

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
KALİTE YÖNETİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DEĞER AKIŞ HARİTALAMA VE BİR ÜRETİM
İŞLETMESİNDE UYGULAMASI**

Mahmut KİRİŞ

**Danışman
Prof. Dr. Hilmi YÜKSEL**

İZMİR - 2021

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Değer Akış Haritalama ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulaması” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

01/06/2021

Mahmut KİRİŞ

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi
Değer Akış Haritalama Ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulaması
Mahmut KİRİŞ

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Toplam Kalite Yönetimi Anabilim Dalı
Kalite Yönetimi Programı

Günümüz rekabet koşulları, işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri için müşteri odaklı çalışmaya zorlamaktadır. Rekabet koşulları, yenilik ve değişikliklere açık olmakla birlikte dinamik olmayı gerektirmektedir. Müşteri odaklılık ise müşteri gereksinimlerinin karşılanması ve hatta onların beklentilerinin ötesine geçebilmeyi hedefler. Bu doğrultuda, işletmeler üretim sistemlerini geleneksel üretim yerine günümüz rekabet koşullarına ayak uyduracak üretim sistemlerine göre şekillendirmeye çalışmaktadır. Bu koşullar işletmeleri, kendilerinin rekabet gücünü artıran ve müşteri odaklı çalışmalarına olanak sağlayan yalın üretim sistemi ile tanıştırmıştır. Yalın üretim, üretim süreci boyunca ürüne değer katmayan faaliyetleri israf olarak görerek ortadan kaldırmaya çalışır ve müşteri beklentisi olan değere odaklanır. İşte yalın üretim kapsamında yer alan değer akış haritalama, ürüne değer katan ve değer katmayan faaliyetlerin görülmesinde kullanılan bir tekniktir.

Bu çalışmanın amacı, yalın üretim kapsamında yer alan değer akış haritalama kavramını araştırmak ve değer akış haritalama uygulamasını bir üretim işletmesinde yaparak sonuçları değerlendirmektir. Bu doğrultuda, tezin birinci bölümünde “Yalın Üretim”, ikinci bölümde “Değer Akış Haritalama” konuları hakkında literatür araştırması yapılmış ve bu konuların incelemesi ilgili bölümlere yansıtılmıştır. Üçüncü bölümde yalın üretimi uygulamayan bir üretim işletmesinde, araştırma konusunun uygulaması olan değer akış haritalama, toplanan veriler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Bu veriler ışığında işletmenin mevcut durumu gözler önüne serilmiş ardından planlanan iyileştirme çalışmalarının sonucuna göre gelecek durum haritası çizilmiştir. İki harita arasındaki fark analiz edilmiş ve kazanımlar değerlendirilmiştir.

Uygulama bölümünde yer alan mevcut durum değer haritasını incelediğinizde, geleneksel yöntemle üretim yapan bir işletmenin durumunu görebileceksiniz. İsraf ve arıza kaynaklı duruşlardan dolayı üretim akış süresinin ne kadar çok uzadığı açık bir şekilde görülebilmektedir. Uygulanan yalın üretim teknikleri ve yapılan iyileştirmeler sonrasında, israfların ortadan kalktığı, süreçlerin birbiri ile uyumlu çalıştığı ve müşteri talebi doğrultusunda değer aktığı, gelecek durum haritası çizilebilmiştir. İşletmenin kazanımları, üretim akış süresinde % 61 ve işlem süresinde % 42 oranında iyileşmedir. Diğer iyileştirmeler tezin ilgili bölümlerinde yer almaktadır.

Yapılan bu araştırma kapsamında, benzer sorunlar yaşayan işletmelere, değer akış haritalama tekniğini kullanarak sorunlarını çözmelerine, katkı sağlayacak bir örnek sunulmuştur. İşletmeler bu örneği inceleyerek, kendilerinin mevcut ve gelecek durumlarını görmelerinde, yardımcı olarak kullanabilirler.

Anahtar Kelimeler: Değer Akış Haritalama (DAH), Yalın Üretim, Tam Zamanında Üretim (TZÜ), Kaizen, SMED, 5S.

