

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEĞER AKIŞ HARİTASINI KULLANARAK ÜRETİM
DÜZGÜNLEŞTİRME VE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ayşegül YALÇINKAYA**

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Endüstri Mühendisliği

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEĞER AKIŞ HARİTASINI KULLANARAK ÜRETİM
DÜZGÜNLEŞTİRME VE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ayşegül YALÇINKAYA
(507061103)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Aralık 2008

Tezin Savunulduğu Tarih : 19 Ocak 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU
(İTÜ)**

**Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Murat BASKAK (İTÜ)
Prof. Dr. Murat DİNÇMEN**

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Yalın Üretim Sistemleri lisans öğrenimimden beri kendimi geliştirmek istediğim bir konu olmuştur. Çalıştığım şirket olan Arçelik A. Ş. Çamaşır Kurutma Makinası İşletmesi'nde de yalın üretim sistemleri ile ilgili ilgilenme fırsatım oldu. Pratik dünyadaki kısıtları, zorlukları yaşayarak görerek teorik çözümler sunma şansını yakaladım. Şirkette benden yardımını esirgemeyen, kendimi geliştirmem için pratik dünyanın kapılarını bana açan Üretim Mühendisliği Yöneticisi Sayın Yavuz Soybakış' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Projemi hazırlarken bilmediğim ve teorik anlamda bilgi sahibi olup da uygulanması hakkında yeterli bilgimin olmadığı birçok şeyle karşılaştım ve bir endüstri mühendisi için yalın üretim tekniklerinin önemini bir kez daha kavradım. Bu kadar önemli ve bir o kadar güncel ve geleceği olan bir konuda çalışmam için bana yol gösteren, projeyi hazırlarken yardımlarını esirgemeyen ve yeni şeyler öğrenmeye teşvik eden değerli hocam Prof. Dr. M. Bülent Durmuşoğlu' na teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimime lisans eğitimim biter bitmez başlamamda büyük etkisi olan, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Tübitak)'ın şahsıma tahsis etmiş olduğu yüksek lisans eğitim bursu dolayısıyla teşekkürlerimi sunarım.

Sadece eğitim ve öğretim hayatım boyunca değil, yaşamımın her anında yanımda olan; sevgileriyle, varlıklarıyla kendimi güçlü, güvende, hayata pozitif bakan bir birey olmamı sağlayan; bana hayatı tüm erdemleri ile yansıtan birer ayna olan anne ve babama, canım kardeşim Emre'ye, ayrıca yeni aileme ☺ teşekkür eder sevgilerimi sunarım.

Ocak 2009

Ayşegül Yalçinkaya
Endüstri Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Yapılan Yayınların Özeti.....	3
1.3 Çalışmanın Özgün Yanı	4
2. YALIN YÖNETİM TEMEL BİLGİLERİ	5
2.1 Değer Akış Haritalandırma	5
2.1.1 Mevcut Durum Haritası	8
2.1.1.1 Mevcut durum haritasının çizilmesi	9
2.1.2 Gelecek Durum Haritası.....	11
2.1.2.1 Müşteri talebine odaklanma	12
2.1.2.2 Akışa odaklanma	14
2.1.2.3 Düzgünleştirmeye odaklanma	14
2.2 Üretim Düzgünleştirme	15
2.2.1 Üretimi düzgünleştirmeden önce yapılması gerekenler.....	17
2.2.1.1 Sürekli ve dengeli bir talep	17
2.2.1.2 Kısa hazırlık süreleri	18
2.2.1.3 Üretim = Talep	19
2.2.2 Ana Üretim Programının Düzgünleştirilmesi	19
2.2.2.1 Bir ürün ailesinin üretimini düzgünleştirme	19
2.2.2.2 Birden çok ürün ailesinin üretimini düzgünleştirme	21
2.2.3 Çekme üretim sistemlerinde üretim düzgünleştirme	21
2.2.3.1 Üretim sıralamasının belirlenmesi	23
1. Günlük üretim talebi belirlenir	23
2. Tekrar sırası belirlenir	23
3. Tekrarlama sırası içindeki ürün sıralamalarının belirlenmesi	24
2.3 Çekme Üretim Sistemleri	24
2.3.1 Üretim Kontrol Sistemleri.....	25
2.3.2 Kanban sistemi	26
2.3.3 Kanban sistemindeki kurallar.....	29
2.3.3.1 Kural 1	29
2.3.3.2 Kural 2	29
2.3.3.3 Kural 3	29
2.3.3.4 Kural 4	29
2.3.3.5 Kural 5	30
2.3.4 Kanban çeşitleri ve kanban sayılarının bulunması.....	30
2.3.4.1 Sabit yeniden sipariş miktarlı üretim kanbanı	30
2.3.4.2 Sabit yeniden sipariş miktarlı çekme kanbanı	33
2.3.4.3 Sabit yeniden sipariş miktarlı tedarikçi kanbanı	34

2.3.4.4 Parti üretimi için sinyal kanbanı	34
2.3.4.5 CONWIP Sistemi	36
2.4 MTM (Methods-Time-Measurement)	37
2.4.1 İş etüdü, metot etüdü ve zaman etüdü kavramları.....	37
2.4.2 Önceden belirlenmiş zaman sistemleri.....	40
3. YAYIN TARAMASI	49
3.1 Yalın Üretim ve Değer Akışına İlişkin Yayınlar.....	49
3.2 Üretim Çizelgeleme ve Düzgünleştirmeye İlişkin Yayınlar	55
4. METODOLOJİ	59
5. UYGULAMA	61
5.1 Firma Tanıtımı.....	61
5.1.1 Arçelik A.Ş. çamaşır kurutma makinası işletmesi tarihçe	61
5.1.2 Ürün gamı ve çamaşır kurutma makinası çalışma mantığı	63
5.1.2.1 Kurutucu tipi	63
5.1.2.2 Kontrol sistemi	64
5.1.2.3 Yük kapasitesi	64
5.1.2.4 Arçelik A. Ş. çamaşır kurutma makinası işletmesi ürün gamı	64
5.1.3 Arçelik A.Ş. çamaşır kurutma makinası üretim sistemi.....	65
5.1.3.1 İç üretim takımı	70
5.1.3.2 Montaj Takımı	71
5.2 Ürün Ailesinin Ve Uygulama Alanının Seçimi.....	72
5.3 Plastik Şasi Mevcut Durum Değer Akış Haritası	74
5.3.1 Plastik şasi gruplama işlemleri.....	74
5.3.2 Mevcut durum hat dengeleme ve standart zamanların MTM ile tespiti ...	80
5.3.3 Mevcut durum değer akış haritasının çizimi	84
5.3.3.1 Katma değeri olmayan zamanların hesabı	88
5.3.3.2 Katma değeri olan zamanların hesabı	89
5.4 Ana Üretim Programının Hazırlanması.....	91
5.4.1 Taleple birebir eşleşen mevcut durumda yapılan ana üretim programı	91
5.4.2 Düzgünleştirilmiş ana üretim programının hazırlanması	96
5.4.2.1 Tüm yıl aynı üretim düzeyinden oluşan üretim programı	96
5.4.2.2 Yılda iki ayrı üretim düzeyinden oluşan üretim programı	99
5.4.3 Ana üretim programının seçimi.....	101
5.5 Plastik Şasi Gelecek Durum Değer Akış Haritası	103
5.5.1 Gelecek durum için takt ve çevrim sürelerinin hesabı	103
5.5.2 Gelecek durum plastik şasi gruplama hücresi	104
5.5.3 Gelecek durum için kanban sisteminin tasarlanması	109
5.5.3.1 Montaj bandı ile şasi gruplama hücresi arasındaki kanban sistemi	109
Sistemin yapısı	109
Kanban sayılarının hesaplanması	111
5.5.3.2 Şasi gruplama hücresi, yaşlandırma alanı ve enjeksiyon presler	113
arasındaki kanban sistemi	113
Üretim sinyal kanbanı pozisyonu	114
5.5.4 Gelecek durum değer akış haritalarının çizimi	116
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	121
KAYNAKLAR.....	123
EKLER.....	127

KISALTMALAR

MTM	: Methods-Time-Measurement
ÖBZS	: Önceden Belirlenmiş Zaman Sistemleri
MTM-SB	: Methods-time-Measurement Standart Bilgiler
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü
ÇK	: Çekme Kanbanı
ÜK	: Üretim Kanbanı
FİFO	: İlk gelen ilk çıkar
CONWIP	: Constant Work-in Process
SMED	: Single Minute Exchange Of Die

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Gelecek durumun çizilmesine kılavuzluk edecek sorular.....	7
Çizelge 2.2 : A,B ve C ürünleri için günlük üretim programı.....	15
Çizelge 2.3 : A,B ve C ürünleri için düzgünleştirilmiş günlük üretim programı 1...	16
Çizelge 2.4 : A,B ve C ürünleri için düzgünleştirilmiş günlük üretim programı 2...	16
Çizelge 2.5 : Parti miktarının üretim düzgünleştirmeye olan etkisi 1.....	22
Çizelge 2.6 : Parti miktarının üretim düzgünleştirmeye olan etkisi 2.....	22
Çizelge 2.7 : Parti miktarının üretim düzgünleştirmeye olan etkisi 3.....	23
Çizelge 3.1 : Yedi değer akışı haritalandırma aracı	53
Çizelge 5.1 : Arçelik A.Ş. tarihçe.....	62
Çizelge 5.2 : Plastik şasi grubunun iş akışı ve operasyonların standart zamanları....	77
Çizelge 5.3 : Mayıs-Temmuz 2008 üretim dönemi için takt süresi hesabı	80
Çizelge 5.4 : Mevcut durumdaki istasyonlar ve dolulukları (Tip 1 ve Tip 3)	81
Çizelge 5.5 : S250, S255 ve S260 numaralı operasyonların standart zamanları	82
Çizelge 5.6 : MTM – SB Analiz Formu	83
Çizelge 5.7 : S250, S255 ve S260 numaralı operasyonların standart zaman hesabı .	84
Çizelge 5.8 : Katma değeri olmayan zamanların hesabı.....	90
Çizelge 5.9 : 2009 yılı modeller ve aylara göre ürün taleplerinin dağılımı.....	92
Çizelge 5.10 : 2009 yılı modeller ve günlere göre ürün taleplerinin dağılımı.....	92
Çizelge 5.11 : Mevcut durumdaki yöntemlere göre planlanan son montaj bantlarının aylara göre vardiya sayıları	94
Çizelge 5.12 : Mevcut durumdaki yöntemlere göre planlanan son montaj bantlarının aylara göre vardiya tempoları.....	94
Çizelge 5.13 : Mevcut durumdaki yöntemlere göre yapılan yıllık üretim programına göre aylık çalıştırılması gereken operatör sayıları	94
Çizelge 5.14 : Tüm yıl aynı üretim düzeyine göre yapılan üretim programı	97
Çizelge 5.15 : Tüm yıl aynı üretim düzeyine göre planlanan son montaj bantlarının aylara göre vardiya tempoları.....	97
Çizelge 5.16 : Tüm yıl aynı üretim düzeyine göre yapılan programda oluşacak olan ay sonu ürün stokları	98
Çizelge 5.17 : Yılda iki ayrı üretim düzeyinde günlük ortalama üretim talepleri	99
Çizelge 5.18 : Yılda iki ayrı üretim düzeyine göre planlanan son montaj bantlarının vardiya tempoları	99
Çizelge 5.19 : Yılda iki ayrı üretim düzeyine göre yapılan programdaki aylık üretim adetleri ve oluşacak olan ay sonu ürün stokları	100
Çizelge 5.20 : 2009 yılının ilk 8 ayı için hesaplanan takt ve çevrim süreleri.....	103
Çizelge 5.21 : 2009 yılının son 4 ayı için hesaplanan takt ve çevrim süreleri	103
Çizelge 5.22 : Gelecek durum – düşük tempodaki istasyonlar ve dolulukları	106
Çizelge 5.23 : Gelecek durum – yüksek tempodaki istasyonlar ve dolulukları.....	108
Çizelge 5.24 : Mevcut durum – gelecek durum operatör sayıları kıyas tablosu	109
Çizelge 5.25 : Günlük alt ve üst şasi talepleri	114

Çizelge 5.26 : Mevcut durum ile gelecek durum karşılaştırma tablosu.....	118
Çizelge A.1 : Yapılan Yayınların Özeti.....	127
Çizelge A.2 : Değer akış haritası sembolleri.....	131
Çizelge A.3 : ILO tarafından önerilen yorgunluk toleransları.....	136

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Değer Akış Haritası Başlangıç İkonları.....	9
Şekil 2.2 : Mevcut durum haritası.....	11
Şekil 2.3 : Üretim düzgünleştirmenin ve bitmiş ürün stokunun tedarikçilere ve ham maddeye yakın süreçlere olan etkisi.....	17
Şekil 2.4 : 2 yıllık bir üretim periyodu için yapılmış düzgün üretim	19
Şekil 2.5 : 1 yıllık bir üretim periyodu için yapılmış düzgün üretim	20
Şekil 2.6 : İtme sisteminin yapısı.....	25
Şekil 2.7 : Çekme sisteminin yapısı.....	26
Şekil 2.8 : Süper market çekme sistemi.....	27
Şekil 2.9 : Çift kart kanban sistemi.....	28
Şekil 2.10 : Malzemelerin ve üretim kanbanlarının akışı	31
Şekil 2.11 : Malzemelerin ve çekme kanbanlarının akışı	33
Şekil 2.12 : CONWIP üretim sistemi	36
Şekil 2.13 : Standart zamanların tespiti.	39
Şekil 2.14 : MTM Kullanımı	42
Şekil 2.15 : Beş temel hareket	42
Şekil 2.16 : MTM-SB almak ve yerleştirmek.....	43
Şekil 2.17 : Elle yapılan diğer temel hareketler.....	44
Şekil 2.18 : Bakış fonksiyonları.....	45
Şekil 2.19 : Vücut hareketleri	45
Şekil 4.1 : Metodoloji.....	60
Şekil 5.1 : Arçelik A.Ş. çamaşır kurutma makinası işletmesi üretim sistemi.....	66
Şekil 5.2 : Alt kat yerleşim planı	68
Şekil 5.3 : Üst kat yerleşim planı.....	69
Şekil 5.4 : 2009 Terra – Luna üretim oranlarını gösteren bir grafik.....	72
Şekil 5.5 : 2009 Terra CND +CNDU – terra AV üretim oranları	73
Şekil 5.6 : Mevcut durum yerleşim planı.....	75
Şekil 5.7 : Mevcut durumdaki istasyonlar ve dolulukları.....	81
Şekil 5.8 : Plastik şasi mevcut durum değer akış haritası.....	86
Şekil 5.9 : Ana üretim programları yıl boyunca gereken işgücü düzeyleri	102
Şekil 5.10 : Gelecek durum takt süresi ve çevrim süresi	104
Şekil 5.11 : Gelecek durum yerleşim planı.....	105
Şekil 5.12 : Gelecek durum – düşük tempodaki istasyonlar ve dolulukları	107
Şekil 5.13 : Gelecek durum – yüksek tempodaki istasyonlar ve dolulukları.....	108
Şekil 5.14 : Şasi Gruplama Hücresi ile montaj bandı arasındaki çekme sistemi.....	110
Şekil 5.15 : Plastik şasi düşük tempo gelecek durum değer akış haritası.....	119
Şekil 5.16 : Plastik şasi yüksek tempo gelecek durum değer akış haritası	120

DEĞER AKIŞ HARİTASINI KULLANARAK ÜRETİM DÜZGÜNLEŞTİRME VE BİR UYGULAMA

ÖZET

Son yıllardaki rekabet ortamında organizasyonların var olması, yaşamlarını sürdürebilmeleri ve Pazar paylarını arttırabilmeleri öncelikle müşteri taleplerine olabildiğince fazla cevap verebilmeleri ile mümkün olmaktadır. Ancak müşterinin talebi her zaman gerçeğe yakın tahmin edilemeyebilir (örneğin pazara yeni giren ürünlerde) ya da müşteri talepleri dalgalı olabilir. Bu durumda karlılığı koruyarak üretim yapmak zor bir hal alır. Üreticiler kar edebilmek için her zaman maliyetleri düşürmeye çalışırlar ve tam zamanında üretim sistemleri doğana kadar, Ford üretim sistemlerinde olduğu gibi az çeşitte üründen çok sayılarda üretilerek birim maliyet düşürülmüştür. Ancak günümüz koşullarında çok çeşitte üründen az sayılarda üreterek maliyetleri düşürmek gerekmektedir. Bu problemin çözümü günümüz ortamında tam zamanında üretim sistemleri ile gelmiştir. Tam zamanında üretim sistemleri ya da diğer bir deyişle Toyota üretim sistemleri maliyetleri düşürürken aynı zamanda müşteri talebine karşılık verebilmek için bir çok araç geliştirmiştir. Bunlardan bazıları, değer akış haritalandırma, kanban sistemleri, SMED (tek haneli sayılarda kalıp değişim zamanları) ve üretim düzgünleştirmedir. Bu araçları kullanarak organizasyonun performansını arttırırken genelde sona bırakılan üretim düzgünleştirmenin aslında ilk kullanılan araçlardan olması gerektiği bu çalışmada vurgulanmıştır. Çünkü üretim düzgünleştirme itme sistemlerinin performansını arttırırken çekme sistemleri için kendi başına bir gerektir. Bu çalışmada da, israfları kolayca görmemizi sağlayan değer akış haritalandırma ve üretim düzgünleştirme metotları incelenmiştir. Bir beyaz eşya firmasında, üretim akışı değer akış haritasına aktarılmış, sonrasında üretim düzgünleştirme yöntemi kullanılarak üretim çizelgesi oluşturulmuş ve gelecek durum için çekme sistemi mantığıyla çalışan ve kanban sistemlerini de içeren bir tasarım yapılmıştır.

BY USING VALUE STREAM MAPPING SMOOTHING THE PRODUCTION AND AN APPLICATION

SUMMARY

In the last years, organizations must pay attention on customer demands for surviving and also for increasing their market shares. But customers have not stable demand and stable view. Generally demand is fluctuated through the time period. The managers main objective is to reduce the costs. As American mass production style, organizations reduce the costs by producing in high quantities with few variety. Nowadays, organizations's main problem is how to cut costs while producing small numbers of many types of products. The solution of this problem is built up with the Just in Time Production Systems or in other words Toyota Production Systems. There are many tools of Just in Time Production Systems as value stream mapping, pull production systems, production smoothing and SMED (Single Minute Exchange Of Die). In this research, value stream mapping is used as a tool for finding mudas easily and then pull production systems and production smoothing tools are studied. Production smoothing generally is being the last element of just in time production systems. But when it is a need for increasing the performance of push production systems, it is required on its own in pull production systems. In this study, there is also an application of these three lean manufacturing tools in a white goods organization. Firstly the work flow is picturized by using value stream mapping, then production schedule is created by using production smoothing method and lastlt for the future state map a system, whose characteristic is pull production and combined with kanban , is also designed.

1. GİRİŞ

Tam zamanında üretim sistemleri (JIT: Just-in Time) son zamanlarda geliştirilen diğer üretim yöntemi veya teknolojilere göre daha çok ilgi görmüştür. Bunun ana nedeni de Japonya'daki üretim sistemlerinde uygulanıp sistemlerin performansını arttırmış olmasıdır.

Tam zamanında üretim ile ilgili yapılan tüm çalışmalara bakıldığında, hemen herkesin sanayi örgütlenmesine yepyeni bir soluk getirdiği, hatta dünyanın “ en iyi uygulaması” (best practice) olarak kabul edilmesi gerektiği doğrultusunda hemfikir olduklarını görülmektedir. Yalın üretimi yalın yapan en önemli etkenlerden biri, üretim olayına kazandırdığı özgün tekniklerdir. Ancak ünlü Japon uzmanlar Shingo ve Monden'in de vurguladıkları gibi, yalın üretimin göz ardı edilemeyecek boyutu vardır. O da, yalın üretimin, içinde yer alan her kesimi, aktörü, ya da tarafı aynı anda memnun etmesi, kitle üretiminin tersine, “Herkesin Kazanması”nı (win-win) sağlayabilecek güçlü bir potansiyele sahip olmasıdır.

Sanayi Devrimi'nin on sekizinci yüzyılda İngiltere'de patlak vermesinden yirminci yüzyılın ortalarına gelinene dek sanayi örgütlenme tarzları ve dolayısıyla toplumsal yaşam hep bir kesimin kazanması, çoğunluğun kaybetmesi ile sonuçlanmıştır. Çoğunluğun kaybetmesi sadece maddi çıkarlar düzeyiyle de sınırlı kalmamış, çalışma hayatına iş tanımları ve işçi sorumlulukları açısından bakıldığında da çoğu kez insana ve emeğe saygıdan yoksun bir tabloyla karşılaşmıştır.

İşte ilk kez yalın üretimde yüzyıllara dayanan bu tarz bir eğilimin tersine çevrilmesine ve sadece bir kesimin değil herkesin kazanmasına katkıda bulunacak bir potansiyel saptanmıştır. Bu potansiyel sanayi örgütlenmesine ve toplumsal yaşama yepyeni bir içerik kazandırabilecek güçte bir potansiyeldir. Ünlü uzman Shingo da yalın üretimi “üretime devrimci bir yeni felsefeyle yaklaşmak” olarak tanımlarken sistemin başta çalışanlar olmak üzere “herkesin kazanması” yönündeki bu güçlü potansiyelini kastetmektedir.

JIT' e geçiş yapmak büyük bir değişimdir. Bu değişim, üretimdeki operasyonları etkilediği kadar organizasyonların kültürlerini de etkiler. Örneğin, eski düzende stoklar beklenmeyen gecikmelerin, kayıpların yol açtığı eksik üretimleri karşılayabilmenin garantisi gibi görünürken tam zamanında üretime geçiş yaptıktan sonra bu stoklara yetersiz ve uygun olmayan planlamanın ve kontrolün sonucunda oluştuğu gözüyle bakılır. Eskiden partiler halindeki üretimi savunan, hazırlık sürelerinin birim parça işçilik süresine etkisini en küçüklediği için büyük parti miktarlarındaki üretimin daha avantajlı olduğu daha fazla iddia edemezler çünkü JIT başlı başına bir kayıp diyebileceğimiz uzun hazırlık sürelerinin yok edilmesi yönünde bizi zorlar.

Bir çok fabrika yıllardır birbirine çok benzeyen üretim aşamalarından geçen ve birbirine çok benzer ürünler imal ederler çünkü yöneticiler bildikleri bir üretimi yapmanın rahatlığını hissederler. Ancak bu bakış açısıyla değişim çok yavaş gelir. Bu esnek olmayan üretim şekli ve tam zamanında üretim hakkındaki doğru olmayan düşünceler tam zamanında üretim sistemlerinin uygulanmasını kısıtlar. Bu yöneticilerin kendilerini kandırma cümleleri de “ Bir çok organizasyonun JIT uyguladığını biliyorum ama bizim fabrikamız için ve bizim proseslerimiz için hatta bizim çalışanlarımız için durum farklıdır ve bizim fabrikamızda JIT işlemeyecektir.” (Walleigh, 1986).

JIT' e geçiş yapmak hem kültürel hem de sistematik bir değişimdir. Bunun için geçiş planlı bir şekilde yapılmalıdır. JIT, üstü örtülü olan yüksek miktarlardaki stokun üstünü açarak sorunlarla yüzleşmemizi ve bunlara çözüm bulmamızı sağlar. Düşük miktarlardaki stok miktarları elbette her işletmenin istediği bir durumdur ancak JIT' e geçiş yapıldığında direkt olarak tedarikçilerden de az miktarlarda sevkıyat talep etmek sistemi sadece kaosa sürükler. Organizasyonlar öncelikle tam zamanında üretim araçlarını kendileri uygulamalı ve çıkabilecek olan sıkıntılarla önce kendileri yüzleşmeli ve çözümler bulmalıdır. Daha sonra bunu tedarikçilerine de yayıp, çıkan sorunlarla birlikte başa ıkmalıdırlar. JIT, üstü örtülü olan yüksek miktarlardaki stokun üstünü açarak sorunlarla yüzleşmemizi ve bunlara çözüm bulmamızı sağlar.

JIT üretimin talep tarafından tetiklendiği bir sistemdir. Her operasyon sadece talebi karşılamaya yetecek kadar üretim yaparken geleneksel üretim sistemlerinde, yani büyük partilerde yapılan üretimlerde her operasyon bir sonraki operasyonu her gün

iterek üretime zorlar. Yani ana amaç operasyonların çevrim sürelerinin takt süresine yani müşterinin istediği süreye yaklaştırılmasıdır.

Genelde, son montaj aşaması tüm üretim prosesinin kontrol noktasıdır, çünkü fabrikadaki tüm üretim birimlerini tetiklerken satışları da direkt olarak etkileyen birimdir. Bu nedenle JIT' i uygulamak için iyi bir başlama noktasıdır.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada, günümüz organizasyonlarının bir yerde uygulamaya mecbur olduğu tam zamanında üretim sistemleri incelenmiştir. Tam zamanında üretim sistemlerinin bir çok aracı vardır. Burada temel anlamda değer akış haritalandırma, üretim düzgünleştirme ve çekme sistemleri başlıklarına yer verilmiştir. Değer akışı haritalandırma yöntemi ile israfların bulunarak azaltılması hatta yok edilmesi için faaliyetler planlanması, üretim düzgünleştirmenin sistem performansına olan etkisinin saptanması ve bunları bütünsel bir bakış açısıyla değerlendirilip bir beyaz eşya firmasında uygulanması amaçlanmıştır.

1.2 Yapılan Yayınların Özeti

Yalın üretim, değer akış haritalandırma, üretim çizelgeleme ve üretim düzgünleştirme konuları ile ilgili yapılan literatür taramasının özeti EK A.1'de yer alan Çizelge A.1'deki matriste gösterilmiştir.

1.3 Çalışmanın Özgün Yanı

Çalışmada bütünsel bir yaklaşımla sistem ele alınmış, değer akış haritalandırma yoluyla israfları görüp yeni sistem tasarlanırken tam zamanında üretim sistemi araçlarından faydalanılmış ve üretim düzgünleştirmenin sistem performansına olan etkisi araştırılmıştır. Yalın üretim ve değer akış haritalandırma ile ilgili yayınlar incelendiğinde, son yıllarda uygulama bölümü içeren çalışma sayısının arttığı görülmektedir. Üretim düzgünleştirme konusunda ise teorik varsayımı uygulama ile destekleyen çalışma sayısı yok denecek kadar azdır.

Çalışmanın uygulama ağırlıklı olan yapısı ve teorik sonuçların ve varsayımların uygulama ile birleştirilmesi, problemlerin pratik hayat ile birebir örtüşmesi ve sunulan çözüm önerilerinin uygulanıyor olması ile, çalışma özellikle üretim düzgünleştirme konusunda diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

2. YALIN YÖNETİM TEMEL BİLGİLERİ

2.1 Değer Akış Haritalandırma

Değer akışı haritalandırma, planlama ve üretimdeki tüm faaliyetlerin tanımlanmasını sağlayan görsel bir yönetim aracıdır. Haritalandırma hem katma değerli hem de katma değersiz faaliyetlerin kolaylıkla fark edilebileceği şekilde yapılır. Değer akışı haritalandırmanın ilk adımı mevcut tüm faaliyetleri kaydetmektir. Bu aşamada cevaplanması gereken ikinci soru akla gelir, değiştirilecek bir süreç için neden bu kadar ayrıntılı bir biçimde ele alma zahmetine katlanılmaktadır? Çünkü katma değeri olmayan faaliyetler genellikle organizasyon içinde fark edilmezler, mevcut süreç içinde gizlenmişlerdir. Kaydedilen bu faaliyetlere bu sayede gelecek ay, yıl ya da 5 yıl sonra tekrar dönülüp bakılabilir, bir gelişme olup olmadığı gözlenebilir. Değer akışı haritalandırmayı kimin yapacağı da önemlidir. Seçilen ürün ailesinin öncelikli liderleri bu sürecin içine katılmalıdır. Ürün ailesi yada değer akışı liderleri yapılacak geliştirmelerden sorumlu kişilerdir. Bu nedenle mevcut durumu çok iyi anlamaları gerekmektedir. Mevcut durumun çok iyi bir şekilde anlaşılması mevcut durum haritasının oluşturulmasıyla sağlanır. Bir harita daha oluşturulur. Bu harita gelecek durum haritası adını alır ve sürecin nasıl olması gerektiğini gösterir. Ne zaman sorusunun cevabı net değildir. Çünkü değer akışı haritalandırmanın bir organizasyonda ne kadar sıklıkla yapılması gerektiği oluşturulan mevcut durum haritasından yola çıkılarak bulunmalıdır. Son soru olan nerede sorusu çok önemlidir. Diğer bir ifadeyle, değer akışı haritası nerede geliştirilmelidir? Değer akışı haritası sürecin gerçekleştiği üretim alanında geliştirilmelidir. Yüzlerce metre uzaklıktaki bir ofiste geliştirilen değer akışı haritası etkin olmayacaktır. Fikirler ve tahminler gerekli kararları vermek için yeterince doğru olmayacaktır. Önerilen, değer akışı haritalandırma takımının üyelerinin üretim alanına gidip, gerekli verileri kendilerinin toplamaları ve incelemeleridir.

Değer akışı haritalandırma gelişmelerin görsel bir şekilde ifade edilmesine yardım eder. Değer akışı haritalandırma sadece malzeme akışı olarak algılanmamalıdır. Malzeme akışını, elde bulundurulmuş envanteri ve malzeme akışının gerçekleşmesini sağlayan bilgi akışını içerir. Organizasyonda üretilen farklı ürün yada ürün aileleri için birçok farklı değer akışı haritası çizilebilir. Değer akışı haritalandırma tüm ürünleri ayrı ailelere sınıflandırır. Bu sınıflandırma her çeşit israfların fark edilmesine, tanımlanmasına ve değer akışından elenmesine yardım eder. Değer akışı haritalandırmaya genellikle ürün ailelerinden birinin seçilmesiyle başlanır. İkinci adım seçilen ürün ailesinin tüm üretim sürecinin haritalandırılmasıdır. Oluşturulan değer akışı haritasına tüm yalın üretim teknikleri uygulanarak, organizasyonun nasıl işlemesi gerektiği bulunur. Örneğin 5S'in nasıl uygulanabileceği, hazırlık sürelerinin nasıl düşürülebileceği, çekme sisteminin ve kanbanların nasıl yönetileceği görülür. Burada önemli olan hangi değer akışının seçileceğidir. Seçim belli bir ürün ailesinin bir boyutundan küçük olanlar yada müşteriye özel olanlar şeklinde belirlenen kısıtlamalar yardımıyla yapılabilirken, önerilen üretim süreçlerindeki farklılara bakılarak seçimin yapılmasıdır. Değer akışı haritalandırma, değer akışını geliştirmeyi amaçlayan kararları uygulamaya sokmaya yardımcı olacak üretim süreci ile ilgili ortak bir dil yaratır. Değer akışı haritası malzeme ve bilgi akışının nasıl işlemesi gerektiğini çizimlerle göstererek yalın üretimin uygulanmasını sağlar.

Üretim sürecini genel bakışla tanımlamak için büyük resim haritalandırma kullanılır.

- Müşteri istekleri tanımlanır.
- Bilgi akışı haritalandırılır.
- Fiziksel akış haritalandırılır.
- Fiziksel ve bilgi akışı ilişkilendirilir.
- Yukarıdaki bilgileri görselleştirerek ve toplam temin süresi, katma değerli zamanını gösterecek şekilde zaman çizgisi çizilerek harita tamamlanır.

Müşteri gereksinimlerinin belirlenmesi sırasında ürün ailesi için müşteri talebi (ne zaman, nerede, kaç adet ve ne kadar sıklıkta), üretilecek parçalar, paketleme gereksinimi ve envanter bilgileri toplanmalıdır.

Bilgi akışı müşteri ile ilgili satış tahminlerinin organizasyona nasıl geldiği ve tedarikçilere sipariş tahminlerinin nasıl verildiğini içerir.

Fiziksel akış organizasyon içi hammadde, parça ve işlemlerle ilgilidir. Talep edilen hammadde ile ilgili olarak teslimat sayısı, miktarı, paketlenme ve temin süresi bilgileri toplanır. İşlemlerle ilgili olarak işlem süresi, makina bozulma zamanları, envanter depolama noktaları, muayeneler, yeniden işleme, çevrim süresi, hazırlık süresi, operatör sayısı ve bir günde çalışılan saat bilgileri her işlem için toplanır. Fiziksel ve bilgi akışını ilişkilendirme adımı için çizelgeleme, iş emirleri, bir problem doğduğunda nasıl müdahale edildiği bilgisi bilinmelidir. Haritayı tamamlamak için, haritanın en altına temin süreleri ve katma değerli süreleri eklemek için bir zaman çizgisi çizilir (Tapping ve diğ., 2002).

Değer akışı haritalandırmada bir sonraki adım gelecek durum haritasının çizilmesidir. Gelecek durum haritasını oluşturmak için Çizelge 2.1’de yer alan 8 soru cevaplanmalıdır. İlk 5 soru gelecek durumu haritalandırmadaki temel konularla ilgilidir. Sonraki 2 soru kontrol sisteminin detayları, heijunka gibi teknik uygulama detaylarıyla ilgilidir. Bu sorular üretim karması, sipariş verilme zamanı gibi haritalandırma dışındaki detayları tanımlar. Son soru gelecek durum haritasını uygulamaya sokabilmek için yapılması gereken aktiviteleri (kaizen) tanımlamakla ilgilidir (Durmuşoğlu, 2005).

Çizelge 2.1 : Gelecek durumun çizilmesine kılavuzluk edecek sorular

	Gelecek Durum Soruları
Temel	1. Takt süresi ne? 2. Üretim bitmiş mamul süpermarketine mi, yoksa direk sevkıyata mı üretim yapacak? 3. Nerelerde kesintisiz akış ile üretim yapılabilir? 4. Değer akışında çekme sistemi için kullanılacak süpermarketin kurulmasına gerek var mı? 5. Değer akışında çizelgeleme yapılacak nokta hangisi olacak?
Heijunka	6. Üretim emri verilecek operasyonda üretim karması nasıl seviyelendirilecek? 7. İşteki hangi artışlar pacemaker hücreden düzenli olarak duyurulacak?
Kaizen	8. Hangi süreçlerde geliştirme gerekli?

Değer akış haritasını çizmek için kullanılan semboller EK A.2’de yer alan Çizelge A.2’de gösterilmiştir.

2.1.1 Mevcut Durum Haritası

Yalın düşünce anlaşıldıktan sonra, ikinci adım malzeme ve bilgi akışının gösterildiği mevcut durum haritasının oluşturulmasıdır. Bu adımda amaç seçilen değer akışı yada ürün ailesi için tam ve gerçek verilerin toplanmasıdır. Mevcut durum haritasının oluşturulması tek başına yapılacak bir çalışma değildir, bir takım çalışması olmalıdır. Mevcut durum haritasının çizilmesi için hazırlıklar 3 aşamada yapılır:

1. Toplantı odasında takımca çalışılması ve ana üretim operasyonlarının kabaca tahtaya çizilmesi.
2. Üretim alanına gidilmesi, ilk faaliyetten başlayarak gerçek verilerin toplanması. Veri kontrol listesini inceleyerek gerekli veriler konusunda anlaşmaya varılması, listedeki 7 ila 10 arasındaki kilit verinin seçilmesi.

Veri Kontrol Listesi

- ✓ 1 vardiyada çalışılan toplam süre
- ✓ Planlanan çalışılmayan zamanlar(örn: yemek, periyodik bakım)
- ✓ 1 vardiyada üretim yapılan net süre
- ✓ Tedarik çizelgeleri
- ✓ 1 konteynırdaki sipariş miktarı
- ✓ Aylık/günlük sipariş edilen miktar
- ✓ Çevrim zamanları
- ✓ Takım değiştirme zamanları
- ✓ Proses içi stok miktarları
- ✓ Parti miktarları
- ✓ Çekme aralığı(varsa)
- ✓ Ekonomik sipariş miktarları
- ✓ Operatör sayıları
- ✓ Güvenilirlik ölçütleri(iki hata arasındaki ortalama süre, güvenilirlik oranı, donanım etkinliği, vb.)
- ✓ Operasyonların yapıldığı vardiya sayısı
- ✓ Hat hızları
- ✓ Periyodik bakım çizelgeleri
- ✓ Üretim akışındaki kesintiler

- ✓ Tekrar işlemeye bağlı oluşan istisnalar

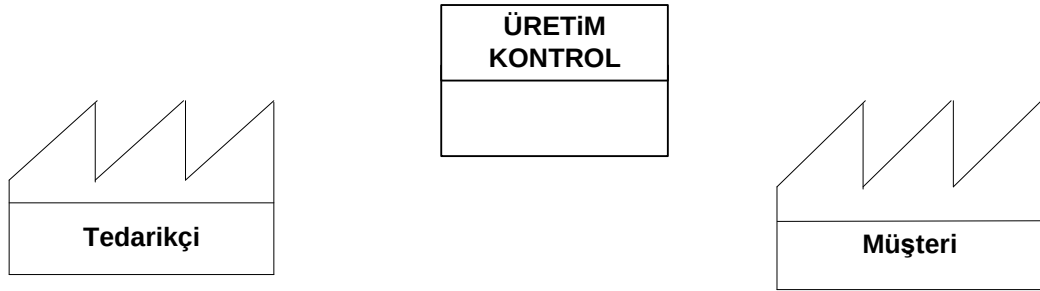
3. Gerekli tüm verilerin toplandığından emin olmak için yeniden takımın toplanması.

2.1.1.1 Mevcut durum haritasının çizilmesi

Gerekli veriler toplandığı zaman mevcut durum haritasını oluşturulmaya başlanabilir demektir. İlk olarak yapılması gereken değer akışı haritası sembollerine göz atmaktır. Mevcut Durum Haritasını oluşturmak için sırasıyla aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmelidir;

1. Müşteri, Tedarikçi ve Üretim Kontrolü simgeleyen semboller çizilir. (Şekil 2.1)

- Tedarikçi ve Müşteri için aynı sembol kullanılır.
- Müşteri sembolü sayfanın sağ üst köşesine yerleştirilir.
- Tedarikçi sembolü sayfanın sol üst köşesine yerleştirilir.
- Üretim kontrol sembolü, Tedarikçi ile Müşteri sembollerinin arasına yerleştirilir.



Şekil 2.1 : Değer Akış Haritası Başlangıç İkonları

2. Müşteri sembolünün altına bir veri kutusu çizilir. Müşteri gereksinimlerini o kutunun içine yazılır. Her ürün için aylık ve günlük gereksinimler ile 1 günde gerekli konteynır sayısını belirtilmelidir.

3. Teslimat ve satın alma bilgilerinin girilmesi

- Müşteri sembolünün altına bir kamyon sembolü çizilir ve kamyonun içine teslimat yapılma sıklığı girilir (Ne kadar sıklıkla müşteriye teslimat yapılması gerekiyor?)
- Müşteri kamyonunun altına sevkiyat sembolü çizilir.
- Müşteri kamyonuna sevkiyat sembolünden kamyon sembolü üstte kalacak şekilde bir ok çizilir.

- Tedarikçi sembolünün altına bir kamyon sembolü çizilir ve kamyonun içine teslimat alınma sıklığı girilir(Ne kadar sıklıkla hammadde tedarikine ihtiyaç duyuluyor?).
- Tedarikçiden kamyon sembolüne kamyon sembolü üstte kalacak şekilde bir ok çizilir. Bu ok ilk operasyonun çizileceği yere kadar uzatılmalıdır.

4. Üretim operasyonları sayfanın altına ilk operasyon solda, son operasyon sağda olacak şekilde çizilir. Her işlem bir sembolle belirtilir ve üzerine bir etiket konur(torna, freze vb.). Her sembolün altına bir veri kutusu çizilir. Eklenecek her bilgi bir önceki bilgiden bir çizgiyle ayrılır.

5. Operasyon sembollerinin altına çizilen veri kutularının içi operasyon bilgileri ile doldurulur. Katma değerli zaman(işleme yada çevrim zamanı) yazılır. Haritanın sağ üst köşesinde vardiya zamanı, planlanan aralar ve net çalışma süresini belirtilir.

6. Bilgi akışı gösterilirken elektronik ve manuel akışların ikisi de gösterilmelidir. Genellikle müşteri ve tedarikçi ile bilgi alışverişi elektronik ortamdan sağlanır.

- Müşteri sembolünden üretim kontrol sembolüne bilgi akışını gösteren bir ok çizilir. Her ok gönderilen tahmin ve verilen siparişlerin sıklığını belirtecek şekilde etiketlenir.
- Üretim kontrol sembolünden Tedarikçi sembolüne bilgi akışını gösteren bir ok çizilir. Her ok üretim kontrolün aylık tahminlerini ve haftalık verdiği siparişlerin sıklığını gösterecek şekilde etiketlenir.
- Haritanın ortasına üretim müdürünü simgeleyen bir kutu çizilir.
- Üretim kontrolden, üretim müdürüne bilgi akışını gösteren bir ok çizilir. Ok, üretim müdürüne siparişlerin ne kadar sıklıkla bildirildiğine göre etiketlenir.
- Üretim müdüründen her operasyon kutusuna bilgi akışını gösteren bir ok çizilir. Her operasyona iş emrinin verilme sıklığını gösterecek şekilde ok etiketlenir.

7. Operasyonlar arası stok varsa bu bölgelere stok sembolü çizilir. Sembollerin altına stok adetleri yazılır. Operasyon kutularının altındaki zaman çizgisine stokların kaç gün elde tutulduğunu hesaplanıp yazılır. Stokların elde kaç gün tutulduğu, toplam stok adedinin müşteriye gönderilen günlük toplam adede bölünmesiyle stoklar güne çevrilir.

Akış adımı: Fabrika içinde sürekli ve sorunsuz bir değer akışının sağlanması ile hem organizasyon içi hem organizasyon dışı müşteriler doğru miktarda, doğru zamanda ve istenilen kalitede ürünü alırlar.

Seviyelendirme adımı: Müşteriden daha küçük miktarlarda sipariş almak, envanter miktarını ve proses içi stok miktarını azaltmak amacıyla; iş hacim ve çeşit olarak daha küçük parçalara ayrılır (Tapping ve diğ., 2002).

2.1.2.1 Müşteri talebine odaklanma

Bu adımda amaç; gelecek durum haritasının, alttaki müşteri talebi sorularını cevaplayan kısmını çizmektir.

- Talep nedir? Diğer bir deyişle takt süresi nedir?
- Gereğinden fazla mı, gereğinden az mı, yoksa talebi karşılayacak kadar mı üretim yapılmaktadır?
- Mevcut üretim kapasitesi takt süresine ulaşmak için yeterli mi?
- Tampon stoka ihtiyaç var mı? Varsa nerelerde ve ne kadar?
- Güvenlik stokuna ihtiyaç var mı? Varsa nerelerde ve ne kadar?
- Üretimi tamamlanmış ürünler doğrudan müşteriye mi gönderilecek, yoksa bitmiş mamul süpermarketi mi oluşturulacak?

Müşteri talebini karşılayabilmek için hangi geliştirme araçları kullanılacak?

Gelecek durum haritasının müşteri talebi adımına takt süresi belirlenerek başlanır. Takt süresi bir sürecin müşteri talebini karşılayabilmek için ne kadar hızlı çalışması gerektiğini gösteren en temel ölçüttür. Takt süresi, kullanılabilir üretim süresinin günlük üretim talebine bölünmesiyle bulunur. Büyük üretim hacimleri için takt süresi saniye cinsinden hesaplanmalıdır.

İkinci olarak çekme aralığı belirlenmelidir. Çekme aralığı, daha önceden belirlenmiş proses içi stok parti miktarın, bir üst operasyondan bir alt operasyona takta bağlı olarak gönderilme süresidir. Çekme aralığı, takt süresi ile parti miktarının çarpılmasıyla bulunur. Takt süresi müşteriye bağlıyken, parti miktarı müşteriye bağlı olabilir yada olmayabilir. Çekme aralığı, diğer bir deyişle takt süresi sonunda 1 ürün üretilmelidir yerine çekme aralığı sonunda belirlenen parti miktarı kadar ürün üretilmelidir anlamına gelir.

Her zaman için sürekli üretimi engelleyen, müşteri talebini karşılayabilme yeteneğini baltalayan önemli noktalar vardır. Mevcut durumda müşteri talebinin karşılanıp karşılanamadığının anlaşılabilmesi için mevcut durum haritasının çizildiği bir önceki adımda toplanan bilgileri, kabul edilen ölçütleri baz alarak gözden geçirmek gerekir. Gerek duyulduğunda üretim alanı tekrar ziyaret edilmelidir. Gereğinden fazla yapılan üretim yada karşılanamayan siparişleri önlemek için, problemlerin olduğu noktalar belirlenmelidir.

