | x | x |
| 1102498A | x | x | x | x | x |

| 10.Kit | 1104075B | 8402050A |
|---|---|---|
| 1104004A | x | x |

| 11.Kit | 1104075B | 8401961b | 8402050A |
|---|---|---|---|
| 1101761A | x | x | x |

| 12.Kit | 1104075B | 11114914a | 11114934a | 11115260a | 8401961b | 8402050A | 8403349a |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1102496A | x | x | x | x | x | x | x |

**Çizelge 3.5 (devam):** Türkiye fabrikası için oluşturulan kitler.

| 13.KİT | 11111755B | 11114216A | 11114217B | 11115049A | 11115054A | 11116973A | 11116974B | 11116975B | 11116976A | 11117747A | 11118494A | 11118709A | 11118838A | 11119126A | 11119187A | 8402211C | 8402238B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8401740A | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401741A | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401742A | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401743A | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401744A | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401745A | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401746A | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401748A | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401749A | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

| 14.KİT | 11114216A | 11114217B | 11116974B | 11116975B | 11117747A | 11119126A |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8402124A | X | X | X | X | X | X |

| 15.KİT | 11116561A | 8401512C | 8401930C | 8402021B | 8402052B | 8402251C | 8402053B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8401949A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401950A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401990A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401991A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401992A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401993A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401994A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401995A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401996A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401997A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401998A | X | X | X | X | X | X | X |
| 8401999A | X | X | X | X | X | X | X |

Kap kapasiteleri hesaplanırken boruların hangi tipteki kaplarda kaçar adet stoklanacağı boruların boy ve ağırlıklarına göre belirlenmiştir. Tek kanbanlı sistem kullanılacağına göre bu miktarlar aynı zamanda ne kadar kasa veya boru taşıma arabası gerektiği ve bu kasaların depolanması için gereken alan ihtiyacını da belirlemektedir.

Firma borular için minimum sipariş büyüklüğünü 10 adet olarak belirlemiş olup tüm borulardan tek seferde üretilecek minimum adet bu olmaktadır.

Sipariş bazlı çalışıldığından ortalama aylık ihtiyaçlar kap büyüklüklerinden çok daha az adettedir ve talebin belirsizliği ve sürekliliğinin olmayışı söz konusudur. Örneğin; kap kapasitesi 50 adet olan bir borudan 5 adet kalıncaya kadar kullanıldıktan sonra bir sonraki gün 10 adete ihtiyaç olduğunda stokta boru olmayacaktır. Bu nedenle kanban adedinin bir olduğu tek kanbanlı sistem kullanılmak firma için uygun değildir. Bu durumda kap adedinin minimum iki olarak kullanılması gecikme olmaması için önemlidir. Bölüm 2.5.1'deki kap adedi formülünde bilinmeyen değişken kap kapasitesi yapılmış ve kap adedi de iki olarak belirlenmiş yani formül aşağıdaki halde kullanılmıştır (**3.1)**.

$$Q = \frac{D(T+P)(1+\beta)}{K} \qquad \textbf{(3.1)}$$

Çizelge 3.6'de her bir kit için 2013 yılına ait ilk on aylık ihtiyaçlar kullanılarak ortalama aylık ihtiyaçlar hesaplanmış ve yukarıdaki kap kapasitesi formülü ile de kap kapasiteleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda olması gereken kap kapasitesi gerçek kap kapasiteleri ile karşılaştırılarak hesapladığımız kap kapasitelerinin gerçek kap kapasitelerini aştığı durumlarda miktar gerçek kap kapasitesine indirgenmiştir. Olması gereken kap kapasitesinin 10 adedin altında olduğu durumlarda kap kapasitesi firma politikası gereği 10 adet olarak alınmıştır. Aynı kitte olanlar içerisinde en büyük olması gereken kap kapasitesine sahip olanlar aynı zamanda kitin kapasitesini de belirlemektedir. Örneğin, 13. kitte 8401742A malzemesi bir araba rafına 15 adet koyulabildiği için kanban büyüklüğü 15 adet olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde 15. kit için de 8401950A malzemesi 22 adet konulabildiğinden kap kapasitesi 22 kit olarak kabul edilmiştir.

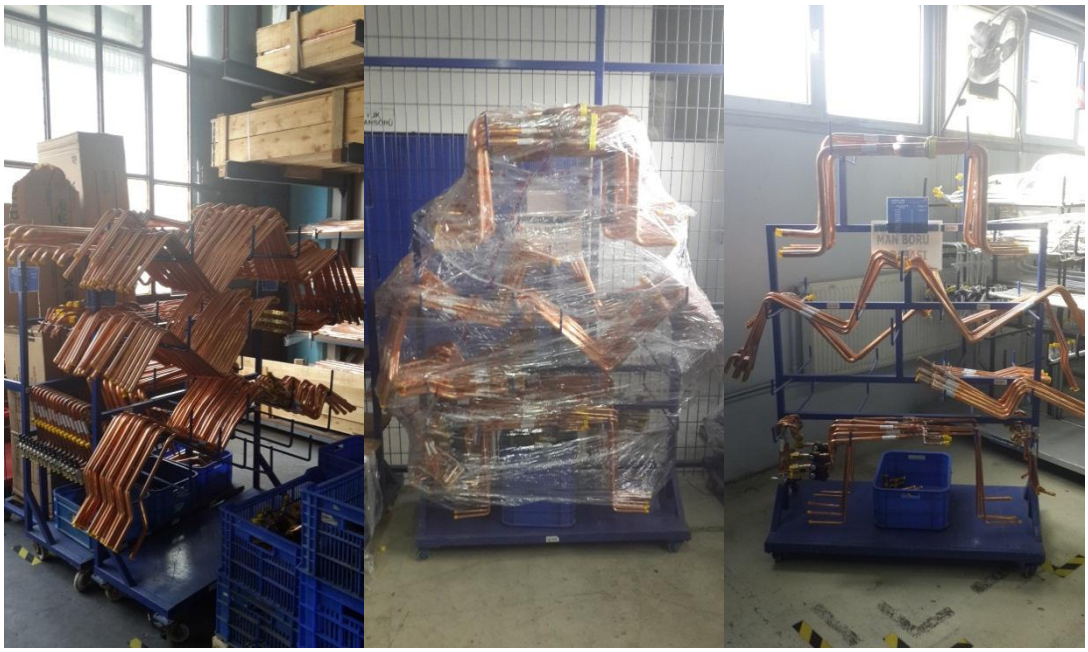
**Çizelge 3.6 :** Türkiye fabrikası için kit haline getirilen borular.

| **Türkiye Fabrikası Boru Kitleri** | | | | | | | | | **Emniyet Faktörü** | **20%** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kit | Malzeme Kodu | 2013 İlk On Aylık Toplam İhtiyaç | Aylık Ortalama İhtiyaç | Kap Tipi | Max. Kap Kapasitesi | Olması İstenen Kap Adedi | Olması Gereken Kap Kapasitesi | Uygulanacak Kap Kapasitesi | Birim maliyet | Max. Stok |
| 1 | 1102356B | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | 10 | 27,37 € | 547,40 € |
| | 1102357A | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | 10 | 14,24 € | 284,80 € |
| | 1102363C | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | 10 | 12,49 € | 249,80 € |
| | 1102358B | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | 10 | 31,14 € | 622,80 € |
| | 1102380A | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | 10 | 12,10 € | 242,00 € |
| | 1102360B | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | 10 | 111,25 € | 2.225,00 € |
| | 1102361A | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | 10 | 5,12 € | 102,40 € |
| | 1102362B | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | 10 | 50,52 € | 1.010,40 € |
| | 1102387A | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | 10 | 12,10 € | 242,00 € |
| | 1102359B | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | 10 | 41,62 € | 832,40 € |
| 2 | 1104005A | 310 | 31 | Araba | 100 | 2 | 10 | 10 | 144,24 € | 2.884,80 € |
| 3 | 1101753A | 330 | 33 | Araba | 80 | 2 | 10 | 10 | 70,31 € | 1.406,20 € |
| | 1102476A | 282 | 28,2 | Araba | 100 | 2 | 9 | 10 | 23,68 € | 473,60 € |
| | 1101962A | 330 | 33 | büyük | 30 | 2 | 10 | 10 | 54,00 € | 1.080,00 € |
| 4 | 1101750A | 916 | 91,6 | büyük | 100 | 2 | 28 | 35 | 13,58 € | 950,60 € |
| | 1101747A | 1079 | 107,9 | büyük | 70 | 2 | 33 | 35 | 31,19 € | 2.183,30 € |
| | 1101752B | 1159 | 115,9 | büyük | 70 | 2 | 35 | 35 | 38,19 € | 2.673,30 € |
| 5 | 1102497A | 1197 | 119,7 | küçük | 50 | 2 | 36 | 50 | 13,44 € | 1.344,00 € |
| | 1102498A | 1191 | 119,1 | küçük | 50 | 2 | 36 | 50 | 13,44 € | 1.344,00 € |
| 6 | 1101963A | 619 | 61,9 | büyük | 30 | 2 | 19 | 20 | 46,59 € | 1.863,60 € |
| | 1102495A | 588 | 58,8 | Araba | 200 | 2 | 18 | 20 | 24,91 € | 996,40 € |
| 7 | 1103677A | 616 | 61,6 | büyük | 100 | 2 | 19 | 20 | 18,95 € | 758,00 € |
| | 1103678A | 617 | 61,7 | büyük | 100 | 2 | 19 | 20 | 18,74 € | 749,60 € |
| | 1103679A | 622 | 62,2 | büyük | 100 | 2 | 19 | 20 | 4,68 € | 187,20 € |
| | 1103680A | 616 | 61,6 | küçük | 100 | 2 | 19 | 20 | 4,02 € | 160,80 € |
| 8 | 1103259A | 35 | 3,5 | Araba | 50 | 2 | 2 | 10 | 34,12 € | 682,40 € |
| | 1103715A | 35 | 3,5 | küçük | 10 | 2 | 2 | 10 | 22,66 € | 453,20 € |
| 9 | 1103219B | 525 | 52,5 | Araba | 20 | 2 | 16 | 20 | 113,39 € | 4.535,60 € |
| 10 | 1104004A | 367 | 36,7 | Araba | 200 | 2 | 12 | 20 | 147,90 € | 5.916,00 € |
| 11 | 1101761A | 605 | 60,5 | Araba | 100 | 2 | 19 | 20 | 76,54 € | 3.061,60 € |
| 12 | 1102496A | 983 | 98,3 | küçük | 50 | 2 | 30 | 30 | 6,57 € | 394,20 € |