ABSTRACT
Master's Thesis
Value Stream Mapping And An Application In A Manufacturing Company
Mahmut KİRİŞ

Dokuz Eylül University
Graduate School of Social Sciences
Department of Total Quality Management
Quality Management Program

Today's competitive conditions force enterprises to work in a customer-focused manner in order to survive. Competition conditions require being dynamic as well as being open to innovations and changes. Being customer-focused aims to meet customer needs and even go beyond their expectations. In this direction, enterprises try to shape their production systems according to the production systems that will keep up with today's competitive conditions instead of traditional production. These conditions have introduced enterprises to the lean production system that increases their competitiveness and enables them to work in a customer-focused manner. Lean production tries to eliminate activities that do not add value to the product as waste during the manufacturing process and focuses on the value that is expected of the customer. Here, value stream mapping within the scope of lean production is a technique used to see the activities that add and do not add value to the product.

The purpose of this research is to study the value stream mapping concept within the scope of lean production and to evaluate the results by making the value stream mapping application in a manufacturing enterprise. Accordingly, literature research has been done on "Lean Production" in the first part of the thesis and "Value Stream Mapping" in the second part and the survey of these subjects has been reflected in the relevant chapters. In the third part, value stream mapping, which is the application of the research subject, was carried out in line with the collected data in a manufacturing enterprise that does not apply lean production. In the light of these data, the current situation of the enterprise was revealed and then the future situation

map was drawn according to the results of the planned improvement works. The difference between the two maps is analyzed and the gains are evaluated.

When you examine the current situation value map in the application section, you will be able to see the status of an enterprise that manufacture with the traditional method. It can be clearly seen that how much the manufacturing flow time extends because of waste and breakdowns. After the applying lean production techniques and the improvements, the future situation map was drawn where waste was eliminated, processes work in harmony with each other and value flows in line with customer demand. The gains of the enterprise are 61% improvement in production lead time and 42% improvement in process time.

Within the scope of this research, an example that will contribute to the enterprises experiencing similar problems is presented to solve their problems by using value stream mapping technique. By studying this example, enterprises can help themselves to see their current and future situation.

Key words: Value Stream Mapping (VSM), Lean Production, Just in Time (JIT), Kaizen, SMED, 5S.

DEĞER AKIŞ HARİTALAMA VE BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMASI

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
EKLER LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

YALIN ÜRETİM VE YALIN ÜRETİMDE KULLANILAN TEKNİKLER

1.1.	YALIN ÜRETİM KAVRAMI	3
1.2.	YALIN ÜRETİMİN ÖZELLİKLERİ	5
1.3.	YALIN ÜRETİMDE TAM ZAMANINDA ÜRETİM KAVRAMI	6
1.4.	YALIN DÜŞÜNCENİN İLKELERİ	7
1.4.1.	Değer	8
1.4.2.	Değer Akışı	9
1.4.3.	Sürekli Akış	10
1.4.4.	Çekme	11
1.4.5.	Mükemmellik	12
1.5.	YALIN ÜRETİMDE YEDİ İSRAF KAVRAMI	13
1.6.	YALIN ÜRETİMDE KULLANILAN TEKNİKLER	15
1.6.1.	5S – İş Yeri Organizasyonu	16
1.6.2.	Jidoka - Otonomasyon ve Andon	19
1.6.3.	Poka-Yoke – Hata Önleme Sistemi	20
1.6.4.	Kanban	21
1.6.5.	Tek Parça Akış	23

1.6.6. Hücresel Üretim	24
1.6.7. Heijunka – Seviyelendirme	25
1.6.8. SMED – Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi	28
1.6.9. TPM – Toplam Verimli Bakım	29
1.6.10. Görsel Yönetim	30
1.6.11. Standartlaştırılmış İş	31
1.7. KAIZEN	32

İKİNCİ BÖLÜM

DEĞER AKIŞ HARİTALAMA

(DAH-VSM)

2.1. DEĞER AKIŞ HARİTALAMANIN ÖNEMİ VE GEREKLİLİĞİ	36
2.2. DEĞER AKIŞ HARİTALAMADA KULLANILAN SEMBOL VE PARAMETRELER	38
2.3. DEĞER AKIŞ HARİTALAMAYLA İLGİLİ ÖN BİLGİLERİN TOPLANMASI	40
2.4. DEĞER AKIŞ HARİTALAMANIN AŞAMALARI	41
2.4.1. Ürün Ailesinin seçimi	42
2.4.2. Mevcut Durum Haritasının Çizimi	44
2.4.3. Gelecek Durum Haritasının Çizimi	45
2.4.4. Değer Akış Planının Oluşturulması ve Uygulanması	46