Tampon veya güvenlik stokuna ihtiyaç duyulup duyulmadığı kararı talebin kararlı olup olmadığına yada bunu karşılamak için yeterli kapasite ve etkinliğe sahip olunup olunmadığına göre değişir.

Üretim kapasitesinin yeterliliğinden %100 emin olduğu durumlarda, süreç tamamlanır tamamlanmaz ürün müşteriye gönderilebilir. Fakat bunu zorlaştıran birçok önemli nokta vardır. Değer akışının sevkiyat kısmıyla ilgili olup, müşteri talebini karşılamak amacıyla bitmiş ürün süpermarketi tasarlanmaktadır; bir miktar ürün çekildiğinde daha önce belirlenen miktarı tamamlamak amacıyla çekilen kadar ürün üretilir, süper markete konulur. Süper marketteki stok adedi tampon ve güvenlik stok adedini içermez.

Gelecek durum haritasında kullanılabilecek bazı geliştirme metotları şunlardır:

- 5S
- Bir dakikada kalıp değiştirme teknikleri
- Otonom bakım
- Metot analizi ve iş standartlaştırma

Uygulama takım üyeleri müşteri talebini karşılamaya yardım edecek en uygun metodun seçilmesi için araştırma yapmalıdırlar. Geliştirme sembolleri gelecek durum haritasındaki değer akışı kesinlik kazandıktan sonra haritaya yerleştirilmelidir. Çünkü bazı operasyonların birleştirilmesi yada kaldırılması kararlarının alınmasıyla süreç yerleşim planında önemli değişiklikler görülebilir.

2.1.2.2 Akışa odaklanma

Bu adımda sürekli bir akış sağlayacak elemanların planlanması ve haritalandırılması yapılmaktadır. Amaç, gelecek durum haritasının aşağıdaki soruları cevaplayan kısmını çizmektir.

- Değer akışının nerelerinde sürekli akış uygulanabilir?
- Akışın hangi seviyesine ihtiyaç duyulmaktadır?
 - o Tek parça akışı
 - o Küçük parti akışı
 - o Hücre dizaynı(Hangi tip hücre?)
- Bir sonraki operasyonun üretimi nasıl kontrol edilecek?
 - o Proses içi süper market
 - o Kanban
 - o FIFO
- Sürekli akışı sağlamak için başka hangi geliştirme metotları kullanılacak?
 - o Bir dakikada kalıp değiştirme
 - o Otonom bakım

2.1.2.3 Düzgünleştirmeye odaklanma

Gelecek durum haritasının son adımında, üretimi düzgünleştirecek elemanlar haritaya eklenmelidir. Amaç, gelecek durum haritasının aşağıdaki soruları cevaplayan kısmını çizmektir.

- Hangi çeşit kanban kartları kullanılacak?
- Kanban kartları nasıl dağıtılacak?
- Sürecin hangi kısmında üretim gereksinimleri çizelgelenecek?
- Heijunka kutusu kullanılacak mı?
- Malzeme taşıyıcısının rotası ne olacak?

2.2 Üretim Düzgünleştirme

Mükemmel bir üretim ortamında, talep değişkenliği ne kadar büyük olursa olsun bütün operasyonlar bu değişime kolaylıkla, hızlıca aynı zamanda işçi sayısında ve diğer maliyetlerde en az değişimle cevap verilebilir. Ama böyle bir üretim ortamı gerçek olamayacak kadar mükemmeldir bu yüzden üreticiler talebin artışına en kısa sürede cevap verebilmek için gerçek talebin üzerinde üretim yaparlar, stoklu çalışırlar veya işçi ve ekipman sayılarını ihtiyaçtan daha fazla tutarlar. Önceliği olan ürünlerin üretim talebi üretim programı yapıldıktan sonra gelince üretim akışı değişir, üretim sistemi kaosa sürüklenir ve sistem süreç içi envanterlerle tıkanır. Her ne kadar günümüzde; grup teknoloji, hücreli üretim, değişken çalışma zamanları, azaltılmış hazırlık süreleri, (cross trained workers) birden çok operasyonda çalışabilen eğitilmiş işçiler çalıştırmak gibi üretimde esnekliği sağlayan metotlar kullanılsa da üretim programının değişmesi her şeye rağmen büyük maliyetler getirir. Bu yüzden düzgün bir üretim akışının ve bu akışı belirleyen düzgünleştirilmiş bir programın olması arzulanır (Nicholas,1998).

Fabrikalar farklı parti büyüklüklerine sahip olan farklı ürünler üretirler. Model değişimlerdeki sıklık ve değişen parti büyüklükleri üretim bölümlerinin ve iş merkezlerinin iş yüklerinin günden güne değişmesine neden olur. Çizelge 2.2’de görüldüğü gibi A,B ve C ürünlerinin akışları benzer olsa bile çevrim süreleri ve diğer karakteristik özellikleri, örneğin kullanılan malzemeler gibi, değişeceğinden her iş gününe düşen iş yükleri dalgalı olmaktadır. Bu dalgalanmanın ana nedeni, yönetimin talebe birebir cevap verebilme isteği, yani stoksuz ve esnek bir üretimi gerçekleştirebilme isteğidir.

Çizelge 2.2 : A,B ve C ürünleri için günlük üretim programı

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A																									
B																									
C																									

Son ürüne ait üretim programındaki bir değişikliğin ham maddeye yakın olan süreçlere ve tedarikçilere etkisi büyük bir dalgalanma gibidir. Bu dalgalanmayı sönümlemenin en genel ve yaygın olan yolu tampon stok taşımaktır. Bu fazladan üretilen ürünlerin diğer bir getirisi de normalin ya da beklenenin altında bir talep geldiğinde de üretim akışının devam etmesidir. Bu yöntemin sakıncaları yüksek miktarlardaki süreç içi ve bitmiş ürün stoklarının oldukça maliyetli olması, bu stokların sorunların üzerini kapatması ve böylece problemle yüzleşmeyi ve çözmeyi engellemesidir. Talepteki dalgalanmalarla başa çıkabilmenin çok daha az maliyetli olan yolu ise son ürüne ait olan üretim programında yapılacak olan düzgünleştirme çalışmasıdır. Bu durumda ürünler rutin ve sabit parti büyüklükleri ile üretilirler.

Çizelge 2.3 : A,B ve C ürünleri için düzgünleştirilmiş günlük üretim programı 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A																									
B																									
C																									

Çizelge 2.4 : A,B ve C ürünleri için düzgünleştirilmiş günlük üretim programı 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A																									
B																									
C																									

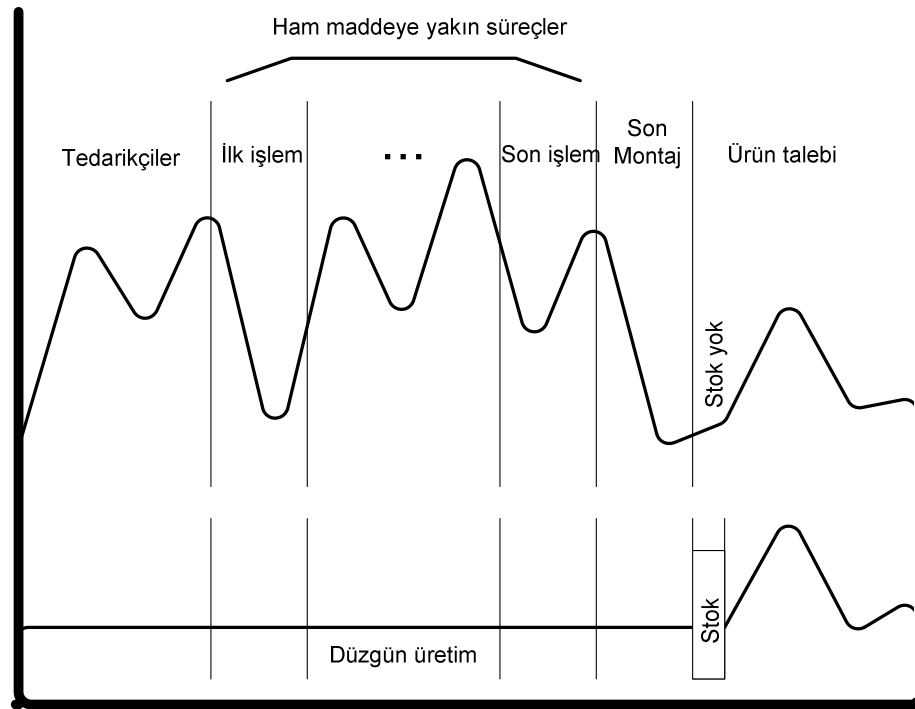
Çizelge 2.3'te ürünler 8 günde bir başa dönen ve sabit parti büyüklüklerine sahip bir üretim programı ile çizelgelenmişlerdir. Çizelge 2.4'te ise ürünlerin parti miktarları azaltılarak üretime girme sıklıkları arttırılmış ve 4 günde bir başa dönen üretim programı görülmektedir. Burada 4 günlük iş yükleri eşittir ve bu duruma ham maddeye yakın süreçlerin ve tedarikçilerin ayak uydurmaları planlarını buna göre yapmaları üretim programının sıklıkla değiştiği bir ortama göre çok daha kolaydır. Daha düzgün bir üretim ise günlük bazda veya saatlik bazda yapılacak olandır. Böylece daha az süreç içi envanter, daha küçük temin süresi ile çalışılacaktır. Düzgünleştirilmiş üretim operatörlere değişen programa nasıl ayak uyduracaklarını ve değişimleri nasıl organize edeceklerini düşünmek yerine ellerindeki işe daha çok odaklanmalarını sağlar ve böylece yaptıkları asıl işi nasıl geliştirebileceklerine zaman ayırırlar (Nicholas,1998).

2.2.1 Üretimi düzgünleştirmeden önce yapılması gerekenler

Üretim düzgünleştirmenin pratik olarak uygulanabilmesi için düzgünleştirme öncesinde yapılması gereken veya sağlanması gereken şartlar vardır. Bunlardan birincisi sürekli ve dengeli bir talebin olması şartıdır ki bunu üretim yapan organizasyon değiştiremez ve kontrol edemez. Diğer iki şart ise organizasyonun yapabileceği ve yapması gereken durumlardır ve bunlar kısa hazırlık sürelerinin olması ve üretim adedinin talebe eşitlenmesidir.

2.2.1.1 Sürekli ve dengeli bir talep

Üretimi düzgünleştirebilmek için bir miktar bitmiş ürün stoku tutmak gerekir. Bu stok işletmedeki bütün proseslerin talep dalgalanmalarından etkilenmesini engelleyecek ve sabit üretim seviyesinin korunmasını sağlayacaktır. Bu durum Şekil2.3’de şema tize edilmiştir.



Şekil 2.3 : Üretim düzgünleştirmenin ve bitmiş ürün stokunun tedarikçilere ve ham maddeye yakın süreçlere olan etkisi

Bitmiş ürün stoku tutmak ancak talebin sürekli olduğu sistemlerde uygulanabilir bir yöntemdir. Eğer talep sürekli değilse yapılan bitmiş ürün stoku çok uzun süreler bekleyebilir. Talebin sürekli olduğu durumlarda tutulan bitmiş ürün stokunun maliyeti, azalan süreç içi stoklarla hatta bitmiş ürün stoku dışında oluşan bütün stokların azalmasıyla azalan maliyet ile birbirini karşılayacaktır. Bütün bu stokların minimize edilmesi hatta yok edilmesi için organizasyonun talepleri yönetebilmesi gerekir. Talebi yönetmenin bir yolu, müşterileri sınıflandırmaktır. Birinci sınıfta, yüksek miktarlarda talebi olan ve özel işlem (özel hazırlık süreleri veya operasyonlar) gerektirmeyen akışa sahip ürünler isteyen müşteriler; ikinci sınıfta önemli miktarlarda talebi olan ve büyük ölçüde üretimin olağan akışına uygun ürünler isteyen müşteriler ve üçüncü sınıfta da az miktarlarda çok seyrek sipariş veren ve işletmedeki olağan iş akışına çok az uyan veya bu akışı bozabilecek elemanlar içeren ürünlere talep eden müşteriler yer alabilir. İlk iki sınıftaki müşteriler en çok istenenlerdir ki genelde tüm müşterilerin %20 - %40'ını oluştururken satışların %79-%90'ının yapıldığı müşterilerdir. Bu yüzden talebin en yüksek olduğu dönemlerde birinci ve ikinci sınıftaki müşterilerin talebine öncelik verilmelidir ama düşük sezonda üçüncü sınıfta yer alan müşterilerin talepleri de karşılanmalıdır. Bu müşteriler aynı zamanda anlık taleplerden ziyade uzun dönemli ve değişmeyecek olan siparişler verirler bu nedenle de bitmiş ürün stokunun seviyesi de düşük olacaktır.

2.2.1.2 Kısa hazırlık süreleri

Bir ürünün üretiminden diğerine geçişte harcanan zaman azaltılmalıdır. Çünkü uzun hazırlık süreleri bir iş gününün çoğunu alarak asıl üretime daha az zaman bırakmaktadır. Aynı zamanda uzun hazırlık süreleri büyük parti büyüklerindeki üretimi beraberinde getirmektedir ki bu da istenen sevideki düzgün üretimi gerçekleştirmeyi engellemektedir. İdeal hazırlık süresi 10 dakikanın altındaki sürelerde gerçekleşendir ama 30-60 dakika arasındaki süreler de ürünlerin çeşitliliğine, bir iş günündeki çalışma saatine göre kabul edilebilir seviyededir.

2.2.1.3 Üretim = Talep

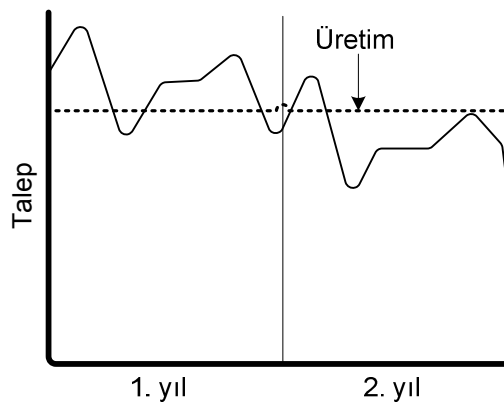
Üretim çevrim süresi ve parti büyüklüklerinin miktarı ortalama gerçek talebi karşılayacak şekilde organize edilmelidir. Her bir üretim çevriminin amacı maksimum çıktıyı elde etmek değil, sadece talebi karşılayacak kadar üretim yapmak olmalıdır. Ayrıca belli aralıklarla önceden belirlenen üretim adetleri değişen talebe göre revize edilmelidir.

2.2.2 Ana Üretim Programının Düzgünleştirilmesi

Organizasyon genelinde düzgün üretimi zorlamanın yolu ana üretim programını düzgünleştirmektir. Üretim düzgünleştirme konsepti ürünler için bir üretim periyodu için sabit üretim miktarlarını belirlemek ve bu şekilde üretim yapmaya dayanmaktadır.

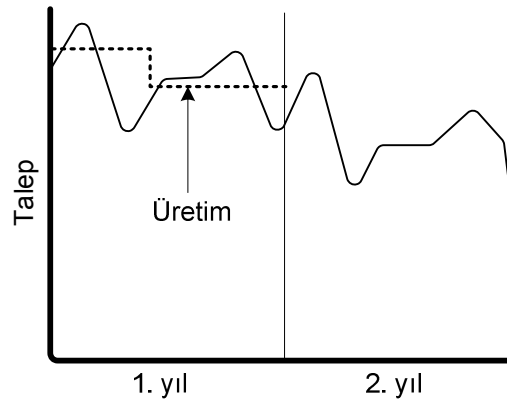
2.2.2.1 Bir ürün ailesinin üretimini düzgünleştirme

Üretim düzgünleştirilirken, üretim periyodu mümkün olduğunca uzun tutulmalıdır. Ama belli bir dönem boyunca tek seviyede üretim yapmak da uygun olmayabilir. Bu nedenle düşük sezon yüksek sezon gibi mevsimsel bir talebi olan ürünlerde belirgin artış ve azalışların olduğu dönemler için başka seviyelerin belirlenmesi gerekir. Şekil 2.4'te 2 yıllık sürekli bir talep için bir seviyede üretim düzgünleştirme yapıldığı görülmektedir.



Şekil 2.4 : 2 yıllık bir üretim periyodu için yapılmış düzgün üretim

2 yıllık bir üretim periyodu için yapılan düzgünleştirme öncelikle 3 nedenden dolayı uygun gözükmemektedir. Bunlardan birinci, 1. yılın ortalama talebi üretim seviyesinin üstündedir bu nedenle başlangıçta talebi karşılamak için büyük miktarlarda stok tutmak gerekecektir. İkinci nedeni de ikinci yılın ortalama talebi üretim seviyesinin altında kalmasıdır. Talebin 2. yılda azalma eğilimi göstermesi ve oluşacak bitmiş ürün stokunun satılamama riski nedeniyle de sakıncalıdır. Üçüncü neden ise, 2. yıl için yapılan talep tahminlerinin birinci yıla göre daha az gerçekçi olmasıdır. Çünkü talep tahminleri zaman eksenini uzadıkça daha az güvenilir olurlar. Şekil 2.5'te ise sadece birinci yılın üretimi düzgünleştirilmiştir. Ve bu düzgünleştirme 2 seviyede yapılmıştır, böylece ilk talebi minimum stokla karşılanmış ve düşük sezonda da daha az stok seviyeleriyle üretime devam edilmiştir.



Şekil 2.5 : 1 yıllık bir üretim periyodu için yapılmış düzgün üretim

Örnekten de anlaşılacağı gibi üretimi düzgünleştirmek için sadece ortalama gerçek talep kadar çizelgelemek doğru değildir. Aynı zamanda mevsimsellik, ilk talebi ve en yüksek talebi karşılamak ve ilgili üretim periyodu boyunca toplam stok miktarı da dikkate alınmalıdır. Üretim düzgünleştirmenin amacı üretim seviyesini mümkün olduğunca sabitlemek olsa da, mevsimler veya aylar arasındaki talep değişimlerini de dikkate alarak mevsimsel veya aylık bazda ortalama gerçek talep üretim seviyesine eşitlenmelidir. Aylık toplam talebin aylık net iş günü sayısına bölünmesi ile günlük üretim adetleri belirlenir. Eğer bir ay içerisinde haftalarda da ya da belli periyotlarda da talep dalgalı ise yine o ay içinde üretim seviyeleri oluşturulmalıdır.

2.2.2.2 Birden çok ürün ailesinin üretimini düzgünleştirme

Bir ürün ailesi için takip edilen yol birden çok ürün ailesi için yapılır. Bir üretim periyodunda her üründen eşit miktarlarda üretimin gerçekleşmesi hedeflenir. Üretim düzgünleştirmenin pratikte başarılı olabilmesi organizasyondaki satış, pazarlama, finans, mühendislik ve üretim bölümlerinin katılımını gerektirir. Örneğin pazarlama bölümünün promosyona yönelik faaliyetlerini üretim kapasitesini satış imkanlarını göz önüne alarak yapması beklenir. Talep değişkenliğini arttıracak faaliyetlerden kaçınılmalıdır. Satış bölümünün, her müşteri talebinin üretim çizelgesine olan etkisini iyi bilmesi özellikle yüksek sezonda normalden daha çok sorgulayıcı ve seçici olması beklenir. Pazarlama ve satış stratejilerinin ve faaliyetlerinin talep dalgalanmalarına büyük ve doğrudan etkilerinin olduğu söylenebilir. Karma üretim sistemlerinde ürün geliştirme bölümünün de daha düşünceli olması ve parçaların ürünlerde daha az farklılık göstermesi yönünde çalışması, bu parçaları mümkünse ortaklaştırması gerekir.

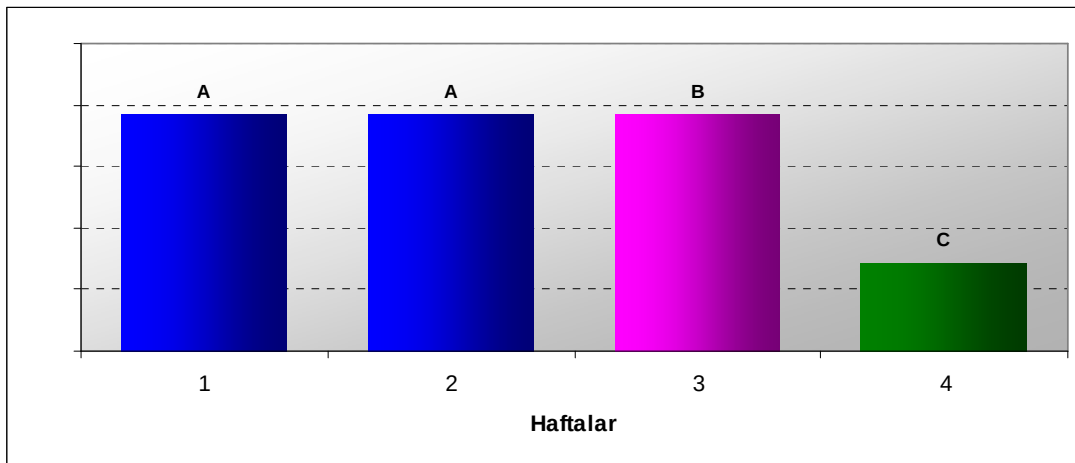
2.2.3 Çekme üretim sistemlerinde üretim düzgünleştirme

Üretim düzgünleştirme, daha önceden bahsettiğimiz 3 şartı sağladıktan sonra her hangi bir üretim sisteminde uygulanabilir. Ama çekme sistemlerinde, üretim düzgünleştirme kendi başına bir gerektir. Çekme sistemleri sadece talep düzgün ve dengeli olduğunda iyi çalışırlar.

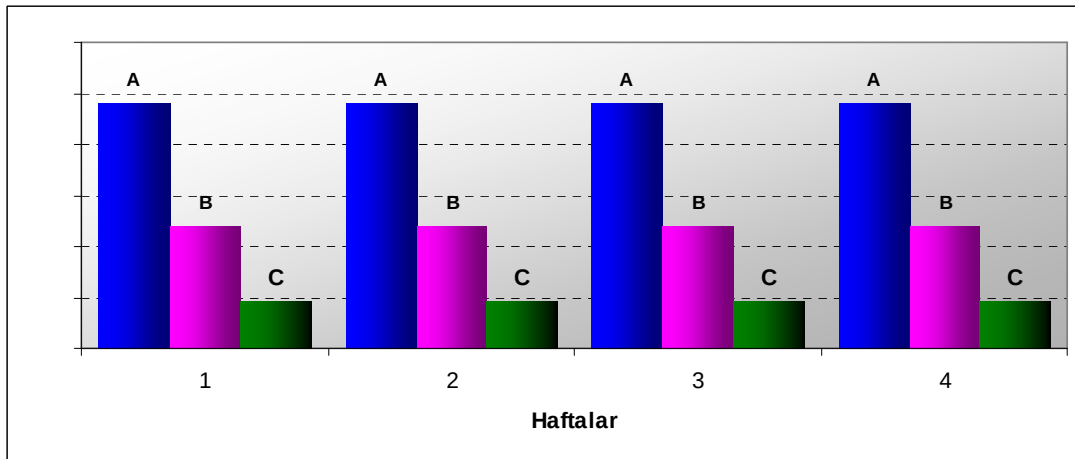
İtme sistemi ile çalışan bir organizasyonda her iş merkezi (üretim aşaması) için ayrı bir üretim programı hazırlanır. Ama çekme sistemlerinde son üretim aşaması için hazırlanan tek bir üretim programı ile tüm sistem çalışır ve bu son üretim aşaması genelde son montaj hattıdır. Son montaj hatları, ham maddeye yakın üretim aşamalarında ve yan montaj istasyonlarında üretilen yarı mamullerin bir araya getirildikleri yerlerdir. Bu yüzden kullanılan üretim programına son montaj üretim programı adı da verilir. Birden çok çeşitte ürünün üretildiği çekme sistemlerinde her ürünün kendine ait günlük üretim temposunun ve montaj hattının olması idealdir. Ama genelde her ürün için ayrı bir montaj hattı yatırımı yapılmaz ve bir montaj hattında birden çok çeşitte ürün üretilir. Ardışık olarak birbirinden farklı ürünlerin üretilbildiği sistemlere karma üretim sistemleri (Mixed-model production) adı verilir.

Karma üretim sistemlerinde farklı ürünlerin partiler halindeki üretimleri değil ardışık sırada talep edilen oranlarda üretilmesi tercih edilir. Böylece ham maddeye yakın prosesler ve tedarikçiler için dengeli ve düzgün bir talep yaratılmış olur. Son montaj bandındaki büyük partiler halinde yapılan üretim bu bandı besleyen diğer iş merkezlerinde de büyük partiler halindeki üretimi tetikleyeceğinden süreç içi stok miktarlarındaki artış kaçınılmaz olur. Parti büyüklüklerinin azalmasıyla birlikte üretimin daha düzgün olduğu Çizelge 2.5, Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7’de görülmektedir.

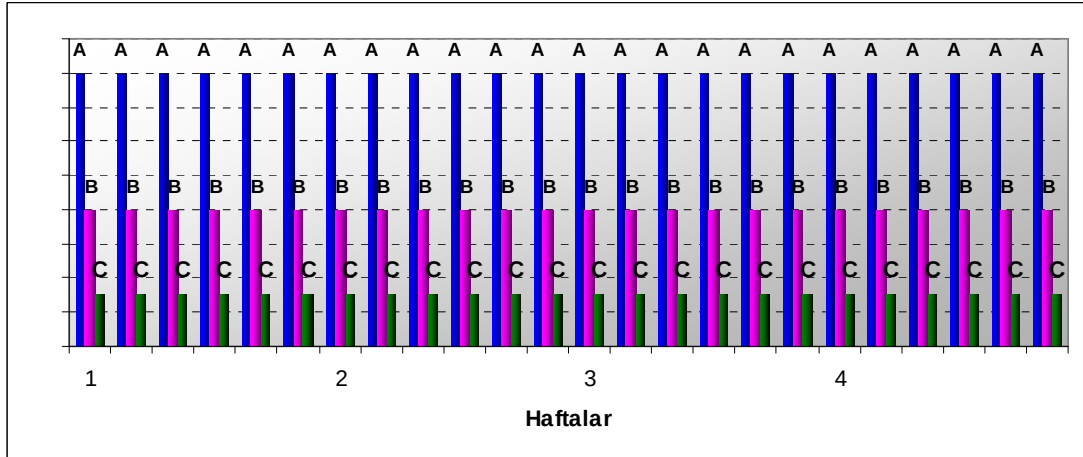
Çizelge 2.5 : Parti miktarının üretim düzgünleştirmeye olan etkisi 1



Çizelge 2.6 : Parti miktarının üretim düzgünleştirmeye olan etkisi 2



Çizelge 2.7 : Parti miktarının üretim düzgünleştirmeye olan etkisi 3



Teorik olarak en düzgün üretim çizelgesi tek parçalık parti büyüklükleriyle sağlanabilir. Tek parçalık parti büyüklüğü demek, önce bir tane A sonra B sonra C ve sonra yine bir tane A ürününün üretilmesi yani ABCABC... sıralamasıyla üretim yapılması demektir. Bu sıralama son montaj bandındaki operatörlere hangi ürünleri hangi sıra ile üretmeleri gerektiğini anlatır ve çekme sisteminin çalışması için gereken tek üretim programı da budur.

2.2.3.1 Üretim sıralamasının belirlenmesi

Eğer ürünlere olan talep farklı oranlarda ise üretim sıralaması bu oranlardan elde edilir. Aylık talebin A ürününe 4000, B ürününe 2000 ve C ürününe de 1000 adetlik talebin olduğu üretim sistemi için 3 aşamada üretim sıralaması aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

1. Günlük üretim talebi belirlenir

Aydaki çalışma günü sayısının 20 olduğu varsayılırsa, A,B ve C ürünlerine olan günlük talep sırasıyla 200, 100 ,50 ve toplamda 350 adet ürün olacaktır.

2. Tekrar sırası belirlenir

Karma üretim sistemlerindeki sıralama yapılırken (1) üretim talebine maksimum uyum ile (2) en karma sıranın oluşturulması amaçlanır. Bu iki amacı sağlamak için öncelikle günlük ürün taleplerinin en büyük ortak böleni bulunur. Örnekte en büyük ortak bölen 50'dir. Günlük üretim talepleri bu en büyük ortak bölen ile bölündüğünde oranlar A,B,C ürünleri için sırasıyla 4:2:1 olacaktır. Her bir tekrarlama sırası 7 birimden oluşacaktır ve bu 7 birimin 4 tanesi A, 2 tanesi B ve 1

tanesi de C ürünü olacaktır. Bu 7 birimlik sıralamanın günde 50 defa tekrar edileceği unutulmamalıdır.

3. Tekrarlama sırası içindeki ürün sıralamalarının belirlenmesi

AAAABBC bir tekrarlama sırası örneğidir. Ama aynı zamanda bu sıraların içinde en az düzgün olanıdır çünkü A ürünün bütün üretimleri art arda gelmiştir. AABABAC alternatifi ise önceki sıralamaya göre çok daha düzgündür.

Bütün sistemlerde en karma sıranın en iyi performans sağlayan sıra olduğu söylenemez. Örneğin, hazırlık sürelerimiz talebi karşılamak için hesaplanan çevrim süresinde bir hazırlık yapmaya elverişli olmayabilir. Ya da ürünler bandın sonunda ikişer ikişer paketleniyorsa AAAAAAABBBBCC sıralaması daha uygun olabilir. Böylece ilk üretilen C ürünü paketlenmek için ikinci olarak üretilen C ürünü beklemek zorunda kalmaz.

Ürün talepleri genelde bir tamsayının katı olan yuvarlanmış sayılar değildir. Örneğin bir ürün talebi 213 ise, günlük talep 200 imiş gibi hesap yapılır ve bu 13 adetlik kalan üretim günün başında veya sonunda üretilerek karşılanabilir.

Talep edilen ürün çeşidi çok fazla ise, ideal sıralamayı bulmak yukarıda anlatılan yöntemle zor olacaktır. Bunun için bilgisayar programlarından yararlanılabilir (Nicholas,1998).

2.3 Çekme Üretim Sistemleri

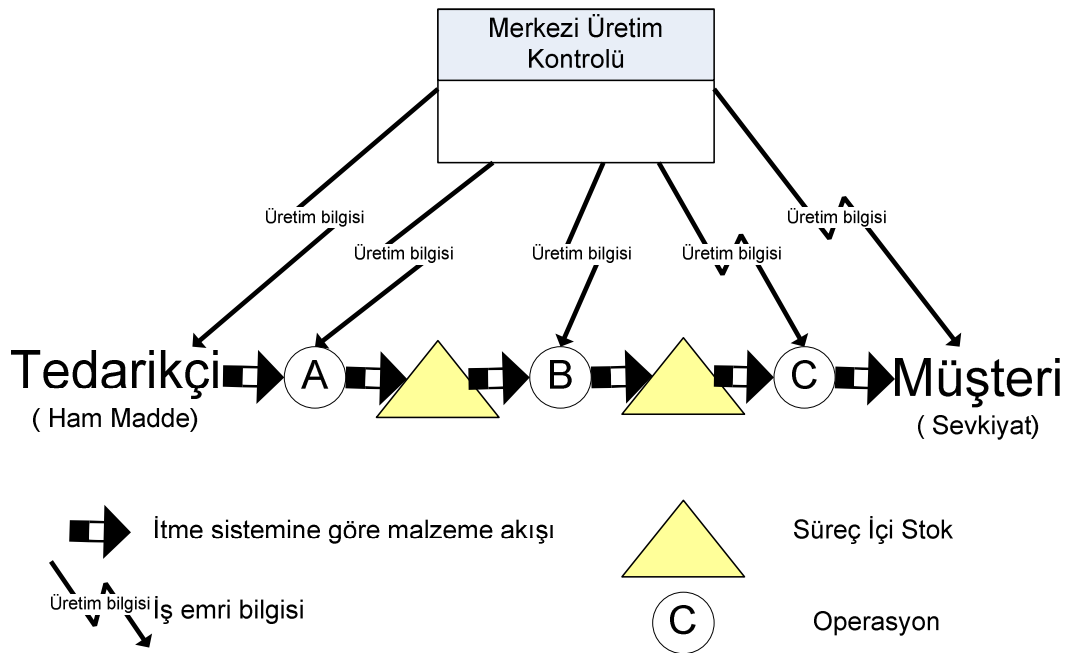
Bir üretim sistemi birbiriyle koordine çalışan bir çok prosten oluşur ve bu proseslerin işlemesi için gereken ham madde veya yarı mamulün doğru miktarlarda doğru yerde doğru zamanda bulunması gerekir. Bu üretim kontrol fonksiyonu oldukça önemlidir çünkü sistemde beklenmeyen duruşlar, arızalar, devamsız operatörler, üretim kısıtları ve daha bir çok nedenden dolayı proseslerde kullanılacak olan malzemelerin miktarları ve kullanılacağı zamanlar değişkenlik gösterir. Bu değişkenlikle başa çıkabilmenin bir yolu prosesler arasında fazladan malzeme stoklamaktır. Ama bir organizasyonda bir çok malzeme ve bir çok üretim prosesi olduğundan bu stok çok yüksek seviyelerde olabilir. Taiichi Ohno, Toyota üretim sistemleri üzerine çalışırken üretim kontrolünü bu fazladan tutulan stoklar olmadan sağlamanın yollarını düşünmüştür. Sonunda Amerika'daki süper marketlerdeki işleyişi gözlemlemiş ve buradan esinlenmiştir. Amerika'daki tüketiciler evlerinde

çok miktarda yiyecek stoku varsa markete daha seyrek uğradıklarını ve evde hangi malzemeden ne kadar gerekiyorsa o kadar alış veriş yaptıklarını görmüş. Yani aynı malzemeden fazla stok tutmuyorlar ve gerekli olmayan malzemeden temin etmiyorlar. Aynı şekilde süper market sorumluları da sadece müşterilerin boşalttığı rafları doldurarak akışı sağlıyorlar. Yani gerçek müşteri marketten ihtiyacı olan malzemeyi ihtiyacı olan miktarda çekerek sistemi tetiklemiş oluyor. Çekme üretim sisteminin konsepti de bundan ibarettir (Nicholas,1998).

2.3.1 Üretim Kontrol Sistemleri

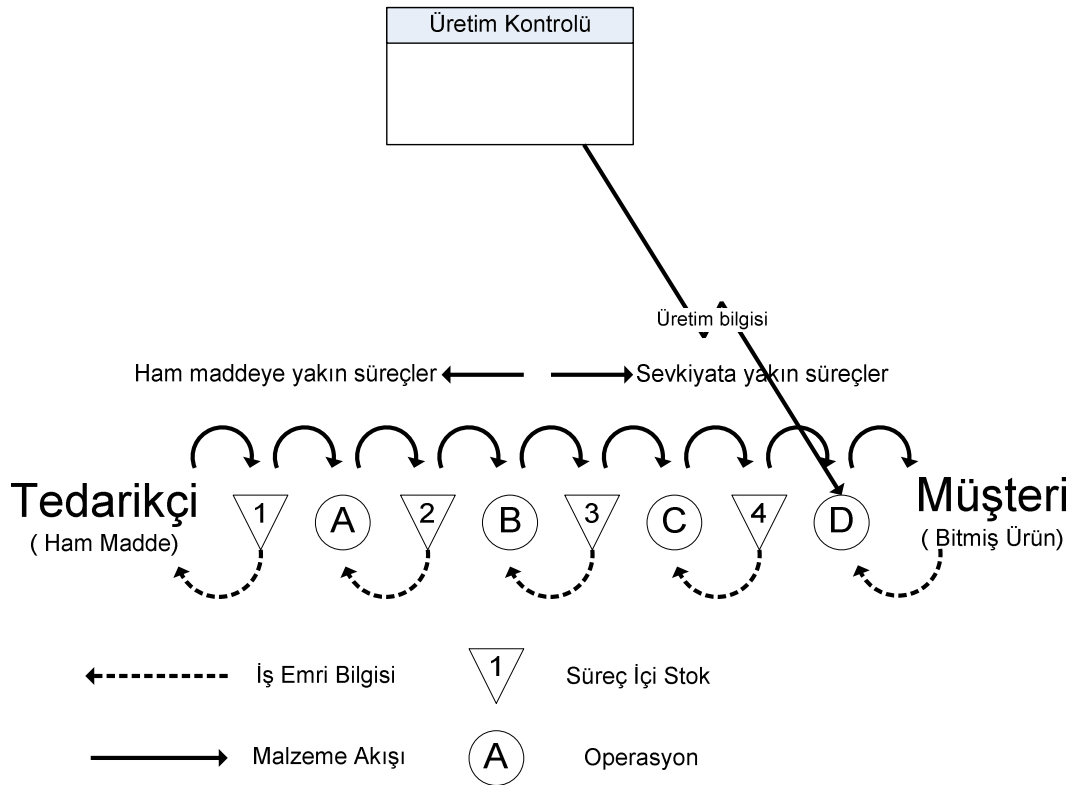
Üretim kontrol sistemleri genel anlamda iki ana grupta incelenebilir. Bunlar itme sistemleri ile yukarıda ortaya çıkışı anlatılan çekme sistemleridir.

İtme sistemleri çizelge esaslı bir sistemdir. Ürünlere gelen talep için bir plan yapılır ve bu talebi karşılamak için de bir çizelge yapılır. Bu çizelge de üretimi iter. Talepler ileriye yönelik olarak tahmin edilir ve yanlış tahminler fazla stok veya müşteri talebine cevap verememe sorunlarını doğurur. İtme sistemlerinde merkezi bir üretim kontrolü söz konusudur. Malzeme ihtiyaç planlaması ve üretim kaynakları planlaması tanınmış birer itme sistemidir. Burada her süreçteki güncel imalat verilerinin merkezi sisteme aktarılması gerekir ve bu bilgilere dayanılarak merkezi sistemden gerekli yönlendirmeler yapılır. Çizelgenin güncelleştirilerek itilmesi sağlanır. İtme sisteminin yapısı Şekil 2.6'da gösterilmiştir (Durmuşoğlu,2005).



Şekil 2.6 : İtme sisteminin yapısı

Bir çekme sistemi talep ile üretimi birleştirir. Genellikle son ana montaj bandı veya darboğaz niteliğindeki bir süreç veya hücre talebe göre günlük olarak çizelgelenir. Yani sadece son ana montaj bandı veya darboğaz niteliğindeki hücre veya süreç merkezi kontrolden iş emri almakta, sistemin diğer süreçleri ise iş emirlerini kanban (Japonca kart anlamına gelir.) bilgi akış sistemi ile akmaktadır. İş emrinin gönderildiği hücreye İngilizce’de “pacemaker” ismi verilir. Kanban sistemi yardımıyla pacemaker hücre tükettiği kadar parçayı, parçanın üretildiği hücrelerden çeker. Parçası çekilen hücre ise kendisinden çekilen miktar kadar parçayı üretmek zorundadır. Bu çekme sistematığı ham maddeye kadar olan süreçlerde geriye doğru işler. Böylece merkezi kontrol birimi ile üretim sahasındaki iletişim azaltılarak sistem basitleştirilmiş ve sistemin etkinliği artırılmıştır (Durmuşoğlu,2005).Çekme sisteminin yapısı Şekil 2.7’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.7 : Çekme sisteminin yapısı

2.3.2 Kanban sistemi

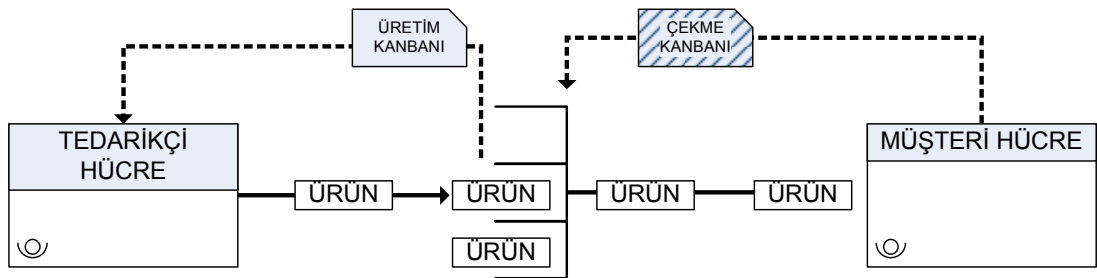
Tam zamanında üretim sistemleri için kullanılan kanban sistemi hücrelerdeki üretim miktarlarını uyumlu olarak kontrol eden bir bilgi – iletişim sistemidir. Sistemde genellikle dikdörtgen biçimli plastik, karton veya metal olan üzerinde bilgiler taşıyan

kartlar kullanılır. Genel anlamda kanban üzerinde yer alan bilgiler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Kullanıldığı yer (Stok orijin noktası, tüketim noktası, taşıma yolu)
- Parça numarası
- Parça adı
- Parça tanımı
- Kanban numarası (Kanban tanımlama numarası)
- Parça sayısı / Kanban (Ana parçanın her birimi için bu kanban tarafından siparişi açılan parça miktarı)
- Kanbanın düzenli olarak konulduğu kutunun tanımlayıcı kod numarası veya ismi
- Kanbanın teslim edileceği iş istasyonunun yeri (Kod numarası veya tanımı)

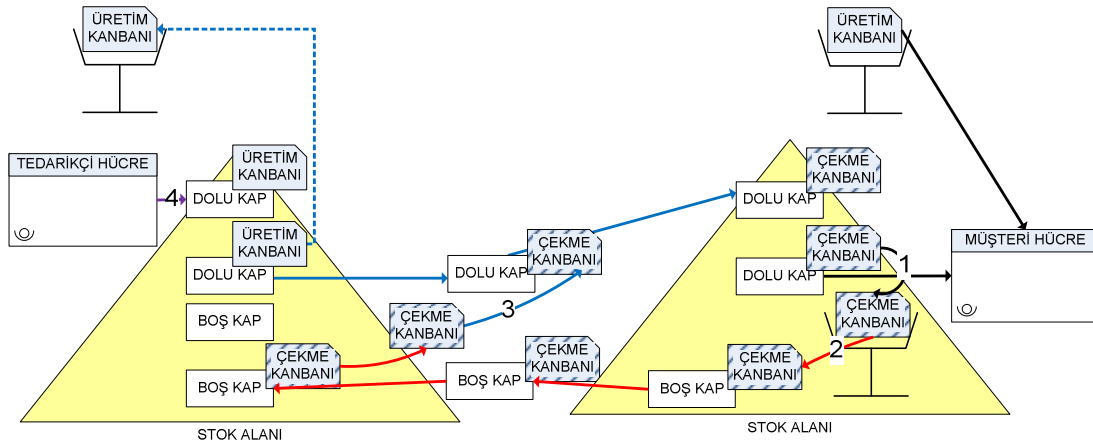
Kanbanlar kullanıldıkları yere veya amaca göre isimlendirilirler. Temel olarak iki çeşit kanban vardır: Çekme kanbanı (ÇK) ve üretim kanbanı (ÜK).

ÇK önceki hücrenin sonraki hücreden çekmesi gereken ürünün çeşidini ve kalitesini; ÜK ise bulunduğu hücrenin üretmesi gereken ürünün çeşit ve miktarını belirler. ÇK hücreler arasında hareket ederken, ÜK yalnız kendi hücresinde hareket edebilir. Bu iki kanbanın birlikte çalıştığı sistemlere süper market çekme sistemi de denir. Sistemin çalışma şekli Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8 : Süper market çekme sistemi

Tedarikçi hücre ile müşteri hücre birbirinden uzak noktalarda ise sadece tedarikçi hücre çıkış noktasında değil müşteri hücrenin giriş noktasında da bir stok alanı oluşturulmalıdır.



Şekil 2.9 : Çift kart kanban sistemi

Şekil 2.9’da iki stok alanı olan kanban sistemindeki iş akışı gösterilmiştir. Sistemin başlama noktası müşteri hücrenin stok alanıdır. ÇK buradaki X parçaları ile dolu olan kaptan alınarak ÇK toplama kutusuna konur. Eğer ÜK toplama kutusunda X parçalarına ait bir ÜK mevcut ise bu kart müşteri hücrenin kap içindeki X parçalarını imal etmesi gerektiğini gösterir.