**Çizelge 3.6 (devam):** Türkiye fabrikası için kit haline getirilen borular.

| Türkiye Fabrikası Boru Kitleri | | | | | | | | | Emniyet Faktörü | 20% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kit | Malzeme Kodu | 2013 İlk On Aylık Toplam İhtiyaç | Aylık Ortalama İhtiyaç | Kap Tipi | Max. Kap Kapasitesi | Olması İstenen Kap Adedi | Olması Gereken Kap Kapasitesi | Uygulanacak Kap Kapasitesi | Birim maliyet | Max. Stok |
| 13 | 8401740A | 457 | 45,7 | Araba | 30 | 2 | 14 | 15 | 65,32 € | 1.959,60 € |
| | 8401741A | 457 | 45,7 | Araba | 20 | 2 | 14 | 15 | 4,38 € | 131,40 € |
| | 8401742A | 457 | 45,7 | Araba | 15 | 2 | 14 | 15 | 5,29 € | 158,70 € |
| | 8401743A | 457 | 45,7 | Araba | 20 | 2 | 14 | 15 | 34,37 € | 1.031,10 € |
| | 8401744A | 457 | 45,7 | Araba | 22 | 2 | 14 | 15 | 5,29 € | 158,70 € |
| | 8401745A | 457 | 45,7 | Araba | 25 | 2 | 14 | 15 | 42,81 € | 1.284,30 € |
| | 8401746A | 457 | 45,7 | Araba | 40 | 2 | 14 | 15 | 11,08 € | 332,40 € |
| | 8401748A | 457 | 45,7 | Araba | 25 | 2 | 14 | 15 | 72,05 € | 2.161,50 € |
| | 8401749A | 457 | 45,7 | Araba | 34 | 2 | 14 | 15 | 42,45 € | 1.273,50 € |
| 14 | 8402124A | 70 | 7 | büyük | 30 | 2 | 3 | 10 | 24,16 € | 483,20 € |
| 15 | 8401949A | 690 | 69 | Araba | 30 | 2 | 21 | 22 | 21,10 € | 928,40 € |
| | 8401950A | 690 | 69 | Araba | 22 | 2 | 21 | 22 | 44,29 € | 1.948,76 € |
| | 8401990A | 690 | 69 | Araba | 35 | 2 | 21 | 22 | 61,76 € | 2.717,44 € |
| | 8401991A | 690 | 69 | Araba | 40 | 2 | 21 | 22 | 125,04 € | 5.501,76 € |
| | 8401992A | 690 | 69 | Araba | 40 | 2 | 21 | 22 | 17,85 € | 785,40 € |
| | 8401993A | 690 | 69 | Araba | 30 | 2 | 21 | 22 | 21,15 € | 930,60 € |
| | 8401994A | 690 | 69 | Araba | 35 | 2 | 21 | 22 | 14,01 € | 616,44 € |
| | 8401995A | 690 | 69 | Araba | 40 | 2 | 21 | 22 | 12,57 € | 553,08 € |
| | 8401996A | 690 | 69 | Araba | 45 | 2 | 21 | 22 | 13,12 € | 577,28 € |
| | 8401997A | 690 | 69 | Araba | 40 | 2 | 21 | 22 | 16,97 € | 746,68 € |
| | 8401998A | 690 | 69 | Araba | 30 | 2 | 21 | 22 | 14,26 € | 627,44 € |
| | 8401999A | 690 | 69 | Araba | 30 | 2 | 21 | 22 | 14,23 € | 626,12 € |

Çizelge 3.6'da gösterildiği gibi kit haline getirilen Türkiye fabrikasında kullanılacak boruları taşımak üzere mevcut arabalar tanımlanmıştır. Arabanın raflarına konulması gereken kitler 1, 3, 13, 15 numaralı kitler olarak belirlenmiş olup diğer kitler kasalar ile taşınabilmektedir. Bu kitler için ikişer adet boru taşıma arabası oluşturularak ve sistemin başlangıcında bir kanban lehimleme istasyonunda diğer kanban da depoda olacak şekilde tek kanbanlı sistem uygulanmaya başlanmıştır. Şekil 3.5'te 15. kite ait kanban arabasının birincisi boru üretiminden çıkmış ve depoya taşınmayı, ikinci araba ise depoda üretime çekilmeyi beklemektedir. Üçüncü araba da üretimde tüketilmektedir. Her bir arabanın üzerinde Şekil 3.6'da gösterildiği gibi kitin içeriğini gösteren kanban, araba üzerine yapıştırılarak tanımlanmıştır. Kanbanlarda araba kapasitesi, arabada hangi (kitin)boruların bulunduğu, kanbanın hangi bölümler arasında hareket ettiği ve kanban sayısı bilgisi yer almaktadır.



**Şekil 3.5 :** 15. kit.




**Şekil 3.6 :** 15. kit içeriği.

Her bir aracın üzerinde yapıştırılmış olarak bulunan kanban, boru bölümüne ulaştığında, boru birim amiri bir sonraki haftanın üretim listesine bu boruları eklemekte ve üretimine başlatmaktadır. Üretimi biten kitler depoya sevk edilmekte ve daha sonra iş istasyonundaki diğer kit bittiğinde ilgili iş istasyonuna gönderilerek değiştirilmektedir. Üretimdeki boşalmış olan kanban arabası depoya çekilmekte ve her gün yapılan sevkiyat ile boru bölümüne gönderilmektedir. Şekil 3.7'de 4. Kit, Şekil 3.8'de 13. kit ve Şekil 3.9'da 13. kitin kanbanı verilmiştir.




**Şekil 3.7 :** 4. kit.




**Şekil 3.8 :** 13. kit.




**Şekil 3.9 :** 13. kite ait kanban.

### 3.6.2. Almanya fabrikası için kurulacak kanban sisteminin tasarımı

Firmanın Türkiye fabrikasında üretilen boruların bir kısmı Almanya fabrikasına gönderilmekte ve oradaki üretim bandında kullanılmaktadır. Almanya fabrikasına gidecek borular her hafta Perşembe günleri tıra yüklenerek kara yoluyla sevk edilmektedir. Tırın Almanya fabrikasına ulaşması yaklaşık yedi gün sürmektedir. Almanya fabrikasında tırdan indirilen borular geçici olarak depoda stoklanmakta ve daha sonra üretimin ihtiyacı olduğunda ilgili iş istasyonuna gönderilmektedir.

Almanya fabrikası ile yapılan protokol gereği her bir siparişin minimum 10 adet ve 10 adedin katları olması gerekmektedir. 10 adedin altındaki boru siparişleri kabul edilmemektedir.

Mevcut durumda borular Şekil 3.10'deki gibi rastgele stoklanmaktadır. Belli bir yarı mamule atanmış kasa bulunmamaktadır. Sevkiyat bölümü de paketleme sırasında boruların üzerindeki malzeme kodlarına tek tek bakarak paketlemek de bu da doğru borunun aramak için zaman kaybına neden olmaktadır.



**Şekil 3.10 :** Almanya fabrikasına gönderilecek borulara ait sevkiyat regali.

Almanya fabrikasına sevk edilen ürünler için de kanban adetleri Türkiye fabrikasının için yapılan hesaplamaya benzer bir şekilde hesaplanmaktadır. Buradaki fark Türkiye boruları için kanban yaparken en az 10 adet olarak alınan boru adetleri, Almanya fabrikası içinde geçerli olup buna ek olarak 10 adedin katları şeklinde sevk edilmesidir. Kanban sayısı hesaplanırken bu kıstas da dikkate alınmıştır. Yani olması gereken kap kapasitesi gerçek kap kapasitesini aşmayacak ve 10'un katına uyacak şekilde yukarı yuvarlanmıştır.