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASI

3.1. UYGULAMANIN AMACI VE KAPSAMI	48
3.2. İŞLETME VE ÜRÜNLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİ	49
3.3. ÜRÜN AİLESİNİN SEÇİLMESİ	51
3.4. MEVCUT DURUM DEĞER AKIŞ HARİTASININ ÇİZİLMESİ	53
3.4.1. Haritalama İçin Ön Bilgilerin Toplanması	54
3.4.2. Uygulamada Ele Alınacak Sürecin Yapısı ve Bilgileri	55
3.4.3. Mevcut Durum Haritasının Çizilmesi	58
3.5. GELECEK DURUM DEĞER AKIŞ HARİTASININ TASARIMI	62
3.6. GELECEK DURUM DEĞER AKIŞ HARİTASININ ÇİZİLMESİ	69

SONUÇ

73

KAYNAKÇA

75

EKLER



KISALTMALAR

3M	Muda, Muri, Mura
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
C/T	Çevrim Süresi
C/O	Model Değişim Süresi
L/T	Akış Süresi
TZÜ	Tam Zamanında Üretim
OEE	Toplam Ekipman Etkinliği
PUKÖ	Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al
SMED	Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi
TPS	Toyota Üretim Sistemi
TPM	Toplam Verimli Bakım
DAH	Değer Akış Haritalama
WIP	Yarı Mamul Stok
FIFO	İlk Giren İlk Çıkar
EPE	Üretim Parti Büyüklüğü
s.	Saat
sn.	Saniye
dk.	Dakika
vb.	Ve Benzeri
m.	Metre
mm.	Milimetre
kg.	Kilogram

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Yığın Üretim ile Yalın Üretimin Karşılaştırılması	s. 4
Tablo 2: Yalın Üretim Öncesi ve Sonrası Karşılaştırılması	s. 5
Tablo 3: Kanbanın İşlevleri ve İşlevlerin Açıklaması	s. 22
Tablo 4: Heijunka Planı	s. 26
Tablo 5: Kaizen ve Yenilik Karşılaştırması	s. 33
Tablo 6: Son Üç Aylık Kablo Kanalı Ürünleri Pareto Diyagramı	s. 51
Tablo 7: Son Üç Aylık Kablo Kanalı Ürünleri Pareto Diyagram Verileri	s. 52
Tablo 8: Haritalama Öncesi Veri Toplama Formu	s. 54
Tablo 9: Sürecin Akış Sırası	s. 55
Tablo 10: Ürün Ailesinin Proses Çalışma Bilgileri	s. 57
Tablo 11: Proses ve Akış İyileştirmesine Yönelik Projeler	s. 65
Tablo 12: Üretim Hattı SMED Çalışması	s. 66
Tablo 13: Gelecek Durum Kazanımları	s. 71

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Yalın Düşüncenin İlkeleri	s. 8
Şekil 2: Üretim Akışlarında Faaliyetler	s. 9
Şekil 3: Yalın Üretimde Yedi İsraf	s. 13
Şekil 4: Yalın Üretim Teknikleri	s. 16
Şekil 5: 5S - İş Yeri Organizasyonu Adımları	s. 17
Şekil 6: Üretim ve Çekme Kanbanı Çalışma Örneği	s. 22
Şekil 7: Geleneksel ve Tek Parça Akış Üretim karşılaştırması	s. 23
Şekil 8: U Tipi Hücresel Üretim Örneği	s. 25
Şekil 9: Heijunka Kutusu Örneği	s. 27
Şekil 10: PUKÖ Döngüsü	s. 34
Şekil 11: Değer Akış Haritalamanın Aşamaları	s. 42
Şekil 12: Ürün Ailesi Matrisi Örneği	s. 43
Şekil 13: Gelecek Durum Haritasının Çevrimlere Ayrılması	s. 47
Şekil 14: Uygulamanın Yapıldığı Şirket	s. 49
Şekil 15: Plastik Kablo Kanalı Örneği	s. 50
Şekil 16: Yarı Mamul Plastik Granül	s. 50
Şekil 17: Üretim Düzeni ve Spagetti Diyagramı	s. 53
Şekil 18: Proses Akış Şeması	s. 56
Şekil 19: İşletmenin Mevcut Durum Değer Akış Haritası	s. 61
Şekil 20: Kalıp ve Kalıp Rafları	s. 68
Şekil 21: İşletmenin Gelecek Durum Değer Akış Haritası	s. 72

EKLER LİSTESİ

EK 1: İşletmenin Gelecek Durum Kazanımları

ek. s. 1

EK 2: Değer Akış Haritalamada Kullanılan Semboller

ek. s. 2



GİRİŞ

İlk olarak Toyota üretim sistemi ve sonrasında hakkında yazılan kitaplar ile dünyada ünlenen yalın üretim sisteminin temelleri, 1950'lerde Ejii Toyota ve beraber çalıştığı Taiichi Ohno tarafından Japon Toyota firmasında atılmıştır. Toyota ve Ohno 1950'de Ford'un Amerika'daki firmasında incelemelerde bulunmuşlar ve dönüşte yığın üretimin Japonya'da uygulanamayacağı kararını vermişlerdir. Bu karar ile yeni bir üretim ve yönetim sistemi anlayışının adımları atılmıştır.