2. adım, müşteri hücrede boş kap varsa X parçasına ait ÇK buraya konularak tedarikçi hücrenin stok alanına geri gönderilir. Çekme kanbanı kaptan ayrılır.

3. adım ise, tedarikçi hücrede X’ e ait dolu kap varsa ÇK buna konulur ve X ile dolu kap müşteri hücrenin stok alanına geri gönderilir. Dolu kap gönderilmeden önce ÜK üzerinden alınır ve ÜK toplama kutusuna konulur, eğer X ile dolu bir kap yoksa kap ile birlikte kanban tedarikçi hücrede yeni bir kap üretilene kadar bekler.

4. adımda da, tedarikçi hücredeki toplama kutusunda X’ e ait bir ÜK varsa ve bu hücrede bir önceki hücreden buraya gelmiş bir kap varsa bu ÜK X parçalarına ait yeni bir kabın üretilmesine işaret eder. X’ e ait kap imal edildikten sonra, ÜK’ lı kap tedarikçi hücrenin stok alanında yer alır.

Bu iki çeşit kanbanın böyle bir zinciri önceki hücrelerde de sürekli oluşturulmaktadır. Kanbanların oluşturduğu zincirin her hücre için hat dengelemeyi gerçekleştirmeye yardım ettiği görülmektedir. Böylece hattın ucundan en uzun çevrim süresine göre çıktı elde edilmektedir.

2.3.3 Kanban sistemindeki kurallar

2.3.3.1 Kural 1

Müşteri hücre, gerekli zamanda, gerekli miktarda, gerekli ürünleri önceki hücreden çekmelidir. Bu kural yerine getirilirken şu koşullar sağlanmalıdır:

- Kanban olmadan herhangi bir çekme yapılmamalıdır.
- Kanban sayısından daha fazla çekme yapılmamalıdır.
- Kanban daima bir fiziksel ürüne iliştilmiş olmalıdır.

Üretimin düzgünleştirilmiş olması, hücrelerin yerleşimi ve işlerin standartlaştırılması da bu kuralın yerine getirilmesinde önemlidir.

2.3.3.2 Kural 2

Tedarikçi hücre, ürünlerini müşteri hücrenin çektiği miktarda üretmelidir. Bu kural için şu iki koşul sağlanmalıdır:

- Kanban sayısından daha fazla üretim yapılmasına engel olunmalıdır.
- Tedarikçi hücrede çeşitli parçalar üretilecekse bu üretimler, her bir çeşide ait kanbanın orijinal teslim edilme sıralarını takip etmelidir.

2.3.3.3 Kural 3

Kusurlu ürünler, sonraki hücrelere kesinlikle taşınmamalıdır. Sonraki hücrelerde kusurlu ürünler belirlendiğinde bu hücrede herhangi bir yedek envanter tutulmadığı için kendi hattını durdurur ve kusurlu ürünleri önceki hücrelere geri gönderir.

2.3.3.4 Kural 4

Kanbanların sayısı minimize edilmelidir. Bir çekme sisteminin etkinliği, her aşamada üretilen ya da depolanan kap sayısı ile ölçülür. Dolayısıyla fazla envanter düşük etkinlik demektir. Talepteki değişkenlik ne kadar az ve temin süreleri ne kadar kısa olursa kanban sayısı da o kadar az olur. Sonraki süreçler ve nihayet son montaj hattındaki düzgün üretim vasıtasıyla talebin düzgünlüğü gerçekleştirilebilir. İşlem sürelerindeki değişkenliğin azaltılması ve proses sürelerinin standartlaştırılması, makine yerleşiminin yeniden düzenlenmesi, hazırlık sürelerinin azaltılması vs. ile her süreçteki temin süresi kısaltılabilir. Ayrıca amirler kanbanları idare ederken

kullandıkları kanban sayıları ile kendi yönetim kabiliyetlerini gösterebilirler. Tam zamanında üretimin ideal durumu ise, her süreçte sadece bir parça üretmek, bir kerede bir birim parça taşımak ve teçhizatla süreçler arasında sadece bir birimi stokta tutmaktır. Bu durumda bitişik iki proses arasında kanban kullanılmasına gerek yoktur.

2.3.3.5 Kural 5

Kanban, salt talepteki düzensiz değişimlere uyarlanarak kullanılmalıdır. Kanban sisteminin ani ve büyük talep değişimlerine karşı uyarlanılabilirliği yoktur. Böyle bir durumla karşılaşıldığında tüm üretim hatları yeniden düzenlenmeli, çevrim zamanları ve ilgili işçi sayıları yeniden hesaplanarak ayarlanmalı, kanban sayıları değiştirilmelidir.

2.3.4 Kanban çeşitleri ve kanban sayılarının bulunması

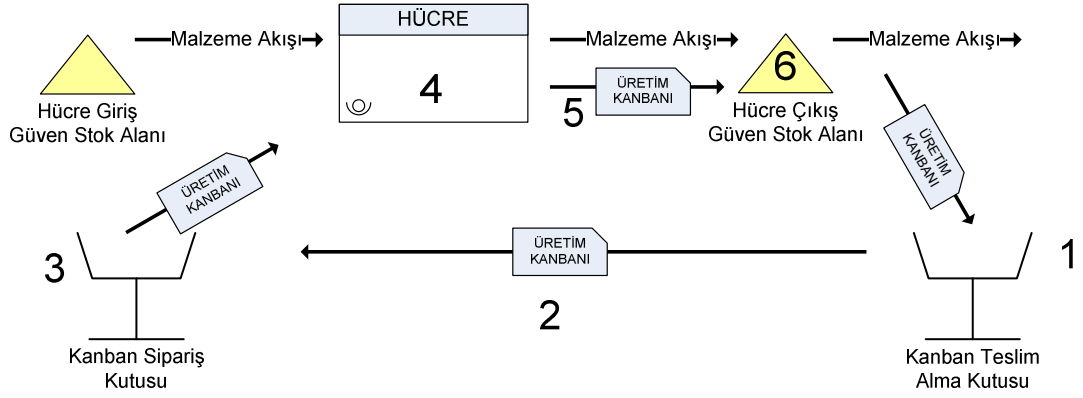
2.3.4.1 Sabit yeniden sipariş miktarlı üretim kanbanı

Her bir parça veya her bir süreç için gerekli kanban sayısını belirlemek için öncelikle hücrenin çıkış güven stok alanında tutulması gereken envanter düzeyinin hesaplanması gerekir. Yani parça üretim siparişinin verilmesi ile güven stok alanından bir parçanın çekilmesi arasında müşteri hücre tarafından tüketilen ortalama parça sayısı aranmaktadır. Tek kanban çevrimi boyunca tüketilen parçalar (2.1)'deki eşitlikle hesaplanabilir:

$$\text{Tek kanban çevrimi boyunca tüketilen parçalar} = \text{Ortalama talep} \times (1 + \alpha) \times \text{Kanban çevrim süresi} \quad (2.1)$$

Gerçek talep genellikle sabit olmadığından güvenilirlik katsayısı (α), formülde kullanılmıştır. α genellikle %10'dan daha az tutulmalıdır ve talebin daha düzgün olduğu zamanlar düşürülmelidir.

Kanban çevrim süresi, bir tam çevrimi tamamlamak için bir kanban tarafından harcanan süredir. Kanbanın bir tam çevrimi Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10 : Malzemelerin ve üretim kanbanlarının akışı

Malzemelerin ve üretim kanbanlarının akışı aşama aşama açıklanacak olursa:

- 1. aşamada, dolu kap hücre çıkış güven stok alanından müşteri hücreye çekildiği zaman, üretim kanbanı kaptan uzaklaştırılarak kanban teslim alma kutusuna yerleştirilir ve burada toplanana kadar bekler.
- 2. aşamada; kanban, kanban teslim alma kutusundan hücre giriş güven stok alanındaki kanban sipariş kutusuna transfer edilir.
- 3. aşamada ise kanban, kanban sipariş kutusunda diğer üretim kanbanlarının arkasında bekler. Kuyruk, ilk gelen ilk çıkar şeklinde çalışmaktadır. (FİFO: First in first out)
- 4. aşamada da, kanban üretim sipariş kutusundan alınır ve boş bir kaba iliştilir. Hücredeki makinalar hazırlanır. Kanban tarafından gösterilen işlenecek parça sayısı (kap büyüklüğüne eşittir) hücre giriş stok alanından çekilir, parçalar işlenir ve tamamlandıktan sonra kanbanlı boş kaba yerleştirilir.
- 5. aşamada, kanbanlı dolu kap hücre çıkış güvenlik alanına sevk edilir.
- Kap, müşteri hücre tarafından çekilene kadar bekler ve çevrim sona erer.

Aşağıdaki formülle (2.2) kanban çevrim süresi hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} \text{Kanban çevrim süresi} = & \\ & \text{teslim alma kutusunda kanban bekleme süresi} + \\ & \text{sipariş kutusuna kanban transfer süresi} + \\ & \text{sipariş kutusunda kanban bekleme süresi} + \\ & \text{parti işlem çevrim süresi} + \\ & (\text{işsel hazırlık süresi} + \text{işlem süresi} + \text{hücre içi bekleme süresi}) + \\ & \text{hücre çıkış stok alanına kabın transfer süresi} + \\ & \text{hücre çıkış stok alanında kap bekleme süresi} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Sipariş kutusunda kanbanın bekleme süresi gibi bazı bekleme süreleri, doğrudan hesaplanamaz ve genellikle deneyim ile belirlenir. Bu yüzden başlangıçtaki kart sayısı (2.3)'teki formül uygulanarak tahmin edilir ve ardından hücrenin veya sürecin davranışına göre ayarlanır.

$$\begin{aligned} \text{Kanban sayısı} = & \text{Tek kanban çevrimi boyunca tüketilen parçalar} / \\ & \text{Her kaptaki parça sayısı} \end{aligned} \quad (2.3)$$

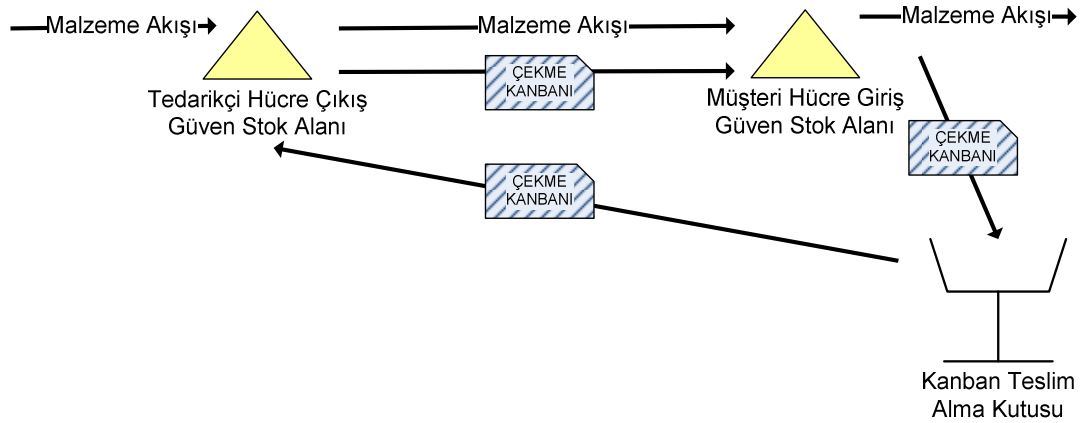
Hücre çıkış güven stok alanında bekleyen çok sayıda envanter varsa, bir veya birden fazla kart uzaklaştırılabilir. Eğer stok boşalma riski varsa kanban sayısı arttırılabilir veya kanban çevrim süresi düşürülür.

Tüm kaplar, aynı parça tipinden aynı miktarı içermesi gerektiğinden, kap büyüklüğü (parti miktarı) sistem davranışını anlamlı bir şekilde etkiler. İdeal durumda kap büyüklüğünün bir adet olması, tüm hücre boyunca düzgün parça akışını sağlar. Bununla beraber bir çok normal üretimde, bu ideal durumu sadece sıfır hazırlık süresinde ulaşılabilir.

İyi bir kap büyüklüğü olarak günlük ihtiyacın %10'u alınabilir ve böylece günlük hazırlık sayısı 10 ile sınırlanmış olur. Bu arada makina hazırlık süresi tek haneli rakamlara (10 dakikanın altına) düşürülmelidir.

2.3.4.2 Sabit yeniden sipariş miktarlı çekme kanbanı

İki kart kanban sisteminin ikinci temel elemanı çekme kanbanıdır. Çekme kanbanı tedarikçi hücre çıkış güven stok alanından, önceden tanımlanmış parça miktarını (sabit yeniden sipariş miktarını) çekmek için kullanılır ve söz konusu parça müşteri hücrenin giriş güven stok alanına çekilir. Parça kapları bir çekme kanbanı olmaksızın tedarikçi hücre güven stok alanını terk edemezler. Çekme kanbanı sadece müşteri hücrede parçalar üretim için gerekli olduğu zaman bir kabı çıkış stok alanından çeker. Çekme kanbanının akışı Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11 : Malzemelerin ve çekme kanbanlarının akışı

İki hücre arasındaki mesafe (ve sonuç olarak temin süreleri), iki hücre arasında ardışık envanter güven stok alanının tutulması gerektiği zaman, çekme kanbanının kullanılması tavsiye edilir. Eğer hücreler birbirine yeterince yakınsa çekme kanbanı kullanmak gerekmez.

İki hücre arasındaki çekme kanbanı sayısı üretim kanbanı sayısının hesabıyla aynı şekilde yapılır. Bir tedarikçi hücre tarafından, bir çok müşteri hücre besleniyorsa veya birçok tedarikçi tarafından bir müşteri hücre besleniyorsa, bu durumlarda ayrı bir kanban sayısı, her bir tedarikçi-müşteri çifti için hesaplanır. İlk önce müşteri hücre güven stok alanında tutulması gereken envanter düzeyinin hesaplanması gerekir. Kap çekme siparişinden, sipariş verilen kabın ilk parçasının gerçek tüketimine kadar olan sürede, müşteri hücre tarafından bir ortalama parça miktarı tüketilir. Bu aralık Şekil 2.11’deki tüm çevrimi tamamlamak üzere bir çekme kanbanının aldığı süreye eşittir (2.1).

Kanban çevrim süresi ise aşağıdaki formülle (2.4) hesaplanabilir:

Kanban çevrim süresi =

$$\begin{aligned} &\text{Teslim alma kutusunda kanban bekleme süresi} + \\ &\text{tedarikçi hücre güven stok alanına kanban taşıma süresi} + \\ &\text{müşteri hücre güven stok alanına kabı taşıma süresi} + \\ &\text{müşteri hücre güven stok alanında kap bekleme süresi} \end{aligned} \quad (2.4)$$

2.3.4.3 Sabit yeniden sipariş miktarlı tedarikçi kanbanı

Sabit sipariş çevrimli tedarikçi kanbanı, klasik çekme kanbanı gibi aynı fonksiyona hizmet eder. Bu kanbanlar ilk tedarikçi hücre güven stok alanından malzemenin (tedarikçinin tamamlamış olduğu ürün envanterinin) çekilmesine izin verir ve müşteri hücrede (firma işlemleri) işlenene kadar ürünleri takip eder.

Tedarikçi görüş açısıyla tedarikçi kanbanları üretim siparişleri olarak görülür. Tedarikçi kanbanı, ürünlerin çekilmesini gösteren sadece bir teyittir. Ortalama olarak çekilen miktar, beklenen talebe eşittir. Tedarikçi, firma ana üretim planlama sistemi ile aylık olarak iletişime girmelidir. Eğer tedarikçi beklenen talebi bilirse, bu sistem gerek tedarikçi ve gerekse firma açısından efektif çalışabilir. Tedarikçi böyle durumda, anlaşılan gecikme süresinde, kısa dönem talep değişimlerine karşı, üretim düzeyine ayarlayabilir.

2.3.4.4 Parti üretimi için sinyal kanbanı

Parti üretimi için sinyal kanbanı, sabit yeniden sipariş miktarlı geleneksel üretim kanbanının bir varyasyonudur. 10 dakikadan az içsel hazırlık sürelerine sahip ve günde birkaç hazırlık ile sınırlı tutulan dışsal hazırlık sürelerine sahip, aynı parçaları büyük miktarlarda üreten süreçler için, sinyal kanbanı tavsiye edilir. Minimal parti miktarı dışsal hazırlık süresi esnasında üretilen parça sayısına eşittir. Parti miktarı, aynı parçanın partileri arasında değişmez olduğu durumda, kabın her biri için bir üretim kanbanı yerleştirmek gerekmez. Sadece bir kanban, sinyal kanbanı üretim emrini vermek için kullanılır. Üretim emri sinyal kanbanına ek olarak bir malzeme emri sinyal kanbanı, depodan ham madde emri vermek için kullanılabilir.

Parti miktarı ve iki sinyal kanbanının pozisyonu, işlenmiş parça envanterinin düzgün yenilenmesini mümkün kılmak için belirlenmelidir. Parti miktarı, her gün ortalama hazırlık sayısının bir fonksiyonu olarak hesaplanır. Örneğin eğer ortalama hazırlık süresi (içsel ve dışsal) iki saat alıyorsa, bu durumda her gün maksimum hazırlık sayısı, iki vardiya uygulaması varsayımı altında, ortalama sekize eşit olur. Minimal parti miktarı (2.5)'teki formülle bulunabilir:

$$\text{Minimal parti miktarı} = \text{Ortalama talep} \times (1+\alpha) / (\text{bir parça için ortalama hazırlık sayısı}) \quad (2.5)$$

Minimal parti miktarı en ekonomik parti miktarıdır. Yani en düşük envanter düzeyini üreten parti miktarıdır. Bu aşamada ayrıca işlenen parça partisindeki üretim sinyal kanbanının pozisyonunu bulmak isteriz. Bu pozisyon yeni bir partinin, yeniden siparişlerinin verildiği zamandaki istenen emniyet stok düzeyidir. Emniyet stoku, partinin en son ürününün teslimi için verilen siparişten bu ürünün stok yerleşim yerine gelene kadar geçen süre aralığı esnasında tüketilen ortalama parça sayısına eşittir. Üretim sinyal kanbanı pozisyonu (2.6)'daki gibi hesaplanabilir. Ve üretim sinyal kanbanının pozisyonu bir tamsayı değeri olmalıdır.

$$\text{Üretim sinyal kanbanı pozisyonu} = \text{Ortalama talep} \times (1+\alpha) \times \text{kanban çevrim süresi} / \text{her kaptaki parça sayısı} \quad (2.6)$$

Kanban çevrim süresi ise şöyle tanımlanır (2.7):

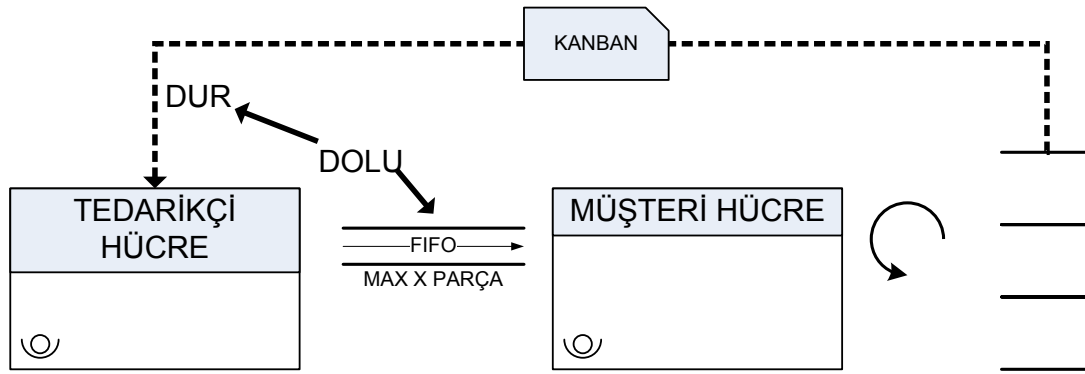
$$\begin{aligned} \text{Kanban çevrim süresi} = & \\ & \text{teslim alma kutusunda kanban bekleme süresi} + \\ & \text{sipariş kutusuna kanban transfer süresi} + \\ & \text{sipariş kutusunda kanban bekleme süresi} + \\ & \text{parti işlem çevrim süresi} \\ & (\text{içsel hazırlık süresi} + \text{işlem süresi} + \text{hücre içi bekleme süresi}) + \\ & \text{hücre çıkış stok alanına kabın transfer süresi} \\ & \text{hücre çıkış stok alanında kap bekleme süresi} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Malzeme emri sinyal pozisyonu da benzer bir yolla hesaplanır. Ham madde siparişi ile yeni üretim emri arasındaki süre gecikmesi esnasında envanterden çekilen işlenmiş parçaların sayısının incelenmesi ile elde edilir. Bu süre gecikmesinin değeri, içsel hazırlık başladığı anda makinada mevcut ham madde durumu esasına göre kurulmalıdır. O zaman gecikme, malzeme emri temin süresi ile sipariştan makina hazırlığına kadar geçen üretim kanban temin süresi arasındaki farka eşittir.

Kanban sistemi sadece bir üretim çizelgeleme sistemi değil, üretim şartlarını geliştirme vasıtasıdır.

2.3.4.5 CONWIP Sistemi

Çekme üretim sistemlerinin ilginç bir çeşidi de CONWIP' tir. CONWIP (Constant Work-in Process), belirli bir bölgede süreç içi stok miktarını sabit tutmak anlamındadır.



Şekil 2.12 : CONWIP üretim sistemi

Şekil 2.12’de de görüldüğü gibi sistemde üretim emrini sadece hücrenin başındaki istasyon alır ve diğer istasyonlar itme sistemine göre çalışır. Kanbanla aralarındaki en önemli fark da budur çünkü kanban sisteminde bütün süreçler arasında kanbanlar kullanılır ve böylece her süreç kendi iş emrini bir önceki süreç veya süreçlerden alır. Eğer sistem sadece 2 süreçten oluşuyorsa, CONWIP ile kanban birbiriyle aynıdır. Kanban hücrenin başındaki sürece (tedarikçi hücreye) gelir ve eğer hücre dolu ise, diğer deyişle maksimum parça sayısına sahip ise kart işleme alınmaz. Süreç içi stok miktarı her zaman sabit kalır.

2.4 MTM (Methods-Time-Measurement)

2.4.1 İş etüdü, metot etüdü ve zaman etüdü kavramları

İş etüdü, metot etüdü ve zaman etüdü teknikleri için kullanılan genel bir terimdir. Zaman etüdü, gelişme olanağı yaratabilmek amacıyla, belirli bir faaliyeti ekonomiklik ve etkenlik yönünden etkileyen tüm kaynakları ve etmenleri dizgesel olarak araştırmaya ve insan çalışmasını geniş kapsamda incelemeye yönelik bir teknik olan iş etüdünün; bir çalışanın, belirli bir işi, belirli bir çalışma hızıyla yapması için gereken zamanı saptamak amacıyla gerçekleştirilen iş ölçümü tekniklerinden bir tanesidir. Tespit edilen bu süre, o işin standart zamanı olarak telaffuz edilir.

Metot etüdü ise daha kolay ve daha etken yöntemlerin geliştirilmesi, uygulanması ve maliyetlerin düşürülmesi amacıyla, bir işin yapılışındaki mevcut ve önerilen yolların dizgesel olarak kaydedilmesi ve eleştirilerek incelenmesidir. Aynı zamanda Üretim hedeflerine uygun yeni yöntemlerin bulunarak uygulanması çalışmalarını da içerir. Metot geliştirme prensiplerini 11 ana başlıkta incelenebilir:

1. Eller ile parça ve/veya malzemelerin tutulması ortadan kaldırılmalıdır.
2. İki elle birden, aynı anda, uyumlu, eşit, ters yönde ve simetrik hareketlerle çalışılmalıdır.
3. Mümkün olduğu kadar vücuda yakın çalışılmalıdır.
4. Bilek, kol ve vücut hareketlerinin yerine el ve parmaklarla çalışma tercih edilmelidir.
5. Hareketlerde ani olarak ortaya çıkan duruş, başlama ve yön değiştirmelerden kaçınılmalıdır.
6. Uygun durumda ayak pedalları kullanılmalıdır.
7. Kendinden tahrikli takımlar kullanılmalıdır.
8. Tutma kollarının, hareket kollarının, basma butonlarının ve çevirme kollarının kullanılabilmesi için tasarım aşamasında özel bir gayret gösterilmelidir. Bunlar hızlı ve kolayca çalışabilmeli ve iyi mekanik avantajlar sağlayabilmelidir.
9. Parçalar ve takımlar uygun şekilde yerleştirilmelilerdir.

10. Yerçekimli beslemeler, düşürerek taşımalar ve iticiler uygun durumlarda kullanılmalıdır.

11. Pratiklik sağlayacak durumlarda aparatlardan yararlanılmalıdır.

Tespit edilen standart zamanları ise;

1. Metot etüdünde

- a. En iyi işlem yöntemlerinin seçilmesi
- b. Yerleştirme planlarının geliştirilmesi
- c. Daha iyi çalışma koşullarının sağlanması
- d. İş gücünün, makinanın ve malzemenin daha etkin kullanılması
- e. İş gücü israfının önlenmesi, yorgunluğun azaltılması

2. Direkt iş gücü ve kapasite planlamasında

3. Mamul ve teçhizat dizaynında

- a. Mamul maliyeti üzerinde alternatif imalat metotlarının etkisinin görülmesi
- b. Mamul imalat maliyeti üzerinde alternatif malzeme maliyetinin etkisinin görülmesi
- c. İmalat yöntemlerinde farklı dizaynın mamul maliyetine etkisinin görülmesi
- d. Teçhizat imalat maliyetini tahmin etme
- e. Alternatif teçhizat imalat dizaynlarının etkisini görme

4. Teçhizat, ekipman seçiminde

- a. Operasyon maliyetini tahmin etme
- b. Teçhizat, ekipman ayar maliyetlerini tahmin etme
- c. Seçilecek ekipmanın kapasitesini belirleme

5. Operasyon planlarının hazırlanmasında

Operasyon planlarında; yapılacak her bir işin yeri, yapılma şekli, kullanılacak aparat, teçhizat, el aletinin ve malzemenin tanımı ve operasyonun standart zamanı bulunur.

6. İş ilişkilerinde

- a. İşçilere iş atamasında ve iş eğitiminde
- b. Yapılacak işin tanımlanmasında
- c. İşçinin iş yükünün belirlenmesinde

7. Detaylı Üretim planlarında

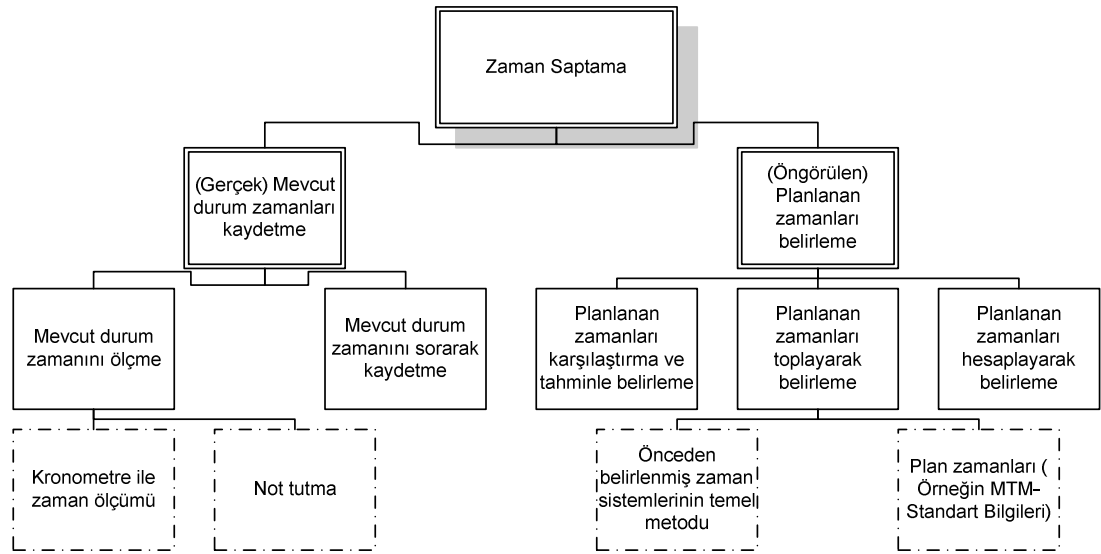
8. Fabrika yerleşim planlarının hazırlanmasında ve malzeme taşıma ekipmanlarının seçiminde

9. Bütçe hazırlama ve maliyet muhasebesinde

10. Maliyet ve satış fiyatı tahminlerinde

11. İş ve ücret değerlendirmesinde

kullanılır. Bir işin standart zamanının tespiti farklı yollarla yapılabilir.



Şekil 2.13 : Standart zamanların tespiti.

Şekil 2.13'te gösterildiği gibi, standart zaman tespiti öncelikle, operasyonun mevcutta yapılıyor olup olmamasına göre iki ana başlıkta incelenir.

1. Mevcut durum zamanlarını kaydetme: Mevcut durumda yapılan bir operasyonun standart zamanı belirlenirken yaygın olarak kronometreden faydalanılır. Kronometraj yöntemiyle sağlıklı sonuçlar elde etmek için öncelikle;

- a. İlgili operasyonun yapılıyor olması

- b. İşi yapan operatörün ilgili operasyonla ilgili gerekli beceriyi kazanmış olması (operatör seçiminin doğru yapılması)
- c. Kronometraj metodunu uygulayan kişinin, işi yapan operatörün temposunu çok iyi gözlemlemesi ve çevresel faktörleri sonuca yansıtabilmesi
- d. Kronometraj metodunu uygulayan kişinin iş etüdü eğitimi almış ve tecrübeli olması

gerekir. Mevcut durum zamanlarının saptanmasında sorarak bulma da bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. Planlanan zamanları belirleme: Mevcutta var olmayan bir operasyonun standart zamanını belirlerken yine iki ana yöntem karşımıza çıkıyor. Bunlardan biri tahmin ederek veya mevcutta yapılan benzer bir operasyonla karşılaştırarak bulmaktır. İkincisi ise, önceden belirlenmiş zaman sistemlerini kullanarak hesaplamaktır.

2.4.2 Önceden belirlenmiş zaman sistemleri

Önceden belirlenmiş zaman sistemleri (ÖBZS), insanlar tarafından tam etkilenebilen işlem öğelerinin yapılmaları için gerekli öngörülen zamanların saptanabileceği tekniklerdir. Önceden belirlenmiş zaman sistemlerinin çalışma yöntemlerinin ve iş yerlerinin düzenlenmesinde yol gösterici olarak önemi büyüktür.

ÖBSZ’ nin gelişmesinde F. W. Taylor (1856 – 1915) ve özellikle F. B. Gilbreth (1868 -1924) önemli rol oynamışlardır. Gilbreth’in teorisinde bir işi uygulama zamanı, işi yapan kişilerin becerikliliğine (rutin), yeteneğine (ehli olma) ve çalışmasına (iş gücü verimi) ve uygun şartlarda kullandıkları metoda bağlıdır. Bu bir mekanik görüştür çünkü insanları motive edecek sebepler, çevreden gelen etkiler veya yapılan işin özellikleri dikkate alınmamaktadır. Hareket etüdünün öncüsü F. B. Gilbreth, filme alınmış iş akışlarının değerlendirmesini yaparak, 17 değişik işlem öğelerini kendi isminin tersten okunuşu olan “Therblig” sözcüğü ile adlandırmıştır. Segur, Gilbreth’in iş arkadaşı 1919 – 1924 senelerinde MTA (Motion Time Analysis) olan, önceden belirlenmiş zaman sistemlerinin ilkinin geliştirdi (Maynard ve diğ., 1948).

1940 yılında Westinghouse Electric Corporation tarafından danışmanlık hizmeti için görevlendirilen, Pittsburgh Pennsylvania’da bulunan “Methods Engineering Council”de Amerikalı bilim adamları; H. B. Maynard, Y. L. Schwab ve G. J. Stegemerten danışmanlık çalışmasına katılmışlardır. Bu çalışma sırasında MTM metodunun temel bilgilerini tespit etmişler ve bu bilgileri sonraki yıllarda değerlendirip endüstride denemişlerdir. 1948 yılında “Factory management and maintenance” dergisinde yayınlanmıştır. Aynı yıl “Methods-Time Measurement, Mc Graw-Hill Book Company, New York 1948” kitabını yayınlamışlardır ve bu kitap MTM metodunun bugünkü şeklini içermektedir. 18 Ekim 1962’de Alman MTM Derneği kuruldu ve 1965 yılında pratik hayatta daha kullanışlı olan MTM-SB (Methods – Time – Measurement - Standart Bilgiler) açıklandı ve geniş çapta gelişim gösterdi.

MTM tanımı bir iş akışı için gereken zamanın metoda bağlı olduğunu göstermektedir. Zaman, metodun bir fonksiyonudur. MTM metodu, hareket akışlarını temel hareketlere ayıran bir metottur. Her temel hareket standart değerlere ayrılmıştır. Bu değerlerin büyüklüğünü, yapılan hareketle ilgili olan sayısal büyüklükler ve etkenlere göre saptanan sınıflar belirler (Maynard ve diğ., 1948).

MTM metodunun sınırları;

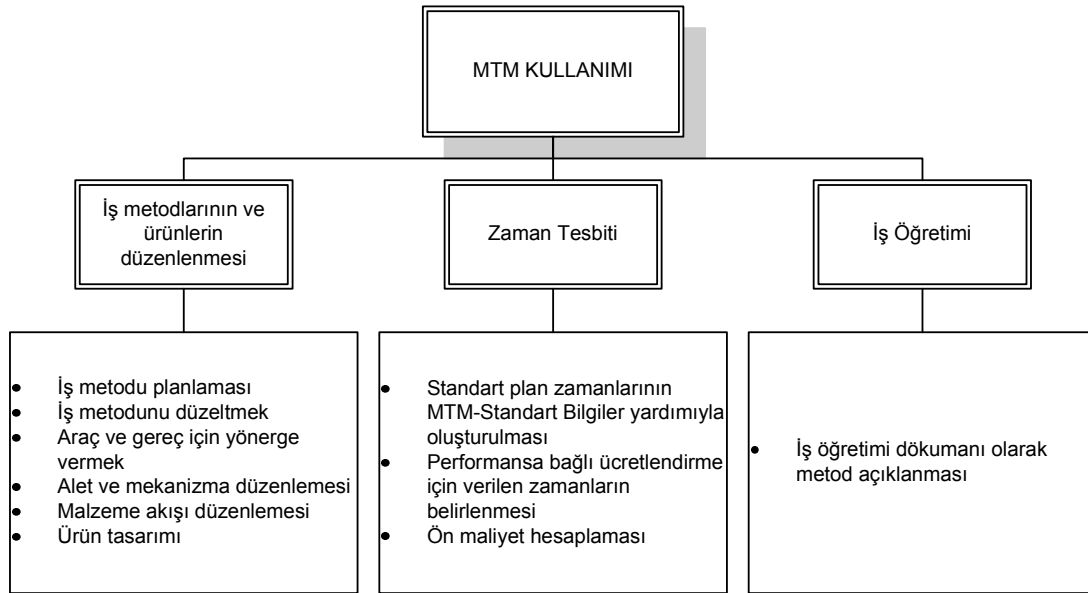
- Salt tanımlanabilen iş akışlarında, elle yapılan işlerde uygulanabilir.
- Eğer zihinsel çalışmalarda evet/hayır kararından fazla sonuç gerekiyorsa bu zihinsel çalışmalarda kullanılamaz.
- Standart zaman değerlerine dağılım ve dinlenme zamanları dahil değildir.

şeklinde özetlenebilir. Diğer zaman tespit metotları karşısındaki yararları;

- Uygulamaya başlamadan önce çalışma metodunu tanımlayabilmesi ve verilecek zamanı belirleyebilmesi ve bu sayede daha planlama safhasında değişik çalışma metotları arasında zaman açısından karşılaştırma yapma ve iş akışını oluşturma olanağı tanınması,
- İş akışını kritik olarak incelemeye zorlayıp bunun sonucunda optimal metodun tespitini sağlaması,
- Sonradan yapılacak iş düzenlemesi aracılığıyla masrafları düşürme yerine, önceden yapılacak akış planı ile masrafların önlenmesi,

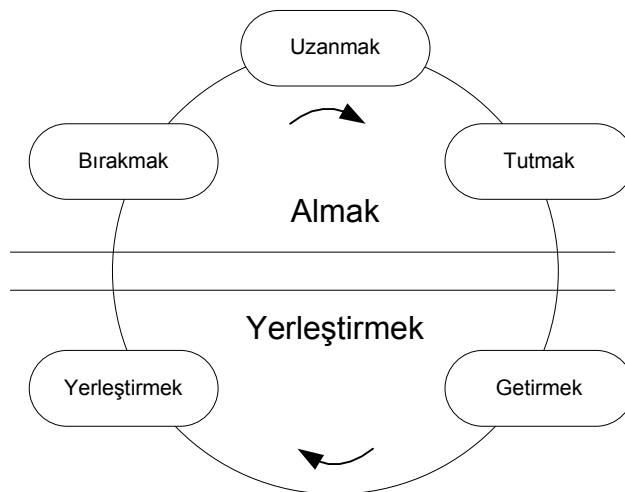
- Performansa bağlı ücretlendirmede, sorunlu durumlar ortaya çıktığında objektif olarak konu ve probleme dayalı tartışmalara yol açabilmesi,
- Çalışanlara operasyon planları daha uygulamadan öğretilmesi ve bunun sonucunda beceri kazanma zamanlarının en küçük değere düşürülmesi

olarak sıralanabilir. MTM kullanımı Şekil 2.14'te şematize edilmiştir.



Şekil 2.14 : MTM Kullanımı

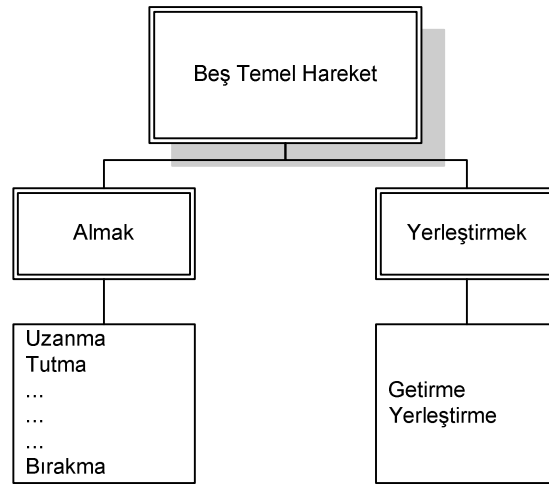
Yapılan araştırmalardan tespit edildiğine göre, iş akışlarının %85'i Şekil 2.15'te gösterildiği gibi beş temel hareketten oluşmaktadır, bu hareket akışı da tipiktir (Maynard ve diğ., 1948)..



Şekil 2.15 : Beş temel hareket

- Uzanmak: Parmakları veya eli belli veya belirsiz bir yere hareket ettirmektir.
- Tutmak: Parmakların veya elin bir veya birden fazla nesneyi bir sonraki temek hareketi yapabilmesi için kontrol altına almasıdır.
- Getirmek: Bir veya bir çok nesneyi parmaklarla veya elle belirli veya belirsiz bir yere taşımak için yapılan temel harekettir.
- Yerleştirmek: Bir nesneyi parmaklarla veya elle diğer bir nesnenin içine koymak veya başka birine bitiştirmek için kullanılan temel harekettir.
- Bırakmak: Parmakların veya elin bir nesne üzerindeki kontrolünün kaldırılması olarak tanımlanmıştır.

Bu beş temel hareket yerine MTM – SB’ de temel değerler olan almak ve yerleştirmek kullanılır (Şekil2.16).

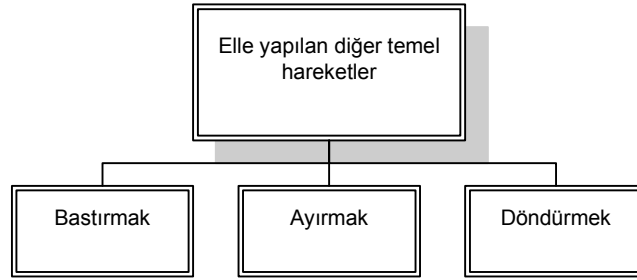


Şekil 2.16 : MTM-SB almak ve yerleştirmek

- Almak: Bir nesneye veya birçok nesneye uzanmak, nesnenin kontrolünü sağlamak ve bunu daha sonra tekrar bırakmak için yapılan harekete denir.
- Yerleştirme: Bir veya birçok nesneyi el veya parmaklar ile götürüleceği belli bir yere hareket ettirme işidir.

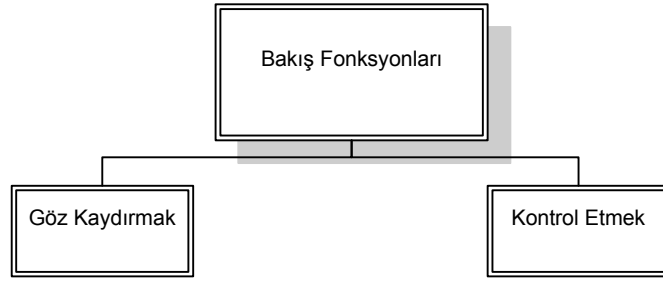
MTM’ de getirmek ve yerleştirmek arasındaki farklılık metodik sebeplerden oluşmaktadır. Normal olarak getirmek ve bunun peşinden yerleştirmek birbirinden ayrılmayan hareketlerdir, birinin bittiği yerde diğeri başlar. “Tüm yerleştirme hareketi” olarak adlandırılan getirmek ve yerleştirmek tamamen birbirine bağlı hareketlerdir. Tüm yerleştirme hareketi bir nesneyi bir yere taşımak için gerekli olan tüm hareketleri içerir. Tüm yerleştirme hareketi için gerekli zaman, hareket uzaklığının yanında esas olarak kontrole bağlıdır. Hareket sonunda kesin doğruluk ne kadar uzun tutulursa, yerleştirmedeki tolerans ne kadar küçük olursa kontrol sarfı da o kadar yüksek olur. MTM’ e göre daha pratik olan MTM-SB’ de; tüm yerleştirme hareketine “yerleştirmek” bir nesneye veya bir çok nesneye uzanmak, nesnenin kontrolünü sağlamak ve bunu daha sonra tekrar bırakmak için yapılan hareketlerin tümüne “almak” denilmiştir.

Bu beş temel hareketin yanında, elle yapılan üç temel hareket de hareket akışının açıklamasına hizmet eder (şekil 2.17). Bunun yanında iki bakış fonksiyonu kullanılır (şekil 2.18).



şekil 2.17 : Elle yapılan diğer temel hareketler

- **Bastırmak:** Bir dirence karşı koymak için, tüm vücut organlarının adale kuvveti uygulamasıdır. Burada bir hareket oluşmamaktadır.
- **Ayırmak:** İki nesne arasındaki bağlantıyı ortadan kaldırmak için el veya parmaklar tarafından yapılan temel harekettir, burada mevcut olan direnç hemen (aniden) ortadan kalkmaktadır.
- **Döndürmek:** Boş veya dolu elin önkolun uzunluk ekseni etrafında hareket ettirilmesiyle oluşan temel harekettir.



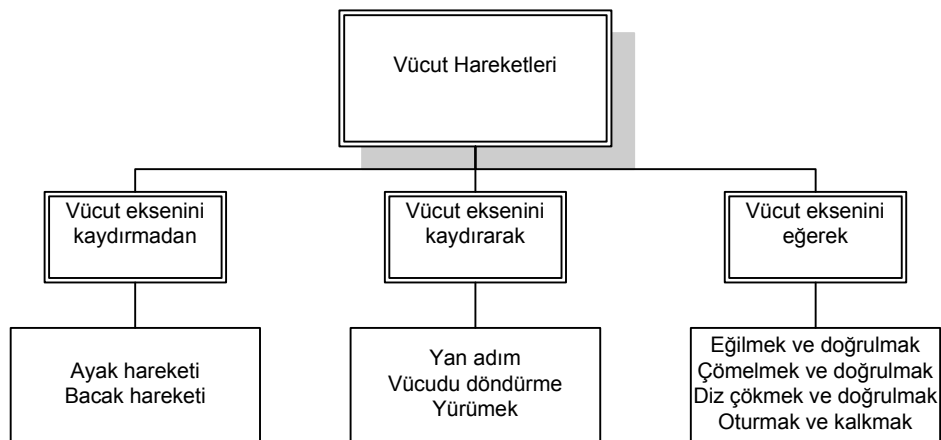
Şekil 2.18 : Bakış fonksiyonları

- Göz kaydırmak: Gözlerin bir bakış noktasından diğer bir bakış noktasına olan hareketidir. Göz kaydırması, kendine özgü bir temel hareket olarak ortaya çıktığında değerlendirilir. Bu durumda gözlerin, bir sonraki temel hareket yapılmadan kendilerine düşen görevleri yapmaları gerekmektedir.
- Kontrol etmek: Normal bakış alanı içinde, bir nesnenin kolayca ayırt edile bilinecek özelliklerinin (Sadece evet veya hayır kararı ile var ya da yok oldukları belirlenebilen özelliklerdir.) belirlenmesidir.