Aylık ihtiyacı 20 adedin altında olan borular, talebi az olan borular olduğundan kanbanlarda stok tutulmak istenmemesi nedeniyle tek kanbanlı sisteme dâhil edilmemiştir. Bu türdeki boruların kap büyüklüğü 10 adet olarak kabul edilmiş olup, bakır boru birim amiri tarafından her hafta incelenerek ve talep olması halinde üretimine başlanacaktır. Böylece POLCA sisteminin iki girdisini oluşturan kanban ve iş emri girdileri sağlanmış olacaktır. Burada iş emri üretim planlamadan gelmeyecek, birim amiri SAP'den kendi kontrol edecektir. Bu da sadece sipariş kadar üretilmesini sağlayacak ve sipariş haricinde stoklanması engellenmiş olacaktır. Toplam 159 adet Almanya fabrikası için üretilen borudan 120 adedinin aylık ortalama ihtiyacı 20 adedin altında kalmaktadır. Bu boruların listesi Çizelge 3.7'de verilmiştir.

**Çizelge 3.7 :** Almanya fabrikası için POLCA adetleri.

| **Almanya Fabrikası Kanban Adetleri** | | | | | | | | **Emniyet Faktörü** | **20%** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Malzeme Kodu | 2013 İlk On Aylık Toplam İhtiyaç | Aylık Ortalama İhtiyaç | Kap Tipi | Max. Kap Kapasitesi | Olması İstenen Kap Adedi | Olması Gereken Kap Kapasitesi | Uygulanacak Kap Kapasitesi | Birim maliyet | Max. Stok |
| 1103687B | 193 | 19,3 | Büyük | 20 | 2 | 6 | - | 61,69 € | |
| 1103686B | 190 | 19 | Büyük | 20 | 2 | 6 | - | 26,78 € | |
| 1103514D | 189 | 18,9 | Büyük | 20 | 2 | 6 | - | 123,75 € | |
| 1101320A | 158 | 15,8 | Küçük | 20 | 2 | 5 | - | 5,34 € | |
| 9001363B | 160 | 16 | Küçük | 50 | 2 | 5 | - | 3,35 € | |
| 9002036B | 150 | 15 | Büyük | 50 | 2 | 5 | - | 10,34 € | |
| 9004013B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 19,70 € | |
| 1302053B | 132 | 13,2 | Küçük | 20 | 2 | 4 | - | 102,87 € | |
| 9003991B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 25,01 € | |
| 9003993B | 130 | 13 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 27,96 € | |
| 9003997B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 31,90 € | |
| 9004010B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 27,38 € | |
| 9003986B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 24,60 € | |
| 9003990B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 20,11 € | |
| 9003994B | 124 | 12,4 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 17,79 € | |
| 9004272B | 125 | 12,5 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 28,17 € | |
| 9004625B | 124 | 12,4 | Küçük | 20 | 2 | 4 | - | 9,07 € | |
| 9003985B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 18,63 € | |
| 9003987B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 16,50 € | |
| 9003988B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 18,14 € | |
| 9004533C | 120 | 12 | Küçük | 10 | 2 | 4 | - | 21,20 € | |
| 9004007B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 5,78 € | |
| 9004008B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 5,90 € | |
| 9004011B | 115 | 11,5 | Küçük | 0 | 2 | 4 | - | 16,19 € | |
| 9003989B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 22,29 € | |
| 9003992B | 115 | 11,5 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 19,68 € | |
| 9004004B | 120 | 12 | Küçük | 30 | 2 | 4 | - | 10,43 € | |
| 9004009B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 9,89 € | |
| 9004014B | 120 | 12 | Küçük | 10 | 2 | 4 | - | 38,73 € | |
| 9004532C | 120 | 12 | Araba | 4 | 2 | 4 | - | 256,96 € | |
| 9003999B | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 10,46 € | |
| 1100931B | 130 | 13 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 61,42 € | |
| 1100938A | 120 | 12 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 18,57 € | |
| 1100939A | 121 | 12,1 | Büyük | 10 | 2 | 4 | - | 14,13 € | |
| 1100940A | 120 | 12 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 18,10 € | |
| 1100941A | 130 | 13 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 19,53 € | |
| 9004003B | 130 | 13 | Küçük | 20 | 2 | 4 | - | 11,08 € | |
| 1102356B | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 27,37 € | |
| 1102357A | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 14,24 € | |
| 1102363C | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 12,49 € | |
| 1102359B | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 41,62 € | |
| 1102358B | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 31,14 € | |
| 1102360B | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 111,25 € | |
| 1102361A | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 5,12 € | |
| 1102380A | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 12,10 € | |

**Çizelge 3.7 (devam):** Almanya fabrikası için POLCA adetleri.

| **Almanya Fabrikası Kanban Adetleri** | | | | | | | | **Emniyet Faktörü** | **20%** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Malzeme Kodu | 2013 İlk On Aylık Toplam İhtiyaç | Aylık Ortalama İhtiyaç | Kap Tipi | Max. Kap Kapasitesi | Olması İstenen Kap Adedi | Olması Gereken Kap Kapasitesi | Uygulanacak Kap Kapasitesi | Birim maliyet | Max. Stok |
| 1102362B | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 50,52 € | |
| 1102387A | 111 | 11,1 | Araba | 10 | 2 | 4 | - | 12,10 € | |
| 1104277B | 80 | 8 | Küçük | 10 | 2 | 3 | - | 4,08 € | |
| 1101315A | 70 | 7 | Küçük | 20 | 2 | 3 | - | 13,34 € | |
| 9003606B | 70 | 7 | Büyük | 10 | 2 | 3 | - | 13,92 € | |
| 9003617B | 80 | 8 | Büyük | 10 | 2 | 3 | - | 4,05 € | |
| 11117126A | 100 | 10 | Araba | 10 | 2 | 3 | - | 122,66 € | |
| 1103149A | 80 | 8 | Küçük | 100 | 2 | 3 | - | 4,69 € | |
| 1103259A | 35 | 3,5 | Araba | 20 | 2 | 2 | - | 34,12 € | |
| 1103715A | 35 | 3,5 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 22,66 € | |
| 9001359D | 40 | 4 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 39,82 € | |
| 9001985B | 40 | 4 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 11,52 € | |
| 9001360B | 40 | 4 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 33,92 € | |
| 9001361B | 40 | 4 | Küçük | 20 | 2 | 2 | - | 9,87 € | |
| 9003607B | 50 | 5 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 19,49 € | |
| 9003608B | 50 | 5 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 20,75 € | |
| 9003609B | 55 | 5,5 | Araba | 10 | 2 | 2 | - | 25,42 € | |
| 9003610B | 60 | 6 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 19,67 € | |
| 9003611B | 60 | 6 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 8,27 € | |
| 9003612B | 50 | 5 | Araba | 10 | 2 | 2 | - | 35,85 € | |
| 9003613B | 50 | 5 | Küçük | 50 | 2 | 2 | - | 5,05 € | |
| 9003614B | 60 | 6 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 9,28 € | |
| 9003615B | 60 | 6 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 8,90 € | |
| 9003616B | 50 | 5 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 17,09 € | |
| 9003618C | 50 | 5 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 35,55 € | |
| 9003619B | 50 | 5 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 27,82 € | |
| 9003620B | 50 | 5 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 19,36 € | |
| 9003621B | 50 | 5 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 18,35 € | |
| 9003622C | 50 | 5 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 31,22 € | |
| 9003623B | 50 | 5 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 10,98 € | |
| 9003624C | 50 | 5 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 19,61 € | |
| 9003625B | 50 | 5 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 37,20 € | |
| 9003983C | 60 | 6 | Araba | 4 | 2 | 2 | - | 270,28 € | |
| 1302052D | 60 | 6 | Büyük | 20 | 2 | 2 | - | 154,04 € | |
| 1302054B | 50 | 5 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 52,74 € | |
| 1302067B | 60 | 6 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 56,24 € | |
| 1302068C | 50 | 5 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 55,69 € | |
| 2711014A | 40 | 4 | Küçük | 30 | 2 | 2 | - | 4,75 € | |
| 2711015A | 40 | 4 | Küçük | 30 | 2 | 2 | - | 9,79 € | |
| 9001986B | 40 | 4 | Büyük | 10 | 2 | 2 | - | 9,59 € | |
| 9001353B | 40 | 4 | Küçük | 100 | 2 | 2 | - | 5,22 € | |
| 9001982B | 50 | 5 | Araba | 10 | 2 | 2 | - | 29,33 € | |
| 9001983B | 50 | 5 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 16,07 € | |
| 11113597A | 40 | 4 | Araba | 20 | 2 | 2 | - | 20,68 € | |
| 9001976C | 50 | 5 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 21,11 € | |