Yığın üretim kısaca şu şekildedir. Olabildiğince fazla kaynak kullanan yığın üretim birçok israf içermektedir. Bu üretimde, büyük parti üretim yapılması stokların artmasına, artan stoklar süreçlerdeki sorunları örterek uzun tedarik süresine, teslimatta gecikmelere ve oluşan kalite sorunlarına bağlı olarak maliyet kayıplarına neden olur. Ayrıca, müşterilerin farklılık gösteren tercihleri ve ihtiyaçlarını dikkate almadığından esneklikten uzaktır.

Oysa yalın üretim yaklaşımı, ürün yaratma sürecini israflardan arındırarak müşteriye sunulacak değeri mükemmelleştirmeye çalışan sistem ve teknikler bütünüdür. İsraf kavramı, müşteri açısından hiç bir değer oluşturmeyen, müşterinin ekstradan bedelini ödemek istemediği her şeydir. Yalın üretimde, ürünün tasarımdan müşteriye sevkiyatı boyunca geçen tüm süreçler boyunca, her çeşit israfın ortadan kaldırılması ile maliyetlerin düşürülmesi ve müşteri memnuniyetinin artırılması hedeflenir. Amaç, üretim aşamaları boyunca görülen israfları ortadan kaldırarak sürekli iyileştirme yapmaktır. Bu iyileştirme faaliyetlerinde israf kaynaklarının görülüp ortadan kaldırılmasında değer akış haritalama tekniği kullanılır ve bu harita üzerinde değer akıtılmaya çalışılır.

Üç bölümden oluşan tez çalışmasında, ilk olarak yalın üretim kavramı, yalın üretimde tam zamanında üretim kavramı ve yalın üretimin özellikleri açıklanmıştır. Ardından yalın düşüncenin ilkeleri ve yalın üretimde ortadan kaldırılmaya çalışılan yedi israf kavramı hakkında tanımlamalar yapılarak karakteristik özelliklerine değinilmiştir. Daha sonra sürekli iyileştirme düşüncesine yönelik olarak, yalın üretim teknikleri ve ayrı bir başlık altında kaizen felsefesi incelenmiştir.

İkinci bölümde, değer akış haritalamanın önemi ve gerekliliği üzerinde tanımlamalar yapılarak açıklamalarda bulunulmuştur. Ardından, haritalama süreci boyunca veri toplamada kullanılacak sembol ve parametre bilgilerinin ne olduğu ve nasıl kullanılacağı irdelenmiştir. Son olarak değer akış haritalamanın uygulama aşamaları sırasıyla anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, birinci ve ikinci bölümde incelenen konuların ışığında, geleneksel üretim yapan bir üretim işletmesinde gerçekleştirilen uygulama açıklanmıştır. İlk olarak ürün ailesinin mevcut durum haritası toplanan veriler doğrultusunda çizilmiş ve ardından işletmede yapılan iyileştirmeler sonrası ürün ailesinin gelecek durum haritası çizilmiştir.

Sonuç kısmında, mevcut ve gelecek durum arasında karşılaştırma yapılarak, işletmenin değer akış haritalamayı kullanıp yalın üretime geçmesiyle hangi kazanımlarının olacağı özetlenmiştir. Bu kazanımlar, değer akış haritalama ve yalın üretim teknikleri ile başarıldığından, konunun önemi diğer işletmelere de örnek olması için vurgulanmıştır.



BİRİNCİ BÖLÜM

YALIN ÜRETİM VE YALIN ÜRETİMDE KULLANILAN TEKNİKLER

1.1. YALIN ÜRETİM KAVRAMI

Yeni fikirler genellikle eski fikirlerin artık çalışamaz olduğu bir seri şarttan ortaya çıkar. Bu durum yalın üretin içinde geçerlidir (Womack ve diğerleri, 1990: 19). Dolayısıyla yalın üretimi ve onun ortaya çıkışını tam olarak anlayabilmek için zaman içinde geriye doğru gitmek önemlidir.