MTM’ de okumak ve yazmak için de TMU’ lar hesaplanmıştır.

- Okumak: Metinlerin, kelimelerin, harflerin, sayıların ve işaretlerin gözlerin intibakı ve göz kaydırması vasıtası ile kavranılması demektir.
- Yazmak: Getirme ve yerleştirme hareketleriyle nesnelerin el ile yönlendirilen yazı aletiyle yazılmasına denir.

Sekiz temel hareketin (el hareketleri) ve iki görüş fonksiyonunun yanında ayak, bacak, hareketleri ve vücudun yön değiştirmesi Şekil 2.19’da gösterilmiştir.



Şekil 2.19 : Vücut hareketleri

- Ayak hareketi: Ayağın aşağıya veya yukarıya doğru hareketi ayak hareketidir. Burada parmakların eklemi veya ayak bileği dönme eksenidir.
- Bacak hareketi: Vücut eksenini herhangi bir yöne kaydırmadan bacak, diz veya kalça eksenini etrafında öne, arkaya veya yan tarafa hareket ettirebiliyorsa o zaman bir bacak hareketi yapılmaktadır.
- Yan adım: Vücudu döndürmeden, vücut ekseninin bir veya iki adımla sağa veya sola kaydırılmasını sağlayan vücut hareketidir.
- Vücudu döndürme: Vücudun bir veya iki adım atması ile kendi uzunluk eksenini etrafında sağa veya sola döndürülmesidir.
- Yürümek: Vücudun bir veya birkaç adımla öne veya arkaya doğru hareket ettirilmesi söz konusudur.
- Eğilmek ve doğrulmak: Ellerin dizlere kadar veya daha da aşağıya uzanması için vücudun üst kısmının duruş vaziyetinden mümkün olduğu kadar öne doğru eğilmesine, eğilme denir. Eğildikten sonra vücudun üst kısmını duruş vaziyetine geri getirmeye doğrulma denir.
- Çömelmek ve doğrulmak: Ellerin yere değecek şekilde, vücudun üst kısmının duruş vaziyetinden olabildiğince öne doğru eğilmesine çömelme denir. Çömeldikten sonra vücudun üst kısmını duruş vaziyetine geri getirmeye doğrulma denir.
- Diz çökmek ve doğrulmak: Bacağın öne veya arkaya konması ile vücudun bir diz üzerine çömelmesi sırasında vücudun üst kısmının duruş vaziyetinden öne doğru eğilmesine diz çökmek denir. Bir diz üzerindeki vücudun duruş vaziyetine geri getirilmesine doğrulma denir.
- Oturmak: Vücudun üst kısmının geriye yaslandırılması için vücudun duruş vaziyetinden oturulacak bir yere bırakılmasıdır.
- Kalkmak: Oturan bir vücudu duruş vaziyetine geri getiren harekete denir.

Temel hareketlerin zaman değeri MTM' de 1/100000 saat = 1 TMU olarak gösterilir. TMU, Time Measurement Unit' in kısaltılmasıdır ve zaman ölçü birimi olarak çevrilebilir (Maynard ve diğ., 1948).

Önceden belirlenen zamanın temel metoduna dayanarak geliştirilen standart bilgiler bir universal uygulamayı mümkün kılmaktadır. MTM ile bir işin standart zamanını hesaplamak kronometraja göre daha uzun sürdüğünden MTM- SB' in geliştirilmesi önemlidir. MTM – SB sistemi, manuel olan her işin yapılabilmesi için gerekli olan, temel hareketleri bölümlerine ayıran bir metottur ve MTM' e göre daha kısa sürede gerçekleştirilir. Bu avantaj aşağıdaki basitleştirme ile elde edilir:

1. Bir çok temel hareket daha büyük yapı taşlarına ayrılmıştır.
2. Hareket uzunlukları bölümler içinde tahmin edilecektir.
3. Zaman değerleri tam sayılardan oluşmaktadır.

MTM yoluyla elde edilen sonuçlara göre + %4 – %2 arasında bir sapmanın olduğu tespit edilmiştir. Değişiklikler genellikle MTM temel hareketlerinin bir araya getirilmesiyle ve uzaklık bölümlerinde hareket uzunluklarının değerlendirilmesiyle oluşmaktadır. Yalnız, MTM – SB eğitimini alabilmek için mutlaka MTM – 1 (TB) eğitimini almış olmak gerekmektedir. Çünkü MTM – SB, MTM – 1 temel bilgilerden geliştirilmiştir.

MTM ve MTM-SB için bir kodlama sistemi geliştirilmiştir. Bu kodlama sistemi:

- Bir iş akışının hızlı şekilde yazılmasını sağlar
- Standart değerlerinin içeriğini gösterir
- Verilerin bilgi işlemle kaydedilmesini sağlar.

Bu kodlama sistemi harflerden ve sayılardan geliştirilmiştir. MTM-SB' de 3 harf veya 3 harf ve 2 sayı (Örnek: GDK, ALE30)'dan oluşan bir sistem kullanılmaktadır. MTM ve MTM-SB için oluşturulan bu kodlama sistemi ve TMU olarak karşılıklarını içeren MTM data kartlar yardımıyla temel hareketlerin TMU karşılıkları bulunur (Maynard ve diğ., 1948).

Operasyonlar işlemlerin akış sırasına göre yazılıp, data karttaki TMU değerleriyle normal zamanları tespit edildikten sonra bu işlemlere dinleme ve yorgunluk payları da ilave edilmelidir. Dinlenme payları uygulamanın yapıldığı Arçelik A.Ş. Çamaşır Kurutma Makinası İşletmesi'nde işlemler zaten toplam zaman olan 480 dakikadan, 30 dakikalık yemek ve 10'ar dakikalık 2 tane molanın çıkarılmasıyla kalan 430 dakika üzerinden yapıldığı için dinleme, yemek payları bu şekilde verilmiş oluyor. Bunun üzerine ise yapılan işin niteliğine göre Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından önerilen ve EK A.3'te yer alan yorgunluk toleransları ilave edilerek işin standart zamanı hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan verilerin doğruluğu o çalışmanın doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle bu çalışmanın uygulama bölümünde bahsedilecek olan operasyonların standart zamanlarının tespitinde MTM-SB yöntemi tercih edilmiştir. Çünkü MTM-SB işlemleri en küçük elemanlarına ayırarak tek tek incelemekte ve doğruluğu kanıtlanmış zaman değerlerini kullanmaktadır. Aynı zamanda MTM' e göre çok daha hızlı ve akıcı bir yöntem olması ikinci bir nedendir. Bir üçüncüsü ise, gelecek durum için tasarlanması muhtemel bir yerleşim planı, operasyon planı değişikliğinde değişecek olan standart zamanı tahmin etmek yerine kolayca saptayabilmektir. Bu uygulamaların bir örneği uygulama bölümünde anlatılacaktır (Kazan, 2008).

3. YAYIN TARAMASI

3.1 Yalın Üretim ve Değer Akışına İlişkin Yayınlar

Yalın üretim sistemlerinin, diğer bir deyişle Toyota Üretim Sistemleri'nin babası Taiichi Ohno, Japonya'da 1973 sonbaharında ortaya çıkan ekonomik krizin 1974 yılında iyice hissedildiğinden ve bir çok şirketin iflas ettiğinden bahsediyor (Ohno,1988). Ama Toyota Motor Şirketi'nin bu durumdan diğer organizasyonlara göre çok daha az zarar gördüğü ve 1975, 1976 ve 1977 yıllarında ciddi karlar elde ettiği görülmüştür. Amerikan kitle üretim sistemlerini kullanan organizasyonlarda hızlı büyüme dönemi durduğunda karlılıktan bahsetmek pek de mümkün olmamaktadır. İkinci dünya savaşının olduğu yıllarda Amerika'daki üreticiler, üretim maliyetlerini az çeşitteki ürünlerden çok sayıda, kitle halinde üreterek azaltmışlardır. Ancak sonraki yıllarda az miktarlarda ürün üreterek maliyetleri azaltma yöntemlerini bulmak önemli hale gelmiştir. Henry Ford'un kitle üretimindeki gibi Toyota Üretim Sistemleri de bir iş akış sistemi temelinde kurulmuştur. Ama Ford üretim sisteminde üretilen parçaların nasıl, nereye stoklanacağı düşünülürken; Toyota Üretim Sisteminde stoklama işlemi ortadan kaldırılmıştır (Ohno, 1988).

Yalın üretim sistemleri, sistemdeki israfların önce ortaya çıkarılıp sonra yok edilmesi mantığına dayalı olan ve sistemin performansını sürekli arttırmaya çalışan bütünsel bir yaklaşımdır. İsrafların yok edilmesi gerektiğini ilk olarak ortaya koyanlar Frank Gilbreth (1868 – 1924) ve Lilian Gilbreth (1878 – 1972) çiftidir ve odaklandıkları israf türü de hareket israflarıdır (Nicholas, 1998). Onlar yönetimin en önemli görevinin, yapılan işin en basit ve en kolay yolunu bulmak olduğunu öne sürmüşlerdir. Felsefeleri “Daha zor değil daha akıllı çalış” olan çift, bir iş yapılırken ortaya çıkan bütün hareketlerin detaylı bir şekilde analiz edilip hareket israflarının belirlenmesini ve yok edilmesini sağlayarak bunu gerçekleştirmişler. Ohno (1988), israfı kaynak tüketen fakat değer yaratmayan bir faaliyet olarak tanımlamıştır. Yani israflar değer katmayan ama maliyet oluşturan faaliyetlerdir. Hay (1988) ise israfı,

bir ürüne değer katmak için mutlaka gerekli olan en az miktardaki malzeme, donanım ve iş gücü kaynağı dışında kalan her şey olarak tanımlamıştır. Müşteriler bedelini maddi olarak ödedikleri ürünlerin, üretimleri esnasında kaç metre yol aldıklarıyla, kaç noktada muayene edildikleriyle, ne kadarlık bir iş gücü ile üretildikleri ile, ne kadar enerji harcadığıyla ilgilenmezler. Müşteri satın aldığı malın istediği işlevi görüp görmediği, istediği kalite olup olmaması veya kendisine sunduğu fayda gibi faktörlerle ilgilenir. Bu nedenle yalın düşüncenin başlangıç noktası da “değer”dir. Değeri üretici yaratır ama ancak nihai müşteri tarafından tanımlanır. Bu noktada “değer”in doğru tanımlanması ve değer akışı üzerindeki elamanları arasındaki iletişimin doğru kurulması, yönetilmesi önemlidir. Rother ve Shook (1998), değeri müşterinin ödemek istediği ve ihtiyaçlarını belirli zaman diliminde, belirli fiyattan karşılayan, belli özelliklere sahip belirli bir ürün ve/veya hizmetin yaratılması olarak tanımlamıştır.

Bir üretim sürecinde ortaya çıkan operasyonları 3 grupta toplanabilir (Monden,1993):

1. Katma değeri olmayan faaliyetler
2. Gerekli ama katma değeri olmayan faaliyetler
3. Katma değeri olan faaliyetler.

Katma değeri olmayan faaliyetler, tamamıyla yok edilebilir, gereksiz işlemlerden oluşur. Buna örnek olarak beklemeler, iki kez taşımalar verilebilir. Gerekli ama katma değeri olmayan faaliyetler ise, mevcut üretim koşulları altında yapılması gereken ama ürüne değer katmayan faaliyetlerdir. Uzak mesafeler arasındaki taşımalar, yürümeler veya malzemeyi bir elden diğer ele vermek bu duruma örnek olarak verilebilir. Katma değeri olan faaliyetler ise, ham maddenin veya yarı mamulün iş gücü kullanımıyla ürüne dönüşmesinden oluşan faaliyetlerdir. Gövdenin boyanması işlemi, enjeksiyon pres tezgahında ham maddenin kullanılarak ürüne dönüşmesi katma değeri olan faaliyetlerdir.

Toyota üretim sistemlerinde genel anlamda kabul gören yedi kayıp vardır (Hines ve Rich, 1997):

1. Fazla üretim
2. Beklemeler
3. Taşımalar
4. Uygun olmayan işlemler
5. Gerekmeyen envanterler
6. Gerekmeyen hareketler
7. Hurdalar

Fazla üretim, dikkate alınması gereken en önemli kayıplardandır. Fazladan üretim yapmak hem stokları arttırırken hem de oluşabilecek hataların geç fark edilmesiyle tamamen bir kayıp haline dönüşür. Toyota üretim sistemlerinde fazla üretim problemiyle baş edebilmek için kanban sistemleri geliştirilmiştir. Beklemeler, süreçlerin senkronizasyonu sağlanamadığında ortaya çıkar. İdeal durumda sıfır olması beklenir ama gerçek üretim ortamlarında bu durumun oluşması çok zordur. Eğer beklemler öngörülebiliyorsa, bu zaman zarfında eğitimler, kaizen aktiviteleri planlanabilir. Üçüncü kayıp ise taşımalardır ve organizasyon içerisindeki her hangi bir taşıma yani malzemenin veya nesnenin hareketi kayıp olarak görülebilir. Uygun olmayan işlemlere örnek olarak, bir operasyonun yapılmasında basit kullanımı olan küçük tezgahlar yerine, kompleks ve kullanımı zor olan tezgahların tercih edilmesi verilebilir. Böyle büyük ve pahalı tezgahlar hem maliyetlerini amorte etmek için fazla üretimi tetiklerken hem de yerleşim planında yapılacak olan iyileştirmelerin önüne bariyer gibi çıkmaktadır. Gerekmeyen envanterler, temin süresini uzatırken aynı zamanda yer kaplamakta ve problemlerin üzerini kapatarak o problemin bulunup çözülmesi için geçen süreyi uzatmaktadırlar. Gerekmeyen hareketlere ise en iyi örnek ergonomik açıdan uygun olmayan hareketlerin yapılmasıdır ve bir operatörün gerekmediği halde veya önlenebileceği halde malzemeyi kaldırması

örnek olarak verilebilir. Hurdalar ise direkt olarak maliyet şeklinde karşımıza çıkan kayıplardır. Toyota üretim sistemlerinde hurdalar, üretim sistemini geliştirmek için birer fırsat olarak görülürler.

Değer akışı, her ürün için esas olan ve temel akış boyunca ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetler bütünüdür (Rother ve Shook, 1998). Aslında değer akışını, müşterinin siparişlerini vermesinden teslim almasına kadar geçen süreçteki ürün geliştirme süreci dahil olmak üzere bütün süreçleri kapsayan bir akış olarak tanımlamak mümkündür. Değer akışının odak noktası, ham madde siparişinden başlayıp müşterinin sipariş vermesine kadar olan süreçteki katma değeri olan ve katma değeri olmayan faaliyetlerin belirlenmesidir. İsrafları görüp yol edilmesini sağlayan bu değer akışının tüm tedarik zincirine uyarlanabilmesi gerekiyordu. Bu gerekliliğin sonucunda İngiltere’de konumlanmış organizasyonlar üzerinde Hines(1994) ve depo ortamındaki uygulamasıyla Jones(1995) çalışmıştır. Jones(1995), yedi kaybı yeniden şu şekilde adlandırmıştır:

1. Gereken hızdan daha hızlı
2. Beklemeler
3. Taşımalar (Malzeme, Bilgi vs)
4. İşlem yapma
5. Stok
6. Hareketler
7. Hataları düzeltme

Bu yedi kaybın yok edilmesine ilişkin Hines ve Rich (1997) yedi değer akışını anlama ve israf yok etme aracını sunmuştur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 : Yedi değer akışı haritalandırma aracı

Detaylı değer akışı haritalandırma araçları	Aracın tanımı	Aracın kullanılmasıyla azaltılması hedeflenen israflar
Süreç faaliyetlerini haritalandırma	Süreçleri, operasyon, taşıma, muayene, gecikme, depolama ve bilgi alışverişinin olması olarak sınıflandırır. Gereksiz faaliyetleri elemeye, faaliyetleri basitleştirmeye ve birleştirmeye, israfları azaltmak için operasyonların sırasını değiştirmeye çalışır.	Bekleme, taşıma, uygunsuz işlemler, gereksiz hareketler, gereksiz envanter
Tedarik zinciri yanıt matrisi	Optimum stok seviyesi ve kritik temin süresi kısıtlarını hesaplar. İstenilen temin süresine ulaşabilmek için gerekli stok seviyesini hesaplar.	Bekleme, gereksiz envanter, gereğinden fazla üretim
Ürün çeşitliliği hunisi	Üretim sürecinin her adımındaki değişkenlerin sayısını haritada gösterir. Tedarik zincirinin nasıl işlediğini anlamaya yardımcı olur, karmaşıklıklara işaret eder. Üretim aşamalarının nerelerine müdahale edilmesi gerektiğini, stok azalımı için hedef noktaları, buffer stokların yerlerini tanımlamaya yardımcı olur.	Uygunsuz operasyonlar, gereksiz envanter
Kalite filtresi haritalandırma	Kalite problemlerinin nerelerde var olduğunu tanımlar, hataları; ürün, hizmet yada organizasyon içi hurda olarak sınıflandırır. Her hata tedarik zinciri boyunca haritalandırılır. Organizasyon içi ve dışı kalite seviyeleri tanımlar.	Hatalı ürünler
Talep arttırımı haritalandırılması	Miktar, zaman grafiği çizilir. Organizasyonun tümü yada tedarik zinciri boyunca kullanılır. Kamçı etkisinin altını çizer. Talep artarken parti çizelgeleme politikalarının ve envanter seviyesi belirleme kararlarının nasıl değiştiğini göstermek için kullanılır.	Gereksiz envanter, gereğinden fazla üretim, beklemler
Karar noktası analizi	Değer akışının nerede itmeden çekmeye geçmesi gerektiğini belirler. Bu noktalardan sapmalar olduğunda ne yapılması gerektiğini gösterir.	Gereğinden fazla üretim, bekleme, gereksiz envanter
Fiziksel yapı haritalandırma	Değer akışına genel bakış açısı sağlar. Acil çalışma yapılması gereken alanlara odaklanılmasını sağlar.	Taşıma, gereksiz envanter

Hines ve diğ. (1998), değer akış analizini biraz daha geliştirerek değer akış yönetimi başlığında toplamışlardır. Analiz ilk olarak organizasyonun amaçlarını, yapısını müşteri profilini anlamakla başlayıp yirmi aşamada tamamlanmaktadır.

Rother ve Shook (1998), değer akış haritalandırma aracını geliştirmiş ve haritalandırma da kullanılan ikonları da tanımlamıştır. Tapping ve diğ. (2002), değer akış haritalandırma analizi için adım adım bir sistematik geliştirmişlerdir. Bu sistematığın birinci adımında ürün ailesi seçiminin yapılması ve mevcut durum haritasının çizimi yer almaktadır. İkinci adımında ise mevcut durum haritası analiz edilerek israflar belirlenir. Son olarak israfları içermeyen ya da azaltan gelecek durum haritası çizilir. Bu çizimler yapılırken önceden belirlenmiş standart ikonlardan yararlanılır.

Değer akış haritalandırmanın amacı, sürecin elemanlarına tek tek odaklanmak yerine tüm sürece bütünsel bir bakış ile yaklaşmak ve böylece israflara daha kolay görmektir (Abdulmalek ve Rajgopal, 2007).

Bir çok endüstride az sayılarda ama çok çeşitte ve karmaşık ürün yapılarında ürünler üretilir. Bu nedenle her ürünün değer akışını haritalandırmak karmaşık bir problem halini alır. Bunun gibi durumlarda, Rother ve Shook (1999), sistemin kilit parçanın (örneğin çamaşır kurutma makinasının plastik şasisi) akışının çizilmesini önermiştir. Kilit parça seçimi için halen objektif bir yöntem yoktur. Bu problemle ilgili olarak McDonald ve diğ. (2002), değer akış haritalandırmayı 3 paralelden oluşan bir montaj bandına uygulamışlardır ve kritik ürünün simülasyon aracılığıyla seçilmesinin faydalı olduğunu öne sürmüşlerdir. Lian ve Van Landeghem (2002), benzer bir yaklaşımla itme sistemiyle çalışan iki paralel montaj hattına değer akış haritalandırmayı uygulamışlardır. Karmaşık üretim sistemleri için Braglia ve diğ. (2006) yenilikçi bir yaklaşım geliştirerek, ürünlerin izledikleri kritik yolları dikkate alarak değer akış haritasını çizmişlerdir.

Değer akış haritalandırma, imalat ve hizmet kapsamlarında pek çok uygulama alanı bulmuştur. Sullivan ve diğ. (2002) donanım yenileme kararı, Haque ve Moore (2004) havacılık endüstrisinde yeni ürün geliştirme, Simons ve Zokai (2005) kırmızı et endüstrisi, Taylor (2005) üreticiden tüketiciye kadar gıda endüstrisinde toplam tedarik zinciri, Özkan ve diğ. (2005) otomotiv sektörü, Seth ve Gupta (2005) otomotiv endüstrisi tedarikçisi, Seth ve diğ. (2008) Hindistanda'ki pamuk

çerkerdeğinden yağ üretimi sürecini iyileştirmek için değer akış haritalandırma yöntemini kullanmışlardır. Çelik parçalar imal eden bir işletmedeki seçilen ürün ailesi için Abdulmalek ve Rajgopal (2007) simülasyon desteği ile değer akış haritalandırma yöntemini uygulamışlardır. Comm ve Mathaisel (2003) ise üniversite ve kolejler tarafından kullanılabilecek bir yalın işletme modeli sunmuştur. Değer akışı haritalandırma ofis süreçlerinde de uygulama alanı bulmuştur (Tapping ve Shuker, 2003). Emiliani ve Stec (2004), liderlerin inançlarını, davranışlarını ve yeteneklerini belirlemede de değer akış haritalandırma yönteminden faydalanmışlardır. Mevcut durum haritası geleneksel yönetim düşüncesini ve uygulamalarını temsil ederken, gelecek durum haritası da yalın düşünceyi ve uygulamalarını temsil etmiştir. Sağlık hizmetlerindeki iletişim ağının performansını arttırmak için değer akış haritalandırma yöntemi Synder ve diğ. (2005) tarafından kullanılmıştır.

Değer akış haritası süreci zaman açısından değerlendirirken maliyet-zaman profili (Cost–Time Profile) yöntemi ile süreç hem zaman hem de maliyet açısından aynı anda değerlendirilmektedir. Maliyet-zaman profili yönteminin temelleri Westinghouse Şirketinde atılmıştır (Fooks,1993). Bu yöntemde akış, y ekseninde maliyet ve x ekseninde zaman olan grafikte resmedilir ve süreç üç ana başlıkta incelenir. Bunlar, faaliyetler, malzemeler ve beklemelelerdir. Malzemelerin, maliyet–zaman grafiğinde faaliyetler daha başlamadan tedarik edilmesi gerektiği için sıfır zamanında bir maliyeti olacaktır. Faaliyetler oluştuğu hem zaman alacaklar hem de maliyete katkıda bulunacaklarından düzgün artan bir fonksiyonla grafikte yer alırlar. Beklemeler ise direkt olarak maliyeti arttırmıyorsa da ürünün satılmasıyla kazanılacak olan paranın zamanını geciktirdiğinden toplam maliyete bir etkisi olacaktır ve grafikte de sabit bir fonksiyon özelliği taşımaktadır (Rivera ve Chen, 2007). Bu grafikte oluşan alan ilgili zaman aralığında oluşan maliyeti vermektedir.

3.2 Üretim Çizelgeleme ve Düzgünleştirmeye İlişkin Yayınlar

İkinci dünya savaşından bu yana üretim yönetiminde ciddi değişiklikler olmuştur. Önceden iyileştirme faaliyetleri organizasyonu oluşturan departmanların bireysel sorumluluk ve hedefindeydi. Örneğin, envanter yönetimi, üretim çizelgeleme, lojistik maliyetlerinin azaltılması, kalite yönetimi gibi konular sadece bu konulardan sorumlu olan yöneticilerin inisiyatifindeydi. Üretim çizelgelemede belli üretim

periyotları için, ilgili periyodun başında mevcut üretim kaynaklarını en fazla doldurmak için veya o periyodun sonundaki talebi karşılayabilmek için yapılırdı. Ancak müşteri ihtiyaçlarına ve taleplerine bir boyuttan değil bütünsel olarak bakıp değerlendirmek ve talep değişkenliklerine karşı esnek olabilmek gerekiyordu (Proth, 2006). Bu gerekliliklerin sonucunda tedarik zinciri yönetimi geliştirilmiştir (Lee ve diğ., 1997). Tedarik zinciri, tedarikçiler ile müşteriler arasında, malzemenin ve bilginin en az maliyetle ve en az temin süresi ile akmasını sağlamaya çalışan bütünsel bir yaklaşımlar. Tedarik zincirinde aktiviteler ve hedefler departmanların veya yöneticilerin sorumluluğunda değil projelerin liderliğinde yürütülür. Lee ve diğ. (1997), taleplerdeki dalgalanmaların ham maddeye yakın süreçlere büyüyerek gittiğini yani sistemin başındaki sürecin gerçek müşteri talebinden bihaber olduğunu kamçı etkisi ile açıklamıştır. Kamçı etkisinin ana dört nedeninde de bahsetmiştir. Paik ve Bagchi (2007), kamçı etkisinin nedenlerinin etkilerini simülasyon ve istatistikten yararlanarak belirlemeye çalışmışlardır.

Klasik çizelgeleme, bir takım işlerin bazı üretim kaynaklarına atanmasıyla ve bir veya birçok kriteri optimize etmeye çalışan bir prodestir. Gerçek zaman çizelgeleme ise, talep geldikçe sisteme işlenen işleri çizelgeleme prosesidir (Proth, 2006). Bir diğer çizelgeleme türü ise, periyodik çizelgelemedir ve burada her zaman dar boğaz olan iş merkezinin tamamen doldurulması hedefidir.

Son yıllarda da üretim düzgünleştirme modelini üzerinde durulmaktadır (Ghali, 2003). Ghali (2003)' e göre, eğer belli şartlar altında maliyet fonksiyonu konveks ise, üretim daha düzgün planlanabilir yani işletmenin üretim adetleri satış adetlerinden çok az sapma gösterir.

Bir çok organizasyonda üretim partiler halinde yapılmaktadır. Çünkü araya farklı bir ürün girdiğinde üretimin akışının bozulacağı düşünülür. Ancak ürünler arasındaki hazırlık süreleri azaltılırsa bu durum daha kabul edilebilir bir hal alır. Eğer üretim düzgünleştirilebilirse yani her gün, her saat, hatta her dakika aynı miktarlarda aynı ürün modellerinden üretilirse bitmiş ürün stoklarında da anlamlı derecede bir azalma olacaktır. Karma üretim, azaltılmış hazırlık süreleri, akış tipi üretim ve üretim düzgünleştirme bir araya geldiğinde üretimin performansı artar ve eksik parçalardan kaynaklanan yok satma problemleri azalır (Suzaki, 1987).

Üretim düzgünleştirme karma ürünlü tam zamanında üretim sistemlerinin performansını etkileyen en önemli taktiksel planlama faaliyetlerinden biridir (Yavuz ve Akçalı, 2007). Heijunka olarak da anılan üretim düzgünleştirmenin amacı, üretimin son aşamasındaki üretim oranlarındaki değişkenliği azaltarak bu son aşamayı besleyen önceki aşamalar için dengeli bir talep oluşturabilmektir. Bu nedenle tam zamanında üretim sistemlerinin anahtar rolündeki aracı üretim düzgünleştirmedir ve tam zamanında üretim sistemlerine geçişte üretim düzgünleştirmenin yapılması gereken ilk işlerden olduğu vurgulanmaktadır (Walleigh, 1986). Lummus (1995), birbirinden farklı hazırlık ve operasyon süreleri gerektiren ürünlerin üretildiği üç istasyonlu bir montaj hattını incelemiş ve üretim düzgünleştirme metotlarıyla hazırlanan çizelgenin verimli olduğunu simülasyon aracılığıyla göstermiştir. Tam zamanın üretim sistemlerinin kullanıldığı alanlar genişledikçe, üretim düzgünleştirmenin pratikte bu alanlarda kullanılması için analitik modellerin ve çözüm algoritmalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Ancak, literatürdeki bir çok çalışma montaj hatları için yapıldığından, pratik ortamda yapılan çalışmaların uygulanması ve sonuçlarının görülmesi kısıtlanmıştır. Montaj hatları için yapılan çalışmaların atölyeler için , tek tezgahın bulunduğu sistemler için ve tezgahların seri halde dizildiği ve üretilen parçaların aynı akış sırasıyla ilerlediği atölyeler için de yapılarak üretim düzgünleştirme modelleme ve çözüm algoritmalarının sayısı artmalıdır (Yavuz ve Akçalı, 2007). Otomotiv ve elektronik parça imal eden işletmelerdeki sistemlerden hareketle, karma ürün üreten tam zamanında üretim sistemleri için, üretim sisteminin son aşamasının tek bir tezgah olduğu durum için Yavuz ve diğ. (2006a), Yavuz ve Tüfekçi (2006, 2007a) ve tezgahların seri halde dizildiği ve üretilen parçaların aynı akış sırasıyla ilerlediği atölyeler için Yavuz ve diğ. (2006b), Yavuz ve Tüfekçi (2007b) çalışmalar yapılmıştır.

Monden'in (1983) kaynak niteliğinde yaptığı çalışmada, üretim düzgünleştirmeyi tam zamanında üretim sistemlerinin kilometre taşı adlandırmasıyla bu konuda daha bir çok çalışma yapılmasını sağlamıştır. Monden (1983)'e göre, Toyota son üretim aşamasında kullanılan ve alt montaj istasyonları tarafından üretilen parçaların tüketim oranlarındaki değişkenliği azaltmaya odaklanmıştır. Miltenburg ve Sinnamon (1989), Monden'in (1983) yaklaşımını, düzgünleştirmeyi hem son ürün üretim oranlarını düzgünleştirmeyi hem de son aşamadan önceki aşamaların (ham

maddeye yakın aşamaları) tüketim oranlarını düzgünleştirmeyi de dikkate alarak geliştirmiştir. Miltenburg (1989), sadece üretimin son aşamasında üretilen ürünlerin üretim oranlarındaki değişkenliği azaltmayla ilgilenmiştir. Miltenburg ve Sinnamon' un (1989) çalışması, son ürünler üretildikçe ve bu son ürünler için ham maddeye yakın olan aşamalardan ne kadar sıklıkla parça çekildiğine odaklanırken, Miltenburg (1989), son ürünlerin hangi sıklıkla üretimlerinin tamamlandığına odaklanmıştır. Kubiak (1993), o yıla kadar yapılan çalışmaların geniş bir özetini yayımlamıştır.

Modelleme konusunda ise, Monden (1983), tam zamanında üretim sistemlerin üretim düzgünleştirmenin iki amaca hizmet ettiğini vurgulamıştır. Bunlardan birincisi kullanım (üretim veya tüketim adedi) hedefi, yani son ürünlerin üretim oranları ile son ürünün üretiminde kullanılan ve ham maddeye yakın aşamalarda üretilen parçaların tüketim oranlarını kapsar. Kullanım hedefi genellikle gerçekleşen üretim/tüketim oranının ideal (önceden tanımlanmış) üretim/tüketim oranlarından sapmasıyla ölçülür. İkincisi ise doldurma (yükleme) hedefidir. Doldurma hedefi ise iş merkezlerinin ideal durumdaki dolulukları ile gerçekleşen dolulukları arasındaki sapma ile ölçülür. Bu iki hedef hem pozitif hem de negatif değerler alabilir. Bu nedenle amaç fonksiyonunda kareleri veya mutlak değerleri alınarak optimizasyon modelleri kurulmuştur. Miltenburg' un (1989)'da sunduğu model için geliştirilen çözüm algoritmaları Miltenburg (1989) ve Miltenburg ve diğ. (1990) çalışmalarında yer alırken sezgisel bir çözümler de Miltenburg (1989), Sumichrast ve diğ. (1990), Ding ve Cheng (1993) ve Cheng ve Ding (1996) çalışmalarında yer almıştır. En verimli kesin çözüm Kubiak ve Sethi (1991, 1994) tarafından sunulmuştur. Kubiak ve Sethi (1991) çalışmasının bir maliyet fonksiyonu da içeriyordu bu nedenle Miltenburg'un modelinin yeniden formüle edilmesini gerektirmiştir.

Uygulama tarafında, bir çok firmayı üretim düzgünleştirmeye geçmeme nedeni olarak mevsimselliği ileri sürmektedir. Gorman ve Brannon (2000), mevsimselliğin üretim düzgünleştirmeye olan etkisi üzerine çalışmış ve üretim düzgünleştirme hipotezini desteklemişlerdir.

4. METODOLOJİ

Bu çalışmada Şekil 4.1’de gösterilen metodoloji uygulanmıştır. Öncelikle uygulamanın yapılacağı sistemde üretilen ürünlerden pareto analizi yardımıyla ürün ailesi seçildi. Sonra bu ürün ailesine ilişkin mevcut durum haritası resmedildi. Mevcut durum haritasında görülen israfların kaynağı olarak üretimin düzgün olmaması bulgusuna ulaşıldı. Bunun için gelecek durum haritası çizilmeden önce üretimin düzgünleştirilmesi sağlandı. Üretimin düzgünleştirilmesiyle, çekme sistemi kurmanın ön şartı olan düzgünleştirilmiş bir takt süresine ulaşıldı. Çekme sistemi kurmak için sistemin karakteristiğine uygun kanban çeşidi belirlenip sayıları hesaplandı. Çekme sistemi kurulduktan sonra gelecek durum haritası çizildi ve gelecek durum için iyileştirme faaliyetleri planlandı.

Şekil 4.1 : Metodoloji

Ürün ailesinin seçimi

Mevcut durum haritasının çizilmesi

İsrafların analizi

Gelecek durum için üretimin düzgünleştirilmesi

Talep analizi ve günlük taleplerin belirlenmesi

Düzensizlik seviyesinin belirlenmesi

Çekme sisteminin kurulması

Kanban çeşitlerinin belirlenmesi

Kanban sayılarının hesaplanması

Gelecek durum haritasının çizilmesi

İyileştirme faaliyetlerinin planlanması ve uygulanması

5. UYGULAMA

5.1 Firma Tanıtımı

5.1.1 Arçelik A.Ş. çamaşır kurutma makinası işletmesi tarihçe

Türkiye'nin en büyük sanayi ve ticari şirketler topluluğu olan Koç Holding 1926 yılında kurulmuş olup 25 ülkeden 100'den fazla şirketi bünyesinde barındırmaktadır. 85.000 çalışanı, 14.000'den fazla yetkili satıcı, acente ve satış sonrası servis ağına sahip olan Koç Topluluğu, 2007 yılı Fortune Global Firmalar ilk 500 listesinde 190. sırada yer alan ve listedeki tek Türk şirkettir. Koç Holding, otomotiv (Tofaş, Ford Otosan, Türk Traktör, Otokar, Otoyol Otokoç), enerji (Tüpraş, Opet, Aygaz), finans (Yapı&Kredi, Koç Finansal Hizmetler) ve dayanıklı tüketim (ARÇELİK, Grunding Elektronik, Arçelik-LG Klima) olmak üzere 4 ana iş alanında faaliyet göstermektedir.

Arçelik A.Ş. 1955 yılında kurulmuş olup ana faaliyet alanı “ Ev yaşamına yönelik dayanıklı tüketim malları, komponentleri, üretimi, pazarlama ve satış sonrası servis hizmeti” dir. Dünya çapında toplam çalışan sayısı 18.000'i aşan Arçelik A.Ş., 4 ülkede bulunan 12 ayrı üretim tesisi, yurt dışında faaliyet gösteren 12 satış ve pazarlama şirketi ve 10 markasıyla, 100'den fazla ülkede ürün ve hizmetlerini tüketicilerle buluşturmaktadır. Arçelik A.Ş.'nin vizyonu ise BEKO markası ile 2010'a kadar kendi sektöründe dünyanın en çok tercih ettiği ilk 10 markadan biri olmaktır. Şirketin tarihçesi Çizelge 5.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 : Arçelik A.Ş. tarihçe

Yıl	Olay
1955	• Şirket, Sütlüce'de kuruldu.
1959	• Arçelik A.Ş. Türkiye'nin ilk çamaşır makinasını üretti.
1960	• Arçelik A.Ş. Türkiye'nin ilk buzdolabını üretti.
1991	• AR-GE Merkezi ve Tüketici Danışma Servisi kuruldu.
2000	• Arçelik-LG Klima Sanayi ve Ticaret A.Ş. üretime başladı.
2001	• Beko markalı ürünlerin yurt içi pazarlama ve satış faaliyetleri Arçelik A.Ş. tarafından yürütölmeye başlandı. • Avusturya beyaz eşya şirketi Elektra Bregenz ve Elektra Bregenz markasının alımını takiben, alman beyaz eşya şirketi Blomberg satın alındı. • İngiliz beyaz eşya markaları Leisure ve Flavel Arçelik A.Ş. bünyesine katıldı.
2002	• Romanya'nın lider buzdolabı markası ve şirketi Arctic satın alındı. • Beko, İngiltere buzdolabı pazarının lider markası oldu. • Arçelik'in yenilikçi ve dinamik yapısını yansıtan yeni logo lansmanı gerçekleştirildi. • Akıllı ürünlerin satışı başladı.
2003	• Arçelik A.Ş., Financial Times tarafından yayınlanan "Banker" dergisi tarafından "Türkiye'nin en iyi şirketi" seçildi.
2004	• Rusya'da yatırım kararı alındı • Arçelik A.Ş., 50. yılını kutladı. • Rusya Üretim tesislerinin temeli atıldı. • Romanya'daki Arctic tesislerinde, sandık tipi derin dondurucu üretim hattı devreye alındı.
2005	• Çayırova'da Kurutucu üretimine başlandı ve kapasiteyi artırmak amacıyla yeni bir kurutucu fabrikası için yatırım kararı alındı. • Blomberg markalı ürün gamı tamamlandı. • Arstil mobilya mağazaları devreye alındı. • Ekim 2006'da Beko LLC buzdolabı, çamaşır makinası ve TV üretim tesisleri işletmeye alındı. • Arçelik A.Ş. Beko Elektronik'teki hissesini %72,46'ya yükselterek en büyük hissedar konumuna geldi.
2006	• Beko markalı bulaşık ve çamaşır makinaları Çin'e ihraç edildi. • 1500 kişilik katılım ile "2. Uluslararası Beko Yetkili Satıcılar Toplantısı" gerçekleştirildi. • Beko markalı bulaşık makinası " Which" ve " Test Achats/Test Aankoop" tüketici dergileri tarafından Avrupa'da "Best Buy" seçildi. • Çerkezköy'de, Türkiye'nin ilk Kurutucu Üretim Tesisi yatırımı gerçekleştirildi. • Mavi Işık Teknolojisi'ne sahip Gardırop Tipi Buzdolabı lansmanı yapıldı.
2007	• Çin'de Beko Çamaşır Makinası Üretim Tesisi açıldı. • Beko Elektronik A.Ş., Grundig Multimedia Şirketi ve Grundig markasının tek sahibi oldu. • "Tall Tub" bulaşık makinaları Amerika'ya ihraç edildi.

Çizelge 5.1.'de de göröldüğü gibi 2005 yılında Çayırova – Çamaşır Makinası İşletmesi'nde üretimine başlanan çamaşır kurutma makinası 2007 yılından itibaren Çerkezköy'de Çamaşır Kurutma Makinası İşletmesi'nde üretilmektedir. Yıllık üretim kapasitesi 2008 yılı itibariyle 600.00 adet çamaşır kurutma makinası olan işletme, 74.758 m2 araziye kurulmuş olup 28.387 m2 kapalı alana sahiptir ve üretim tesisi 2 katlı bir binada konumlanmıştır.

5.1.2 Ürün gamı ve çamaşır kurutma makinası çalışma mantığı

Çamaşır kurutma makinası;

- Kurutucu tipi
- Kontrol sistemi
- Yük kapasitesi

olmak üzere 3 farklı başlıkta incelenebilir.

5.1.2.1 Kurutucu tipi

İşletmede, ısı pompalı kurutucu, kondanserli kurutucu ve bacalı kurutucu olacak şekilde 3 farklı tipte kurutucu üretilmektedir.

Isı pompalı kurutucu tipinin çevriminde soğutucu gaz döngüsü ve hava döngüsü vardır. Soğutucu Gaz Döngüsü: Soğutma çevriminde kullanılan soğutma gazının kompresör vasıtasıyla basıncı ve sıcaklığı artırılır. Basıncı ve sıcaklığı arttırılmış gaz kondanserden geçirilerek sıcaklığı düşürülür ve yoğunlaşarak sıvı faza geçer. Kondanserden çıkan sıvı fazdaki soğutma gazının genleşme vanası vasıtasıyla basıncı düşürülür. Sıvı fazdaki soğutucu akışkan evaporatörden geçirilerek sıcaklığı yükseltilerek buhar fazına geçirilir. Hava Döngüsü: Tamburdan çıkan sıcak ve nemli hava, evaporatörden geçirilir. Evaporatörden geçen soğutucu gaz vasıtasıyla havanın sıcaklığı düşürülerek içindeki nem yoğunlaştırılır. Nemi alınmış hava kondanserden geçirilir. Kondanserden geçen basıncı ve sıcaklığı arttırılmış gaz vasıtasıyla havanın sıcaklığı artırılır. Sıcaklığı arttırılmış hava proses fanından geçirilerek tambura yönlendirilir. Tambura giren sıcak ve kuru havanın nemli çamaşır ile etkileşiminden ötürü sıcaklığı düşer ve nemi artar. Proses havasının kondanserden geçerken bırakmış olduğu nem tahliye sistemi yardımı ile tanka doldurulmakta ya da dışarı tahliye edilmektedir.

Kondanserli kurutucu çevriminde, ısıtıcıda ısıtılmış olan kuru faydalı hava tambur içinde nemli çamaşır ile etkileşime girmektedir. Tamburda bulunan çamaşırların nemini taşımakta olduğu ısı enerjisi ile alan hava aynı zamanda çamaşırın tekstil yapısından kopan hav/lif içermektedir. Bu istenmeyen tekstil parçacıklarının sistemden uzaklaştırılması için hava filtrelenmektedir. Çamaşırın nemini içereceği hava ısı değiştiricisi (kondanser) üzerinden geçirilerek sıcaklığı düşürülmekte ve barındırdığı nemi yoğunlaşması sağlanmaktadır. Kondanserde nemini bırakan hava

proses fanı tarafından ısıtıcıya yönlendirilmektedir. Isıtıcıda ısıtılan hava tambura yönlendirilmektedir. Soğutma havası dış ortamdan soğutma fanı tarafından emilmektedir. Soğutma havasından çıkan hava ısı değıştiricisi (kondanser) üzerinden geçilerek, kondanser finleri arasında gerçekleştirilen ısı transferi ile proses havasının ısı enerjisini almakta, böylelikle proses havasının sıcaklığı düşürülmektedir. Proses havasının kondanserden geçerken bırakmış olduğu nem tahliye sistemi yardımı ile tanka doldurulmakta yada dışarı tahliye edilmektedir.

Proses fanı tarafından hava ortamdan emiliyor. Dış ortamdan emilen hava ısıtıcıya yönlendiriliyor. Isıtıcıda ısıtılmış olan kuru faydalı hava tambur içinde nemli çamaşır ile etkileşime girmekte. Tamburda bulunan çamaşırların nemini, taşımakta olduğu ısı enerjisi ile alan hava aynı zamanda çamaşırın tekstil yapısından kopan hav/lif parçacıklarını da içermektedir. Bu istenmeyen tekstil parçacıklarının sistemden uzaklaştırılması için hava filtrelenmektedir. Bacalı kurutma çevrimi sıcak ve nemli havanın bir baca yardımı ile sistemden uzaklaştırılması ile son bulmaktadır.