**Çizelge 3.7 (devam):** Almanya fabrikası için POLCA adetleri.

| **Almanya Fabrikası Kanban Adetleri** | | | | | | | | **Emniyet Faktörü** | **20%** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Malzeme Kodu | 2013 İlk On Aylık Toplam İhtiyaç | Aylık Ortalama İhtiyaç | Kap Tipi | Max. Kap Kapasitesi | Olması İstenen Kap Adedi | Olması Gereken Kap Kapasitesi | Uygulanacak Kap Kapasitesi | Birim maliyet | Max. Stok |
| 9001975C | 50 | 5 | Araba | 10 | 2 | 2 | - | 28,45 € | |
| 1302020B | 50 | 5 | Küçük | 10 | 2 | 2 | - | 53,22 € | |
| 9001956C | 50 | 5 | Araba | 4 | 2 | 2 | - | 225,35 € | |
| 1103146A | 40 | 4 | Küçük | 100 | 2 | 2 | - | 153,49 € | |
| 1103142A | 40 | 4 | Araba | 10 | 2 | 2 | - | 69,38 € | |
| 1103143A | 40 | 4 | Araba | 20 | 2 | 2 | - | 23,51 € | |
| 1103151B | 45 | 4,5 | Büyük | 20 | 2 | 2 | - | 10,16 € | |
| 1103152B | 45 | 4,5 | Büyük | 20 | 2 | 2 | - | 10,79 € | |
| 1103409A | 45 | 4,5 | Küçük | 15 | 2 | 2 | - | 13,30 € | |
| 1103410A | 40 | 4 | Küçük | 15 | 2 | 2 | - | 13,43 € | |
| 1103150A | 50 | 5 | Küçük | 50 | 2 | 2 | - | 4,54 € | |
| 2710702A | 20 | 2 | Büyük | 10 | 2 | 1 | - | 48,62 € | |
| 1102334A | 32 | 3,2 | Büyük | 20 | 2 | 1 | - | 20,16 € | |
| 1102332B | 31 | 3,1 | Araba | 20 | 2 | 1 | - | 146,47 € | |
| 1102331A | 30 | 3 | Araba | 20 | 2 | 1 | - | 66,22 € | |
| 1102333A | 30 | 3 | Araba | 20 | 2 | 1 | - | 58,05 € | |
| 11114812B | 10 | 1 | Büyük | 20 | 2 | 1 | - | 40,98 € | |
| 11114813A | 10 | 1 | Büyük | 10 | 2 | 1 | - | 32,78 € | |
| 1302089C | 30 | 3 | Araba | 10 | 2 | 1 | - | 55,38 € | |
| 9001984B | 30 | 3 | Küçük | 10 | 2 | 1 | - | 28,41 € | |
| 2711016A | 10 | 1 | Büyük | 10 | 2 | 1 | - | 23,79 € | |
| 2711017A | 10 | 1 | Büyük | 10 | 2 | 1 | - | 15,09 € | |
| 9000739D | 10 | 1 | Araba | 3 | 2 | 1 | - | 46,46 € | |
| 9000741E | 10 | 1 | Büyük | 10 | 2 | 1 | - | 72,23 € | |
| 9001345C | 10 | 1 | Büyük | 10 | 2 | 1 | - | 15,71 € | |
| 9001977B | 10 | 1 | Büyük | 10 | 2 | 1 | - | 25,62 € | |
| 9001978B | 10 | 1 | Büyük | 10 | 2 | 1 | - | 18,18 € | |
| 9001979B | 10 | 1 | Büyük | 100 | 2 | 1 | - | 13,61 € | |
| 9001980B | 10 | 1 | Büyük | 10 | 2 | 1 | - | 29,64 € | |
| 9001981B | 10 | 1 | Büyük | 10 | 2 | 1 | - | 19,33 € | |

Aylık ihtiyacı 20 adetten fazla olan 39 adet boru bulunmaktadır. Bu boruların listesi Çizelge 3.8'de 2013 yılı ilk 10 aylık ihtiyaçları, ortalama aylık ihtiyacı, kap tipi, kap kapasitesi ve emniyet faktörü yüzde yirmi alınarak iki kap olması halinde her bir kapta olması gereken boru adetleri hesaplanmış halde verilmiştir. Burada uygulanacak kap kapasitesi sütunu son değerleri vermektedir.

**Çizelge 3.8 :** Almanya fabrikası için tek kanbanlı sisteme dahil edilecek boruların listesi.

| **Almanya Fabrikası Kanban Adetleri** | | | | | | | | **Emniyet Faktörü** | **20%** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Malzeme Kodu | 2013 İlk On Aylık Toplam İhtiyaç | Aylık Ortalama İhtiyaç | Kap Tipi | Max. Kap Kapasitesi | Olması İstenen Kap Adedi | Olması Gereken Kap Kapasitesi | Uygulanacak Kap Kapasitesi | Birim maliyet | Max. Stok |
| 1101347B | 1827 | 182,7 | Küçük | 100 | 2 | 55 | 60 | 3,40 € | 408,00 € |
| 1101318B | 1758 | 175,8 | Büyük | 100 | 2 | 53 | 60 | 6,60 € | 792,00 € |
| 2710564B | 1369 | 136,9 | Büyük | 50 | 2 | 42 | 50 | 9,47 € | 947,00 € |
| 2710565B | 1340 | 134 | Büyük | 50 | 2 | 41 | 50 | 19,48 € | 1.948,00 € |
| 1102497A | 1197 | 119,7 | Küçük | 50 | 2 | 36 | 40 | 13,44 € | 1.075,20 € |
| 1102498A | 1191 | 119,1 | Küçük | 50 | 2 | 36 | 40 | 13,44 € | 1.075,20 € |
| 1101752B | 1159 | 115,9 | Büyük | 70 | 2 | 35 | 40 | 38,19 € | 3.055,20 € |
| 2710566B | 1115 | 111,5 | Küçük | 100 | 2 | 34 | 40 | 3,73 € | 298,40 € |
| 2710571B | 1105 | 110,5 | Küçük | 100 | 2 | 34 | 40 | 4,22 € | 337,60 € |
| 2710568B | 1124 | 112,4 | Araba | 30 | 2 | 34 | 30 | 28,13 € | 1.687,80 € |
| 1101747A | 1079 | 107,9 | Büyük | 70 | 2 | 33 | 40 | 31,19 € | 2.495,20 € |
| 1102496A | 983 | 98,3 | Küçük | 50 | 2 | 30 | 30 | 6,57 € | 394,20 € |
| 1101750A | 916 | 91,6 | Büyük | 100 | 2 | 28 | 30 | 13,58 € | 814,80 € |
| 11115282A | 660 | 66 | Küçük | 50 | 2 | 20 | 20 | 4,90 € | 196,00 € |
| 11115283A | 635 | 63,5 | Küçük | 50 | 2 | 20 | 20 | 5,65 € | 226,00 € |
| 1100328A | 609 | 60,9 | Araba | 25 | 2 | 19 | 20 | 49,06 € | 1.962,40 € |
| 1100329A | 609 | 60,9 | Araba | 25 | 2 | 19 | 20 | 49,82 € | 1.992,80 € |
| 1103677A | 616 | 61,6 | Büyük | 100 | 2 | 19 | 20 | 18,95 € | 758,00 € |
| 1103678A | 617 | 61,7 | Büyük | 100 | 2 | 19 | 20 | 18,74 € | 749,60 € |
| 1103679A | 622 | 62,2 | Büyük | 100 | 2 | 19 | 20 | 4,68 € | 187,20 € |
| 1103680A | 616 | 61,6 | Küçük | 100 | 2 | 19 | 20 | 4,02 € | 160,80 € |
| 1101963A | 619 | 61,9 | Büyük | 30 | 2 | 19 | 20 | 46,59 € | 1.863,60 € |
| 1101761A | 605 | 60,5 | Araba | 20 | 2 | 19 | 20 | 76,54 € | 3.061,60 € |
| 1102495A | 588 | 58,8 | Araba | 30 | 2 | 18 | 20 | 24,91 € | 996,40 € |
| 11115902A | 514 | 51,4 | Büyük | 50 | 2 | 16 | 20 | 11,86 € | 474,40 € |
| 1104004A | 367 | 36,7 | Araba | 30 | 2 | 12 | 20 | 147,90 € | 5.916,00 € |
| 97710C | 349 | 34,9 | Büyük | 50 | 2 | 11 | 20 | 21,40 € | 856,00 € |
| 1100072A | 306 | 30,6 | Küçük | 100 | 2 | 10 | 10 | 19,10 € | 382,00 € |
| 1100073A | 302 | 30,2 | Küçük | 100 | 2 | 10 | 10 | 11,78 € | 235,60 € |
| 1104005A | 310 | 31 | Araba | 30 | 2 | 10 | 10 | 144,24 € | 2.884,80 € |
| 1101753A | 330 | 33 | Araba | 20 | 2 | 10 | 10 | 70,31 € | 1.406,20 € |
| 1302019B | 302 | 30,2 | Küçük | 20 | 2 | 10 | 10 | 101,16 € | 2.023,20 € |
| 1103300A | 322 | 32,2 | Büyük | 50 | 2 | 10 | 10 | 20,87 € | 417,40 € |
| 1103317A | 310 | 31 | Araba | 10 | 2 | 10 | 10 | 146,35 € | 2.927,00 € |
| 1101962A | 330 | 33 | Büyük | 30 | 2 | 10 | 10 | 54,00 € | 1.080,00 € |
| 1102476A | 282 | 28,2 | Araba | 30 | 2 | 9 | 10 | 23,68 € | 473,60 € |
| 1103240A | 213 | 21,3 | Büyük | 30 | 2 | 7 | 10 | 25,09 € | 501,80 € |
| 1103261A | 223 | 22,3 | Araba | 30 | 2 | 7 | 10 | 129,97 € | 2.599,40 € |
| 1102880A | 220 | 22 | Büyük | 10 | 2 | 7 | 10 | 23,25 € | 465,00 € |

### 3.6.3. Sevkiyat alanı stoklanacak toplam kap sayısının belirlenmesi

Almanya fabrikası için üretilen boruların üretimi tamamlandıktan sevk edilmek üzere stoklanması gerekmektedir. Bu stoklama için de mevcut kasalar ve boru taşıma

arabaları kullanılacaktır. Kanbanların iliştirilmiş olduğu kasalar ve araba rafları olacağından her bir borunun kendine ait bir kasası veya taşıma regalinde bir gözü olması gerekmektedir. Bu noktadan hareketle toplam kaç adet küçük, büyük kasa ile boru taşıma arabası gerektiği hesaplanarak alan ihtiyacı belirlenecektir. Mevcut durumda sevkiyat alanında her iki yönde toplam 24 raf bulunmaktadır ve her rafa 7 adet küçük kasa veya 6 adet büyük kasa konulabilmektedir. Şekil 3.11'de rafların mevcut durumdaki hali verilmiştir.