Toyota Motor Şirketi 1950'ye kadar 13 yıllık çalışma sürecinde 2685 adet otomobil üretirken, Ford'un Detroit'teki Rouge fabrikası ise günde 7000 adet otomobil üretebilmekteydi. Japon mühendis Eiji Toyota 1950'de Ford'un Rouge fabrikasında 3 ay incelemeler yaptı. Eiji Toyota ve onun üretim dâhisi Taiichi Ohno, Rouge fabrikasını değerlendirmeleri sonucunda, yığın üretimin Japonya'da başarılı olamayacağını karar verdiler. Çünkü yığın üretim, 1950'lerde Amerika'da pazarda rekabetin düşük olması ve ürün çeşitliliğinin olmadığı doymamış bir pazarın olmasından dolayı sorun oluşturmuyordu. Aşırı iş bölümüne dayanan ve üretim arttıkça karlılığı artan yığın üretiminde israf kavramı görülmemekteydi. Fakat bu şartlar Japonya'da farklılık gösterdiğinden, Toyota ve Ohno bu duruma eleştirel gözle yaklaştı. Sebebi ise Japonya'da pazar çok daha küçük, sermaye birikimi yetersiz ve kişi başı milli gelir daha düşüktü. Farklı özellikte ürünlere talep vardı ve rekabet fazlaydı. Sonuçta Toyota, yeni bir yaklaşım getirerek kendilerinin "Toyota Üretim Sistemi" (TPS) olarak adlandırdığı, yalın üretim sisteminin ilk adımını atmışlardır (Güre, 2006: 10; Womack ve diğerleri, 1990: 49-50).

Yığın üretim ile yalın üretimi tablo 1'e bakarak karşılaştırdığımızda, yığın üretimin gereksiz yere fazla üretme ve faaliyet odaklı olduğu görülmektedir. Bu durum, üretimde esneklikten uzak, israfların olduğu dolayısıyla gereksiz maliyetlere katlanıldığına açık göstergesi olmaktadır. Oysa yalın üretim tarafına baktığımızda; israfın olmadığı daha esnek bir üretim, kaynağında kalite ile sıfır hata, takım çalışması ile paylaşımcı ve uzlaşmacı, lojistikte daha fazla sistematik ve maliyet düşürme odaklı olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 1: Yığın Üretim ile Yalın Üretimin Karşılaştırılması

Yığın Üretim	Yalın Üretim
Ölçek ekonomisi	Fırsat ekonomisi
Standart ürünler	Değişik ürünler
Ayrıntılı işbölümü	Takım çalışması ve beceri
Düşük maliyet, üretim sonrası kalite	Daha az maliyetle ile üretim öncesi kalite
Merkezi yönetim	Ademi merkeziyetçi kontrol
Dikey entegrasyon	Tedarik zincirleri iyileştirmesi
Uzun ürün döngüsü	Paralel ürün döngüsü
Bölünmüş tasarım mühendisliği	Eş zamanlı mühendislik
Çatışmacı endüstri ilişkileri	Uzlaşmacı endüstri ilişkileri

Kaynak: Türkkın, 2010: 32

Dünyada 1980'li yıllara kadar "Toyota Üretim Sistemi" olarak anılan yalın üretim, yayılma döneminde çeşitli ülkelerde birbirine yakın anlamlar içeren farklı ifadelerle kullanılmıştır. Kavram olarak "Yalın Üretim" ilk defa, Amerika Birleşik Devletlerinde Massachusetts Institute of Technology University bünyesinde dünya otomotiv sanayi üzerine araştırmalar yapan John Krafcik tarafından, seri üretimle kıyaslandığında her şeyin yarısını kullanan bir üretim sistemi olarak ortaya atılmıştır. Yalın üretim teriminin dünya çapında kabul görmesi ise 1990'da James Womack, Daniel Jones ve Daniel Roos'un "Dünyayı Değiştiren Makine" isimli kitaplarının yayınlanması ile olmuştur (Türkkın, 2010: 29; Womack ve diğerleri, 1990: 13; Womack ve Jones, 1996: 3).

Birbirlerinin yerine de kullanılan Toyota üretim sistemi ile yalın üretim "yalındır", çünkü daha az kaynak, daha az stok, daha az yer, daha az insan kullandığından ve daha az yatırım gerektirdiğinden süreç kesintiye uğramaz (Wilson, 2010: 10).