5.1.2.2 Kontrol sistemi

Çamaşır kurutma makinalarında kontrol sistemi anlamında zaman kontrollü ve sensör kontrollü olmak üzere 2 tür sistem vardır. Zaman kontrol sistemi ile çalışan kurutma makinalarında, makina çalışmadan önce ne kadar çalışması gerektiğini kullanıcı panodaki göstergeler yardımıyla belirlerken sensör kontrollü çamaşır kurutma makinalarında ise sensör sistemi yardımıyla makina çamaşırın kuruduğunu kendisi anlar ve çalışmayı durdurur.

5.1.2.3 Yük kapasitesi

Mevcut durumda işletmede, gövde derinliği 54 cm ve 60 cm olan iki tip çamaşır kurutma makinası üretilmektedir. Bunların çamaşır yükleme kapasiteleri (kuru çamaşır için) sırasıyla 6 kg ve 7 kg'dır.

5.1.2.4 Arçelik A. Ş. çamaşır kurutma makinası işletmesi ürün gamı

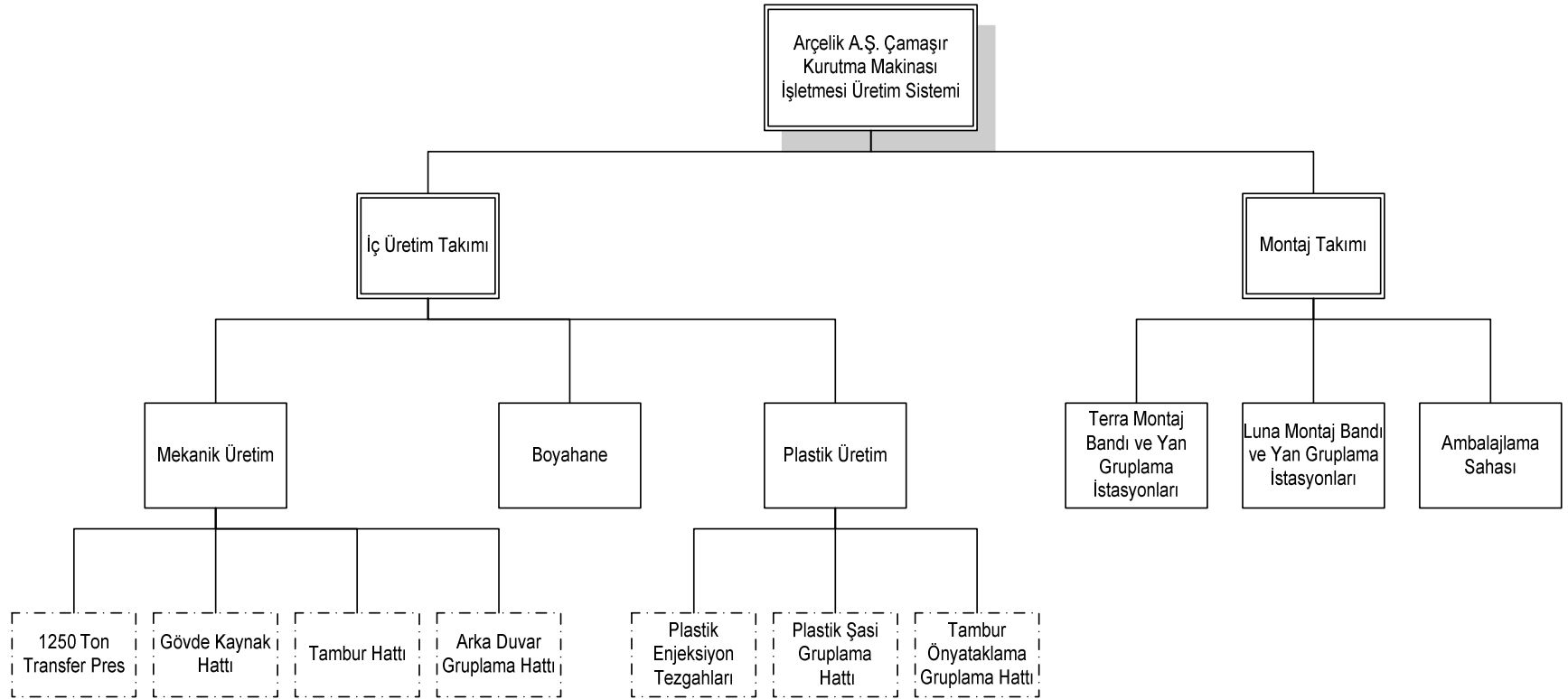
İşletmede Terra ve Luna olmak üzere iki ürün ailesi mevcuttur. Terra ürün ailesi bacalı (Terra Air Vented: Terra AV), kondanserli ve alttan su tanklı (Terra CND) ve kondanserli ve üstten su tanklı (Terra CNDU) modellerden oluşmaktadır. Luna ürün ailesi ise; bacalı (Luna AV), kondanserli (Luna CND) (Luna kondanserli

ürünlerin hepsinin su tankı üsttedir.) ve ısı pompalı (Luna Heat Pump : Luna HP) modelleri kapsamaktadır.

Üretim hacminin yaklaşık %90'ını terra ürün ailesi; yüzde %10'luk kısmını da luna ürün ailesi oluşturmaktadır.

5.1.3 Arçelik A.Ş. çamaşır kurutma makinası üretim sistemi

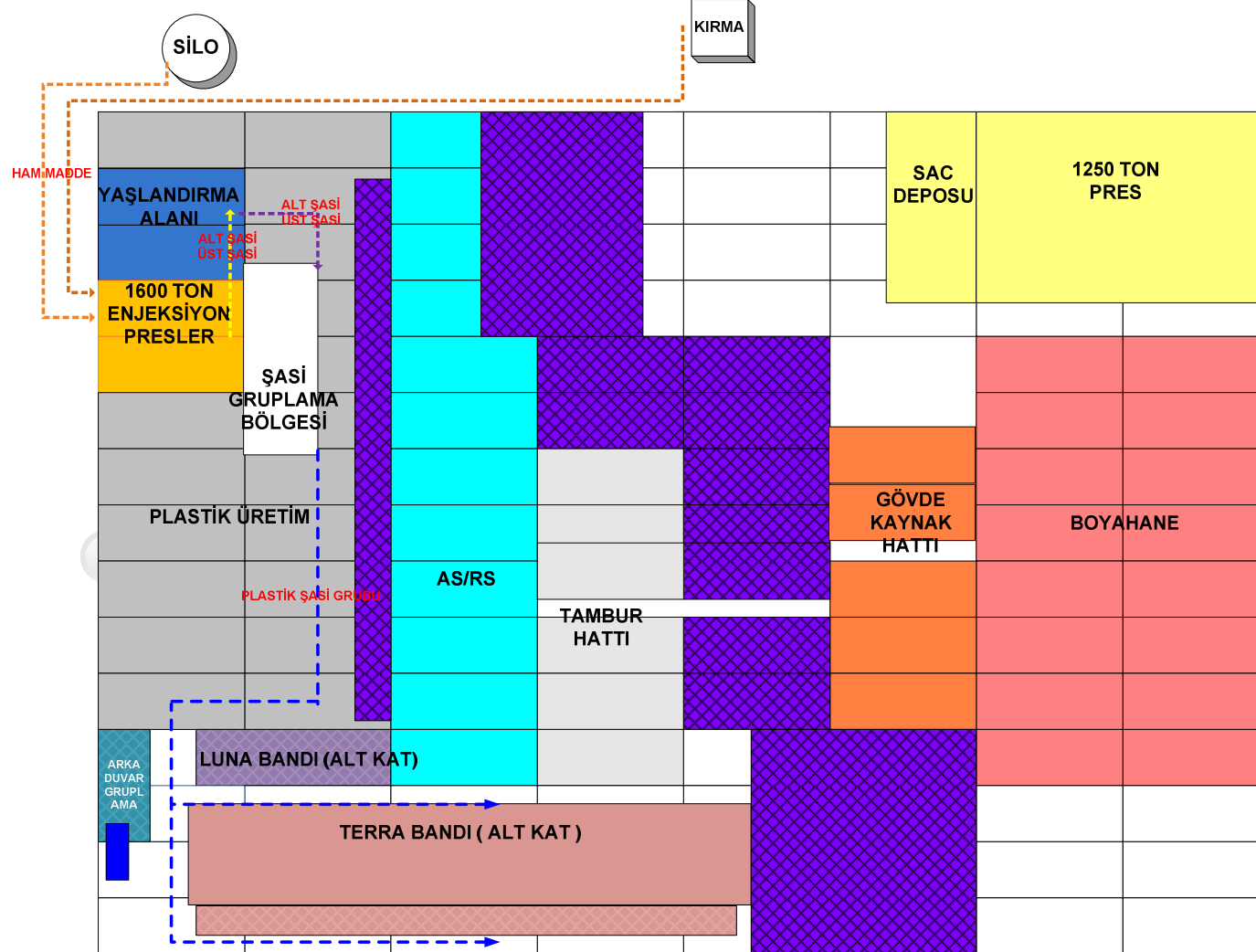
Çamaşır kurutma makinası üretim sistemi iki ana üretim takımından oluşur. Bunlar iç üretim takımı ile montaj takımlarıdır. İşleyiş olarak, montaj takımı ürünün son montajını ve iç üretimde veya yan sanayide gruplanan parçaların dışında kalan parçaların gruplanması işlemini yapar. İç üretim takımı ise, adeta bir yan sanayi gibi montaj bandını beslemekle görevlidir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 : Arçelik A.Ş. çamaşır kurutma makinası işletmesi üretim sistemi

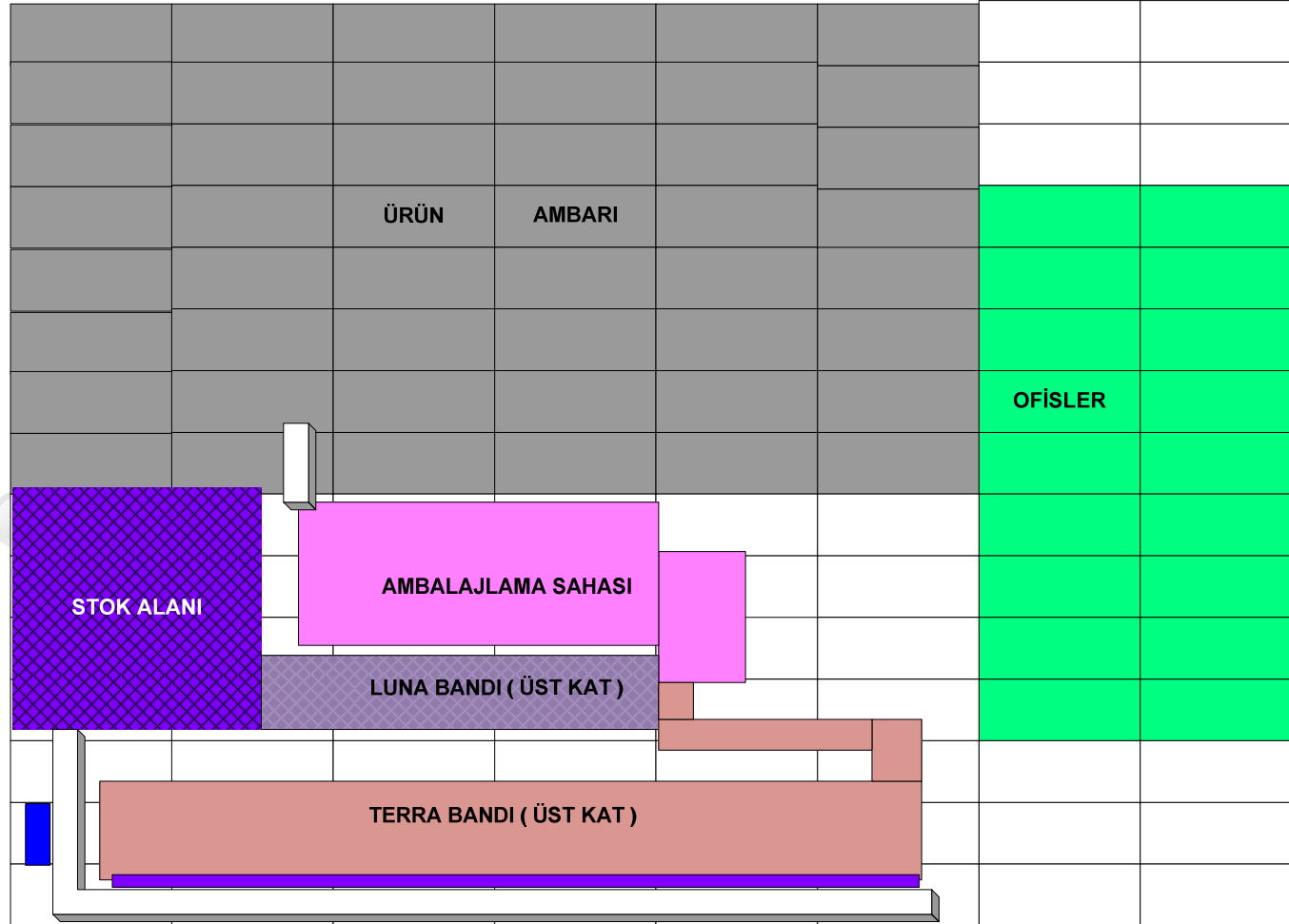
Çamaşır kurutma makinası fabrikası iki katlı olup Şekil 5.2’de alt kat, Şekil 5.3’te de üst kat yerleşim planı gösterilmiştir.

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR KURUTMA MAKİNASI İŞLETMESİ ALT KAT YERLEŞİM PLANI



Şekil 5.2 : Alt kat yerleşim planı

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR KURUTMA MAKİNASI İŞLETMESİ ÜST KAT YERLEŞİM PLANI



Şekil 5.3 : Üst kat yerleşim planı

5.1.3.1 İç üretim takımı

İç üretim takımı bir yan sanayi firması gibi ana montaj bandını beslemekle yükümlüdür. İşletmede yapılan “içeride yap veya dışarıdan satın al” analizleri sonucunda işletme içinde yapılması maliyet anlamında daha ekonomik olan operasyonların büyük bir bölümü iç üretim takımı tarafından yapılır. İç üretim takımı üç bölümden oluşur. Bunlar, mekanik üretim, boyahane ve plastik üretimdir.

Mekanik üretim kapsamında olan iş merkezleri; 1250 ton transfer pres, gövde kaynak hattı, tambur hattı ve arka duvar gruplama hatlarıdır. 1250 ton transfer preste, levhalar halinde gelen saclar terra yan duvar, terra ön duvar, terra sac üst tabla, terra alt şasi ve luna yan duvar parçalarına dönüştürülmektedir.

Gövde kaynak hattı ise sadece terra ürün ailesine hizmet etmektedir. Luna ürün ailesinde, gövdeyi oluşturan parçalar yan sanayiden geldikten sonra veya 1250 ton transfer preste basıldıktan sonra direkt olarak boyahaneye ve oradan da montaj bandına gönderilmektedir. Terra ürün ailesinde ise; 1250 ton transfer presten gelen 2 adet yan duvar, 1 ön duvar, 1 alt şasi ve yan sanayiden gelen pano takviye braketi gövde kaynak hattında birleştirilip gövdeye dönüşmektedirler. Gövde kaynak hattında askılara asılan gövdeler yukarıdan konveyörler yardımıyla boyahaneye gönderilirler.

Tambur hattında ise çamaşırın içine yüklendiği sac malzemeden imal edilen tambur üretilmektedir. Rulo halinde gelen saclar sırasıyla çevre sacı büküm tezgahından, boy kenet tezgahından, tambur ön sacı ve perçin tezgahından gelen tambur arka sacıyla birlikte sıvama tezgahından, tambur kanadı takma işlemlerinden, son olarak silikonlama ve son kontrol işlemlerinden geçtikten sonra otomatik tambur depolama ve taşıma sistemine yüklenerek montaj bandına gönderilir. Tambur hattı hem terra hem de luna ürün ailesine hizmet eden bir iş merkezidir.

Arka duvar gruplama hattı ise, yan sanayiden gelen arka duvarlar montaj bandında makinaya monte edilmeden önce bir takım parçaların ön montajının yapıldığı yerdir. Tambur hattında olduğu gibi hem terra hem luna ürün ailesine hizmet eder ve buradan arka duvar taşıma arabaları vasıtasıyla montaj bandına gönderilir.

Terra ürün ailesi için, gövde kaynak hattından askılarla gelen gövdenin ve luna ürün ailesi için yan sanayiden ve 1250 ton transfer presten gelen parçaların askıya asılıp sırasıyla, ön işlem, kataforez, son kat ve %100 kalite kontrol işlemlerinden geçerek

boyandığı ve sonra askılarla (terra ürün ailesi için) veya taşıma arabalarıyla (luna ürün ailesi için) montaj bandına gönderildiği yer boyahanedir.

İç üretim takımının üçüncü bölümü olan plastik üretim takımı ise plastik enjeksiyon tezgahlarından ve bu tezgahlarda imal edilen parçaların gruplandığı gruplama bantlarından oluşur. Plastik üretimde 4 adet 650 ton plastik enjeksiyon tezgahı, 2 adet 1500 ton plastik enjeksiyon tezgahı ve 2 adet de 1600 ton plastik enjeksiyon tezgahı vardır. Bu tezgahlarda Luna HP plastik alt şasi, Luna HP plastik üst şasi, Terra plastik üst şasi (Terra CND ve Terra CNDU ürünlerde kullanılmaktadır.), Terra plastik alt şasi (Terra CND ve Terra CNDU ürünlerde kullanılmaktadır.), Terra tambur ön yataklama, Terra tambur ön yataklama kapağı, Luna ön yataklama iç kapak ve Luna ön yataklama dış kapak imal edilmektedir.

Plastik enjeksiyon tezgahlarında basılan Terra üst şasi ve Terra alt şasi plastik şasi gruplama hattına gelir ve burada gruplanan plastik şasi, şasi taşıma arabalarıyla montaj bandındaki ilgili istasyona taşınır.

Plastik enjeksiyon tezgahlarında basılan Terra tambur ön yataklama ve kapağı ile Luna ön yataklama iç kapak ve dış kapağı tambur ön yataklama gruplama hattında gruplanır ve taşıma arabalarıyla montaj bandındaki ilgili istasyona gönderilir.

5.1.3.2 Montaj Takımı

Montaj takımı 3 ana montaj bandı ve bunların yan gruplama istasyonları ile ambalajlama sahasından oluşmaktadır.

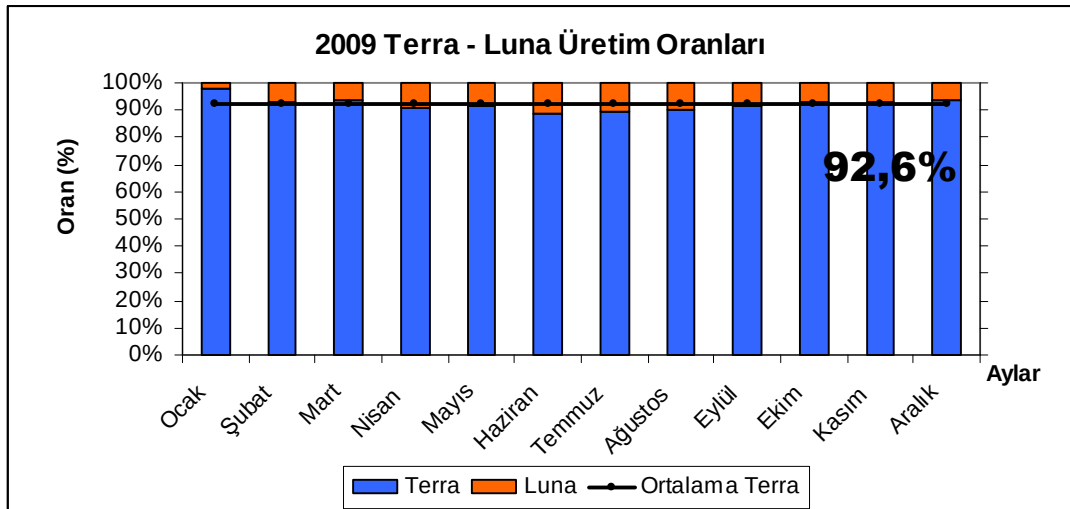
Üretim hacminin %90'ını oluşturan terra ürün ailesi için aynı özelliklere sahip alt katta başlayan ve üst katta sonlanan 2 adet terra montaj bandı varken luna ürün ailesi için yine alt katta başlayan ve üst katta sonlanan 1 adet luna montaj bandı mevcuttur. Bu 3 ana bant ambalaj sahasından hemen önce birleşirler ve alt karton ve alt straforların yüklendiği bir tezgah, sağ/sol straforların ve başka manuel işlemlerin yapıldığı bir montaj alanı ile şirink tezgahından oluşan ortak bir ambalajlama sahasından geçerek ürün ambarına ulaşır.

Mevcut durumda bir iyileştirme yapılmaksızın, terra montaj bantlarının her birinin kapasitesi vardiyada (430 dakikada) 750 adet ürün iken, luna montaj bandında 250 adet üründür.

Ana montaj bandı ile ambalajlama sahasının dışında, terra ve luna ürün ailelerine hizmet eden yan gruplama istasyonları da montaj takımı kapsamındadır. Örneğin yan sanayiden gelen terra iç kapak ile terra dış kapak; terra ön kapak gruplama yan istasyonunda gruplanarak gruplanmış ön kapak halinde montaj bandına gönderilir.

5.2 Ürün Ailesinin Ve Uygulama Alanının Seçimi

Arçelik A.Ş. Çamaşır Kurutma Makinası İşletmesi'nde üretilen ürünlerin yaklaşık %90'ının terra ürün ailesinden, yaklaşık %10'luk kısmının ise luna ürün ailesinden oluştuğunu bahsetmiştik. İleriki dönemde, 2009 yılında üretilmesi planlanan üretim adetlerine göre bu oranların yılda ortalama %92,6 terra; %7,4 luna ürünlerden oluşacağı Şekil 5.4' te görülmektedir. Bu nedenle ürün ailesi olarak terra seçilmiştir. Firma gizlilik politikaları nedeniyle bahsi geçen üretim adetleri gerçeği yansıtmamaktadır, ama mevsimsellik durumu korunmuştur.

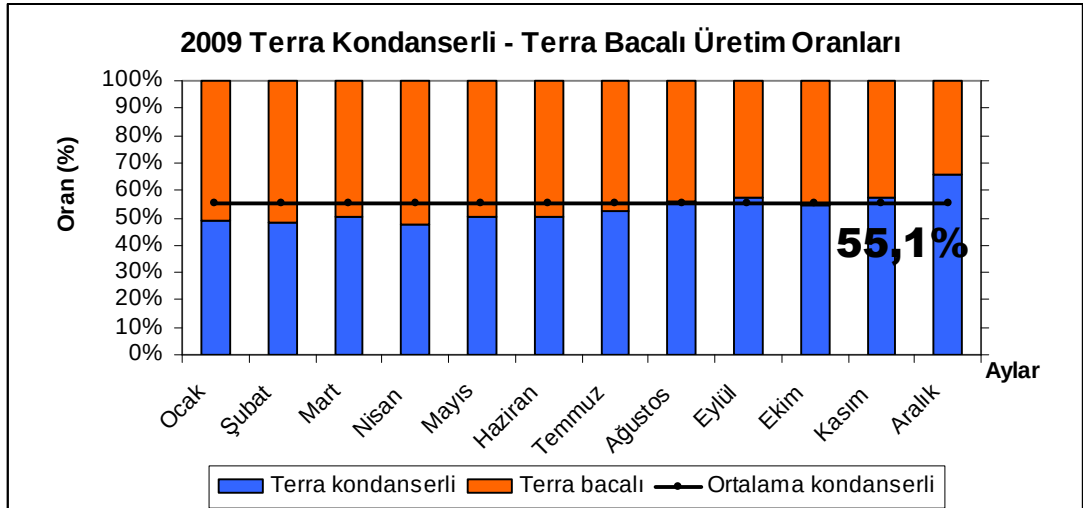


Şekil 5.4 : 2009 Terra – Luna üretim oranlarını gösteren bir grafik

Çamaşır kurutma makinasının iç üretim takımını oluşturan bölümlerden de anlaşılacağı gibi işletmede plastik ve metal olmak üzere iki ana malzemenin akışı vardır. Metal parçaların üretildiği iş merkezlerinde, 1250 ton transfer pres ve gövde kaynak hattı gibi daha çok proses yoğun operasyonlar göze çarpmaktadır. Plastik üretimin alanında ise silodan ham madde akışı ile başlayan, plastik enjeksiyon tezgahları, yaşlandırma bölgesi ile devam eden ve gruplama bantlarıyla sonlanan çok renkli bir süreç vardır. Plastik üretim tarafına odaklanmak uygulamanın çok yönlülüğüne katkı sağlayacağından ve fabrikanın diğer bölümlerine yayılımı kolaylaştıracağından pilot bölge olarak seçilmiştir.

Makinada ham maddesi plastik olan ağırlıkça en büyük iki parça; plastik şasi (Terra CND ve Terra CNDU ürünlerde bulunur.) ve tambur ön yataklama (Tüm ürünlerde bulunur.)’dır. Bu parçalar yapılan içeride yap/dışarıdan satın al (make or buy) çalışmaları sonucunda işletme içersinde yapılması kararı alınan ve plastik üretim takımı oluşturan elemanlardır. Tambur ön yataklama tüm üründe mevcuttur ama luna ve terra için farklı dizaynlara sahiptir. Tambur ön yataklamanın plastik üretimdeki iş akışı, ham maddenin plastik enjeksiyon tezgahlarına gelmesiyle başlar, yaşlandırma işlemi için bekledikten sonra gruplama bandına gider ve burada sona erer. Plastik şasi ise Bölüm 4.1’de de bahsedildiği gibi pilot uygulama için seçilen terra ürün ailesinin sadece terra kondanserli (Terra CND + Terra CNDU) modellerinde bulunur. Akışı ham maddenin silodan plastik enjeksiyon tezgahlarına gelmesiyle başlar, yaşlandırma işlemi için bekler, plastik şasi gruplama hattıyla sonlanır. Plastik şasi gruplama hattında, tambur ön yataklama gruplama hattından farklı olarak, vibrasyon kaynak tezgahı, %100 kontrolün yapıldığı test işlemleri de yer almaktadır.

Terra ürün ailesinin kendi içindeki dağılımına bakıldığında, 2009 için ortalama %55,1 oranında Terra CND ve Terra CNDU; %44,9 oranında da Terra AV üretileceği Şekil 5.5’te de görülmektedir.



Şekil 5.5 : 2009 Terra CND +CNDU – terra AV üretim oranları

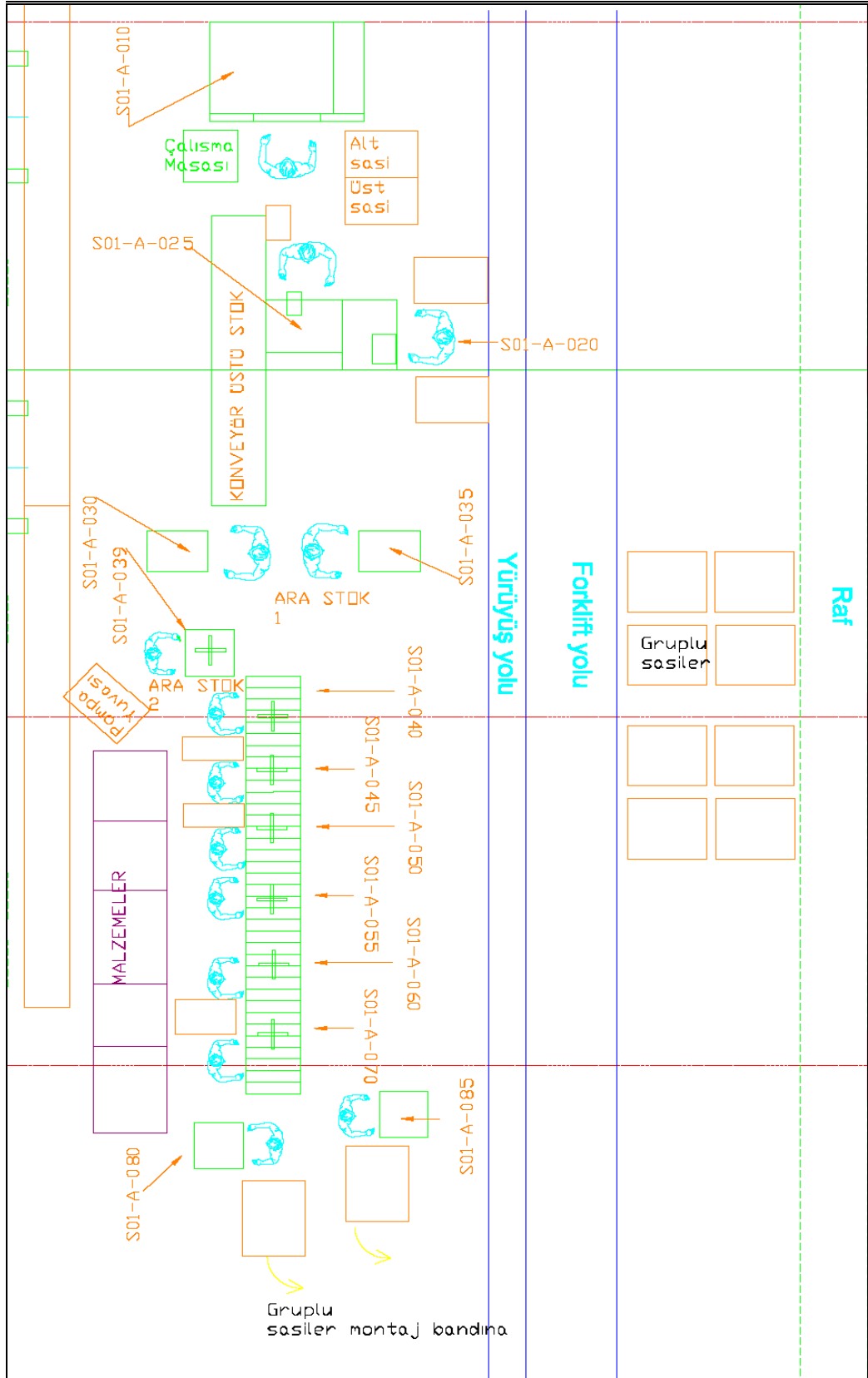
Yapılan işlemlerin çeşitliliği (Hem emek yoğun gruplama bantlarını hem tezgahları hem de test aparatlarını kapsar.), terra kondanserli üretim oranlarının daha yüksek olması, sayıca daha çok operasyonun bulunması, emek yoğun operasyonların çokluğu ve doğal olarak işgücü planlamanın diğer iş merkezlerine göre ağırlığının

derecesinin yüksek olması nedenleriyle plastik şasi üretim akışını içeren süreçler uygulama alanı olarak seçilmiştir.

5.3 Plastik Şasi Mevcut Durum Değer Akış Haritası

5.3.1 Plastik şasi gruplama işlemleri

Çamaşır kurutma makinasının en ağır plastik parçasını olma özelliğini taşıyan şasinin üretiminin tüm aşamaları işletmenin iç üretim takımına bağlı plastik üretim sahasında yapılmaktadır. Mevcut durum yerleşim planı Şekil 5.6’ da gösterilmiştir.



Şekil 5.6 : Mevcut durum yerleşim planı

Plastik şasi grubu sadece Terra CND ve Terra CNDU modellerde kullanılmaktadır. Terra CND modeli için Tip 1 ve Tip 3; Terra CNDU için de Tip 2 olmak üzere 3 tip plastik şasi üretilmektedir. Bu 3 tip plastik şasi içinden Tip 1 ve Tip 3 arasındaki tek fark şasi gruplama bandında monte edilen pompa yuvasının farklı olmasıdır, bunun dışında tüm operasyonlar ve monte edilen parçalar aynıdır (Çizelge 5.2). Tip 2'nin bunlardan farkı alt şasinin farklı tasarımı, pompa yuvasında şamandıranın yanında bir pompanın olması ve bir takım parçaların bu modelin tasarımında yer almamasıdır. Yalnız üç şasinin de akışları aynı olup monte edilen parçalarda farklılıklar vardır.

Gruplama işlemi enjeksiyon tezgahlarında basıldıktan sonra yaşlandırma işlemine tabi tutulan alt ve üst şasilerin vibrasyon kaynak tezgahına gelmesiyle başlamış olur. Vibrasyon kaynak tezgahında (S01-A-010) çalışan operatör alt şasi, üst şasi ve yönlendirici ara parçadan oluşan parçaları önceden hazırlar ve grup olarak tezgaha yerleştirir. Böylece 26 saniyelik kaynak işlemi süresince katma değeri olan işler de yapılmış olur. Alt ve üst şasi 80*120 cm.lik boyutları olan palet ve magnum kasalarda 40'ar adet stoklanır ve taşınırlar. Vibrasyon kaynak tezgahından alt ve üst şasi bir grup olarak çıkar ve operatör içerisine ısıtıcı ızgarasını da yerleştirdikten sonra grubu aktarma konveyörüne bırakır.

Konveyörün hemen yanında kondanser gruplama aparatları yer alır. Kondanser iki aşamada plastik şasinin içerisine yerleşecek hale getirilir ve konveyör üzerinde akan şasilerin içerisine yerleştirilir. Birinci aşamada (S01-A-020) kondanser ile proses hava yönlendirici kapak mekanik pres yardımıyla birleştirilir ve ilgili etiketler de yapıştırıldıktan sonra mandal takma aparatının olduğu tarafa istiflenir. İkinci aşamada (S01-A-025) kapak takılmış kondanser grubuna lastik tokmak yardımıyla 4 adet mandal takılır ve grup doğrudan plastik şasinin içerisine yerleştirilir.

Çizelge 5.2 : Plastik şasi grubunun iş akışı ve operasyonların standart zamanları

Operas- yon No	Operasyon Açıklaması	Tip 1& Tip 3 Standart Zaman	Tip 2 Standart Zaman
		(Dk)	(Dk)
S05	Hazırlanan grubu al, vibrasyon kaynak tezgahına yerleştir.	0,059	0,059
S10	Butona bas, kaynak işlemini başlat.	0,429	0,429
S15	Bir önceki grubun çapağını al, ısıtıcı ızgarasını içine yerleştir, bant üzerine yatır	0,161	0,161
S20	Alt şasiyi al, çalışma masasına yerleştir.	0,09	0,09
S25	Yönlendirici ara parçayı al, alt şasideki yerine yerleştir.	0,039	0,039
S30	Üst şasiyi al, alt şasi üzerine yerleştir.	0,103	0,103
S35	Kaynağı yapılmış grubu al, bant üzerine bırak.	0,088	0,088
S40	Kondanser grubunu al, aparata yerleştir	0,119	0,119
S45	Proses hava yönlendirici kapak grubunu al, kondanser üzerine yerleştir	0,047	0,047
S50	Aparata kolunu aşağıya çekerek proses hava yönlendirici kapak grubunu kondanserle birleştir.	0,045	0,045
S55	Kondanser kilit etiketini al, proses hava yönlendirici kapak grubuna yapıştır.	0,062	0,062
S60	Kondanser temizleme etiketini al, proses hava yönlendirici kapak grubuna yapıştır.	0,054	0,054
S65	Grubu aparattan al, yandaki masanın üzerine bırak.	0,049	0,049
S70	Kapak takılmış kondanser grubunu al, aparata yerleştir klempi kapatarak sıkıştır.	0,094	0,094
S75	Kondanser kilitleme mandalını (kırmızı) al, lastik tokmak yardımıyla kapaktaki yerine tak.	0,071	0,071
S80	kondanser kilitleme kolu mikroswitchi (gri) al, lastik tokmak yardımıyla kapaktaki yerine tak.	0,156	0,156
S85	Klempi açıp grubu aparattan al, şasi grubundaki yerine yerleştir.	0,048	0,048
S90	Konveyör üzerindeki şasi grubunun mandallarının kapat.	0,083	0,083
S95	Plastik şasi grubunu al, test aparatına yerleştir.	0,062	0,062
S100	Butona bas, testi yap.	0,451	0,451
S105	Damgayı al, şasideki yerine bas.	0,05	0,05
S110	Şasi grubunu aparattan al, yere bırak.	0,098	0,098
S115	Plastik şasi grubunu yerden al, aparata yerleştir.	0,09	0,09
S120	Pompa yuvası contasını al, gövde grubundaki yerine elle yerleştir.	0,048	0,048
S125	Pompa yuvası al, elle bastırarak gövde grubundaki yerine yerleştir.	0,097	0,097
S130	Hortum grubunu ve 1 adet kelepçeyi al, aparat yardımıyla grupla.	0,097	0,097
S135	Hortum grubunu al, sıvı sabuna batır ve hortum grubuna tak.	0,115	0,115
S140	Şasi grubunu aparattan al, montaj bandındaki aparata yerleştir.	0,074	0,074
S145	1 adet 4*12 inox vida al, yıldız uçlu tabanca tip havalı motor ile ısıtıcı ızgarasını gövdeye tuttur.	0,075	0,075
S150	2 adet 4*10 PT vida al, pompa yuvasını önden yıldız uçlu tabanca tip havalı motor ile gövdeye tuttur.	0,078	0,078
S155	Elindeki 2. vida ile pompa yuvasını önden yıldız uçlu tabanca tip havalı motor ile 2. noktadan tuttur.	0,052	0,052
S160	1 adet 4*10 PT vida al, yönlendirici ara parçasını yıldız uçlu tabanca tip havalı motor ile gövdeye tuttur.	0,054	0,054
S165	Tabancayı yerine bırak.	0,011	0,011

Çizelge 5.2 : Plastik şasi gruplarının modellere göre iş akışları ve operasyonların standart zamanları (Devam ediyor)

Operas- yon No	Operasyon Açıklaması	Tip 1& Tip 3 Standart Zaman (Dk)	Tip 2 Standart Zaman (Dk)
S170	O-Ring ve tank valfi grubunu al,O-Ringi tank valfine tak O-Ringli tank valf grubunu gövdedeki yerine elle yerleştir	0,077	0
S175	2 adet 4*10 PT vida ile tank valfi grubunu gövdeye yıldız uçlu havalı motor yardımı ile tuttur.	0,12	0
S180	2 adet su tankı yayını gövdeye 1'er adet 4*10 PT vida ile gövdeye yıldız uçlu havalı motor yardımı ile tuttur.	0,179	0
S185	Tabancayı yerine bırak	0,011	0,011
S190	1 adet 4*14 PT vida (şapkalı) ile pompa yuvasını gövdeye arkadan yıldız uçlu havalı motor yardımı ile tuttur.	0,075	0,075
S195	1 adet 4*10 PT vida ile pompa yuvasını gövdeye arkadan yıldız uçlu havalı motor yardımı ile tuttur.	0,075	0,075
S200	Tabancayı yerine bırak	0,011	0,011
S205	Sünger al, koruyucu kağıdını çıkart çöpe at ve kondanser ağzının sol tarafına yapıştır	0,12	0,12
S210	Keçe yatağını al, gövdedeki yerine yerleştir	0,049	0,049
S215	Sünger al, koruyucu kağıdını çıkart çöpe at ve kondanser ağzının sağ tarafına yapıştır	0,121	0,121
S220	Sünger al, koruyucu kağıdını çıkart çöpe at ve kondanser ağzının sağ tarafındaki süngerin üzerine yapıştır	0,121	0,121
S225	Bez ile beyaz süngerin yapışacağı yerlerdeki su kalıntılarını sil	0,048	0,048
S230	Sünger al, koruyucu kağıdını çıkart çöpe at ve motor fan kapağı altına yapıştır.	0,121	0,121
S235	PE sünger al, koruyucu kağıdını çıkart çöpe at ve salyangoz kapak altındaki ilgili yerlere yapıştır.	0,286	0,286
S240	Mini şalteri ve mikroswitch taşıyıcıyı al ve birbirine grupla.	0,096	0,096
S245	Mini şalter ve mikroswitch taşıyıcı grubunu gövdedeki yerine yerleştir..	0,022	0,022
S250	1 adet 4*10 PT vida ile mikroswitch taşıyıcıyı gövdeye tuttur.	0,075	0,075
S255	Tabancayı yerine bırak.	0,021	0,021
S260	Taşma şamandırasını al, pompa yuvasına yerleştir.	0,044	0,044
S265	Kondanser pompasını al, pompa yuvasına yerleştir.	0	0,044
S270	Overflow şalter grubunu al, pompa kapağındaki yerine elle yerleştir.	0,129	0,129
S275	Pompa kapağını al, pompa yuvasına elle yerleştir.	0,024	0,024
S280	Konveyöre git, gruplanmış şasiyi al test aparatına yerleştir.	0,102	0,102
S285	Test aparatındaki hortumları pompa yuvasına yerleştir.	0,033	0,033
S290	Pompa soketine test aparatındaki soketi tak.	0,032	0,032
S295	Butona bas, testi yap.	0,3	0,3
S300	Damgayı şasideki yerine bas	0	0
S305	Testi biten şasiden pompa soketini ve hortumları çıkart.	0,031	0,031
S310	Şasiyi al, içinde kalan suyu boşaltıp şasi arabasına yerleştir.	0,16	0,16
S170	O-Ring ve tank valfi grubunu al,O-Ringi tank valfine tak O-Ringli tank valf grubunu gövdedeki yerine elle yerleştir	0,077	0
S175	2 adet 4*10 PT vida ile tank valfi grubunu gövdeye yıldız uçlu havalı motor yardımı ile tuttur.	0,12	0
S180	2 adet su tankı yayını gövdeye 1'er adet 4*10 PT vida ile gövdeye yıldız uçlu havalı motor yardımı ile tuttur.	0,179	0

İçerisinde kondanser grubu ile birlikte konveyör üzerinde ilerleyen plastik şasi, kondanser su sızdırmazlık testine alınır (S01-A-030 ve S01-A-035). Bu test bütün plastik şasilere uygulanır ve kondanserin şasiye oturduğu yüzeylerdeki contalardan su sızdırıp sızdırmadığının kontrolü yapılır. Bununla birlikte vibrasyonla kaynatılmış olan plastik şasinin birleşim noktalarından da su sızdırıp sızdırmadığı kontrol edilmiş olur.

Kondanser su sızdırmazlık testinden geçen plastik şasilere su sızdırmadığına dair bir damga basıldıktan sonra şasi gruplama bandı ile test istasyonu arasındaki ara stok bölgesinde stoklanır (Ara Stok 1).

Şasi gruplama bandı kendinden paletli ve bu paletlerin üzerinde plastik şasiyi yataklayan ve 360 derece dönebilen aparatların da bulunduğu bir banttır. Mevcut durumda bant net 750 adet plastik şasi gruplayabilecek bir kadro ile dur ve ilerle (Stop and go) tipindeki bir konveyörden ibarettir. Yalnız mevcut durumda istasyonlara atanan operasyonların süreleri kronometraj yöntemiyle hesaplanmıştır ve bant üzerindeki 6 istasyonunun bu talebi karşılayamayacağı bunun için de bandın önüne şasiyi yataklayan aparatın olduğu bir çalışma masası eklenmiştir (S01-A-039). Bu çalışma masasına atanan operatör, kondanser su sızdırmazlık testi yapılmış ara stok1’de bulunun plastik şasiyi yerden alıp, aparata yerleştirerek akışı başlatır. Plastik şasi halen kendinden hareketli dur ve ilerle tipindeki (Stop and go) konveyöre yerleştirilemediğinden ikinci bir noktada da ara stok (Ara Stok 2) oluşmaktadır. İkinci ara stok noktasından alınan plastik şasi konveyör üzerindeki aparata yerleştirilir ve toplamda 6 operatörün (S01-A-040; S01-A-045; S01-A-050; S01-A-055; S01-A-060; S01-A-070) şasi üzerine çeşitli gruplama işlemlerini yapmasıyla devam eder. Plastik şasi gruplandıktan sonra içerisine yerleştirilen şamandıranın (Tip 1, Tip 2, Tip 3’te bulunur.) yükselip mikro şalteri çalıştırıp çalıştırmadığı ve Tip 2’de bulunun pompanın da çalışıp çalışmadığının kontrolü bandında sonunda 2 yerde konumlanan pompa testi istasyonlarında (S01-A-080; S01-A-085) yapılır. İlgili kontroller yapıldıktan sonra makinaya monte edilmeye hazır plastik şasiler plastik şasi taşıma arabalarına yerleştirilir. Bir kerede 34 adet plastik şasi taşıyabilen arabalar malzeme taşıma operatörleri tarafından montaj bandındaki ilgili istasyona götürülür.