**Şekil 3.11 :** Sevkiyat alanındaki raflar ve kasaların konuluşu.

Çizelge 3.8'de kanban yapılacak boruların malzeme kodları ve kap tipleri belirlenmiştir. Burada küçük kasalarda stoklanması gereken 12 farklı malzeme kodu mevcuttur. Bu da 24 adet küçük kasa ihtiyacı demektir. Büyük kasalar ise 16 farklı malzeme kodu için gerekmektedir yani her bir malzeme kodu için toplamda iki adet kasaya ihtiyaç duyulacağından 32 adet büyük kasaya ihtiyaç duyulmaktadır. Büyük olan borular iki kasa tipine de sığmadığından taşıma arabaları ile sevk edilmektedir. Burada bahsedilen kap kapasiteleri bir arabanın bir gözüne ya da bir rafına sığabilecek adetler olarak düşünülmüştür. Bir taşıma arabasında 8 adet raf bulunmaktadır. Taşıma arabası kullanılarak taşınacak boruların kanbanları kendi rafının üzerine iliştirilecek olup taşıma arabasından bağımsız olacaktır. Buradaki sistem taşıma arabasının bir rafında bulunan borunun sevkiyat bölümü tarafından paketlenmesi halinde boşa çıkacak olan kanbanlar belli bir yerde saklanacak ve boru bölümüne gönderilecektir. Kanbana istinaden üretilen büyük borular bir diğer taşıma

arabası ile sevkiyat alanına gönderilecek ve burada bu şekilde depolanacaktır. Taşıma arabalarında stoklanacak borular için toplam 22 adet rafa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da her biri 8 raftan toplam 3 adet taşıma arabası demektir. Boruların arabalar arasında aktarılmasını engellemek adına başlangıçta 4 adet taşıma arabası ile sürece başlanmasına karar verilmiştir.

Olması gereken kap kapasitesi 7 adedin altında kalan diğer bir ifadeyle aylık ihtiyacı 20 adedin altında kalan borular için kanban sisteminde stok tutulmayacağı ihtiyaç bir hafta önce üretiminin tamamlanacağı ve daha sonra sevk edileceğini daha önceden belirtilmiştir. Geçici süre bir depolama söz konusu olduğundan bu kasaların da hesaba orantılı olarak dahil edilmesi gerekmektedir. 33 adet küçük kasa, 57 adet büyük kasa ve 30 raf(4 regal) ise taşıma regalinde stoklanması gereken boru bulunmaktadır. Her bir boru ortalama ayda bir kez sevk edildiği düşünülürse ve üretimler haftalık yapıldığından her bir tipin dörtte biri kadar kasa veya taşıma regaline ihtiyaç duyulacaktır. Bu da 9 adet küçük kasa, 15 adet büyük kasa ve 1 adet taşıma regali demektir. Yer gereksinimini belirlerken bu borular da dikkate alınmış olacaktır. Bütün kasa ve regal ihtiyacı Çizelge 3.9'da gösterilmiştir.

**Çizelge 3.9 :** Sevkiyat bölümünde olması gereken toplam kanban adedi.

| Aylık İhtiyaç | >20 | | <20 | | Toplam |
|---|---|---|---|---|---|
| Kap Tipi | Malzeme Kodu | Kanban Adedi | Malzeme Kodu | Kanban Adedi | Kanban Adedi |
| Küçük Kasa | 12 | 24 | 33 | 9 | 33 |
| Büyük Kasa | 16 | 32 | 57 | 15 | 47 |
| Regaldaki Raf Sayısı | 11 | 22 | 30 | 8 | 30 |
| Taşıma Regali(8 Raf) | ≈2 | ≈4 | ≈4 | ≈1 | ≈5 |

Sevkiyat alanındaki mevcut rafların boruları stoklamak için yeterli olup olmadığı incelenmiştir. Bir rafın genişliği 271 cm'dir. Küçük kasaların genişliği 35 cm. büyük kasaların genişliği 41 cm. 'dir. Bir rafı en fazla dolduracak kombinasyon 3 adet küçük 4 adet büyük kasanın aynı rafa konulması ile 271 cm.'lik rafın 269 cm.'si doldurulmuş olacaktır. İhtiyacımız olan raf sayısı Çizelge 3.10'da verilmiştir.

**Çizelge 3.10 :** Raf ihtiyacının belirlenmesi.

| Kap Tipi | Birim genişlik(cm) | Adet | Toplam genişlik | Toplam Kanban İhtiyacı | Raf |
|---|---|---|---|---|---|
| Küçük Kasa | 35 | 3 | 105 | 33 | 11 raf |
| Büyük Kasa | 41 | 4 | 164 | 47 | 12 raf |
| | | Toplam genişlik | 269 | Toplam Raf ihtiyacı | 12 raf |

Mevcut durumdaki raf sayısı yeterli olduğu görülmüştür. Mevcut durumda 14 adet raf varken kanban kasaları için 12 adet rafa ihtiyacımız bulunmaktadır.

### 3.7. Malzeme Tedarik Sisteminin Yeniden Tasarımının Sonuçları

Otomotiv yan sanayi olarak ısıtma soğutma sistemleri alanında faaliyet gösteren merkezi Almanya'da bulunan bir firmadır. Firmanın Türkiye fabrikasında üretilerek ana üretim bandına ve Almanya fabrikasına sevk edilen bakır boruların, üretim kontrol ve malzeme tedariği incelenmiştir.

Bakır boru üretim tesisinde uygulamadan önce bütün kontrol üretim planlama bölümündedir. Ürünlerin üretilmesi gerekip gerekmediği, Türkiye ve Almanya fabrikasına ait borular için tek tek SAP sisteminden kontrol edilmektedir. Kapasitenin yoğun olduğu durumlarda belli bir ürüne ait boruların bir kısmının üretilip bir kısmının üretilmemesi söz konusu olabilmektedir. Bu tür boruların kit olarak üretilmesi bu tür boru eksikliklerini önleyeceği tespit edilmiştir. Uygulama sonucunda Türkiye fabrikası için 53 farklı malzeme kodunun takip edilmesi yerine sadece 15 farklı malzeme kodunun takip edilmesi yeterli olmuştur. Bu da takip edilecek malzeme kodlarında %72 iyileşme demektir. Ana üretim bandındaki borulama istasyonunda görevli çalışanın bir ürüne ait boruların içinde eksik olup olmadığını inceleme gereksinimi ortadan kalkmıştır. Her bir malzeme kodunun üretime taşınması için gereken depoda malzemenin ayrıştırılması, iş istasyonuna sevk edilmesi, iş istasyonundaki boruların aktarılması ek işçilikleri ortadan kaldırılmış ve kitlerin depodan üretime taşınması için gerekli süre %80 azaltılmıştır. Yapılan iyileştirmelere ait sayısal veriler Çizelge 3.11'de verilmiştir.

**Çizelge 3.11 :** Türkiye fabrikasındaki iyileştirme sonuçları.

| Kazançlar | Mevcut Durum | Uygulama Sonrası | Kazanç | Verimlilik Artışı |
|---|---|---|---|---|
| Malzeme Tedariği | 50 dk. | 10 dk. | 40 dk. | 80% |
| Malzeme Kontrolü | 10 dk. | 0 dk | 10 dk. | 100% |
| Üretim Talebi kontrolü | 53 malzeme | 15 malzeme(kit) | 38 malzeme | 72% |

Almanya fabrikasına sevk edilen borularda ise uygulama öncesinde toplam 159 farklı malzeme kodunun takip edilmektedir. Uygulama sonucunda bu malzeme kodlarından 39 tanesinin aylık talebinin 20 adetten fazla olduğu hesaplanmıştır. Bu boruların takip edilmesi için tek kanbanlı sistem kurulmuştur. Kalan 120 adet malzeme

kodundan ise her ay ortalama bir sevkiyat yapılacağı öngörülerek haftada 30 adet farklı malzeme kodunu kontrol etmek yeterli olacaktır. Bu da her hafta takip edilmesi gereken malzeme kodlarının sayısı %57 azaltılmıştır.

Bir diğer önemli avantaj, eski durumda bütün görevler üretim planlamanın kontrolündeyken, iyileştirilmiş durumda bakır boru birim amiri ile depo ve sevkiyat arasındaki eş kontrollü olacaktır. Bu da bireysel hataların önüne geçilmesine yardımcı olacaktır.