Yalın üretimde temel amaç, en yüksek kaliteyi en düşük maliyetle ve en kısa sürede sağlamaktır. Yüksek kalite düzeyine ürünün ilk seferde doğru üretilmesi ile erişilir. Süreçteki israfların ortadan kaldırılmasıyla da düşük maliyet hedeflerine ulaşılır. En kısa tedarik süresi de; kusursuz bir kalite düzeyinde müşterinin istediği zaman ve yerde, müşterinin ihtiyacı olduğu şeyin üretilmesi ve müşteri ihtiyaçlarındaki değişimler karşısında esnek olunarak gerçekleştirilir (Yüksel, 2009: 192).

1.2. YALIN ÜRETİMİN ÖZELLİKLERİ

Yalın uygulamaların amacı, kaliteyi iyileştirirken verimliliği, karlılığı ve rekabet gücünü artırmaktır. Yalın üretim, israfların önlenmesine ve yok edilmesine çalışarak akışın iyileştirilmesine odaklanır. Müşteri açısından değer yaratan ve değer yaratmayan nedir, sorularına cevap arar. Hizmet veya ürünün tam zamanında üretilmesinin anlamı; doğru miktarda, doğru zamanda ve doğru şartlarda olmasını ifade eder. Hizmet ve ürünler, sadece müşteri tarafından işaret verildiğinde veya sistemden çekildiğinde üretilir. Yalın sistem dalgalanan müşteri taleplerine etkin şekilde cevap verir. Yalın üretime geçiş teknik, davranışsal ve yönetsel sistemlerde eş zamanlı değişimi gerektirir. Yalın felsefesinin uygulanması uzun vadeli hedeftir. Bazı sonuçlar çabuk alınabilir. Fakat bu yaklaşım, işletme kültürünün temel bir özelliği haline gelmesi yıllar alabilir (Cudney, 2009: 4).

İşletmeler rakiplerine karşı daha güçlü bir şekilde rekabet edebilmek için müşteri beklentileri ile örtüşecek bir strateji içinde olmalıdır. Esnek olan bir yapıda işletme oluşturarak müşteri taleplerine anında cevap verebilmelidir. Bununla birlikte, maliyetler aşağıya çekilirken kalitenin de artırılması önem arz etmektedir. Maliyetlerin düşürülmesi için işletmeler, israf ve israf kaynaklarından kurtularak yalın olmaları gerekmektedir. Yalın olmak gerekli olmayan her şeyden kurtulmaktır. Yalın üretimi başarıyla hayata geçirmek, tüm organizasyonun yalın üretimi benimsemesi ile mümkün görülmektedir. Yalın üretimi başarıyla hayata geçirmiş olan işletmelerin, yalın üretim öncesi ve sonrası üretim ve yönetim anlayışı özellikleri, karşılaştırması yapılarak tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2: Yalın Üretim Öncesi ve Sonrası Karşılaştırılması

Yalın Üretim Öncesi	Yalın Üretim Sonrası
Yeterince kaliteli üretim	Sıfır hataya yaklaşma
Üretim durması	Hata bir daha tekrarlamasın
İstediğin kadar üretim	Müşteri talebi kadar üretim
Stoklu üretim	Tam zamanında üretim
Varyasyonu azalt	Aynı zamanda israfları da yok et
Düzenli çalış	5S sistemine uygun olarak çalış
Periyodik performans takibi	Anlık performansın izlenmesi
Gerekirse tedbir al	Hatanın oluşumuna izin verme
Sorunların çözümü uzun	Kaizen düşünce tarzı
Mavi yakalı çalışanlar destekleyici	Mavi yakalı çalışanlar yönetici

Kaynak: Türkan, 2010: 39

Yalın üretim; en az kaynakla, en kısa sürede, en düşük maliyet ve kusursuz üretimi, müşteri beklentilerini karşılayacak şekilde, en az israfta ve nihayet tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp, potansiyellerinin tamamından faydalanarak nasıl gerçekleştiririz arayışının sonucu olarak ifade edilebilir. (Okur, 1997: 27).

1.3. YALIN ÜRETİMDE TAM ZAMANINDA ÜRETİM KAVRAMI

Tam zamanında üretim (TZÜ); bir akış sürecinde, ihtiyaç duyulan doğru parçaların, istenen zamanda ve sadece istenen miktarda montaj hattına ulaşmasıdır. Bu akışı kurmuş olan işletmelerin yaklaşımı süreç boyunca sıfır stoktur (Ohno, 1988: 4).