5.3.2 Mevcut durum hat dengeleme ve standart zamanların MTM ile tespiti

Mevcut durumdaki günlük üretim talepleri dengeli olmadığından yani bir aylık üretim periyodunu ele alınırsa, günlük ortalama üretim talebi 555 adet Terra kondanseri ürün olurken, plastik şasi gruplama hattından günde 750 adede kadar ürün talep edilmektedir. Bu yüzden çevrim süresi takt süresinden çok uzakta kalmıştır. Mevcut durum haritası çizilirken Mayıs 2008 üretim dönemi gözlemlenmiştir ve takt süresi de Mayıs, Haziran ve Temmuz 2008 olmak üzere 3 aylık üretim periyodu üzerinden hesaplanmıştır (Çizelge 5.3).

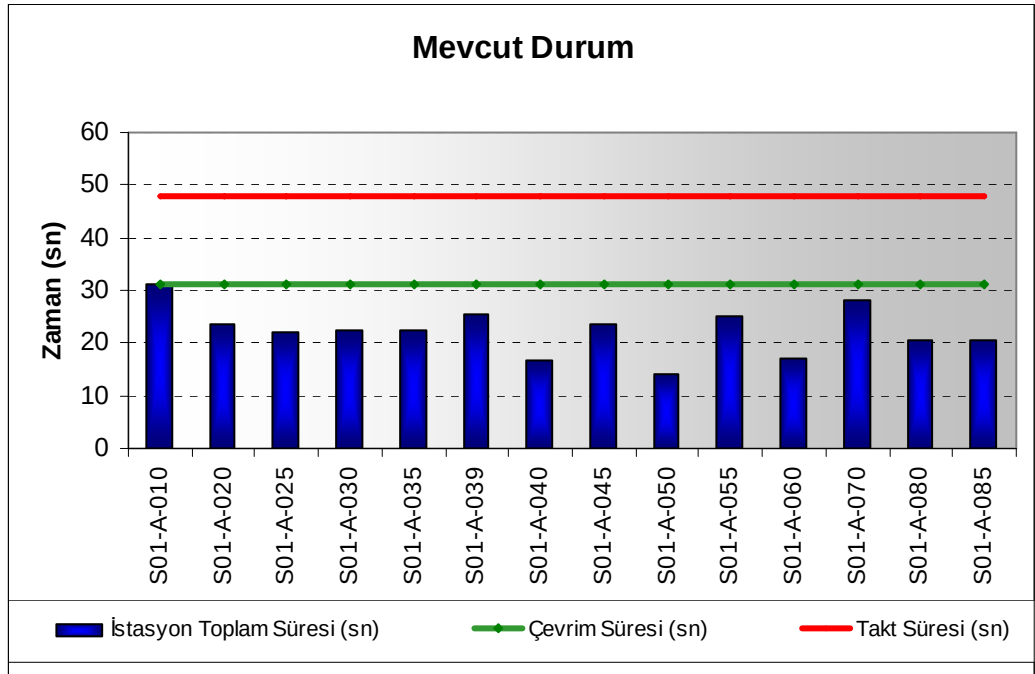
Çizelge 5.3 : Mayıs-Temmuz 2008 üretim dönemi için takt süresi hesabı

ÜRÜN AİLESİ - TERRA Kondanser		
Değerlendirme aralığı	ay	3
Ortalama aylık talep	adet	11567
Ortalama günlük talep	adet	542
Ortalama aylık çalışma süresi	gün	21,3
Günlük çalışma süresi	dakika	430
Takt süresi	saniye/adet	48
Çevrim süresi (%90 verim)	saniye/adet	43

Çizelge 5.3'te görüldüğü gibi takt süresi 48 saniye $\frac{(430 * 60)}{(11567 / 21,3)}$ olurken, 48 saniyede bir ürün üretebilmek için sistem, yaşanacak olan olası problemler de göz önüne alınarak %10 kayıp ile 43 saniyelik $\frac{(430 * 60 * 0,9)}{(11567 / 21,3)}$ bir çevrim süresine göre tasarlanmalıdır. Yalnız daha önce de bahsedildiği gibi günlük talepler, ortalama günlük talebin çok üzerine çıkabildiği için 31 saniyeye göre dizayn edilmiştir. Mevcut durumdaki istasyonlar ve dolulukları ile çevrim süresi ve takt süresi arasındaki ilişki Çizelge 5.4'te ve Şekil 5.7'de görülmektedir. İstasyonların standart zamanları Tip 1 ve Tip 3 için geçerlidir.

Çizelge 5.4 : Mevcut durumdaki istasyonlar ve dolulukları (Tip 1 ve Tip 3)

Mevcut Durum		
Vardiya Temposu	750	
Takt Süresi (sn)	48	
Çevrim Süresi (sn)	31	
İstasyon No	Toplam standart zaman (sn)	İstasyon doluluğu (%)
S01-A-010	30,96	100,0%
S01-A-020	23,64	76,4%
S01-A-025	22,20	71,7%
S01-A-030	22,32	72,1%
S01-A-035	22,32	72,1%
S01-A-039	25,44	82,2%
S01-A-040	16,74	54,1%
S01-A-045	23,58	76,2%
S01-A-050	14,22	45,9%
S01-A-055	25,02	80,8%
S01-A-060	16,98	54,8%
S01-A-070	28,20	91,1%
S01-A-080	20,61	66,6%
S01-A-085	20,61	66,6%
Operatör sayısı	14	



Şekil 5.7 : Mevcut durumdaki istasyonlar ve dolulukları

Şekil 5.7’den de görüldüğü gibi mevcut durumda öncelikli olarak çevrim süresi takt süresinin çok uzağında kalmıştır. Bunun yanında mevcut çevrim süresine göre yapılan hat dengelemede de toplamda %389,5’luk bir kayıp, boşluk görülmektedir.

Boşluğun ana nedeni işlerin parçalanamayışı veya daha farklı teknik bir neden değil standart zamanların yanlış tespit edilmesidir. Kronometraj yönteminin en önemli sakıncalarından bir tanesi de bilginin doğruluğunu garanti etmemesidir. Burada da doğru olmayan ya da doğruya daha az yaklaşan bilgilerin iş merkezi tasarlamaya, işgören atamaya genel anlamda performansa olan olumsuz etkisi görülmektedir.

Çizelge 5.5’te görülen S250, S255 ve S260 numaralı operasyonların standart zamanlarının MTM yöntemiyle hesaplanması aşağıdaki yapılmıştır.

Çizelge 5.5 : S250, S255 ve S260 numaralı operasyonların standart zamanları

Operasyon No	Operasyon Açıklaması	Standart Zaman (Dk)
S250	1 adet 4*10 PT vida ile mikroswitch taşıyıcıyı gövdeye tuttur.	0,075
S255	Tabancayı yerine bırak.	0,021
S260	Taşma şamandrasını al, pompa yuvasına yerleştir.	0,044

Çizelge 5.5’te de görüldüğü gibi S250, S255 ve S260 numaralı operasyonların standart zamanları sırasıyla 0,075, 0,021 ve 0,044 dakikadır.

Çizelge 5.6 : MTM – SB Analiz Formu

MTM - SB ANALİZ FORMU		Tarih: 14.08.2008			Toplam
Açıklama	Kod	T M U	Tekrar	TMU	
S250 1 adet 4*10 PT vida ile mikroswitch taşıyıcıyı gövdeye tuttur.					
sol el vidayı	ASE30	25			25,0
sağ el tabancayı	ALE30	0			0,0
vida tabanca ucuna	PEE30	31			31,0
	GDK	4			4,0
sol el şasiyi, sağ el tabanca ucundaki vidayı mikroswich taşıyıcıya	PLE30	21			21,0
	GNV	6			6,0
	PUE02	2			2,0
	PT	25			25,0
TOPLAM					114,0
S255 Tabancayı yerine bırak					
	PUE45	17			17,0
TOPLAM					17,0
S260 Taşma şamandırasını al, pompa yuvasına yerleştir.					
taşma şamandırasını	ASE60	33,0			33,0
şamandıra yerine	PLE60	31,0			31,0
	GDK	4,0			4,0
TOPLAM					68,0

Çizelge 5.6'daki MTM – SB analiz formunu inceleyecek olursak S250 operasyonunda öncelikle sol el karışık durumda bulunan vida kutusundan bir adet vidayı alırken sağ el de sürekli aynı yerde bulunan tabancayı almaktadır. İkisinin de uzanma mesafesi 23 cm – 37 cm aralığına denk geldiği için MTM-SB' ye göre 30 olarak alınmıştır. Aynı anda yapılan işlerde TMU değeri büyük olan hareketin zamanı dikkate alınacağından iki hareket sağ taraftan bir parantezle birleştirilmiş ve TMU değeri 17 olan ALE30'un karşısına da sıfır yazılmıştır.

Sol elinde bir adet vida ile sağ elinde tabanca bulunan operatör şimdi de vidayı tabancanın ucuna PEE30 ile yerleştirecektir. Yerleştirmenin ardından GDK genel değeri verilmiştir, çünkü vida tabanca ucuna yerleştirilirken bir eksenlemeye maruz kalır ve 90 dereceden küçük bir açıyla döndürülerek yerleştirilir, yani simetrik değil yarı simetriktir. Vida tabanca ucuna yerleştirildikten sonra plastik şasi üzerindeki vidalama noktasına götürülüp yerleştirilir. Bu yerleştirme hareketinden sonra da GNV genel değeri verilmiştir çünkü tabancayı tutma mesafesi 7,5 cm.den büyük ya da eşittir yani yerleştirmede zor durum ortaya çıkmıştır. Bir sonraki hareket ise tabancanın pimine parmakla basmadır ve PUE02 ile kodlanmıştır. Pime bastuktan sonra ise tabancanın işlem zamanı başlar ve bu zaman PT (Process Time) ile kodlanır. Bütün hareketlerin zamanları toplandığında 114 TMU bulunur. Çizelge 5.6'da görülen analiz, bir akış içerisinde yapılmıştır ve kodlama dili evrenseldir.

Çizelge 5.7 : S250, S255 ve S260 numaralı operasyonların standart zaman hesabı

Açıklama	TMU	Cdk	YOR. (%)	YOR. (Cdk)	Standart Zaman (Cdk)	Standart Zaman (dk)
S250 1 adet 4*10 PT vida ile mikroswitch taşıyıcıyı gövdeye tuttur.	114	6,84	9%	0,62	7,46	0,075
S255 Tabancayı yerine bırak.	32	1,92	9%	0,17	2,09	0,021
S60 Taşma şamandırasını al, pompa yuvasına yerleştir.	68	4,08	9%	0,37	4,45	0,044

Çizelge 5,7’de operasyonların TMU değerleri kullanılarak bu normal zaman değerine yorgunluk payları ilave edilmiş ve standart zamanları hesaplanmıştır. Örneğin S250 operasyonunun 114 TMU değerinde bir süresi vardır ve bu da $114 \times 0,06 = 6,84cdk$ ’dır. Bu normal zaman değerine Ek A.1’de gösterilerin ILO tarafından önerilen yorgunluk toleranslarına göre %9 (Ayakta olma toleransı (%2); hava koşulları (ısı-nem) (%1); gürültü kesikli yüksek (%2); normal kompleks proses (%1); monotonluk orta düzey (%1); yıpranma düzeyi yıpratıcı (%2) olarak analiz edilmiştir.) oranında normal zamana ilave yapılmıştır. Böylece operasyonun standart zamanı 7,46 cdk. , $7,46 \times 0,01 = 0,075dk$ olarak hesaplanmıştır.

Bütün işlem elemanları yukarıdaki akış ile MTM-SB’ ye göre hesaplanmış ve tasarımı doğrudan etkileyen bilgilerin doğruluğu sağlanmıştır.

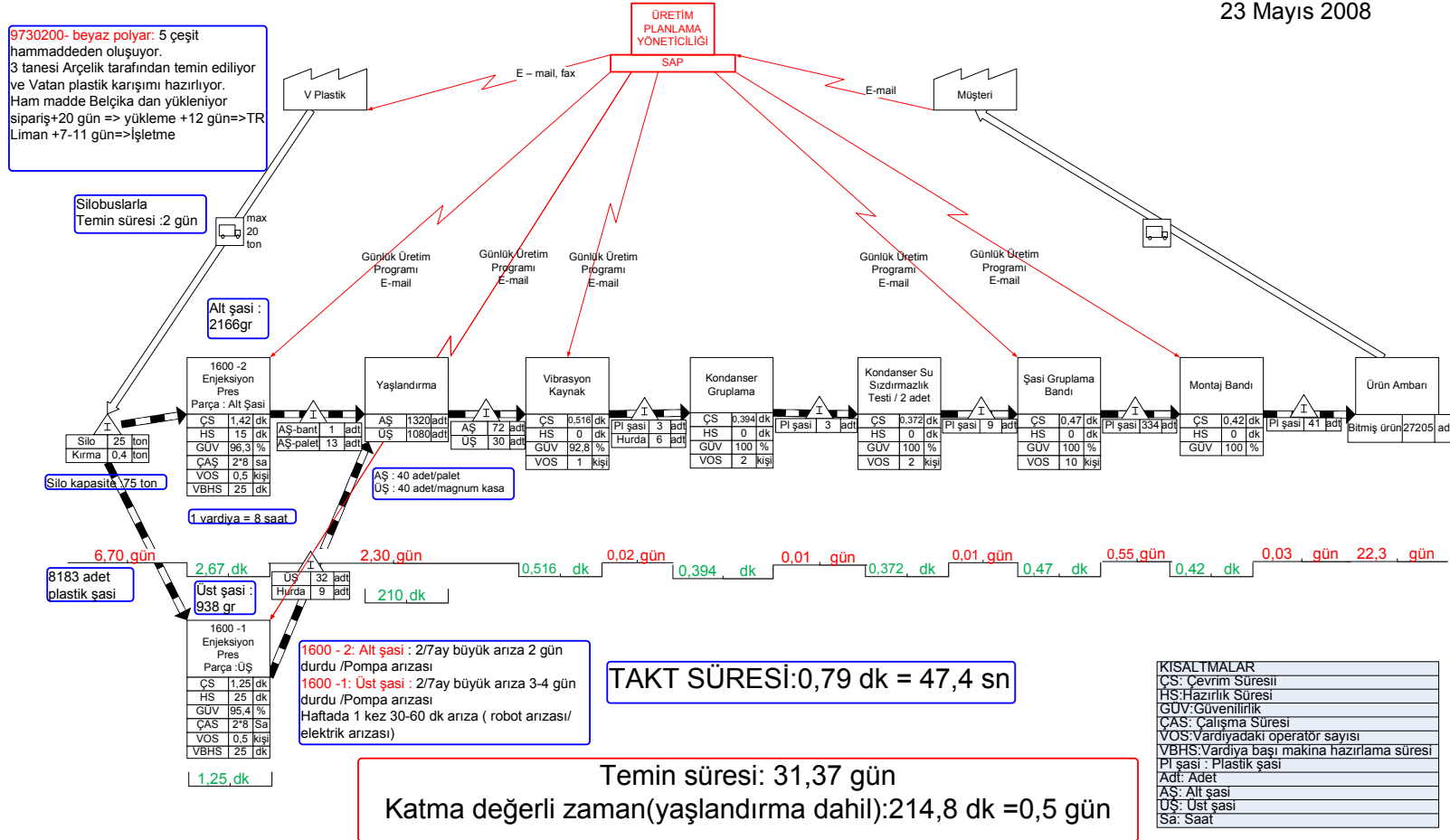
5.3.3 Mevcut durum değer akış haritasının çizimi

Çamaşır kurutma makinası işletmesinde üretim sistemi, üretim planlama yöneticiliği tarafından yayımlanan günlük üretim programlarıyla tetiklenir ve kontrolü SAP (Systems, Applications and Products in Data Processing) sistemi ile yapılır. Üretim planlama yöneticiliği, günlük, aylık ve yıllık üretim programlarını satış bölümünden gelen taleplere (sipariş alınmış ürün veya satılacağı tahmin edilen ürün) göre oluşturur ve planlanan üretim adetlerine göre yan sanayilerden malzeme tedarik ederken çamaşır kurutma makinası üretim sistemini tetikler.

Plastik şasi değer akış süreci V Plastik'ten ham maddenin temin edilmesi ile başlar (Şekil 5.8). Plastik şasinin ham maddesi olan beyaz polyar, 5 çeşit ham maddenin karışımından oluşan bir malzemedir. Bunlardan 3 tanesi Arçelik A.Ş. tarafından Belçika'daki bir tedarikçiden temin ediliyor ve V Plastik'e gönderiliyor. V plastik de kalan 2 malzemeyi temin ederek 5 hammaddeyi karıştırarak beyaz polyarı elde ediyor. Bu 3 ham madde siparişi verildikten yaklaşık 20 gün sonra yükleniyor ve yaklaşık 12 günlük bir yolculuktan sonra Türkiye'deki limana ulaşıyor ve bundan sonra malzemenin beyaz polyar olarak Arçelik A. Ş. Çamaşır Kurutma Makinası İşletmesi'ne gelmesi için de 7 ile 11 gün geçmesi gerekiyor. Yani beyaz polyarın temin süresi en iyi ihtimalle 39 gün oluyor. Beyaz polyar, V Plastik'ten 20 ton ham madde taşıma kapasitesine sahip silobuslarla yola çıkıyor ve 2 gün içerisinde Arçelik'te oluyor. Gelen ham madde fabrika binasının hemen dışında bulunan siloya aktarılır ve bu silonun kapasitesi de 75 tondur.

ÇAMAŞIR KURUTMA MAKİNASI PLASTİK ŞASI MEVCUT DURUM DEĞER AKIŞ HARİTASI

23 Mayıs 2008



Şekil 5.8 : Plastik şasi mevcut durum değer akış haritası

Ham maddenin silodan 1600 ton plastik enjeksiyon tezgahlara akar ve plastik şasiyi oluşturan alt şasi ve üst şasi enjeksiyon yoluyla imal edilir. Mevcutta 2 adet 1600 ton plastik enjeksiyon tezgahı vardır ve alt şasinin enjeksiyon süresi (çevrim süresi) 1,42 dakika iken üst şasinin enjeksiyon süresi de 1,25 dakikadır. Bu tezgahlar mevcut durumda vardiyada 480'er dakikadan günde 2'şer vardiya çalışmaktadır. Bu tezgahlara sadece plastik alt şasi ve plastik üst şasi kalıpları atandığı için bir kalıp hazırlık süresinden bahsedemeyiz ancak; iki farklı tipte alt şasi bulunduğu için mevcut kalıp üzerinde yapılan ve yaklaşık 15 dakika süren küçük bir değişiklik mevcuttur. Aynı zamanda plastik enjeksiyon tezgahlarından ilk parçayı almak için bekleme zamanı oluşmaktadır. Bunun nedeni de ham maddenin erimesi için içinde bulunduğu düzeneğin uygun sıcaklığa gelmesi gereğidir. Isınma süresi diyebileceğimiz bu bekleme her sabah yaklaşık 25 dakika sürmektedir ve bu sürenin içinde kalıbın rejime girmesi için geçen süre de vardır. Kalıbın rejime girmesinden kasıt, ilk basılan parçaların üretimde kullanılabilmesi için uygun ölçülerde olmamasıdır. Bir vardiyada iki tezgahı 1 operatör kontrol edecek şekilde bir işgücü ataması yapılmıştır. Yani bir tezgaha 0,5 operatör düşmektedir. Tezgahların güvenilirlikleri sırasıyla %95,4 ve %96,3'tür. Güvenilirlik, tezgahların arıza yapmalarıyla azalan bir göstergedir. Belli bir üretim dönemi için 1600-1 enjeksiyon pres tezgahına 18438 dakikalık bir çalışma süresi tanımlanmış ve bu tanımlanan sürenin 17586 dakikasında üretim yapılmıştır yani tezgah 852 dakika boyunca arıza halinde kalmıştır. Böylece bu tezgahın güvenilirliği $\frac{17586}{18438} = 0,954$; %95,4 olarak hesaplanmıştır.

Plastik enjeksiyon tezgahlarından çıkan alt ve üst şasiler sırasıyla euro palete ve magnum kasaya (Yan duvarları katlanabilir kasa) 40'ar adet yerleştirilir ve ölçülerinin uygun hale gelmesi için 210'ar dakikalık yaşlandırma prosesine tabi tutulur. Bu bekleme prosesine tabi tutulmayan parçalar hiç bir şekilde kullanılamayacağından aslında katma değeri olan bir faaliyettir. Aynı zamanda parçalar stok oluşturdıklarından temin süresine de etki edeceklerdir.

Yaşlandırma prosesinde zamanlarını doldurmuş olan alt ve üst şasiler plastik şasi gruplama hattının başı olan vibrasyon kaynak tezgahının yanına getirilirler. Vibrasyon kaynak tezgahında alt ve üst şasi titreşimler yardımıyla birleştirilir ve tek parça haline gelmiş olurlar. Çevrim süresi ise 0,516 dakikadır. Vibrasyon kaynak prosesi için mevcut durumda vardiya başına 1 operatör atanmıştır.

Vibrasyon kaynak tezgahından çıkan parça bir konveyörün üzerinde ilerlerken, bu konveyöründe yanında konumlanan kondanser gruplama alanında gruplanan kondanser plastik şasinin içerisine yerleştirilir. Kondanser gruplama işlemi 2 aşamadan oluşmakta olup vardiyada 2 operatör çalışmaktadır. Toplam prosesin çevrim süresi 2 kişi çalıştığı halde 0,394 dakika olmaktadır.

Konveyör üzerinde akarak gelen plastik şasi ve kondanser grubu kondanser su sızdırmazlık testine alınır. Test 0,744 dakika sürdüğü için mevcut durumda 2 tane test aparatı ve toplamda vardiyada 2 operatör yer almaktadır.

Bir sonraki aşama, şasi gruplama bandı üzerinden devam eder. Şasi gruplama bandında yapılan MTM analizine göre en uzun çevrim süresine sahip istasyonun toplam süresi 0,47 dakikadır. Şasi gruplama bandının sonunda yer alan pompa testi istasyonunda çalışan operatörler şasileri şasi taşıma arabalarına yerleştirir ve arabalar malzeme taşıma operatörleri tarafından montaj bandındaki ilgili istasyona götürülürler.

Montaj bandı mevcut durumda 500 CND veya 500 CNDU veya 600 AV üretim kapasitesine sahip 2 paralelden ibarettir. Plastik şasilerin kullanıldığı CND ve CNDU tipteki makinalar 2 paralelde de üretilirken bandın çevrim süresi $\frac{430 * 0,9}{2 * 500} = 0,387 dk$

olmaktadır. Yalnız mevcut durumda en uzun çevrim süresine sahip olan istasyonun toplam süresi 0,42 dk olarak tespit edilmiştir. Montaj bandında ilerleyen çamaşır kurutma makinaları buradan ürün ambarına geçer ve ambardan sevk edilirler.

5.3.3.1 Katma değeri olmayan zamanların hesabı

Prosesler arasında yer alan ham madde ve yarı mamul stokları sayılmıştır ve bulunan değerler zamana dönüştürülmüştür. Örneğin, siloda 25 ton kırma alanında da 0,4 ton olmak üzere toplamda 25,4 ton hammadde stoku bulunmaktadır. Bir adet alt şasinin ağırlığı 2166 gram ve bir adet üst şasinin ağırlığı da 938 gram olduğu için 25,4 ton ham maddeden toplam 8183'er adet alt şasi ile üst şasi imal edilebilir. Takt süresi

0,79 dakika olduğu için, teoride 0,79 dakikada bir plastik şasi üretileceğinden 8183 adet alt ve üst şasi de $8183 \times 0,79 = 6435,27 dk$ 'da üretilecektir. Plastik enjeksiyon tezgahları günde 2 vardiya ve vardiya 480 dakika çalıştığı için $6435,27 dk = 6,7$ güne eşit olacaktır. Diğer hesaplamalar da Çizelge 5.8'de gösterilmiş ve toplamda 31,67 gün katma değeri olamayan süre yani temin süresi bulunmuştur.

5.3.3.2 Katma değeri olan zamanların hesabı

Katma değeri olan zamanlar ilgili iş merkezlerinin çevrim sürelerinden ibarettir. Sistemdeki toplam katma değerli zaman 214,842 dakika, günlük çalışma süresi 430 dakika olduğundan da 0,5 gündür.

Çizelge 5.8 : Katma değeri olmayan zamanların hesabı

No	Bölümler	Ham madde miktarı/ Parça sayısı	Plastik şasi adedi	Takt süresi (dk)	Katma değeri olmayan zaman (dk)	Günlük çalışma süresi (dk)	Paralel hat sayısı	Çalışılan vardiya sayısı	Katma değeri olmayan zaman (gün)
1	Silo + Kırma	Ham madde 25,4 ton	8183	0,79	6435,27	480	1	2	6,70
2	Enjeksiyon pres - Yaşlandırma	Alt şasi 1406 adet							
3	Yaşlandırma	Üst şasi 1151 adet	1406	0,79	1105,71	480	1	1	2,30
4	Yaşlandırma - Vibrasyon kaynak								
5	Vibrasyon kaynak - Kondanser								
6	gruplama		9	0,79	7,08	430	1	1	0,02
7	Kondanser gruplama - Kondanser su								
8	sızdırmazlık testi		3	0,79	2,36	430	1	1	0,01
9	Kondanser su sızdırmazlık testi - Şasi								
10	gruplama bandı		9	0,79	7,08	430	1	1	0,02
11	Şasi gruplama bandı - Montaj bandı		334	0,79	262,66	430	2	1	0,31
12	Montaj bandı - Ürün ambarı		41	0,79	32,24	430	2	1	0,04
13	Ürün ambarı		27205	0,79	21394,56	480	1	2	22,29
14	Toplam katma değeri olmayan zaman (gün)								31,67

5.4 Ana Üretim Programının Hazırlanması

Satış bölümü tarafından Üretim Planlama Yöneticiliği'ne gönderilen satış talepleri için aylara göre yıllık bir üretim programı yapılır. Bu program yapılırken öncelik bitmiş ürün stokunun minimum düzeyde tutulmasına verilmiştir.

Yıllık üretim programı yapıldıktan sonra, iç üretim takımındaki ve montaj takımındaki iş merkezlerinin aylara göre vardiya sayıları, vardiya tempoları ve bu vardiyalarda çalışacak olan direkt operatör kadroları hesaplanır.

2009 yılı için gelen ürün taleplerinin modellere ve aylara göre dağılımı Çizelge 5.9'da görülmektedir.

5.4.1 Taleple birebir eşleşen mevcut durumda yapılan ana üretim programı

Mevcut durumda yapılan üretim programında ana amaç bitmiş ürün stokunu minimum düzeyde tutmaktır. Bunu yapabilmek için talep dalgalanmalarına mümkün olduğunca paralel şekilde çalışacak bir üretim programı hazırlanmıştır.

İmalat ortamlarında karşılaşılan bu dalgalanmalar, aylık bazda ve daha uzun periyotlar için bakıldığında, gereken iş gücü seviyesini de dalgalandırırken tezgah ve ekipmanların performansını azaltır ve zararı kolaylıkla anlaşılamayan süreç içi envanter seviyesini de arttırır. Bu dalgalanmalar günlük bazda tartışıldığında ise çok daha büyük ve gözle daha kolay görülen sonuçlar doğurur. Çünkü aylık bazda bakıldığında birbirine daha yakın görülen üretim seviyeleri günlük seviyeye indiğinde birbirinden uzaklaşmaktadır.

Aylık üretim adetlerinin aylık iş gününe bölünmesiyle bulunan günlük üretim adetleri Çizelge 5.10'da gösterilmiştir. Ürün ailesi olarak seçilen Terra CNDU ve Terra CND üretimlerine bakıldığında Ocak ve Şubat ayları birbirine en yakın aylardandır. Buna rağmen plastik şasi üretimi için tasarlanacak üretim sistemi, direkt operatör kadrosu, vardiya sayısı ve vardiya tempolarının birbirine yakın olma garantisi yoktur. Çünkü mevcut durum haritasında da görüldüğü gibi günlük üretim talebi 542 olmasına rağmen plastik şasi gruplama bandı 750 üretim temposuna göre dengelenmiştir. Böylece çevrim süreleri takt süresinden uzaklaşmıştır.

Çizelge 5.9 : 2009 yılı modeller ve aylara göre ürün taleplerinin dağılımı

AYLIK ÜRETİM ADETLERİ													
Model	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık iş günü sayısı	26	24	26	24	25	17	18	25	23	26	21	25	280
TERRA-CND	5.781	6.334	6.221	5.387	4.095	3.605	3.724	5.802	8.832	8.980	9.155	13.086	81.002
TERRA-CNDU	6.784	5.192	6.631	4.797	6.174	3.426	4.235	5.591	8.439	10.198	6.457	6.424	74.348
TERRA-VENTED	13.231	12.294	12.879	11.284	10.772	7.275	7.120	8.923	10.520	12.238	11.101	9.066	126.703
LUNA-CONDENSER	519	362	180	110	66	131	113	221	184	266	535	316	3.003
LUNA-HEATPUMP	1.571	1.790	2.050	676	1.273	596	752	1.251	2.072	2.454	1.761	2.319	18.565
LUNA-VENTED	251	9	108	77	12	192	107	58	228	89	53	65	1.249
TERRA TOPLAM	25.796	23.820	25.731	21.468	21.041	14.306	15.079	20.316	27.791	31.416	26.713	28.576	282.053
LUNA TOPLAM	2.341	2.161	2.338	863	1.351	919	972	1.530	2.484	2.809	2.349	2.700	22.817
TOPLAM KURUTUCU	28.137	25.981	28.069	22.331	22.392	15.225	16.051	21.846	30.275	34.225	29.062	31.276	304.870

Çizelge 5.10 : 2009 yılı modeller ve günlere göre ürün taleplerinin dağılımı

Model	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Terra CND + Terra CNDU	483	480	494	424	411	414	442	456	751	738	743	780
TERRA-VENTED	509	512	495	470	431	428	396	357	457	471	529	363
LUNA TOPLAM	90	90	90	36	54	54	54	61	108	108	112	108

Planlanan üretimde her hangi bir aksaklık olduğunda öncelikle iç üretim takımındaki kısıtlar değerlendirilir, eğer kısıt yoksa tedarikçi kısıtları değerlendirilerek aylık programda ötelemeler yapılmaktadır. Bu ötelemelerin sıklığı arttıkça tedarikçiler ve iç üretim takımı değişen duruma ayak uydurmakta zorlanmakta ve öteleme ya da program değişikliği nedeniyle son montaj bandını sıklıkla durdurmaktadır. Ayrıca çalışanlar değişen durum karşısında faaliyet planlamaktan yaptıkları işleri ve üretim sistemi iyileştirici faaliyetlere daha az zaman ayırmaktadırlar. Halbuki günlük bazda modellerden eşit üretim oranlarında ve sayılarında üretimin sağlanması için şartlar zorlansaydı hem tedarikçiler hem de iç üretim takımı son montaj bandını olumsuz anlamda çok daha az etkilemiş olurlardı. Aynı zamanda çalışanlar yaptıkları işleri geliştirmeye odaklanabilecekler böylece sürekli gelişimin temelleri atılmış olacaktır.

Mevcut durumdaki yöntemlere göre son montaj bantları için (Terra 1. paralel = M01; Terra 2. paralel = M02; Luna bandı = M03) planlanan vardiya sayıları ve vardiya tempoları aylık bazda sırasıyla Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12’de gösterilmiştir. Buna göre, ilk 3 ay 3 bant da birer vardiya ve Terra CND +CNDU modeli için 500; Terra AV için 600 ve Luna modelleri için de 100 temposunda çalışılacaktır. Nisan ayının başından Ağustos ayının sonuna kadar da fiiliyatta 2 bant için birer vardiya açılacak ve M01 bandı sadece terra ürün ailesine hizmet ederken M02 bandı ile M03 bantları için havuz bir operatör kadrosu tanımlanacak ve bu kadro aylık üretim oranlarına göre hem terra hem de luna ürünlerini üretecekler. Vardiya tempoları da Terra CND +CNDU modeli için 500; Terra AV için 600 ve Luna modelleri için de 200 temposunda olacaktır.

Son 4 aya gelindiğinde ise, üçüncü bant yine aktif hale geçecek tempolar da Terra CND +CNDU modeli için 600; Terra AV için 700 ve Luna modelleri için de 120 olacaktır. Son dört aydaki planın dikkat çeken diğer bir yanı da fazla mesai üretimlerinin planlanmış olmasıdır (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11 : Mevcut durumdaki yöntemlere göre planlanan son montaj bantlarının aylara göre vardiya sayıları

VARDİYA SAYILARI	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
M01	1	1	1	1	1	1	1	1	1,05	1,05	1,12	1
M02	1	1	1	0,8	0,7	0,7	0,7	0,66	1,05	1,05	1,12	1
M03	1	1	1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,34	1	1	1	1

Çizelge 5.12 : Mevcut durumdaki yöntemlere göre planlanan son montaj bantlarının aylara göre vardiya tempoları

VARDİYA TEMPOLARI	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
M01: TERRA CND +CNDU	500	500	500	500	500	500	500	500	600	600	600	600
M01: TERRA AV	600	600	600	600	600	600	600	600	700	700	700	700
M02 (M03 ile ortak): TERRA CND +CNDU	500	500	500	500	500	500	500	500	600	600	600	600
M02 (M03 ile ortak): TERRA AV	600	600	600	600	600	600	600	600	700	700	700	700
M03 (M02 ile ortak): LUNA	100	100	100	200	200	200	200	200	120	120	120	120

Çizelge 5.13 : Mevcut durumdaki yöntemlere göre yapılan yıllık üretim programına göre aylık çalıştırılması gereken operatör sayıları

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
TOPLAM OPERATÖR SAYISI	217	217	217	251	251	251	251	251	271	271	271	271

Günlük bazdaki üretim bilgisini içermeyen bu senaryoda aylık gruplama yapıldığında 3 farklı modelde çalışacak olan bir plan görülmektedir. Bu plana göre örneğin Nisan ayını inceleyecek olursak ortak havuzdaki kadro 0,2 vardiya M03 bandında, 0,8 vardiya da M02 bandına çalışacaktır. Bu ortak kadro öncelikle terra üretim talebini tamamlayıp, ayın sonunda luna üretimine geçecektir. Acil sevkiyat durumu ortaya çıktığında ise mevcut programı değiştirerek (yani terra üretimlerini öteleyerek) luna bandı için ayın ortasında veya başında bir üretim de planlanabilir. İlk haftalarda yalnız terra üretiminin son haftaya da yalnız luna üretiminin planlanmasının sakıncalı yanlarından bahsedecek olursak; nisan ayında terra bandı ortalama 550 tempo ile luna bandı da 200 tempo ile çalışacaktır. Ayın ilk haftalarında (0,8'lik diliminde) terra bandının ortalama temposu 1100 olacak ve böylece terra için çalışan iç üretim takımındaki bölümler de 1100 temposuna göre dengelenecektir. Örneğin gövde kaynak hattı sadece terra ürünlerde çalışmakta olup 1100 temposunda 2 vardiya çalışması gerekmektedir. Ayın son kısmına bakacak olursak, terra bandı ortalama 550 tempo; luna bandı da ortalama 200 tempo çalışacak. Böylece sadece terra için çalışan bölümlerin iş yüklerinde kayda değer bir azalma olurken, her iki ürün ailesi için de çalışan bölümlerde de azalma, boşa çıkan tezgah, makina, gruplama bandı ve operatör olacaktır. Boşa çıkan kaynakların aylık üretim performansına doğrudan etkisi söz konusudur. Örnek verdiğimiz gövde kaynak hattı 2 vardiya yerine 1 vardiya çalışacak ve 2. vardiya operatörleri boş kalacaktır. İşletmede sadece örnek verilen gövde kaynak hattında değil, son montaj bandı dışındaki hemen hemen her iş merkezinde bu verimsizlik gözlemlenmiştir.

Eğer günlük üretim talepleri üretim oranlarına göre günlere paylaşılsaydı; terra bandı ortalama $550 \times 1,8 = 990$; luna bandı da 40 tempolarıyla çalışacak böylece yapılan aylık tezgah, işgören atamalarının günlere yansması eşit olacaktı.

Yapılan yıllık üretim programına göre her ay çalıştırılması gereken operatör sayıları tüm fabrika bazında Çizelge 5.13'te görülmektedir. Vardiya sayıları ve vardiya tempolarına paralel olarak 3 farklı sayıda kadro planı karşımıza çıkmaktadır. Bir yıl içerisinde yapılacak olan bu operatör artışı ve azalışı hem yasal anlamda zor bir durumken hem de verimli ve işi geliştirebilecek yetkinliği olan operatörlerin yetiştirilmesi ve doğal bir sonuç olarak da sürekli gelişim olumsuz yönde etkilenecektir.

5.4.2 Düzgünleştirilmiş ana üretim programının hazırlanması

Üretimin düzgünleştirilmesi aşamasında, seviyenin seçimi için tüm yıl boyunca aynı üretim düzeyinin çalışılması alternatifi ile mevsimsel olan üretim talebinin iki aynı döneme ayrılmasıyla oluşan 2 üretim düzeyinden oluşan alternatif karşılaştırılacaktır.

5.4.2.1 Tüm yıl aynı üretim düzeyinden oluşan üretim programı

2009 yılı üretim talebi incelendiğinde, günlük ortalama talepler Terra CND + CNDU ürün ailesi için 555, Terra AV için 453 ve Luna ürün ailesi için de 81 adet olarak görülmektedir. Günlük üretim taleplerinin aylık net iş günü sayısı ile çarpılarak bulunan yıllık üretim programı Çizelge 5.14'te gösterilmiştir. Bu üretim taleplerini karşılayabilmek için oluşturulan vardiya sayısı ve vardiya tempoları da Çizelge 5.15'te özetlenmiştir. Buna göre Terra bantları tüm modeller için 400 temposu ile birer vardiya çalışırken, M02 bandı M03 (Luna bandı) ile ortak bir operatör kadrosuna sahip olacak ve anlık olarak bakıldığında iki banttı sadece birisi çalışacaktır. Luna bandının temposu da 200 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.16'ya bakıldığında ise, tüm yıl düzgün üretime göre ay sonunda oluşacak olan bitmiş ürün stokları görülmektedir. Buna göre, luna üretim taleplerini Ocak, Şubat ve Mart aylarında karşılayabilmek için toplamda 647 adet stok ile üretim yılına başlanması gerekmektedir.

Ay sonu bitmiş ürün stokları ise, ağustos ayının sonuna kadar artan bir eğilimdeyken son dört ayda azalmaktadır. En yüksek stok seviyesine bakıldığında Ağustos ayında 22047 stok oluşmuş olacaktır. Bir yıl boyunca ortalama stok seviyesi ise 8563 adet olmuştur.

Çizelge 5.14 : Tüm yıl aynı üretim düzeyine göre yapılan üretim programı

ÜRETİM TALEPLERİ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
TERRA CND +CNDU	14425	13316	14425	13316	13871	9432	9987	13871	12761	14425	11651	13871
TERRA AV	11765	10860	11765	10860	11313	7693	8145	11313	10408	11765	9503	11313
LUNA	2119	1956	2119	1956	2037	1385	1467	2037	1874	2119	1711	2037

Çizelge 5.15 : Tüm yıl aynı üretim düzeyine göre planlanan son montaj bantlarının aylara göre vardiya tempoları

VARDİYA TEMPOLARI	2009 yılı
M01: TERRA CND +CNDU	400
M01: TERRA AV	400
M02 (M03 ile ortak): TERRA CND +CNDU	400
M02 (M03 ile ortak): TERRA AV	400
M03 (M02 ile ortak): LUNA	200

Çizelge 5.16 : Tüm yıl aynı üretim düzeyine göre yapılan programda oluşacak olan ay sonu ürün stokları

TERRA	Yıl başı stok	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Gerçekleşen Üretim		26191	24176	26191	24176	25183	17125	18132	25183	23169	26191	21154	25183	282053
Gerçekleşen Satış		25796	23820	25731	21468	21041	14306	15079	20316	27791	31416	26713	28576	282053
Stok	0	395	751	1210	3918	8061	10879	13932	18799	14177	8952	3393	0	84466
LUNA		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Gerçekleşen Üretim		2119	1956	2119	1956	2037	1385	1467	2037	1874	2119	1711	2037	22817
Gerçekleşen satış		2341	2161	2338	863	1351	919	972	1530	2484	2809	2349	2700	22817
Stok	647	425	219	0	1093	1779	2245	2740	3248	2638	1947	1310	647	18292
Toplam Stok	647	819	970	1210	5011	9840	13125	16672	22047	16815	10899	4702	647	102758

5.4.2.2 Yılda iki ayrı üretim düzeyinden oluşan üretim programı

Çizelge 5.9 incelendiğinde üretim talebinin Eylül ayında ciddi bir sıçrama yaptığı ve bunu son dört ayda sürdürdüğü görülmektedir. Buradan hareketle ilk 8 ay için bir düzey; son dört ay içinde ise ikinci bir düzey çalışılırsa, günlük ortalama üretim talepleri Çizelge 5.17'deki gibi olacaktır.

Çizelge 5.17 : Yılda iki ayrı üretim düzeyinde günlük ortalama üretim talepleri

Ortalama Günlük Talep	İlk 8 ay	Son 4 ay
TERRA CND +CNDU	453	753
TERRA AV	453	452
LUNA	67	109

Çizelge 5.18 : Yılda iki ayrı üretim düzeyine göre planlanan son montaj bantlarının vardiya tempoları

VARDIYA TEMPOLARI	İlk 8 ay	Son 4 ay
M01: TERRA CND +CNDU	560	750
M01: TERRA AV	560	800
M02 (M03 ile ortak): TERRA CND +CNDU	560	750
M02 (M03 ile ortak): TERRA AV	560	800
M03 (M02 ile ortak): LUNA	200	250

Yılda iki ayrı üretim düzeyine göre planlanan son montaj bantlarının vardiya tempoları Çizelge 5.18'de görülmektedir. Buna göre ilk 8 ay, M02 bandı ile M03 bantları sırasıyla 560 ve 200 tempolarında ortak çalışırken M01 bandı kapalı olacaktır. Son dört ayda ise M01 bandı 750 Terra CND + CNDU ve 800 Terra AV temposu ile, M02 ve M03 bandı ortak olmak üzere sırasıyla 750 Terra CND + CNDU ve 800 Terra AV ve 250 Luna tempolarıyla çalışacaklardır.

Çizelge 5.19'a bakıldığında ise, yılda iki ayrı üretim düzeyine göre yapılan programdaki aylık üretim adetleri ve ay sonunda oluşacak olan bitmiş ürün stokları görülmektedir. Buna göre, Ocak, Şubat ve Mart aylarındaki üretim taleplerini karşılayabilmek için luna ürün ailesinden 1715 adet; terra ürün ailesinden ise 6513 stok ile üretim yılına başlanması gerekmektedir. Ay sonu bitmiş ürün stoklarındaki durum ise, yılın başında ilk 3 ayın talebini karşılayabilmek için tutulan 6513 adet terra ve 1715 adet luna stokları nedeniyle terrada ağustos ve aralık aylarında 6513 adet ve lunada ekim ayında 1756 adetlik en yüksek stok seviyesine erişilmiştir. Toplamda en yüksek stok seviyesi Ağustos ve Aralık aylarında 8228 adet olmuştur. Bir yıl boyunca ortalama stok seviyesi ise toplamda 5131 adettir.