**Çizelge 3.12 :** Almanya fabrikası için üretilen borulardaki iyileştirme.

| Kazançlar | Mevcut Durum | Uygulama sonrası | Kazanç | Verimlilik Artışı |
|---|---|---|---|---|
| Üretim Talebi kontrolü | 159 malzeme | 69 malzeme | 90 malzeme | 57% |

Uygulama sonrasındaki stok miktarları ile eski stok miktarları karşılaştırılmıştır. Yeni sistemde tek kanbanlı sisteme dahil olan borular için her iki kanbandan biri stokta diğeri üretimde olarak düşünülmüştür. Bu nedenle Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.8'deki maksimum stok sütunun toplamının yarısı alınmıştır. Bu da toplamda 58.058,30 € yapmaktadır. Mevcut durumda tutulan stok miktarı hesaplanırken SAP'den her ayın sonundaki bakır boru stokları dikkate alınmıştır. Bu veriler kullanılarak Çizelge 3.13'teki gibi hesaplanmış ve 20.481,15 € olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 3.13 :** Mevcut durum ortalama stok raporu.

| Ay | **Oca.13** | **Şub.13** | **Mar.13** | **Nis.13** | **May.13** | **Haz.13** | **Tem.13** | **Ağu.13** | **Eyl.13** | **Eki.13** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stok TL | 29.120,38 TL | 32.606,30 TL | 59.490,09 TL | 54.308,31 TL | 53.523,25 TL | 45.871,58 TL | 89.550,31 TL | 76.029,71 TL | 68.074,16 TL | 44.416,97 TL |

| **Ortalama Stok TL** | **TL / €** | **Ortalama Stok €** |
|---|---|---|
| 55.299,11 TL | 2,70 € | 20.481,15 € |

Yapılan uygulama sonucunda herhangi bir ek kap ve ek alan ihtiyacı ortaya çıkmamıştır. Herhangi bir yatırım maliyeti gerekmemekte fakat gelecek durumun ortalama stok miktarı mevcut duruma göre %183 artmıştır. Bunun temel nedeni mevcut durumda sadece ihtiyaç olan borulardan ihtiyaç kadar üretilirken uygulama sonucunda boruların kanban sistemine göre kap büyüklükleri kadar üretilmesidir. İşletmenin toplam stoğundaki artış ise %2 civarındadır ve bu artış yönetim tarafından

kabul edilmiştir. Uygulama sonucundaki bakır boru bölümü değer akış haritası Ek D'de verilmiştir. Boru bölümünün üretim aşamalarındaki akışta bir değişiklik yapılmamıştır. Almanya fabrikasının gereksinimi olan borular için sevkiyat alanına ve Türkiye fabrikasının gereksinimleri için de depoya kanban sistemi kurulmuştur. Ayrıca aylık ihtiyacı 20 adetin altındaki borular için de POLCA sistemi kurulmuştur. Kanbanlar haftalık olarak boru bölümü birim amiri tarafından toplanmakta ve ilgili haftada üretilecek olan boruların üretimine başlanmaktadır. Üretimi tamamlanan borular, kanbanları ile beraber stoklandıkları alana gönderilmektedir. Uygulama sonrasında boru bölümü üretim planlama bölümünden bağımsız olarak kendi üretimini kontrol edebilir hale gelmiştir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

1.Dünya savaşından sonra pazar ihtiyacında çok fazla artış olması sonucunda talebin karşılanabilmesi için firmalar kendilerini hızlı üretim yapacak şekilde organize etmişlerdir. Talep arz dengesinin kurulması ve firmaların uluslararası ticarete başlaması sonucunda müşteriler aynı kaliteye daha ucuz olanı seçmeye başlamışlardır. Talep ile arzın eşitlendiği zamana kadar firmalar tarafından maliyet ve kârın toplamından oluşan satış fiyatı bu noktadan sonra pazar tarafından belirlenmeye başlanılmış ve kârlılığın arttırabilmesi için maliyetleri azaltma yolları aranmaya başlanmıştır.

1960'lı yıllarda Japonya'da Toyota firmasında uygulanması ile yalın üretim sistemin dünyanın dikkatini çekmiştir. Yalın üretim sistemi firmada katma değer yaratmayan tüm faaliyetlerin en aza indirgenerek maliyetlerin azaltılmasını ve kârlılığın artmasını sağlamaktadır. Yalın üretim sistemini uygulamak isteyen firmalar için ilk şart üst yönetimin koşulsuz ve sürekli desteğinin olmasıdır. Üst yönetim tarafından sürekli desteklenmeyen bir sistemin çalışması mümkün değildir.

Yalın üretim sistemi, sıfır hata ve sıfır stok temellerine dayanarak firmadaki israfların ortadan kaldırılmasını hedeflemektedir. Yalın üretim sistemi gelip geçici ya da belli bir süre uygulanabilecek bir yaklaşım değildir. Yalın üretim sistemi felsefe olarak üst yönetimden üretimde çalışan personele kadar herkes tarafından benimsenmelidir. Yalın üretim sisteminin temelleri çalışanlara anlatılmalı ve adım adım firmaya uygulanmalıdır. Yalın üretim, sürekli ve uzun çabayı gerektiren, birbirini takip eden kurallar zinciri olan ve bir çok olmazsa olmaz şartı bulunan bir sistemdir. Yalın üretim sisteminin en hassas noktası, bütün yalın üretim tekniklerinin birbirine bağlı olmasıdır. Tam zamanında, stoksuz üretim için kanban sistemi uygulanır fakat bu sistemin uygulanması için hatasız, gecikmesiz malzemeye ihtiyaç vardır. Bunun içinde kalite çemberlerinin oluşturulması ve sürekli iyileştirme (kaizen) anlayışının benimsenmesi gereklidir.

Uygulama kapsamında; yalın üretim sistemini benimsemiş bir firmada öncelikle mevcut üretim sistemi değer akış haritası ile ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Üretim

planlama süreci açıklanarak buna bağlı olarak malzeme tedarik sistemi açıklanmıştır. Malzemelerin mevcut durumdaki lojistik hareketi anlatılarak bakır boru üretim tesisi ile ana üretim bandı ve sevkiyat alanı arasındaki malzeme besleme sistemi incelenmiştir. İnceleme sonucunda Türkiye fabrikasında kullanılacak borular kit haline getirilmiş ve her bir kit için bir kanban büyüklüğü belirlenmiştir. Üretim planlama bölümü bir üründe kullanılan boruların bir kısmını veya tümünü üretim planına almayı atlayabilmektedir. Bu da müşteriye ürünün sevk edilmesine engel olmaktadır. Boruların kit haline getirilmesi ile eksik boru üretimi ve kitlerin kanban ile takip edilmesi ile de boruların eksik kalması önlenmiştir. Gelecek durumun tasarımı mevcut kasa ve raflar kullanılarak yapıldığından herhangi bir maliyet ortaya çıkmamıştır. Mevcut alanın etkin şekilde kullanılması sonucunda ek alana gereksinim olmamıştır. Borular kit halinde üretildiğinden depoda kit haline getirme işçiliği oluşmamıştır.

Mevcut durumda 53 farklı malzeme kodunun kontrol edilmesi gerekirken yapılan uygulama ile 15 adet malzeme kodunun kontrol edilmesi yeterli olmuştur. Klima borulama istasyonundaki personel önceden her bir borunun miktarını kontrol ederken yapılan çalışma ile sadece kiti görsel olarak kontrol etmesi yeterli hale gelmiştir. Almanya fabrikasına gönderilen borular için sevkiyat alanında kanban regalleri oluşturulmuş ve mevcut stoklama kasaları kullanılarak tek kanbanlı sistem devreye alınmıştır. Sipariş adedi düşük olanlar için ise POLCA sistemine benzer bir sistem kullanılmıştır. Haftalık 159 farklı malzeme kodu için üretim talebi sorgulaması yapılırken uygulama ile bu sayı 69'a inmiştir.

İşletmenin bulundurduğu stok miktarı 37.577,15 € artmıştır. Bu artış, firmanın toplam stoğunun %2'ine karşılık gelmektedir. Bu artış yönetim tarafından kabul görmüştür. Kap kapasitesi hesaplanırken kullanılan %20'lik emniyet faktörü ve kap kapasiteleri azaltılarak zaman içerisinde stok miktarı azaltılabilir. Sipariş kadar üretmek yerine kanban büyüklüğü kadar üretim yapıldığından her tipteki boru her hafta üretilmemektedir. Bu da hazırlık zamanı için gerekli olan süreyi azaltmaktadır.

Bu çalışmanın literatürdekilerden farkı, Türkiye fabrikasının gereksinimi için üretilen borular, kit haline getirilmiş olup bu kitler için kanban büyüklüğü belirlenerek tek kanbanlı sistem uygulanmıştır. Ayrıca literatürde geçen ve Bölüm 2.5.1'de verilen kap adedi hesaplama formülü, mevcut kapların kapasitelerinin büyük olması nedeniyle tek kap çıkmaktadır fakat üretim sürecinden dolayı kap adedi iki olarak

kabul edilip, kap büyüklüğü buna göre hesaplanmıştır. Kit halinde teslimat yapılan sistemlerde kitler depoda görevli çalışanlar tarafından hazırlanmaktadır. Bu uygulamada kitler bakır boru üretiminden kit halinde klima üretim bandına gelmekte, herhangi bir kit hazırlama işçiliği oluşmamıştır. Sevkiyat alanında stoklanıp Almanya fabrikasına gönderilecek borulardan talebi az olanlar için ise POLCA sistemi uygulanmıştır. POLCA sisteminde ilgili iş istasyonuna biri üretim planlamadan iş emri diğeri de POLCA kartı olarak iki sinyal gitmesi gerekmektedir. Bu uygulamada ise tek kanbanlı sistem oluşturularak, bakır boru tesisi birim amirinin SAP sistemi üzerinden iş emrini kontrol etmesi sağlanmıştır.