Tam zamanında üretim, talep edilen ürünün müşteriye sadece ihtiyaç duyduğu zamanda üretilip ulaştırılmasıdır. Ancak bu sadece son müşteri için ürünün üretilmesi şeklinde düşünülmemeli, aynı zamanda süreçte yer alan tedarikçi, üretim istasyonları, dağıtım gibi sırasıyla giden tüm zincir boyunca düşünülmelidir. Teorik olarak amaç, bir ürünü veya parçayı zamanında üretilip dağıtmaktır (Elbert, 2013: 266).

Yalın üretimle yapılmak istenen, bir sürecin bir sonraki sürecin ihtiyacı olan şeyi ihtiyacı olduğu zamanda üretmesidir. Tüm süreçler, en son müşteriden tedarikçiye, en kısa akış süresinde, en yüksek kalitede ve en az maliyet ile sağlanan düzgün bir akışla bağlanmaya çalışılır (Rother ve Shook, 1999: 43).

Tam zamanında üretim, ihtiyaç duyulan hammadde ve malzeme hareketini tam zamanında yapan tüm imalat faaliyetlerini içerir. Bu faaliyetlerde, israfları yok etmek, verimliliği artırmak, kaliteyi geliştirmek, ürün ve üretim sürecinde sürekli gelişim hedeflenir. TZÜ ile tüm süreçlerde her şeyin tam istenilen zamanında yapılması için oluşabilecek engeller ortadan kaldırılmaya çalışılır (Yılmaz, 2010: 3).

TZÜ sistemi, müşterinin talebi ile başlayan ve akabinde talebin son montajdan tüm aşamalar boyunca hammaddeye kadar geriye doğru iletilmesine dayanan ve böylece tüm gereksinimlerin tam istenilen zamanda bir önceki süreçten çekilmesini sağlayan bir sistemdir (Abdulmalek ve Rajgopal, 2007: 224).

TZÜ, müşterinin ürününü çekmesi veya talep etmesi ile gerçekleşir. Gelen bu çekiş doğrultusunda, iş istasyonları sadece kendilerinden istenen miktarda ürünü istenilen zamanda üreterek bir akış yaratılır. Bu sayede fazla üretime ve stoka gerek kalmaz. TZÜ'nün yapılması çekme sisteminin çalıştırılması ile başarılmaktadır ve

çekme sisteminde iletişimi kanban sağlar. Kanban tam zamanında üretim yapılabilmesi için istasyonlar arasındaki iletişimi sağlayan kartlara verilen isimdir.

1.4. YALIN DÜŞÜNCENİN İLKELERİ

Muda, Japonca'da israf anlamına gelmektedir. Kaynaklara hiçbir değer yaratmadan tüketen faaliyetleridir. Üretimde değer katmayan faaliyetler; gerekli olmayan süreç aşamaları, talep edilmeden üretimi ve dolayısıyla gereksiz stokları, yeniden işlemeyi gerektiren hatalı ürünleri, önceki aşamalarda zamanında tamamlanmayan işlemler nedeniyle sonraki aşamalarda boş bekleyen çalışanları, çalışanların ve ürünlerin gereksiz yere bir yerden bir yere taşınmaları ve müşteri beklentilerini karşılamayan ürün ve hizmetlerdir. Muda'nın zıttı yalın düşüncedir. Yalın düşünce, değerın müşteri gözü ile tanımlanmasına, değer yaratan adımların en iyi biçimde sıralanmasına, bu adımların doğru bir şekilde atılmasına ve daha etken bir biçimde gerçekleştirilmesinin yollarını gösterir. Bu düşünce, üretimde israfları ortadan kaldırarak daha az emek, ekipman, zaman ve alan kullanarak daha fazla üretebilmeyi ve müşteri beklentilerini karşılamayı hedefler (Womack ve Jones, 1996: 11).