Çizelge 5.19 : Yılda iki ayrı üretim düzeyine göre yapılan programdaki aylık üretim adetleri ve oluşacak olan ay sonu ürün stokları

TERRA	Yıl başı stok	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Gerçekleşen Üretim		23549	21737	23549	21737	22643	15397	16303	22643	27720	31336	25310	30131	282053
Gerçekleşen Satış		25796	23820	25731	21468	21041	14306	15079	20316	27791	31416	26713	28576	282053
Stok	6513	4266	2183	0	269	1871	2962	4186	6513	6442	6362	4958	6513	46526
LUNA		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Gerçekleşen Üretim		1753	1618	1753	1618	1686	1146	1214	1686	2504	2830	2286	2722	22817
Gerçekleşen satış		2341	2161	2338	863	1351	919	972	1530	2484	2809	2349	2700	22817
Stok	1715	1127	585	0	755	1090	1317	1559	1715	1735	1756	1693	1715	15048
Toplam Stok		5393	2767	0	1025	2961	4280	5745	8228	8177	8118	6652	8228	61574

5.4.3 Ana üretim programının seçimi

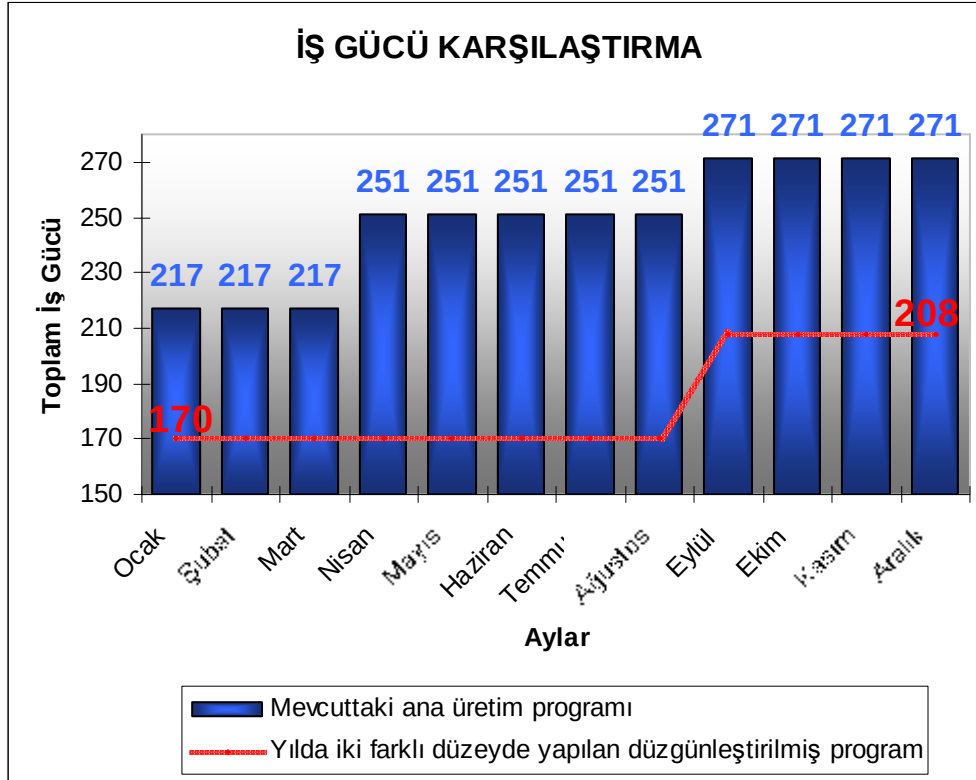
Düzenleştirilmiş ana üretim programları arasından yılda iki ayrı üretim düzeyine sahip programın seçilmesi uygun olacaktır. Çünkü yılda tek düzeydeki yapılacak üretim ile yılın en başından sonuna kadar daha yüksek seviyedeki bitmiş ürün stoklarına katlanmak gerekecektir. Halbuki mevsimsel bir talebe sahip olan ürün aileleri iki ayrı üretim düzeyine göre çizelgelenirlerse, toplam üretim hacminin yaklaşık %90'ını oluşturan terra ürün ailesinde yaklaşık yarı yarıya bir bitmiş ürün stokunda azalma görülmektedir. Bu nedenle katlanması en zor olan maliyetlerin başında gelen bitmiş ürün stokunun düşük olması önemli bir faktördür. Bundan sonraki bölümlerde düzenleştirilmiş ana üretim programı diye yılda iki ayrı üretim düzeyine göre düzenleştirilmiş olan ana üretim programı nitelenecektir.

Mevcut durumda yapılan ana üretim programının aylık stok seviyesinin sıfır olduğu varsayımıyla düzenleştirilmiş programlardaki stok seviyeleri hesaplanmıştır. Bunun için düzenleştirilmiş programlardaki stok seviyeleri mevcut durumdaki programın katlandığı stok seviyesine gelecek olan ek bitmiş ürün stokları olarak düşünülmelidir. Yani gerçek ortamda, mevcut durumda hazırlanan programdaki stok seviyeleri de her ne kadar talebi birebir karşılamak isteseler de sıfır değildir. Yılın başından sonuna kadar taşınan bir stok seviyesi orada da söz konusudur.

Yol boyunca ortalama katlanılacak olan stok seviyesi (5131 adet) yıllık toplam üretim miktarına oranlanırsa $\frac{5131}{304.870} = 0,017$ 'lik bir sonuç çıkar. Bu sonuç da düzenli üretim yapmanın bir gereği olan, anlık talebe karşılık verebilmek için tutulan bitmiş ürün stoku gerçeğini gösterir.

Düzenleştirilmiş program ile mevcut durumda yapılmış olan ana üretim programının gerektirdiği iş gücü seviyeleri Şekil 5.9'da gösterilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi, iş gücü seviyesi düzenleştirilmiş programda 2 seviyede konumlanırken operatör sayılarının büyüklükleri bakımından da avantajlıdır. Çünkü, düzenleştirilmiş üretimde çevrim süresi takt süresine mümkün olduğu kadar yaklaştırılmış, böylece kökü çevrim süresinin takt süresinden çok büyük olması olan kayıplar elimine edilmiştir. Plastik şasi gruplama örneğinde olduğu gibi takt süresi 47,4 saniye iken çevrim süresi 31 saniyedir. Bunun anlamı bir ay boyunca üretim çizelgesinde plastik şasi grubuna olan talep bazı günler 31 saniyede çalışmayı

gerektirirken bazı günler 47,4 saniyenin de üstüne çıkan çalışma süresini gerektirmektedir. Böylece sistem her an gelebilecek dalgalara karşı yüksek üretim kapasitesi ile korunmaya çalışılmaktadır ve kayıplar daha sistem tasarlanırken kabullenmiştir. Grafikte iş gücü olarak görülen bu kayıplar aynı zamanda diğer üretim kaynakları açısından da (Açılan vardiya sayısı ve vardiya sayısının artışı ile gelen ek maliyetler, tüketilen enerji düzeyi, boş kalmadan kaynaklanan kayıplar bunların en iyi örnekleridir.) dezavantaj getirecektir.



Şekil 5.9 : Ana üretim programları yıl boyunca gereken işgücü düzeyleri

Bütün bu sayılanlarla birlikte düzgün üretim çekme sistemlerinin bir gereği, olmazsa olmazdır. Ana üretim programları yukarıdaki nedenlere göre değerlendirildiğinde yılda iki farklı düzeye göre düzgünleştirilmiş ana üretim programı kayıpları en aza indirgeyen program olduğu için seçilmiştir. Gelecek durum haritasında da bu çizelge kullanılacaktır.

5.5 Plastik Şasi Gelecek Durum Değer Akış Haritası

Tam zamanında üretim sistemleri için takt süresi ve çevrim süresi birer tasarım parametreleridir. Bu nedenle öncelikle yılın ilk 8 ayı ve son 4 ayı için ayrı ayrı çevrim süresi ve takt süresi hesaplanmalıdır. Bu durumda iki farklı gelecek durum haritasından söz edilebilir.

5.5.1 Gelecek durum için takt ve çevrim sürelerinin hesabı

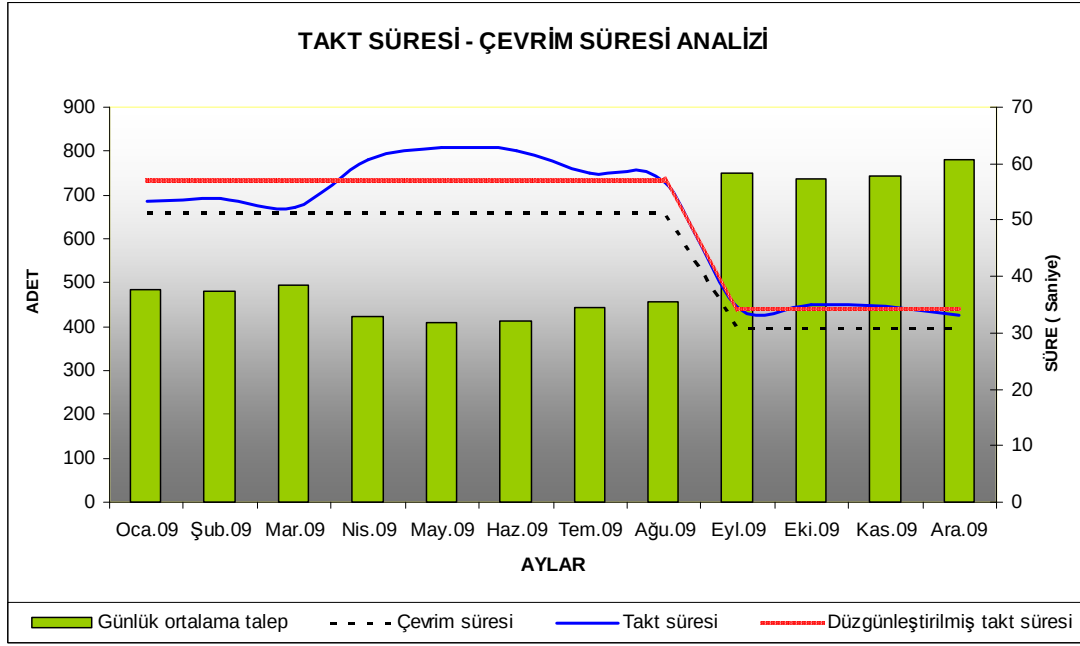
2009 yılının ilk 8 ayı için düzgünleştirilmiş takt süresi 57 saniye, %10 kayıp toleransı verildikten sonra hesaplanan çevrim süresi ise 51 saniye olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.20). Yılın son 4 ayı için ise düzgünleştirilmiş takt süresi 34 saniye ve çevrim süresi de 31 saniye olarak hesaplanmış Çizelge 5.21’de gösterilmiştir. Tüm yılın resmi ise Şekil 5.10’da görülmektedir. Bundan sonraki bölümlerde 51 saniyelik çevrim süresi ile tasarlanan durum “Düşük tempo dönemi” 31 saniyelik çevrim süresi ile tasarlanan durum da “Yüksek tempo dönemi” adları ile bahsedileceklerdir.

Çizelge 5.20 : 2009 yılının ilk 8 ayı için hesaplanan takt ve çevrim süreleri

Ürün Ailesi: TERRA CND + Terra CNDU		
Değerlendirme aralığı	ay	8
Ortalama aylık talep	adet	10472
Ortalama günlük talep	adet	453
Ortalama aylık çalışma süresi	gün	23
Günlük çalışma süresi	dakika	430
Düzenleştirilmiş takt süresi	saniye/adet	57
<u>Çevrim süresi (%90 verim)</u>	<u>saniye/adet</u>	<u>51</u>

Çizelge 5.21 : 2009 yılının son 4 ayı için hesaplanan takt ve çevrim süreleri

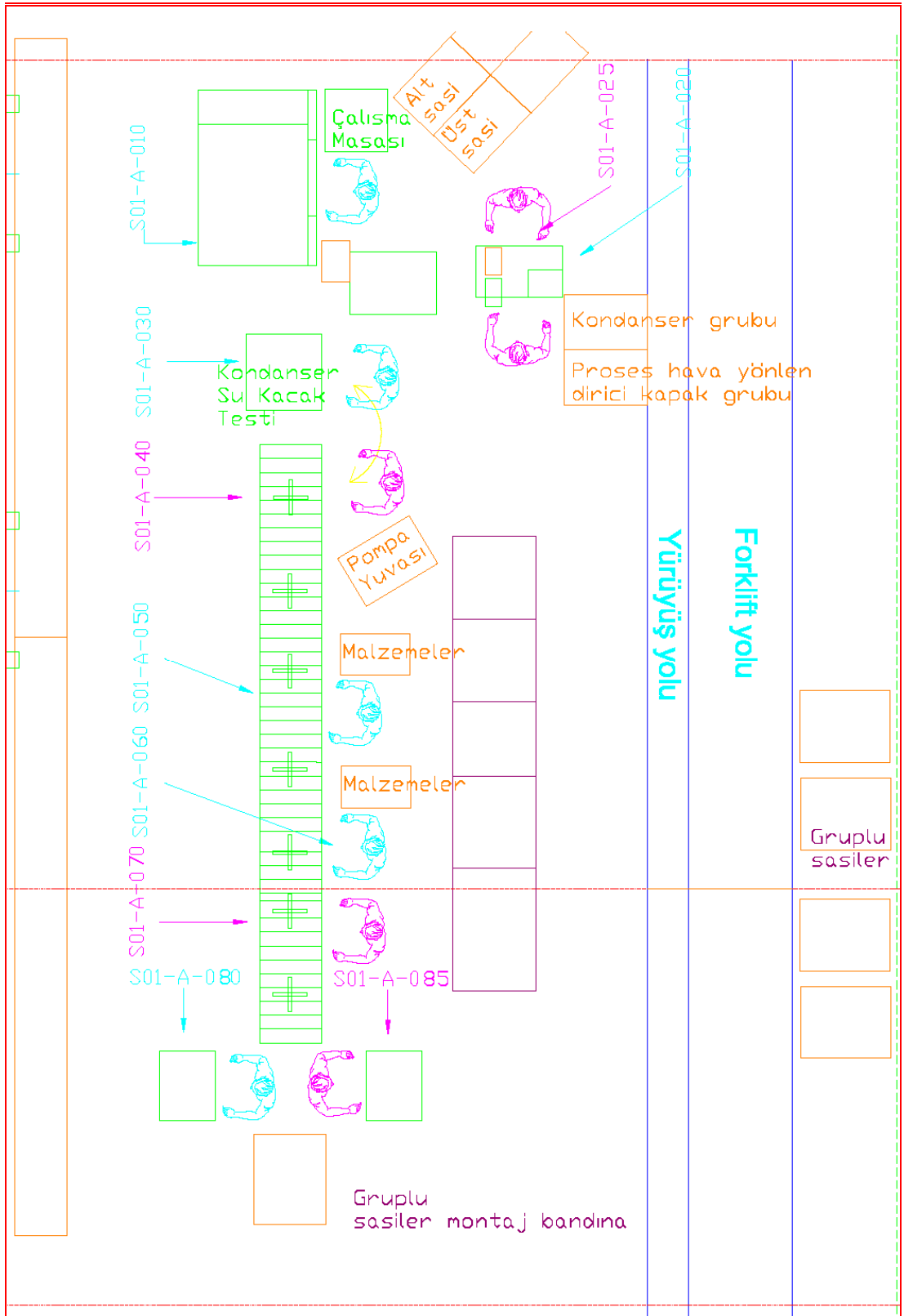
Ürün Ailesi: TERRA CND + Terra CNDU		
Değerlendirme aralığı	ay	4
Ortalama aylık talep	adet	17893
Ortalama günlük talep	adet	753
Ortalama aylık çalışma süresi	gün	24
Günlük çalışma süresi	dakika	430
Düzenleştirilmiş takt süresi	saniye/adet	34
<u>Çevrim süresi (%90 verim)</u>	<u>saniye/adet</u>	<u>31</u>



Şekil 5.10 : Gelecek durum takt süresi ve çevrim süresi

5.5.2 Gelecek durum plastik şasi gruplama hücresi

Mevcut durumda plastik şasi gruplama işlemlerinin yapıldığı iş merkezleri bir hat gibi tasarlanmış ve aralarında çeşitli noktalarda bulunan stok alanları ile taşımaların ve alıp bırakmaların sıkça görüldüğü bir yer olma özelliğini taşımaktadır. Şasi gruplama işlemleri incelendiğinde vibrasyon kaynak tezgahı, kondanser gruplama işlemleri, kondanser su sızdırmazlık testleri, şasi gruplama bandı ve bandın sonundaki pompa testinden oluşan tüm işlemlerin bir şasi gruplama hücresi oluşturması gerektiği görülmüştür. Gelecek durumdaki düşük tempo ve yüksek tempo sezonları için hücre tasarımı mantığıyla ek bir yatırım gerektirmeden yapılan yerleşim düzeni değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 5.11). Yerleşim düzeni yeniden oluşturulurken, malzeme alıp bırakmaların minimum düzeyde tutulması, düşük ve yüksek tempo sezonları arasındaki geçişlerde minimum değişiklik gerektirmesi, malzeme giriş çıkışlarının kolayca yapılabilmesi, ergonomik açıdan en az risk taşıyan tasarımlara öncelik verilmesi, kaçış yollarının uygunluğu gibi ana unsurlar dikkate alınmıştır.



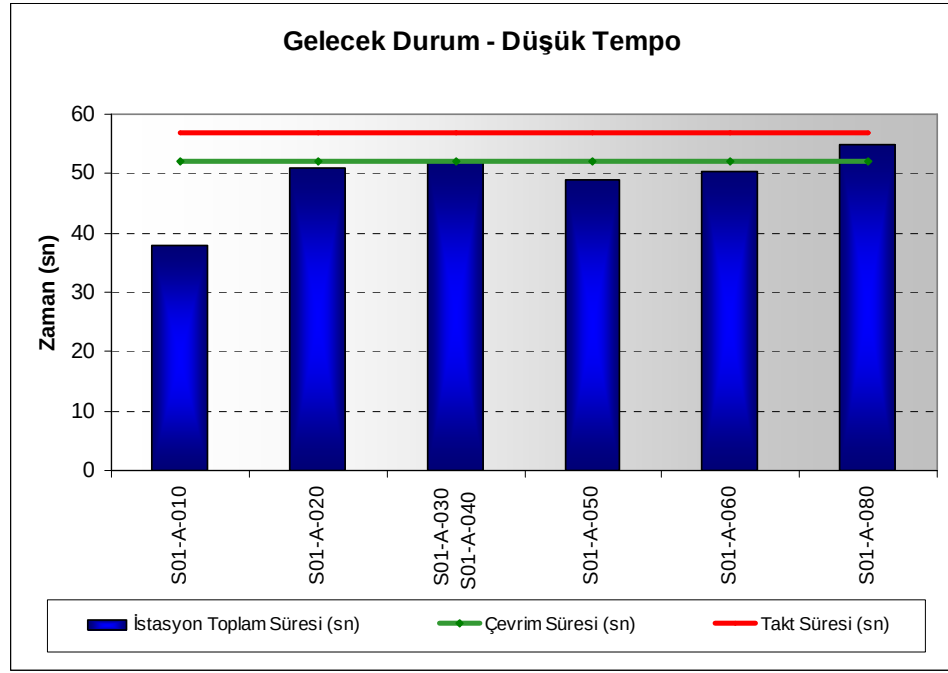
Şekil 5.11 : Gelecek durum yerleşim planı

Gelecek durum için tasarlanan düşük tempo döneminde Çizelge 5.22’de görüldüğü gibi takt süresi 57 saniye $\frac{(430*60)}{(453)}$ olurken, maksimum 57 saniyede bir ürün üretebilmek için sistem, yaşanacak olan olası problemler de göz önüne alınarak %10 kayıp ile 51 saniyelik $\frac{(430*60*0,9)}{(453)}$ bir çevrim süresine göre tasarlanmıştır.

Gelecek durum düşük tempo dönemindeki istasyonlar (Tip 1 ve Tip 3 için) ve dolulukları ile çevrim süresi ve takt süresi arasındaki ilişki Çizelge 5.22’de ve Şekil 5.12’de görülmektedir. İstasyonların standart zamanları Tip 1 ve Tip 3 için geçerlidir.

Çizelge 5.22 : Gelecek durum – düşük tempodaki istasyonlar ve dolulukları

Gelecek Durum - Düşük Tempo		
Vardiya Temposu		453
Takt Süresi (sn)		57
Çevrim Süresi (sn)		51
İstasyon No	Toplam standart zaman (sn)	İstasyon doluluğu (%)
S01-A-010	38	73,6%
S01-A-020	51	98,8%
S01-A-030 S01-A-040	52	100,8%
S01-A-050	49	95,0%
S01-A-060	50	97,6%
S01-A-080	55	106,6%
Operatör sayısı	6	



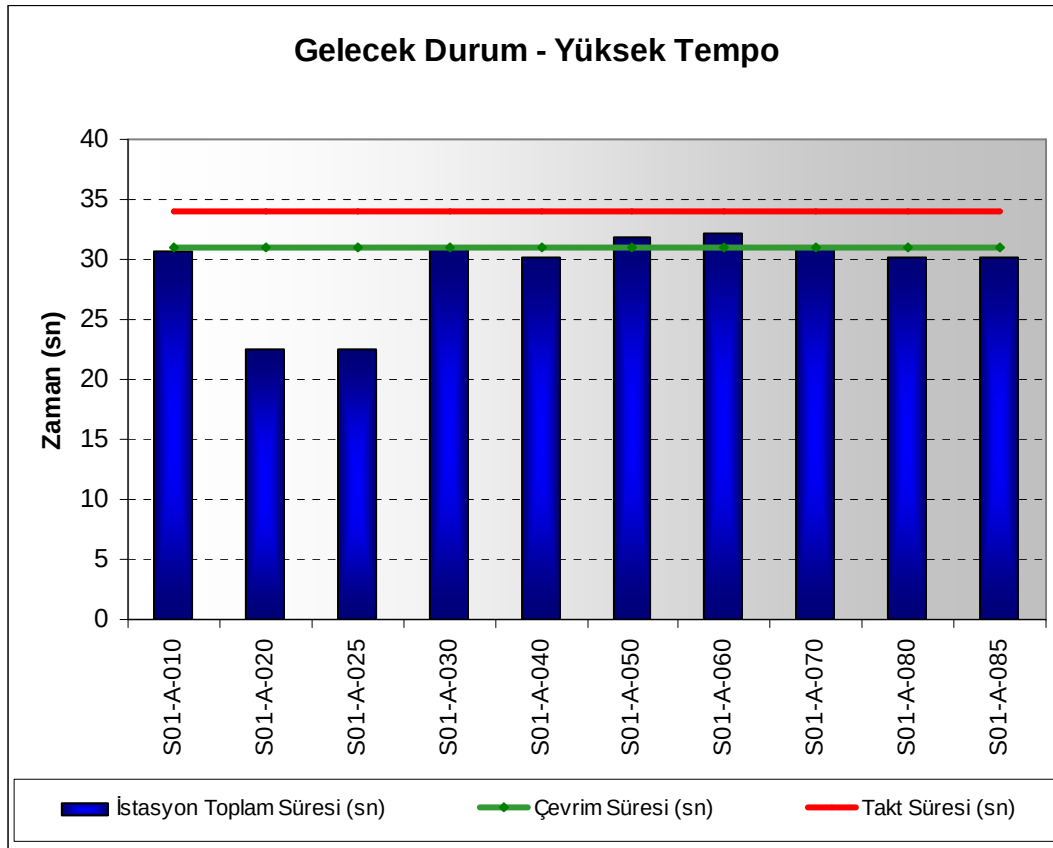
Şekil 5.12 : Gelecek durum – düşük tempodaki istasyonlar ve dolulukları

Şekil 5.12’den de görüldüğü gibi gelecek durum düşük tempo döneminde öncelikli olarak çevrim süresi takt süresine olabildiğince yaklaştırılmıştır. S01-A-080 istasyonunun toplam doluluğu %100’ün üzerinde gözüktse de takt süresinin altında kalmıştır ve öncelikli olarak istasyonda iyileştirmeler yapılarak (Test zamanının düşürülmesi, test yönteminin değiştirilmesi gibi) toplam doluluk %100’e getirilmelidir. Bunun yanında gelecek durum düşük tempo döneminde yapılan hat dengelemede de bir kayıp oranları ile çevrim süresini aşma oranların toplamı %42,7 olmuştur.

Gelecek durum için tasarlanan yüksek tempo döneminde de Çizelge 5.23’te görüldüğü gibi takt süresi 34 saniye olurken, %10 kayıp ile 31 saniyelik bir çevrim süresine göre tasarlanmıştır. Gelecek durum yüksek tempo dönemindeki istasyonlar (Tip 1 ve Tip 3 için) ve dolulukları ile çevrim süresi ve takt süresi arasındaki ilişki Çizelge 5.23’te ve Şekil 5.13’te görülmektedir. İstasyonların standart zamanları Tip ve Tip 3 için geçerlidir.

Çizelge 5.23 : Gelecek durum – yüksek tempodaki istasyonlar ve dolulukları

Gelecek Durum - Yüksek Tempo		
Vardiya Temposu		753
Takt Süresi (sn)		34
Çevrim Süresi (sn)		31
İstasyon No	Toplam standart zaman (sn)	İstasyon doluluğu (%)
S01-A-010	31	99,7%
S01-A-020	22	72,7%
S01-A-025	22	72,7%
S01-A-030	31	100,2%
S01-A-040	30	97,7%
S01-A-050	32	103,2%
S01-A-060	32	104,5%
S01-A-070	31	100,4%
S01-A-080	30	97,8%
S01-A-085	30	97,8%
Operatör sayısı	10	



Şekil 5.13 : Gelecek durum – yüksek tempodaki istasyonlar ve dolulukları

Gelecek durum yüksek tempo döneminde de öncelikli olarak çevrim süresi takt süresine olabildiğince yaklaştırılmıştır. Ayrıca gelecek durum düşük tempo

döneminde yapılan hat dengelemede de bir kayıp oranları ile çevrim süresini aşma oranların toplamı %69,85 olmuştur. Mevcut durum ile, gelecek durum için planlanan operatör sayılarının karşılaştırması da Çizelge 5.24'te görülmektedir.

Çizelge 5.24 : Mevcut durum – gelecek durum operatör sayıları kıyas tablosu

İstasyon No	Açıklama	Mevcut Durum	Gelecek Durum Düşük Tempo	Gelecek Durum Yüksek Tempo
S01-A-010	Vibrasyon K.	X	X	X
S01-A-020	Kondanser 1	X	X	X
S01-A-025	Kondanser 2	X		X
S01-A-030	Su Testi	X	X	X
S01-A-035	Su Testi 2	X		
S01-A-039		X		
S01-A-040	Şasi 1	X		
S01-A-045		X		
S01-A-050	Şasi 2	X	X	X
S01-A-055		X		
S01-A-060	Şasi 3	X	X	X
S01-A-070	Şasi 4	X		X
S01-A-080	Pompa 1	X	X	X
S01-A-085	Pompa 2	X		X
Operatör sayısı		14	6	10
Vardiyadaki tempo		750	453	753

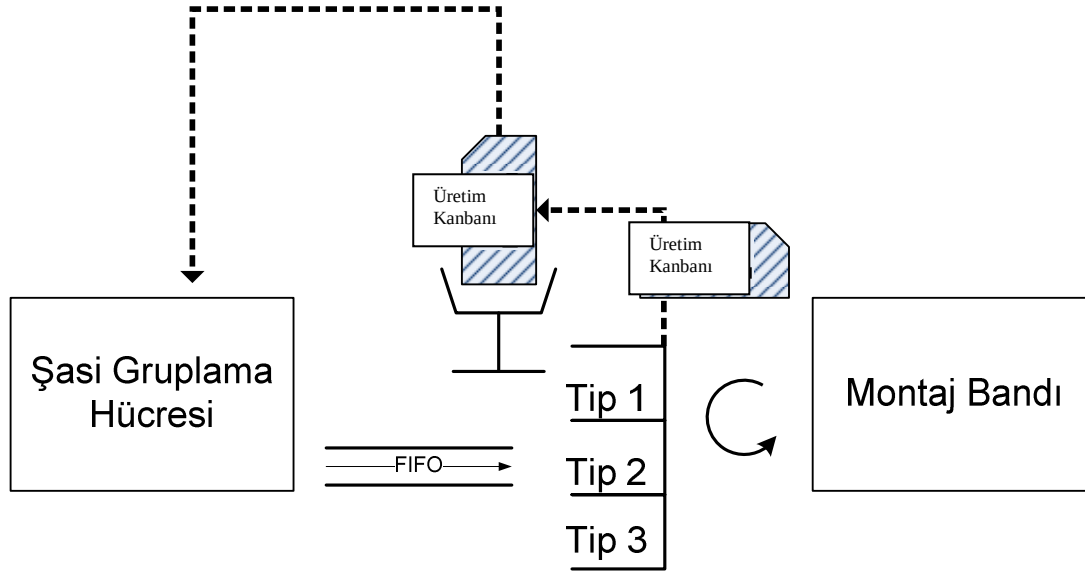
5.5.3 Gelecek durum için kanban sisteminin tasarlanması

5.5.3.1 Montaj bandı ile şasi gruplama hücresi arasındaki kanban sistemi

Sistemin yapısı

Montaj bandı ile şasi gruplama hücresi arasında 140 metrelik bir yol vardır. Bu nedenle iki hücre arasında kullanılan şasi taşıma arabaları kendi başına bir kanban gibi davranırsa da, sistemi çekme kanbanı ile desteklemek faydalı olacaktır. Çünkü luna ve terra ürün aileleri aynı bant üzerinde üretilmediği için sistem tüm modeller için saatlik bazda düzgünlüğe ulaşamıyor. Bunun nedeni de luna bandı ile terra bandı farklı lokasyonlarda konumlanmıştır ve sistem için düzgünlük seviyesi günün başında günlük luna üretimini karşılayıp sonrasında terra bandının ikinci paralelinde çalışılacak düzeyde tanımlanmıştır. Bunun için şasi gruplama hücresine plastik şasi tipleri için gün içinde kendini tekrar eden bir üretim sıralaması yapmak mevcut durumdaki karmaşık yapıdan ilk etapta geçmenin zor olacağı bir durumdur.

İşletmede kanban sisteminin işlediğini görerek bu sistemi geliştirip ve sonrasında tüm süreçlere yaygınlaştıracaktır.



Şekil 5.14 : Şasi Gruplama Hücresi ile montaj bandı arasındaki çekme sistemi

Şekil 5.14'te şasi gruplama hücresi ile montaj bandı arasındaki çekme sisteminin çalışma prensibi şematize edilmiştir. Montaj bandı güven stok alanından (süper market) dolu bir şasi taşıma arabası çekilip, arabanın üzerindeki üretim kanbanı kanban teslim alma kutusuna yerleştirilir. Şasi gruplama hücresi için görevlendirilmiş örümcek insan tarafından üretim kanbanı kanban teslim alma kutusundan alınır, varsa boş şasi taşıma arabası ile birlikte şasi gruplama hücresine götürülüp vibrasyon kaynak tezgahının yanında konumlanan kanban kutusuna yerleştirilir. Eğer boş araba getirmişse hattın sonuna bırakır. Dolu haldeki şasi taşıma arabasını montaj bandına götürmek üzere yola çıkar.

Şasi gruplama hücresinin ilk elemanı olan vibrasyon kaynak tezgahındaki operatör, eğer hücre dolu değilse, elindeki günlük üretim çizelgesine bakıp sıradaki plastik şasi tipine göre üretimi başlatır ve üretim kanbanını boş şasi taşıma arabasına iliştirir ya da üretim kanbanını bir kanban kutusuna bırakır ve kanbanın nakli örümcek insan tarafından yapılır. Hangi seçeneğin kullanılacağına, uygulama esnasında tasarım parametrelerinin göz önüne alınmasıyla karar verilmesi gerekir. Şasi gruplama hücresinde işlemleri tamamlanan plastik şasiler şasi taşıma arabalarına üzerlerinde

üretim kanbanı olduğu halde yerleştirilir ve montaj bandı güven stok alanına taşınırlar.

Kanban sayılarının hesaplanması

Öncelikle montaj bandı güven stok alanında tutulması gereken envanter düzeyinin hesaplanması gerekir. Yani üretim siparişinden, sipariş verilen şasi grubunun ilk parçasının gerçek tüketimine kadar geçen sürede, montaj bandı tarafından bir ortalama plastik şasi grubu tüketilir. Bu süre, bir üretim kanbanının aldığı süreyi hesaplayarak bulunabilir **(5.1)**:

Üretim kanbanı çevrim süresi =

Teslim alma kutusunda üretim kanbanının bekleme süresi +

Şasi gruplama hücreğine üretim kanbanını taşıma süresi +

Üretim kanbanının vibrasyon kaynak tezgahı yanındaki kutuda (veya panoda) bekleme süresi + **(5.1)**

Üretim kanbanının vibrasyon kaynak operatörü tarafından (veya örümcek insan) boş şasi taşıma arabasına taşınma süresi +

Montaj bandı güven stok alanına taşınma süresi

Eğer vibrasyon kaynak tezgahı yanındaki kutudan üretim kanbanının alınıp boş şasi taşıma arabasına yerleştirme işini örümcek insan yapıyorsa, bu durumda vibrasyon kaynak tezgahının yanında iki farklı ve ayrı renklerde kutu bulunmalıdır. Bu kutulardan birincisinde, montaj bandından gelen üretim kanbanı yer almalı. Üretimi başlayan kanbanı vibrasyon kaynak operatörü ikinci kutuya yerleştirir ve örümcek insan bu kutudan kanbanı alıp, boş şasi taşıma arabasına yerleştirir.

Tek kanban çevrimi boyunca tüketilen parçalar **(2.1)**'deki formülle hesaplanır.

İyi bir kap büyüklüğü olarak günlük ihtiyacın %10'u alınabilir. Bu da düşük tempo için 45, yüksek tempo için 75 eder. Yalnız plastik şasi grubu hacimli bir parça olduğu için taşıma işlemi şasi taşıma arabalarıyla maksimum 34 adet plastik şasi yerleştirilebilmektedir. Bu nedenle %10'dan daha az adetlerle çalışılacaktır.

Teslim alma kutusunda üretim kanbanının bekleme süresini tahmin etmek için, düşük tempoda; $0,854 \times 34 = 29dk$ 'da bir şasi taşıma arabası tüketilecektir. Sistem

başlangıçta kanbanın kutuda ortalama 40 dk bekleyecek kadar ayarlanabilir. Bu durumda örümcek insan her 80 dakikada bir kutuları kontrol etmelidir.

Şasi gruplama hücrelerine üretim kanbanını taşıma süresi ile montaj bandı güven stok alanına taşıma süresi birbirine eşit olacak ve örümcek adam yaklaşık 140 metre yol alacaktır. MTM-SB' ye göre 2,75 dakika olarak hesaplanmıştır.

Üretim kanbanının vibrasyon kaynak tezgahı yanındaki kutuda bekleme süresi de teslim alma kutusunda üretim kanbanını bekleme süresi ile hemen hemen aynı olacaktır, başlangıç için 40 dk alınabilir.

Üretim kanbanının vibrasyon kaynak operatörü tarafından (veya örümcek insan) boş şasi taşıma arabasına taşınma süresi

Bu durumda düşük tempodaki kanban çevrim süresi ($40 + 2,75 + 40 + 0,5 + 2,75$) 86 dakika olacaktır.

Bu sürelerin yüksek tempodaki değerleri ise; teslim alma kutusunda üretim kanbanının bekleme süresi ile üretim kanbanının vibrasyon kaynak tezgahı yanındaki kutuda bekleme süresini tahmin ederken, $0,516 \times 34 = 17,5dk$ 'da bir şasi taşıma arabası tüketileceğinden hareketle, örümcek adamın standart işine 30 dakikada bir kutuları kontrol etmesi gerektiği eklenebilir. Transfer süreleri ise, düşük tempodaki ile aynı, 3 dk olacaktır. Bu durumda yüksek tempodaki kanban çevrim süresi ($30 + 2,75 + 30 + 0,5 + 2,75$) 66 dakika olarak hesaplanır.

Düşük tempo için, tek kanban çevrimi boyunca tüketilen parça sayısını hesaplamak için de **(2.1)**'den hareketle, $1,05 \times (1 + 0,1) \times 86 = 108,36$ adet bulunur. Başlangıçtaki güvenilirlik katsayısı %10 olarak alınmıştır. Şasi taşıma araba sayısı da, yani kanban sayısı $108,36 / 34 = 2,92$ adet olarak hesaplanır. Kanban sayısı tamsayı olmalıdır, bu nedenle 3 adet şasi taşıma arabası ve üretim kanbanı düşük sezonda gereklidir.

Yüksek tempo için, tek kanban çevrimi boyunca tüketilen parça sayısını hesaplamak için de **(2.1)**'deki gibi, $1,75 \times (1 + 0,1) \times 66 = 127,05$ adet bulunur. Şasi taşıma araba sayısı da, yani kanban sayısı $127,05 / 34 = 3,74$ adet olarak hesaplanır. Kanban sayısı tamsayı olmalıdır, bu nedenle 4 adet şasi taşıma arabası ve üretim kanbanı yüksek sezonda gereklidir.

5.5.3.2 Şasi gruplama hücresi, yaşlandırma alanı ve enjeksiyon presler arasındaki kanban sistemi

Şasi gruplama hücresi üretim kanbanına göre çektikçe, yeni plastik şasiler üretebilmek için yaşlandırma alanından alt şasi ve üst şasi parçalarını çekecektir. Bu parçalar ise 1600 ton enjeksiyon preslerde üretilmektedir. 1600-1 enjeksiyon preste üst şasi imal edilmektedir ve bütün kondanserli ürünlerde kullanılan üst şasiler aynıdır. Mevcut durumda, üst şasi kalıbı 1600-2 plastik enjeksiyon pres tezgahına; alt şasi kalıbı da 1600-1 plastik enjeksiyon tezgahına atanmıştır. 1600 – 2 tezgahında herhangi bir kalıp değişimi ve doğal olarak bir hazırlık süresi yoktur. 1600 -1 tezgahında ise iki tip alt şasi imal edilmekte olup, tipler arasındaki değişim her hangi bir kalıp değişimini gerektirmemektedir. Yalnızca, aynı kalıp üzerinde küçük bir parçanın takılıp çıkarılması söz konusudur ve mevcut durumda bu operasyon 15 dakika almaktadır. Gelecek durum için bu 15 dakikalık hazırlık süresinin yapılacak olan SMED (Single minute exchange of die) yani tek rakamlı sürelerde hazırlık işleminin bitirilmesini sağlayan tekniklerle en fazla 10 dakikaya kadar indirilmelidir. Bunun dışında, her iki tezgah için de geçerli olan, vardiyanın başında tezgahların rejime girmeleri yaklaşık 25 dakika beklenmektedir. Bu süre 3 vardiyalık çalışma düzeninde sıfıra inerken, iki vardiya ve tek vardiyalık çalışma düzenlerinde önemli kayıplara yol açmaktadır. Yine burada da yapılacak olan kaizen faaliyetleri ile bu süre en fazla 10 dakika olacak şekilde ayarlanmalıdır.

Düşük tempo döneminde her iki tezgahın talebi karşılamak için 1,5 vardiya çalışması yeterli olacaktır. Yüksek tempo döneminde ise bu değer 2,5 vardiyaya yükselecektir. Kalan yarım vardiyalık boşluk için de 1500 ton enjeksiyon presler için çalışma planlanmıştır.

Plastik enjeksiyon tezgahlarındaki üretim, montaj bantlarına göre parti üretimi mantığına daha yakındır. Bir tezgahda maksimum 2 çeşit parça basılmaktadır. Bu nedenle yaşlandırma alanı ile enjeksiyon presler arasında parti üretimi için sinyal kanbanı uygulanabilir.

Enjeksiyon presler için ham madde silolardan borularla otomatik olarak geldiği için depodan bir ham madde nakli ve bunun için tasarlanmış üretim kanbanına gerek yoktur.

Üretim sinyal kanbanı için, yaşlandırma alanı kendiliğinden bir süper markettir. Bu nedenle yerin yeşil ve kırmızı renklerde boyanıp stok seviyelerin görsel kontrolünün sağlanarak sinyal verilmesi ve parçaların üzerinde bulundukları paletlerin ve kasaların birer kanban görevi görmesi planlanmıştır.

Üretim sinyal kanbanı pozisyonu

Üretim sinyal kanbanının porsiyonunu bulmak için öncelikle minimum parti miktarının bulunması gerekir. Üst şasi için minimum parti miktarı günlük üretim talebine eşitlenebilir, çünkü bu parçanın üretiminde herhangi bir hazırlık süresi yokken tezgahtan sağlam parça alınabilmesi için ilk rejime girme süresi mevcuttur.

Alt şasi için ise, düşük tempo ve yüksek tempo dönemleri için günlük üretim talepleri Çizelge 5.25'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.25 : Günlük alt ve üst şasi talepleri

Parça Adı	Düşük Tempo	Yüksek Tempo
Alt şasi 1 günlük talep	221	421
Alt şasi 2 günlük talep	232	332
Üst şasi günlük talep	453	753

Minimum parti miktarları **(2.5)**'den hareketle, günde maksimum 4 hazırlık yapılırsa parça başına hazırlık sayısı 2 olur. Başlangıç güvenilirlik katsayısı %10 alınırsa, minimum parti miktarı günlük üretim talebinin yarısı olacaktır. Yani alt şasi 1 için düşük tempoda 110,5 yüksek tempoda 210,5 olurken; alt şasi 2 için düşük tempoda 116 yüksek tempoda da 166 adet olacaktır. Bu değerler kap miktarının bir katı olması gerektiği için, ve alt şasiler palet üzerinde 40'ar adet taşındığı için, alt şasi 1 düşük tempoda 120 yüksek tempoda 240 olurken; alt şasi 2 için düşük tempoda 120 yüksek tempoda da 200 adet olacaktır. Böylece toplamda düşük tempoda 4 adet, 11 adet palet bulunacaktır.

Kanban çevrim süresi ise şöyle tanımlanır **(5.2)**:

Kanban çevrim süresi =

Operatörlerin stok seviyesinin kırmızı bölgeye geldiğini fark etme süresi +

boş paletlerin enjeksiyon yanına taşınma süresi +

boş paletlerin enjeksiyon yanında bekleme süresi + **(5.2)**

parti işlem çevrim süresi

(içsel hazırlık süresi + işlem süresi + hücre içi bekleme süresi) +

yaşlandırma alanına dolu paletlerin transfer süresi

yaşlandırma alanında dolu paletlerin bekleme süresi

Süreler başlangıç için aşağıdaki gibi düşünülürse:

Operatörlerin stok seviyesinin kırmızı bölgeye geldiğini fark etme süresi = 5 dk

boş paletlerin enjeksiyon yanına taşınma süresi = 5 dk

boş paletlerin enjeksiyon yanında bekleme süresi = 20 dk

parti işlem çevrim süresi

(içsel hazırlık süresi + işlem süresi + hücre içi bekleme süresi) = Alt şasi 1 ve 2 için 15 dakika, üst şasi için 5 dakika

yaşlandırma alanına dolu paletlerin transfer süresi = 5 dk

yaşlandırma alanında dolu paletlerin bekleme süresi = 210 dakika

alt şasi 1 ve 2 için kanban çevrim süresi (5 + 5 + 20 + 15 + 5 + 210) 260 dakika ;

üst şasi için ise (5 + 5 + 20 + 5 + 5 + 210)

250 dakika olacaktır. Üretim sinyal kanbanlarının pozisyonu ise **(2.6)**'dan güvenilirlik katsayısı yine sıfır alınırsa düşük tempoda alt şasi 1 için

$$\frac{0,51 \times (1 + 0,1) \times 260}{40} = 3,65kap ; \text{ alt şasi 2 için } \frac{0,54 \times (1 + 0,1) \times 260}{40} = 3,86kap \text{ ve üst}$$

$$\text{şasi için } \frac{1,05 \times (1 + 0,1) \times 250}{40} = 7,22kap \text{ yani sinyal kanbanının pozisyonu sırasıyla 4}$$

(160 adet alt şasi 1), 4 (160 adet alt şasi 2) ve 8 (320 adet üst şasi) kap olacaktır.

Yüksek tempoda ise bu değerler, alt şasi 1 için $\frac{0,98 \times (1 + 0,1) \times 260}{40} = 7,007kap$; alt şasi 2 için $\frac{0,77 \times (1 + 0,1) \times 260}{40} = 5,5kap$ ve üst şasi için $\frac{1,75 \times (1 + 0,1) \times 250}{40} = 12,03kap$ yani sinyal kanbanının pozisyonu sırasıyla 8 (320 adet alt şasi 1), 6 (240 adet alt şasi 2) ve 11 (520 adet üst şasi) kap olacaktır.

5.5.4 Gelecek durum değer akış haritalarının çizimi

Gelecek durumda, öncelikle günlük üretim emirleri her iş merkezine gitmeyecek ve sistem çekme sistemi mantığıyla işleyecektir. Üretim planlama bölümü tarafından günlük üretim çizelgesi son montaj bandına gönderilecek ve montaj bandını besleyen diğer iş merkezleri de bant malzemeleri çektikçe üretim yapacaktır. Yalnız şasi gruplama hücresinin ilk elemanı olan vibrasyon kaynak tezgahında talep edilen şasilerin tiplerini ve miktarlarını gösteren bir çizelge bulunacaktır. Şasi gruplama hücresi de yaşlandırma alanında alt ve üst şasileri çektikçe sinyal kanbanı özelliği taşıyan yaşlandırma alanından iş emrini alan enjeksiyon tezgahları gereken kadar üretim yapacaktır. Ham madde çekişi yine silodan borularla olacak ve bir taşıma süresi söz konusu olmayacaktır. Akışı gelecek durum için inceleyecek olursak, öncelikle ham madde miktarının stok gün sayısının 4'e düşürülmesi ile ilgili bir faaliyet planlanmalıdır. Yan sanayiden yüklendikten sonra 2 günde değil 1 gün de işletmeye ulaşması sağlanmalı ayrıca beş çeşit ham maddeden oluşan beyaz polyarın, 5 elemanın da aynı firma tarafından tedarik edilip beyaz polyar haline getirilmesi için çalışma yapılmalıdır. Bu karışımın Arçelik A.Ş. tarafından yapılması da alternatifler arasındadır, yapılacak olan maliyet çalışması sonunda aksiyon alınabilir. Böylece her iki sezon için de silo tarafındaki katma değeri olmayan süre maksimum 4 gün olmalıdır. Plastik enjeksiyon tezgahlarındaki durum için ise öncelikle alt şasideki kalıbındaki yapılan hazırlık süresi maksimum 10 dakikaya çekilmelidir. Vardiya başındaki hazırlık süresi ise mümkünse yok edilmeli ama başlangıç için 10 dakikaya düşürecek bir kaizen planlanmalıdır. İki sezon için de alt ve üst şasi enjeksiyon süreleri sırasıyla 1,42 dakika ile 1,25 dakika olacak ve toplam katma değerli zaman 2,67 dakika olacaktır.