## KAYNAKLAR


**Acar, N.** (1995), Tam Zamanunda Üretim, MPM yayınları, Ankara, 4.

**Ansari, A., Modarress B.** (1995), Wireless kanban, Production and Inventory Management Journal 36(1), 60-64.

**Bozer, Y.A., McGinnis, L.F.** (1992), Kitting versus line stocking, International Journal of Production Economics 28, 1-19.

**Brynzer, H., Johansson, M.I.** (1995), Design and Performance of kitting and order picking systems, Internation Journal of Production Economics 41, 115-125.

**Caputo, A.C., Pelaggage, P.M.** (2008), Analysis and optimization of assembly line feding policies, Proceeding of the 2008 Conference on the Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises, 12-14 Kasım, Prag.

**Caputo, A.C., Pelaggage, P.M.** (2011), A methodology for selecting assembly systems feding policy, Industrial Management and Data Systems 111(1), 84-112

**Cesur, N.** (2004), "İşletmelerde Yeni İlke; Yalın Üretim", Verimlilik Dergisi, sayı 28, 7-16

**Dallery, Y., Liberopoulos, G.** (2000), Extended kanban control system: combining kanban and base stock, IIE Transactions 24(3), 43-56.

**De Souza, M.C., De Carvalho, C.R.V., Brizon, W.B.** (2008), Packing items to feed assembly lines, European Journal of Operational Research, 184(2), 480-489.

**Fernandes, N.O., Silvio, C.S.** (2005), Generic POLCA- A production and material flow control mechanisim for quick response manufacturing, International Journal of Production Economics 104, 74-84.

**Gupta, S.M., Al-Turki, Y.A.Y.** (1997), An algorithm to dynamically adjust the number of kanbans in stochastic processing times and variable demand environment, Production Planning and Control 8(2), 133-141.

**Halevi, Gideon** (2001), Handbook of Production Management Methods, Oxford, 109-110, 199-200.

**Hendrick, T.E.** (1988), 'Fake pull' in a kanban environment: acceptable trade-off or violation of principle?, Production and Inventory Management Journal 29(2),. 6-9.

**Hudson, T.J., Wang, D.** (1991), Optimal hybrid push/pull control strategies for a parallel multi-stage system: part I. International Journal of Production Research 29, 1279-1287.

**Kılıç, H.S., Durmuşoğlu, M.B.** (2012) Design of kitting system in lean-based assembly lines, Assembly Automation, 32(3), 226-234.

**Kovacs, A.** (2011), Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics 133, 312-318.

**Izumi M., Takahashi K.** (1993), Concurrent Ordering In JIT Production System. In: Proceeding of the 2nd China-Japan International Symposium on Industrial Management, Beijing, 51-56.

**Landry, S., Duguay C.R., Chausse, S., Themens, J.** (1997), Integrating MRP, kanban and bar-coding systems to achieve JIT procurement, Production and Inventory Management Journal 38(1), 8-12.

**Limere, V., Landeghem, H.V., Goetschalcskx, M., Aghezzaf, E., McGinnis, L.F.** (2011), Optimising part feeding in the automotive assembly industry: deciding between kitting and line stocking, 1-15.

**Monden, Y.** (1993), Toyota Production System, Industrial Engineering and Management Press, Georgia, 67.

**Muris, L., Moacir, G,** (2010), Variations Of The Kanban System: Literature Review And Classification International Journal of Production Economics 125(1), 13-21.

**Ohno, T.** (1996), "Toyota Ruhu – Toyota Üretim Sisteminin Doğuşu ve Evrimi", (Çev. Canan Feyyat), Scala Yayıncılık, 15-102.

**Okur, A.** (2005), Yalın Üretim, 2.b., 25, Söz Yayın, İstanbul.

**Rees, L.P., Philipoom, P.R., Taylor lii, B.W., Huang, P.Y.** (1987). Dynamically Adjusting The Numbers Of Kanbans in a Just-in-time Production System Using Estimated Values Of Leadtime, IIE Transactions 19(2), 401-413.

**Satoğlu, Ş.I., Şahin, I.E.** (2013). Design of a just-in-time periodic material supply system fort he assembly lines and an application in electronics industry, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 65, 319-332.

**Spearman, M.L., Zazanis, M.A.** (1992), Push And Pull Production Systems: Issues And Comprasions, Operation Research 40(3), 521-532.

**Spearman, M.L., Woodruff, D.L., Hopp, W.J.** (1990), CONWIP: a pull alternative to kanban, International Journal of Production Research 28(5), 879-894.

**Suri, R.** (1998), Quick Response Manufacturing: A Company wide approach to reduce lead times, Oregon: Productivity Press.

**Takahashi, K., Nakamura, N.** (1999), Reacting JIT ordering systems to the unstable changes in demand, International Journal of Production Research 37(10), 2293-2313.

**Takeda, K., Tsuge Y., Matsuyama, H.** (2000), Decentralized scheduling algortihm to improve the rate of production without increase of stocks of intermediates, Computers and Chemical Engineering 24, 1619-1624.

**Tardif, V., Maaseidvaag, L.** (2001), An adaptive approach to controlling kanban systems, European Journal of Operational Research 132(2), 411-424.

**Tokol, A.** (2004), Yeni teknolojiler ve değişen endüstri ilişkileri, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 40.

**Womack, P.J., Jones T. Daniel** (1998), Yalın Düşünce.

**Womack, P.J., Jones T. Daniel, Ross Daniel** (1990), Dünyayı Değiştiren Makine, 13.

**Yıldız, H., Ravi, R., Fairey, W.** (2010), Integrated optimization of customer and supplier logistics at Robert Bosch LLC, European Journal of Operational Research 207, 456-464.

**Url1:**http://www.beyondlean.com/7-wastes.html (ziyaret tarihi: 11.02.13)

**Url2:**http://www.business-improvement.eu/qrm/polca_eng.php (ziyaret tarihi: 05.03.2013)

**Url3:**http://en.wikipedia.org/wiki/Milk_run (ziyaret tarihi: 06.12.2013)

**EKLER**

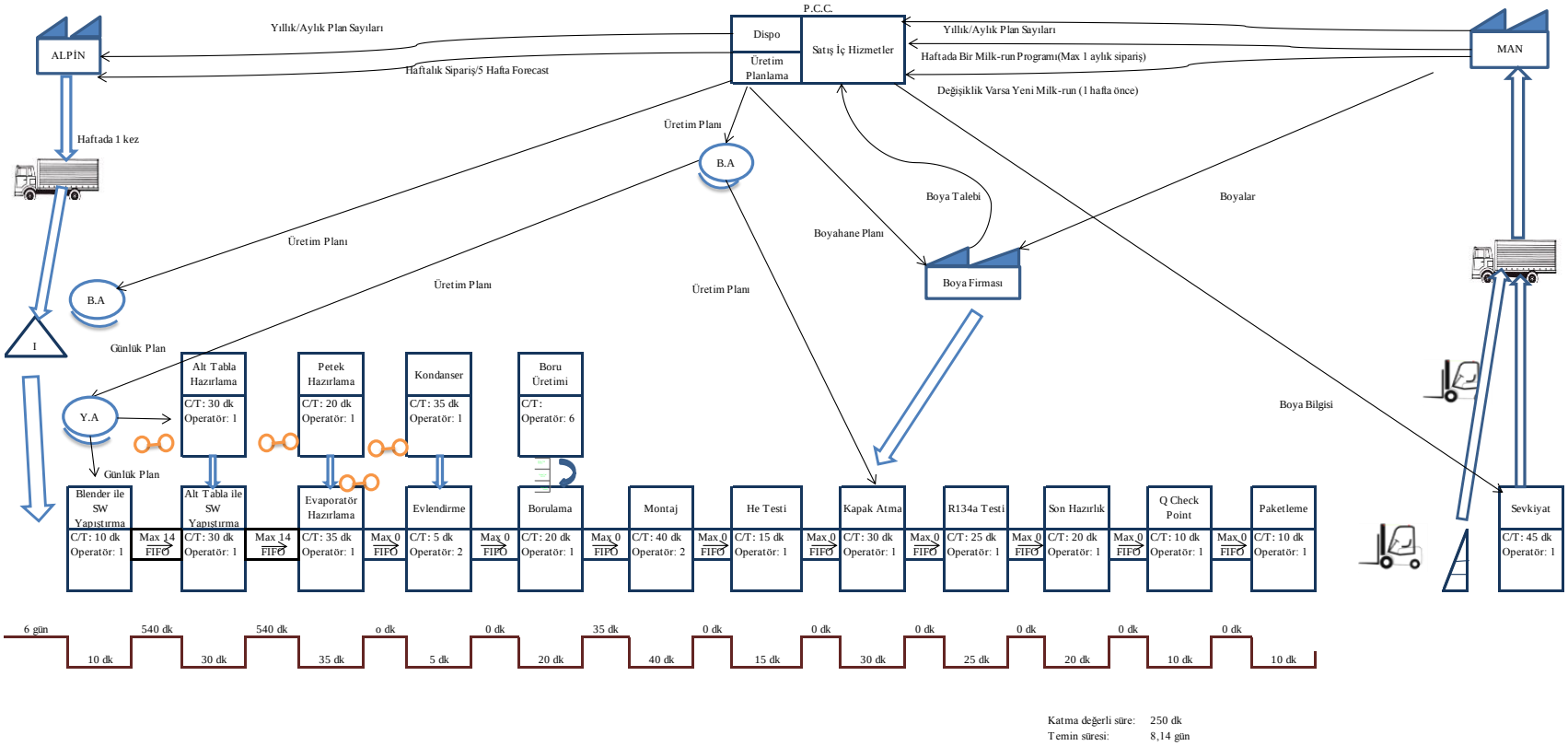
**Ek A :** Klima bölümü değer akış haritası

**Ek B :** Bakır boru bölümü mevut durum değer akış haritası.

**Ek C :** Bakır boru bölümü üretim akışı haritası

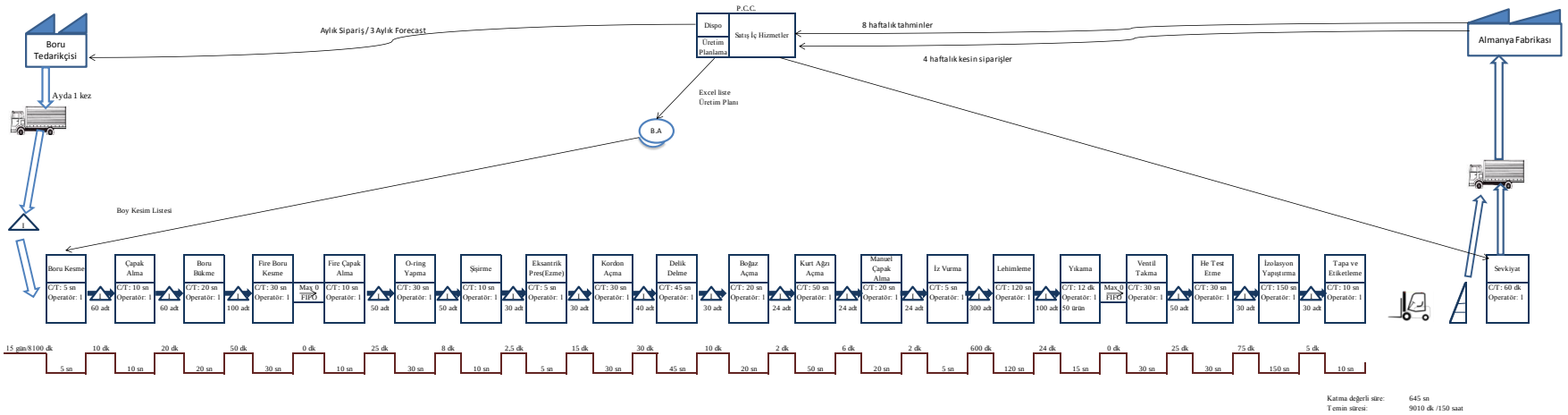
**Ek D :** Bakır boru bölümü uygulama sonrası değer akış haritası

## Ek A



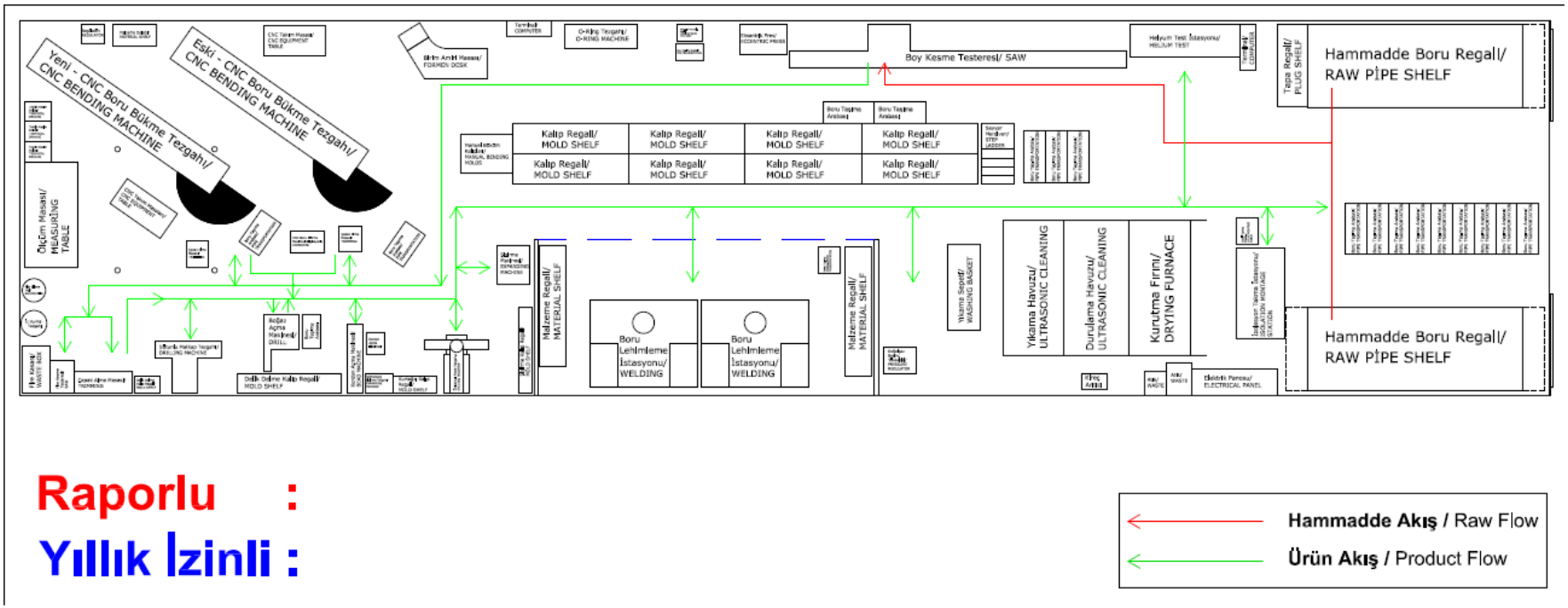

**Şekil A.1 :** Klima bölümü mevcut durum değer akış haritası.

## Ek B



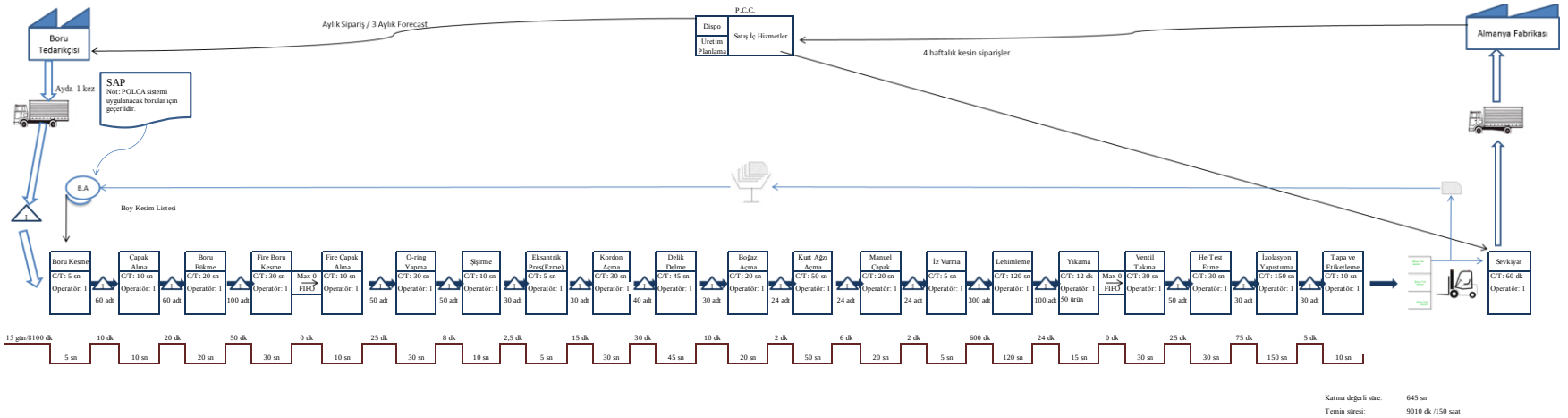

**Şekil B.1 :** Bakır boru bölümü mevcut durum değer akış haritası.

**Ek C**




**Şekil C.1 :** Bakır boru bölümü üretim akış haritası.

## Ek D




**Şekil D.1 :** Bakır boru bölümü uygulama sonrası değer akışı haritası.

**ÖZGEÇMİŞ**



**Ad Soyad: Kıraç Uçan**

**Doğum Yeri ve Tarihi: Bakırköy/ İSTANBUL - 28 Eylül 1987**

**E-Posta: kiracucan@hotmail.com**

**Lisans: (2004 – 2009) Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği**

**Mesleki Deneyim ve Ödüller:**

| | |
|---|---|
| Ocak 2011 – Halen | Spheros Termo Sistemleri |
| | Üretim Planlama Sorumlusu |
| Haziran 2010–Ocak 2011 | Spheros Termo Sistemleri |
| | Malzeme Planlama Mühendisi |