Şasi gruplama hücresi ile enjeksiyon presler arasında bulunan yaşlandırma bölgesinde ise sinyal kanbanının bulunduğu pozisyonlardaki parça miktarından

hareketle katma değeri olmayan süre bulunabilir. Düşük tempoda 320 adet plastik şasi üretecek kadar parça, yüksek tempoda ise 520 adet plastik şasi üretecek kadar parça sistemde var olacaktır. Bu adetler düşük tempoda takt süresi 0,85 dakika ve günlük çalışma saati 12 olduğu halde $\frac{320 \times 0,85}{60 \times 12} = 0,378\text{gün}$; yüksek tempoda ise takt süresi 0,516 dakika ve günlük çalışma saati 20 olduğu durumda $\frac{520 \times 0,516}{60 \times 20} = 0,224\text{gün}$ olarak hesaplanabilir.

Şasi gruplama hücresinde ise üretim CONWIP ile kontrol edilecektir. Buradaki katma değeri olan zaman, hücrenin en uzun çevrim süresi dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu değerler düşük tempo için 0,917 dakika; yüksek tempo için de 0,534 dakikadır. Şasi gruplama hücresinde öncelikle iki aşamada yapılan kondanser gruplama işlemi tek aşamada daha ergonomik bir aparatla yapılmalı bunun için bir kaizen düzenlenmelidir. İyileştirilmesi gereken diğer bir konu ise, kondanser su sızdırmazlık testi ile pompa testlerindeki eski verileri (Hata türlerini, hata sıklıklarını, bir kerede doğru yapma oranlarını, hataların kök nedenlerini vs) inceleyerek testlerin %100 yapılması yerine istatistiksel proses kontrol yoluyla kalitenin güvence altına alınması sağlanmalıdır.

Montaj bandı ile şasi gruplama hücresi arasındaki kanban sisteminde ise düşük tempoda 3 şasi arabası yani 102 adet plastik şasi; yüksek tempoda ise 4 adet şasi arabası yani 136 adet plastik şasi yer alacaktır. Bu bölgedeki katma değeri olmayan zamanlar ise montaj bandı bir vardiya (8 saat) düşük tempoda, $\frac{102 \times 0,85}{60 \times 8} = 0,18\text{gün}$ olurken; yüksek tempoda $\frac{136 \times 0,516}{60 \times 8} = 0,15\text{gün}$ olacaktır.

Montaj bandı üzerinde ve montaj bandı ile ürün ambarı arasında ortalama 140 adet ürün olduğu düşünülürse bu bölgedeki katma değeri olmayan zamanların toplamı da ürün ambarı günde 16 saat çalıştığı için yaklaşık 0,15 gün olacaktır.

Ürün ambarındaki bitmiş ürün stokları kondanserli ürünler için düşük tempo ve yüksek tempo dönemlerinde sırasıyla ortalama 1596 ve 2826 olacaktır. Bu adetler de düşük tempo döneminde 1,41 günlük yüksek tempo döneminde ise 1,52 gün olacaktır.

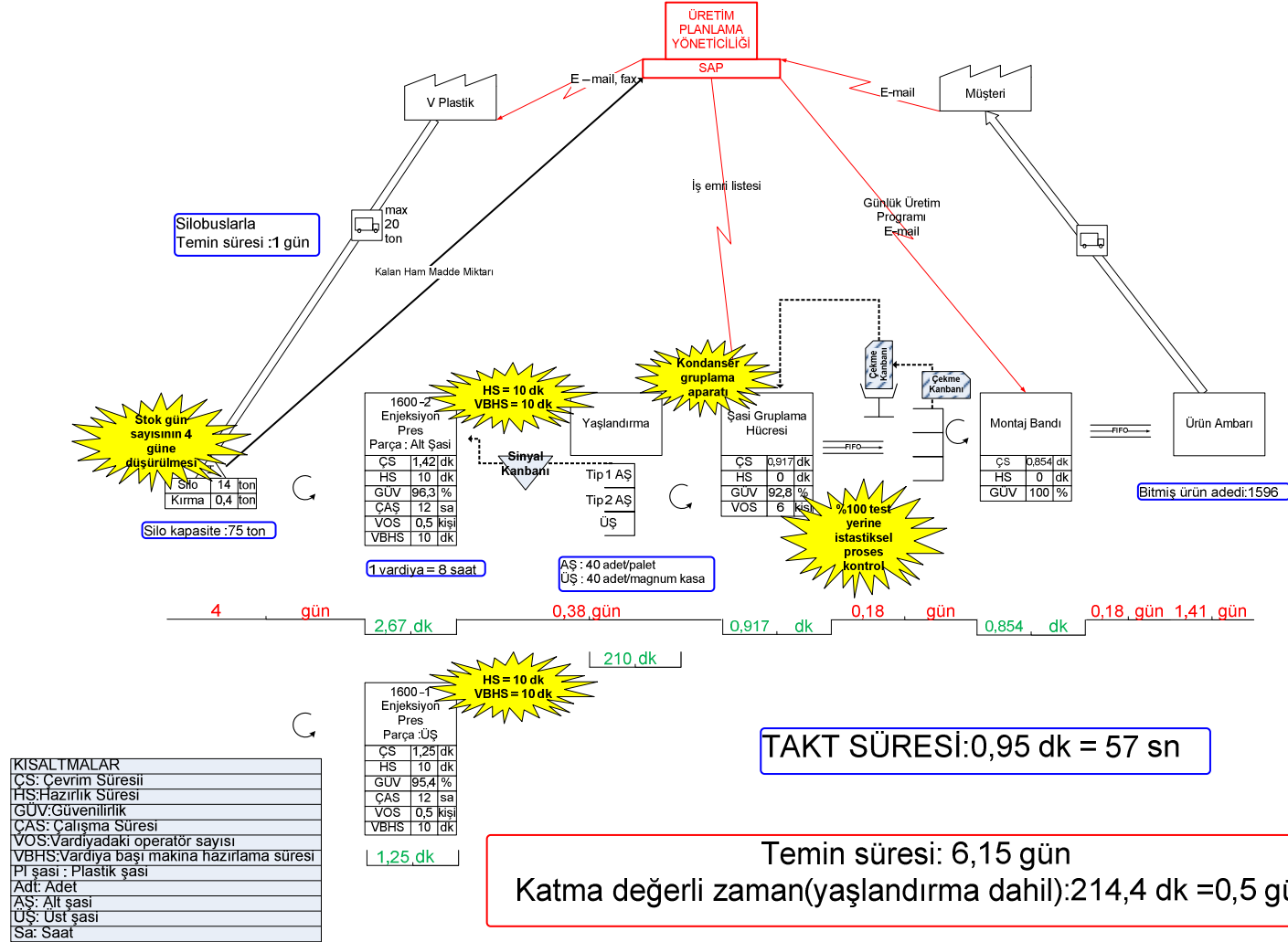
Mevcut durum ile gelecek durum arasındaki önemli farklar Çizelge 5.26’da gösterilmiştir. Gelecek durumda çevrim süresi takt süresine daha yakın ve temin süresi 6 güne düşürülmüştür.

Çizelge 5.26 : Mevcut durum ile gelecek durum karşılaştırma tablosu

	Mevcut Durum	Gelecek Durum Düşük Tempo	Gelecek Durum Yüksek Tempo
Takt Süresi (sn)	48	57	34
Çevrim Süresi (sn)	31	51	31
Şasi gruplama hücresi operatör sayısı	14	6	10
Bitmiş ürün stoku	27205	1596	2826
Katma değerli olan zamanların toplamı (gün)	0,5	0,5	0,5
Temin Süresi (gün)	31,67	6,1	6,04

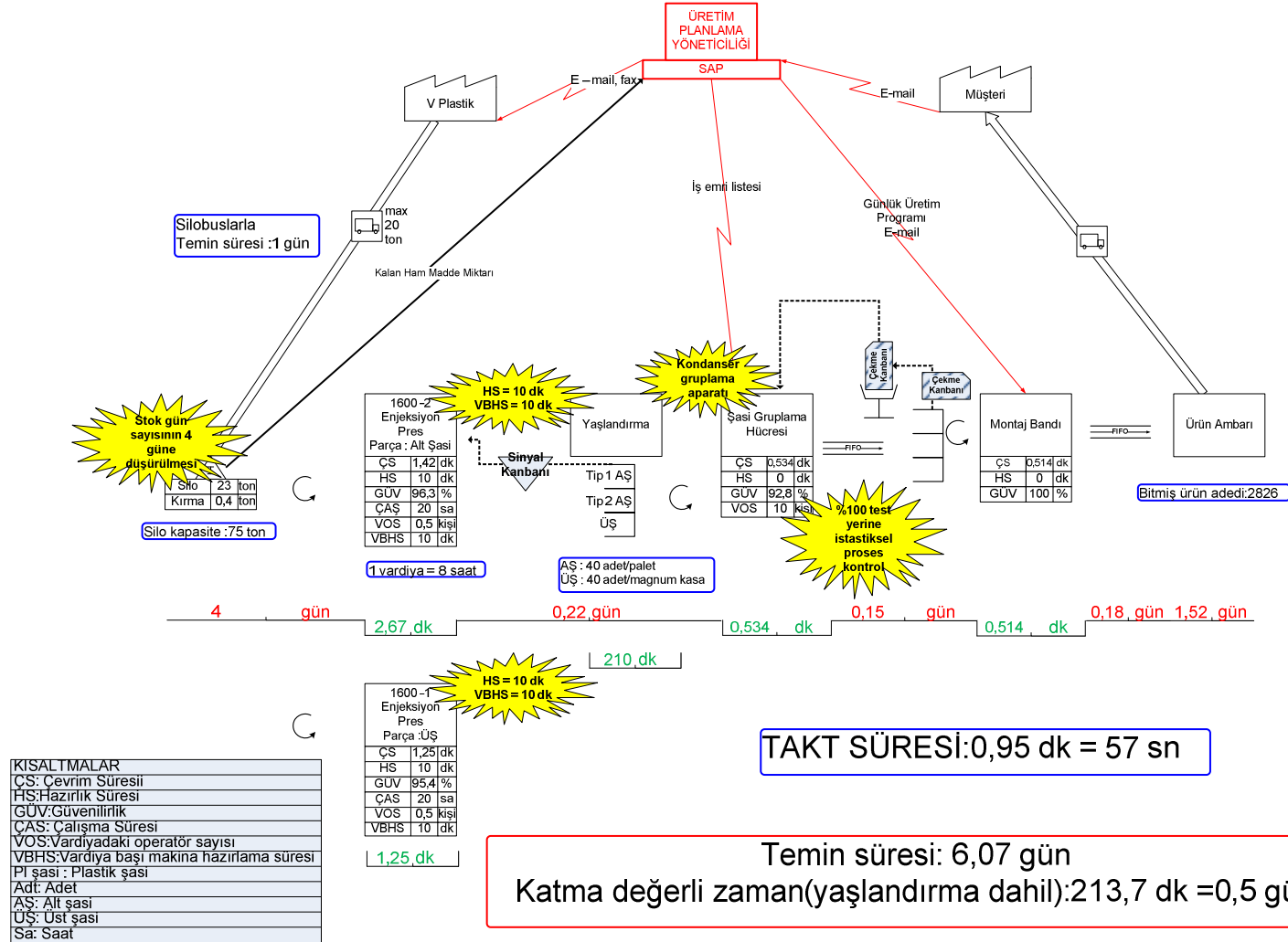
Gelecek durumdaki düşük tempo ve yüksek tempo dönemleri için çizilen değer akış haritaları sırasıyla Şekil 5.15 ve Şekil 5.16’te yer almaktadır.

ÇAMAŞIR KURUTMA MAKİNASI PLASTİK ŞASI GELECEK DURUM DEĞER AKIŞ HARİTASI DÜŞÜK TEMPO



Şekil 5.15 : Plastik şasi düşük tempo gelecek durum değer akış haritası

ÇAMAŞIR KURUTMA MAKİNASI PLASTİK ŞASI GELECEK DURUM DEĞER AKIŞ HARİTASI YÜKSEK TEMPO



Şekil 5.16 : Plastik şasi yüksek tempo gelecek durum değer akış haritası

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tam zamanında üretim sistemlerinin kilometre taşları olan değer akış haritalandırma, üretim düzgünleştirme ve çekme sistemleri incelenmiş ve bir beyaz eşya fabrikasında uygulanmıştır. Değer akış haritalandırma yolu ile israflar görülmüştür. Mevcut durum haritasında görülen en büyük problemlerden bir tanesi birbirine senkronize çalışan iş merkezlerinin çevrim sürelerindeki farklılıklar ve genel anlamda çevrim süresinin takt süresinin çok uzağında kalmasıdır. Problemin kök nedenine inildiğinde ise, üretim kayıplarının dışında daha sistem kurulurken büyük kayıpların yaşandığı görülmüştür. Çünkü üretim talepleri değişken ve bu değişkenliğe birebir uyum sağlamaya çalışan bir sistem mevcuttur. Üretim talepleri değişkenlik gösterdikçe iş merkezlerine giden günlük üretim programlarında da değişiklikler söz konusu olmaktadır. Değişen üretim programına son montaj bandı kolayca uyum sağlarken bu bandı besleyen tedarikçilerde ve iç üretim takımına ait iş merkezlerinde yoğun bir gayret ve ortaya çıkan kayıpların, iş gücü ekipman tezgah kapasitelerinin olması gerekenden yüksek tutulması ve bu kaynakların zaman zaman boş kalması durumları ortaya çıkmıştır. Bu nedenle gelecek durumun haritası çizilirken öncelikle çekme sisteminde bir yapı ve üretimin düzgün olduğu bir ortam tasarlanmıştır. Böylece temin süresinde ve süreç içi envanterlerde kayda değer bir gelişim olacağı gösterilmiştir. Çevrim süresi takt süresine yaklaştırılmıştır. Gelecek durumda yapılması gereken iyileştirme faaliyetlerinden söz edilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada bir sistemdeki israfların değer akış haritalandırma yöntemiyle kolayca fark edilebileceği görülmüştür. Tam zamanında üretim sistemlerine geçişte ilk olarak yapılması gerekenlerden biri üretim düzgünleştirmedir. Ayrıca tam zamanında üretim sistemlerinin, itme sistemine göre olan avantajları uygulamalı olarak gösterilmiş, çekme sistemleri ile (kanban sistemi) süreç içi stoklar kontrol altında tutulmuş ve üretim düzgünleştirmenin tam zamanında üretim sistemlerinin kilit noktasıdır.

Gelecekteki alışmalar için de, üretim düzgünleştirmenin yapılabilmesi için, gelecek olan anlık taleplere karşın bir bitmiş ürün stoğudan söz edilmektedir. Üretimin düzgünlüğünü bozmadan bitmiş ürün stoklarını azaltmaya hatta yok etmeye yönelik çalışmalar yapılabilir.

Bunun dışında değer akış haritalandırma yöntemi bizim israfları kolayca fark etmemizi sağlamaktadır. İşi en iyi o işi yapan bilir kalıbından yola çıkararak sistemde sürekli gelişimin sağlanması için, ilgili işi yapan operatörlerin katılımı şarttır. Günümüzde mavi yaka diye tabir edilen bu operatörlere kendi işlerini iyileştirmeye yönelik, kaizen, toplam üretken bakım gibi bir çok eğitim verilmektedir. Bu eğitimlerin yanında değer akış haritalandırma aracını kullanarak israfları daha kolay fark eden bir mavi yaka kadrosu sistemdeki iyileşmenin sürekliliği için iyi bir araç olabilir.

KAYNAKLAR

- Abdulmalek, F. A. ve Rajgopal, J.**, 2007. Analyzing The Benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping via Simulation: A Process Sector Case Study, *International Journal of Production Economics.*, **107**, 223-236.
- Braglia, M., Carmignani, G., ve Zammori, F.**, 2006. A New Value Stream Mapping Approach For Complex Production Systems. *International Journal of Production Research.* Vol. 44, no. 18-19, pp. 3929-3952.
- Cheng, L. ve Ding, F. Y.**, 1996. Modifying Mixed-Model Assembly Line Sequencing Methods to Consider Weighted Variations For Just-in-time Production Systems. *IIE Trans.*, Vol.28, 919-927.
- Comm, C. L. ve Mathaisel, D. F. X.**, 2003. Less is More : A Framework for a Sustainable University. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol.4, no.4, pp. 314-323.
- Ding, F. Y. ve Cheng L.**, 1993. A Simple Sequencing Algorithm For Mixed-Model Assembly Lines in Just-in-time Production Systems. *Oper. Res. Lett.*, Vol.13, 27-36.
- Durmuşoğlu, M. B.**, 2005. Grup Teknolojisi ve Esnek Üretim Dersi, Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi., İstanbul.
- Durmuşoğlu, M. B.**, 2002. Just-in Time Systems Dersi, Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi., İstanbul.
- Emiliani, M. L. Ve Stec, D.J.**, 2004. Using Value-Stream Maps to Improve Leadership. *Leadership and Organization Developlent Journal.*, Vol.8, 622-645.
- Ghali, M. A.**, 2003. Production – Plannig Horizon, Production Smoothing and Convexity of The Cost Functions. *International Journal of Production Economics.* no. 81-82, pp. 67-74.
- Gorman, M. F. ve Brannon J.I.**, 2000. Seasonality and The Production – Smoothing Model. *International Journal of Production Economics.* no. 65, pp. 173-178.
- Haque, B. Ve James-Moore, M.**, 2004. Applying Lean Thinking to New Product Introduction. *Journal of Engineering Design*, Vol.15, no.1, pp. 1-31.
- Hay, E.J.**, 1988. The Just-in-Time Breakthrough-Implementing the New Manufacturing Basics, USA: John Wiley&Sons.
- Hines, P.**, 1994. Creating World Class Suppliers: Unlocking Mutual Competitive Advantage, Pitman Publishing, London.

- Hines, P. ve Rich, N.**, 1997. The Seven Value Stream Mapping Tools., *International Journal of Operations & Production Management*. Vol.17, no. 1, pp. 46-64.
- Hines, P., Rich, N., Bicheno, J., Bruunt D., Taylor, D., Buttterworth, C. ve Sullivan J.**, (1998). Value Stream Management., *The Int. Journal of Logistics Management.*, Vol. 9, Issue 1.
- Jones, D.**, 1995. Applying Toyota Principles Distribution: Supply Chain Development Programme I, *Workshop*, Britvic Soft Drinks Ltd.,Lutterworth.
- Kazan, S.**, 2008. MTM Eğitim Kitabı. Arçelik A.Ş. Çalışanları İçin MTM Eğimi., 45 saat., Çerkezköy.
- Kubiak, W.**, 1993. Minimizing Variation of Production Rates in Just-in-time systems: A Survey. *Eur. J. Oper. Res.*, Vol.66, 259-271.
- Kubiak, W. ve Sethi, S.**, 1991. A Note On Level Schedules for Mixed-Model Assembly Lines in Just-in-Time Production Systems. *Management Sciences.*, Vol.37, 121-122.
- Kubiak, W. ve Sethi, S.**, 1994. Optimal Just-in-time Schedules For Flexible Transfer Lines. *Int. J. Flex. Mfg. Syst.*, Vol.6, 137-154.
- Lasa, I. S., Laburu, C.O. ve De Castro, V.R.**, 2008. An Evaluation of the Value Stream Mapping Tool. *Business Process Management Journal.*, Vol.14, Issue 1.
- Lee, H. L., Padmanabhan, V. ve Whang, S.**, 1997. Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science*, Vol.43, 546-558.
- Lian, Y. ve Van Landeghem, H.**, 2002. An Application of Simulation and Value Stream Mapping in Lean Manufacturing, 14th European Simulation Symposium.
- Lummus, R. R.**, 1995. A Simulation Analysis of Sequencing Alternatives For JIT Lines Using Kanbans. *Journal of Operations Management*, Vol.13, 183-191.
- Maynard, H. B., Stegemertend G. J. ve Schwab J. L.**, 1948. Methods-Time Measurement, Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- McDonald, T., Van Aken, E.M. ve Rentes, A.F.**, 2002. Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application, *Int. J. Logistics. Res. Applic.*, 5, 213-232.
- Miltenburg, J.**, 1989. Level Schedules For Mixed-Model Assembly Lines in Just-in-time Production Systems. *Mgmt. Sci.*, Vol.35, 192-207.
- Miltenburg, J. ve Sinnemon, G.**, 1989. Sequencing Mixed-Model Multi-Level in Just-in-time Production Systems. *Int. journal of Pro. Res.*, Vol.27, 1487-1509.
- Miltenburg, J., Steiner, G. ve Yeomans, S.**, 1990. A Dynamic Programming Algorithm For Scheduling Mixed-Model Just-in-time Production Systems., *Math. Comput. Model.*, Vol.13, 57-66.

- Monden, Y.**, 1983. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time, Industrial Engineering and Management Press, Norcross, GA.
- Monden, Y.**, 1993. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time, Industrial Engineering and Management Press, Norcross, GA.
- Nicholas, J. M.**, 1998. Competitive Manufacturing Management: Continuous Improvement, Lean Production, Customer-Focused Quality. The McGraw-Hill Companies Inc.
- Ohno, T.**, 1988. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, Productivity Press, Cambridge, MA.
- Özkan, K., Birgün, S., Kılıçoğulları, P. ve Akman, G.**, 2005. Responding to Customer Requirements With Value Stream Mapping: An Automotive Industry Application. *The Proc. Of the 35th Int. Conference on Computers and Industrial Engineering*, Editors: M. Bülent Durmuşoğlu, Cengiz Kahraman, Muhammed I. Dessouky, Gürsel A. Süer, Sadek Eid, pp. 1517-1522, İstanbul, Türkiye.
- Paik, S. ve Bagchi, P. K.**, 2007. Understanding The Causes if the Bullwhip Effect in a Supply Chain. *International Journal of Retail&Distribution Management.*, Vol.35, 308-324.
- Proth, J. M.**, 2006. Scheduling: New Trends in Industrial Environment, *Information Control Problems in Industrial Environment*. pp. 41-47.
- Rivera, L. ve Chen, F. S.**, 2007. Measuring the Impact Of Lean Tools On The Cost-Time Investment Of A Product Using Cost Time Profiles. *Robotics and Computer-Integrated.*, Vol.23, 684-689
- Rother, M. ve Shook, J.**, 1998. Learning to See, Versiyon 1.2., The Lean Enterprise Institute Inc, Brookline, Massachusetts.
- Rother, M. ve Shook, J.**, 1999. Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda, The Lean Enterprise Institute Inc, Brookline, Massachusetts.
- Seth, D. ve Gupta, V.**, 2005. Application of Value Stream Mapping for Lean Operations and Cycle Time Reduction: An Indian Case Study. *Production Planning and Control*, Vol.16, no.1, pp. 44-59.
- Seth, D., Seth, N. ve Goel, D.**, 2008. Application of Value Stream mapping (VSM) For Minimization of Wastes In The Processing Side of Supply Chain of Cottonseed Oil Industry In Indian Context. *Journal of Manufacturing Technology Management.*, Vol.19, 529-550.
- Simons, D. ve Zokaei, K.**, 2005. Application of Lean Paradigm in Red Meat Processing. *British Food Journal*, Vol.107, no.4, pp. 192-211.
- Sumichrast, R. T, Russel R. S. Ve Taylor B.W.**, 1990. Evaluating mixed-model Assembly Line Sequencing Heuristics For Just-inTime Production Systems. *Journal of Op. Mng*, Vol.9, pp. 371-390.
- Sullivan, W. G., McDonald, T.N. ve Van Aken, E.M.**, 2002. Equipment Replacement Decisions and Lean Manufacturing. *Robotics and Computer Integrated*, Vol.18, pp. 255-265.

- Suzaki, K.**, 1987. The New Manufacturing Challenge Techniques For Continuous Improvement, Free Press, New York.
- Synder, K. D., Paulson, P. ve McGrath, P.**, 2005. Improving Processes in a Small Health-Care Network. *Business Process Management Journal*, Vol.11, 87-99.
- Tapping, D., Luyster, T. ve Shuker, T.**, 2002. Value Stream Management, Productivity Inc., New York.
- Tapping, D. ve Shuker, T.**, 2003. Value Stream Management For the Lean Office. Productivity Press, New York.
- Taylor, D. H.**, 2005. Value Chain Analysis: An Approach to Supply Chain Improvement in Agri-Food Chains. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol.35, no.10, pp. 744-761.
- Walleigh, R.C.**, (1986). What is your excuse for not using JIT. *Harvard Business Review*, **64**, 38-54.
- Womack, J.P. ve Jones, D.**, (2005). Lean Consumption. *Harvard Business Review*, March., 58-68.
- Yavuz, M. ve Akçalı, E.**, 2007. Production Smoothing in Just-in-Time Manufacturing Systems: A Review of Models and Solution Approachs. *International Journal of Production Research*, Vol.45, no. 16, pp. 3579-3597.
- Yavuz, M. ve Akçalı, E. ve Tufekci, S.**, 2006a. Optimizing Production Smoothing Decisions via Batch Selection For Mixed-model Just-in-Time Manufacturing Systems with Arbitrary Setup and Processing Times. *International Journal of Production Research*, Vol.44, 3061-3081.
- Yavuz, M., Akçalı, E. ve Tufekci, S.**, 2006b. A Hybrid Meta-Heuristic for the Batching Problem in Just-in-Time Flow Shops. *Journal of Math. Model. Algor.*, Vol.5, 371-393.
- Yavuz, M. ve Tufekci, S.**, 2006. Bounded Dynamic Programming Solution to The Batching Problem in Mixed-Model Just-in-time Manufacturing Systems. *Int. journal of Pro. Econ.*, Vol.103, 841-862.
- Yavuz, M. ve Tufekci, S.**, 2007a. An Analysis and Solution to The Single Level Batch Production Smoothing Problem. *Int. journal of Pro. Res.*, Vol.17, yayımlanacak.
- Yavuz, M. ve Tufekci, S.**, 2007b. Dynamic Programming Solution to the Batching Problem in Just-in-Time Flow Shops. *Comput. Ind. Engng.*, Vol.51, 416-432.

EKLER

EK A.1

Çizelge A.1 : Yapılan Yayınların Özeti

Yazar (lar)	Çalışmanın Adı	Yalın Üretim ve Değer Akışı	Üretim Çizelgeleme ve Düzgünleştirme	Uygulama
Suzaki, 1987	The New Manufacturing Challenge Techniques For Continuous Improvement	x	x	Kitap
Ohno, 1988	Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production	x	x	Kitap
Monden, Y., 1983.	Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time	x	x	Kitap
Hines ve Rich, 1997	The Seven Value Stream Mapping Tools	x		Yok
Hines ve diğ. 1998	Value Stream Management	x		Yok
Rother ve Shook, 1998	Learning to See, Versiyon 1.2.	x		Kitap
Nicholas, J. M., 1998	Competitive Manufacturing Management: Continuous Improvement, Lean Production, Customer-Focused Quality	x	x	Kitap
Rother ve Shook, 1999	Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda			Kitap
Lian ve Van Landeghem, 2002	An Application of Simulation and Value Stream Mapping in Lean Manufacturing	x		Var
McDonald ve diğ., 2002	Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application	x		Var
Sullivan ve diğ., 2002.	Equipment Replacement Decisions and Lean Manufacturing	x		Var

Çizelge A.1 : Yapılan Yayınların Özeti (devam ediyor)

Yazar (lar)	Çalışmanın Adı	Yalın Üretim ve Değer Akışı	Üretim Çizelgeleme ve Düzgünleştirme	Uygulama
Comm ve Mathaisel, 2003.	Less is More : A Framework for a Sustainable University	x		Yok
Emiliani ve Stec, 2004	Using Value-Stream Maps to Improve Leadership	x		Yok
Haque ve James-Moore, 2004	Applying Lean Thinking to New Product Introduction	x		Var
Taylor, 2005.	Value Chain Analysis: An Approach to Supply Chain Improvement in Agri-Food Chains	x		Var
Simons ve Zokaei, 2005	Application of Lean Paradigm in Red Meat Processing	x		Var
Seth ve Gupta, 2005	Application of Value Stream Mapping for Lean Operations and Cycle Time Reduction: An Indian Case Study	x		Var
Özkan ve diğ., 2005	Responding to Customer Requirements With Value Stream Mapping: An Automotive Industry Application.	x		Var
Synder ve diğ., 2005.	Improving Processes in a Small Health-Care Network	x		Var
Womack ve Jones, 2005	Lean Consumption	x		Yok
Braglia ve diğ., 2006	A New Value Stream Mapping Approach For Complex Production Systems	x		Var
Rivera ve Chen, 2007	Measuring the Impact Of Lean Tools On The Cost-Time Investment of a Product Using Cost Time Profiles	x		Yok
Abdulmalek ve Rajgopal, 2007	Analyzing The Benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping via Simulation: A Process Sector Case Study	x		Var
Lasa ve diğ., 2008	An Evaluation of the Value Stream Mapping Tool	x		Var

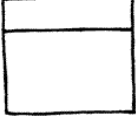
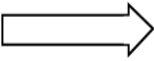
Çizelge A.1 : Yapılan Yayınların Özeti (devam ediyor)

Yazar (lar)	Çalışmanın Adı	Yalın Üretim ve Değer Akışı	Üretim Çizelgeleme ve Düzenleştirme	Uygulama
Seth ve diğ. 2008	Application of Value Stream mapping (VSM) For Minimization of Wastes In The Processing Side of Supply Chain of Cottonseed Oil Industry In Indian Context.	x		Var
Walleigh, 1986	What is your excuse for not using JIT?	x	x	Yok
Miltenburg, J., 1989	Level Schedules For Mixed-Model Assembly Lines in Just-in-time Production Systems		x	Yok
Miltenburg ve Sinnemon, 1989	Sequencing Mixed-Model Multi-Level in Just-in-time Production Systems		x	Yok
Miltenburg ve diğ., 1990	A Dynamic Programming Algorithm For Scheduling Mixed-Model Just-in-time Production Systems		x	Yok
Sumichrast ve diğ., 1990.	Evaluating mixed-model Assembly Line Sequencing Heuristics For Just-in Time Production Siystems		x	Yok
Kubiak ve Sethi, 1991	A Note On Level Schedules for Mixed-Model Assembly Lines in Just-in-Time Production Systems		x	Yok
Kubiak, 1993.	Minimizing Variation of Production Rates in Just-in-time systems: A Survey.		x	Yok
Kubiak ve Sethi, 1994	Optimal Just-in-time Schedules For Flexible Transfer Lines		x	Yok
Ding ve Cheng, 1993	A Simple Sequencing Algorithm For Mixed-Model Assembly Lines in Just-in-time Production Systems		x	Yok
Lummus, 1995	A Simulation Analysis of Sequencing Alternatives For JIT Lines Using Kanbans		x	Yok
Cheng ve Ding, 1996	Modifying Mixed-Model Assembly Line Sequencing Methods to Consider Weighted Variations For Just-in-time Production Systems		x	Yok

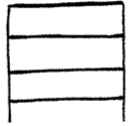
Çizelge A.1 : Yapılan Yayınların Özeti (devam ediyor)

Yazar (lar)	Çalışmanın Adı	Yalın Üretim ve Değer Akışı	Üretim Çizelgeleme ve Düzenleştirme	Uygulama
Lee ve diğ., 1997	Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect		x	Yok
Gorman ve Brannon, 2000	Seasonality and The Production – Smoothing Model		x	Yok
Ghali, M. A., 2003	Production – Planning Horizon, Production Smoothing and Convexity of The Cost Functions		x	Yok
Proth, J. M., 2006	Scheduling: New Trends in Industrial Environment		x	Yok
Yavuz ve Tufekci, 2006	Bounded Dynamic Programming Solution to The Batching Problem in Mixed-Model Just-in-time Manufacturing Systems		x	Yok
Yavuz ve diğ., 2006a	Optimizing Production Smoothing Decisions via Batch Selection For Mixed-model Just-in-Time Manufacturing Systems with Arbitrary Setup and Processing Times		x	Yok
Yavuz ve diğ., 2006b	A Hybrid Meta-Heuristic for the Batching Problem in Just-in-Time Flow Shops		x	Yok
Yavuz ve Tufekci, 2007a	An Analysis and Solution to The Single Level Batch Production Smoothing Problem		x	Yok
Yavuz ve Tufekci, 2007b	Dynamic Programming Solution to the Batch Problem in Just-in-Time Flow Shops		x	Yok
Yavuz ve Akçalı, 2007	Production Smoothing in Just-in-Time Manufacturing Systems: A Review of Models and Solution Approachs		x	Yok
Paik ve Bagchi, 2007	Understanding The Causes if the Bullwhip Effect in a Supply Chain		x	Yok

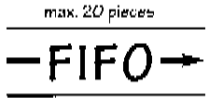
EK A.2**Çizelge A.2 : Değer akış haritası sembolleri**

Madde Sembolleri	Anlamı
 FABRİKA	Bu sembol şunlara işaret eder: Malzeme akışının başlangıç noktası olarak Tedarikçi (haritanın sol üst köşesine yerleştirilir) Malzeme akışının bitiş noktası olarak Müşteri/Dağıtım Merkezi (haritanın sağ üst köşesine yerleştirilir).
 İMALAT SÜRECİ	Bu sembol, malzemenin içinden aktığı bir süreç, işlem, makina, hücre veya bölüme işaret eder. Aralarında parti akışı olan ve envanter bulunan tamamen ayrı iki farklı sürecin her biri için ayrı ayrı imalat süreci sembolü atanır.
 ENVANTER	Bu sembol iki süreç arasındaki envanter birikmesine işaret eder. Şimdiki durumun haritalandırmasını yaparken, envanter miktarı, hızlı bir sayım ile yaklaşık elde edilebilir ve bu miktar, üçgen şeklin altına yazılır. İki süreç arasında, birden fazla yerde envanter birikmesi varsa, her bir yer için ayrı ayrı ENVANTER sembolü çizilir. Bu sembol aynı zamanda ham madde ve mamul depolama yerlerini ve envanter düzeylerini göstermek için de kullanılır.
 MÜŞTERİYE MAMÜL	Bu sembol, tedarikçiden fabrikanın teslim alma bölgesine gönderilen hammaddenin hareketini veya fabrika sevkiyat bölgesinden, müşteriye gönderilen mamulün hareketini gösterir.

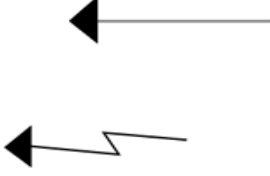
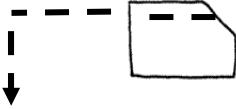
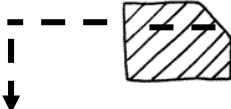
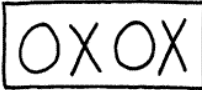
Çizelge A.2 : Değer akış haritası sembolleri (devam ediyor)

 VERİ KUTUSU	Bu sembol genellikle başka sembollerin altında kullanılır. Haritalanan sistemin analizi ve gözlenmesi için gerekli olacak verileri taşır. FABRİKA sembolü altında yer alan veri kutusunda, her vardiyadayapılan sevkiyat frekansı, malzeme taşıma bilgileri, transfer parti miktarı, her periyotta talep miktarı vb. yer alır. İMALAT SÜRECİ sembolü altındaki veri kutusunda ise şu veriler bulunabilir: ÇZ (Çevrim Zamanı) [C/T (Cycle Time)] — Bir süreçte tamamlanan iki parça arasında geçen süre (saniye olarak) HS (Hazırlık Süresi) [C/O (Changeover Time)] — Bir ürünün üretiminden diğerine geçişte gerekli olan süre. ÇS (Çalışma Süresi) [Uptime]— işlem için makinanın mevcut olduğu süre. HPH (Her parça her ____) [EPE “Every Part Every__”.] üretim hızının bir ölçüsünü verir. İşgören sayısı Ürün değişiklik sayısı Mevcut kapasite Hurda oranı Transfer parti miktarı
 KAMYON	Bu sembol, tesisin içinde veya dışındaki taşıma biçimini gösterir. Sevkiyat frekansı sembolün içine kayıt edilir.

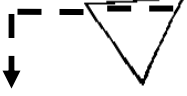
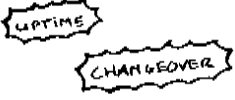
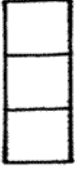
Çizelge A.2 : Değer akış haritası sembolleri (devam ediyor)

 İTME	Bu sembol, bir imalat rotasında bir süreçten diğerine malzemenin itilmesini gösterir. İtme, odaklanılan sürecin, müşterisi olan bir sonraki sürecin gerçek ihtiyacını dikkate almadan üretip sonraki sürece göndermesi anlamını taşımaktadır.
 SÜPERMARKET	Bu sembol bir envanter süpermarketini gösterir. Eğer talep oldukça kestirilebilir ise, o zaman ürün akışı sürekli (tek parça akışı) olabilir ve bir süper market ihtiyacı ortaya çıkmaz. Bununla beraber sürekli akış olmadığı ve hammaddeye yakın süreçler parti biçiminde işlem yapmak zorunda oldukları zaman, bu sembol iki süreç arasına yerleştirilmelidir. Böylece fazla üretimi durdurmuş ve müşteri ihtiyacı üzerinde görsel bir geri besleme sağlamış oluruz.
 FİZİKSEL ÇEKME	Bu sembol, malzeme akışı kontrol sistemlerinden çekme sistemine işaret eder. SUPERMARKET sembolü ile ilişkilendirilir.
 İLK GELEN İLK ÇIKAR (FIFO)	Bu sembol, CONWIP (constant work in process)' de kullanılır. Önceki süreç, FIFO depolama alanına eklenecek yeni bir ürün için boş bir alan bulduğu zaman, ürünü gönderir. Eğer FIFO alanı dolu ise, ürünü gönderemez ve kendini bloke eder veya FIFO alanı dolu iken, hiç üretime başlamaz. Böylece önceki sürecin fazla üretim yapması engellenmiş olur. FIFO alanındaki maksimum miktar kayıt edilmelidir.

Çizelge A.2 : Değer akış haritası sembolleri (devam ediyor)

Bilgi Sembolleri	Anlamı
 BİLGİ AKIŞI	Bu semboller, haritada bilgi akışlarına işaret eder. Genel bilgi akış sembolü, basitçe düz bir oktur. Zikzaklı ok, elektronik akışı gösterir. Bunlar elektronik veri değiş tokuşuna (EDI), internete, intranete, LAN' a (yerel alan şebekesi), WAN 'a (geniş alan şebekesi) vb. işaret eder. Elektronik sembole, genellikle okta küçük bir kutu eşlik eder. Bu kutu içinde, veri/bilgi değiş tokuşun frekansı ve kullanılan iletişim aracının çeşidi belirtilir.
 ÜRETİM KANBANI	Bu sembol, tedarikçi sürece kaç tane üreteceğini anlatır ve üretme iznini verir. Önceden belirlenmiş parça sayısında üretim yapılmasını tetiklemek için kullanılan bir sinyaldir.
 ÇEKME KANBANI	Bu sembol, bir alışveriş listesidir. Bir not kartı veya bir araçtır. Bu kart/araç, bir süper marketten alıcı sürece parçanın alınması ve transferi için malzeme taşıyıcıya veya işgörene talimat verir. İşgören süper markete gider ve alıcı sürecin ihtiyacı olan istenen sayıda parçayı çeker.
 SIRALI – ÇEKME TOPU	Bu sembol, bir süper market kullanmaksızın ürünün daha önceden tanımlanmış çeşitte ve miktarda, genellikle de bir birim olarak üretmek için, alt montaj sürecine talimat veren bir çekme sistemini gösterir.
 YÜK SEVİYELEME	Bu sembol, bir zaman periyodunda ürün hacmi ve karmasını düzgünleştirmek için Kanban' ı parti haline getiren bir araçtır.

Çizelge A.2 : Değer akış haritası sembolleri (devam ediyor)

 SİNYAL/ÜÇGEN KANBAN	Bu sembol, iki süreç arasında yer alan süper marketteki envanter düzeyinin, bir tetikleme veya bir minimum noktaya (yeniden sipariş noktasına) düşmesi durumunda kullanılan bir Kanbanı gösterir. Üçgen Kanban, tedarikçi sürece vardığı zaman, Kanban üzerinde gösterilen ürünün, parti halinde üretilmesi için gerekli sinyal alınmış olur. Burada hazırlık sürelerinin uzun olması, parti halinde üretimi zorlamaktadır.
Genel Semboller	Anlamı
 KAIZEN FLAŞI	Bu sembol, belirli bir sürecin gelişme ihtiyaçlarını vurgulamak ve KAIZEN uygulamalarını planlamak için “Gelecek Durum Haritasında” kullanılır.
 EMNİYET STOKU	Bu sembol, bozulmalar gibi sorunlara karşı tutulan bir envanteri göstermek ve müşteri siparişlerinde veya sistem başarısızlıklarında ani dalgalanmalara karşı sistemi korumak için kullanılır.
 İŞGÖREN	Bu sembol, bir işgöreni gösterir. Genellikle İMALAT SÜRECİ kutusu içine yerleştirilir ve belirli bir istasyonda çalışan işgören sayısına işaret eder.

EK A.3**Çizelge A.3 : ILO tarafından önerilen yorgunluk toleransları**

Toleranslar	Önerilen Toleranslar (%)	Montaj bantları için kullanılanlar
1. Değişmeyen Toleranslar		
A) Kişisel ihtiyaç toleransı	5	
B) Temel yorgunluk toleransı	4	-
2. Değişken Toleranslar		
A) Ayakta olma toleransı	2	2
B) Anormal pozisyon toleransı		
a) Biraz tuhaf	0	
b) Tuhaf	2	2
c) Çok tuhaf (Yatma, uzanma)	7	
C) Kuvvet kullanımı		
a) 0,0 – 2,3 kg	0	0
b) 2,3 – 4,6 kg	1	
c) 4,6 – 6,8 kg	2	
d) 6,8 – 9,0 kg	3	
e) 9,0 – 11,4 kg	4	
f) 11,4 – 14,0 kg	5	
g) 14,0 – 16,0 kg	7	
D) Kötü ışıklandırma		
a) İstenilenin biraz altında	0	0
b) Çok altında	2	
c) Yetersiz	5	
E) Hava koşulları (ısı –nem)	0-10	1
F) Dikkat (Hassasiyet)		
a) Normal hassasiyet	0	
b) Hassas iş	2	2
c) Çok hassas	5	
G) Gürültü		
a) Devamlı	0	
b) Kesikli yüksek	2	2
c) kesikli çok yüksek	5	
d) Yüksek aralıklı – yüksek	7	
H) Beyin yorucu		
a) Normal kompleks proses	1	1
b) Kompleks ve dikkat isteyen proses	4	
c) Çok kompleks	8	
I) Monotonluk		
a) Düşük	0	
b) Orta	1	1
c) Yüksek	4	
İ) Yıpranma		
a) Oldukça yıpratıcı	0	
b) Yıpratıcı	2	2
c) Çok yıpratıcı	5	
Toplam		13

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ayşegül Yalçinkaya

Doğum Yeri ve Tarihi: Isparta, 07/07/1984

Adres: İsmet Paşa Mah. Organize Emlak Konutları Çınar 1:
Daire:8 Kapaklı, Çerkezköy / TEKİRDAĞ

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

Yalçinkaya A., Ekizoğlu B., ve Akpınar, F., 2007. İş Sağlığı ve İş Güvenliğinde Ergonomik Risk Değerlendirme ve Bir Uygulama. *13. Ulusal Ergonomi Kongresi*, Bildiri Referans No. Ergo47, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.