İnsanlar çoğunlukla yalının amacını muda'nın bertaraf edilmesi olarak düşünmektedir. Fakat sadece muda'yla mücadele etmek tam olarak yalını ifade etmemektedir. Doğru yalın düşünce, sadece tek boyutlu olarak bakılan muda'nın yok edilmesine odaklanmaz, aynı zamanda 3M olarak bilinen birbiri ile iç içe geçmiş israflar olan muda, muri ve mura'yada odaklanır (Morgan ve Liker, 2006: 74). Dolayısıyla ürüne herhangi bir değer katmayan olarak bilinen muda'yla birlikte, aşırı yükleme anlamına gelen muri ve dengesizlik anlamına gelen mura'nında israf kavramları içinde düşünülerek dikkate alınması gerekmektedir. Yalın düşüncenin iç içe geçmiş bu üç düşmanı, birbirleriyle ilişkili olduklarından aynı anda mücadele edilmelidir. Morgan ve Liker'e göre, 3M'in tanımları sırasıyla aşağıda sunulmuştur:

Muda (Değer katmayan): Yalın üretim sisteminde yedi israfı içine alan, müşterinin bedelini ödemeye istekli olmadığı, üretim zamanını uzatan ve ürüne fazladan maliyet yükleyen herhangi bir faaliyet muda olarak düşünülür.

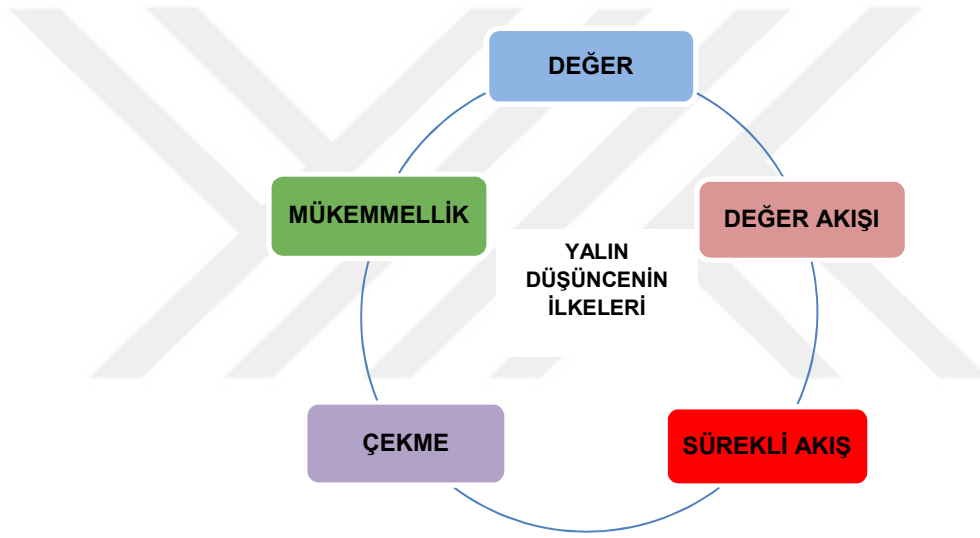
Muri (Aşırı yük): Bir süreç, makineye veya kişiye sınırlarının üzerinde yüklenilmesidir. Aşırı yüklenen kişi kalite sorunlarına ve potansiyel güvenlik riskleri ile sonuçlanan problemlere, aşırı yüklenen ekipman arıza ve kusurlara, aşırı

yüklenilen süreç ise üretim süresinin uzamasına ya da sürecin kesintiye uğramasına neden olabilmektedir.

Mura (Dengesizlik): Bilgisayar arızası veya eksik bilgiler gibi içsel problemler, düzensiz üretim çizelgesine ya da dalgalanan üretim hacimlerine sebebiyet verebilmektedir (Morgan ve Liker, 2006: 75).

Değer akışında israfları ortadan kaldırarak değere odaklanan yalın düşüncenin Şekil 1’de görüldüğü üzere değer, değer akışı, sürekli akış, çekme ve mükemmellik olmak üzere beş ilkesi bulunmaktadır. Bu ilkeler devam eden sayfalarda sırası ile açıklanmıştır.

Şekil 1: Yalın Düşüncenin İlkeleri



1.4.1. Değer

Yalın düşüncenin başlangıç noktasını değer oluşturur. Değer ancak müşteri tarafından tanımlanır. Değer, müşteri beklentilerini karşılayacak şekilde üretici tarafından yaratılan, müşteri taleplerini belli zaman diliminde belli bir fiyattan karşılayan ve belli özelliklere sahip ürün veya hizmettir (Womack ve Jones, 1996: 12). Ürün veya hizmetin değer olarak kabul edilebilmesi için müşteri tarafından tanımlanan şekliyle yaratılması önemlidir. Dolayısıyla müşteri beklentisi ile örtüşmeyen bir ürün veya hizmet, değer olmaktan çıkarak israftan öteye geçemeyecektir.

Dünyada birçok işletme yöneticileri, yaptıkları ürünler için müşteriler olumlu tepki vermezse fiyat ayarlaması ya da yeni özellikler ekleriz görüşünü

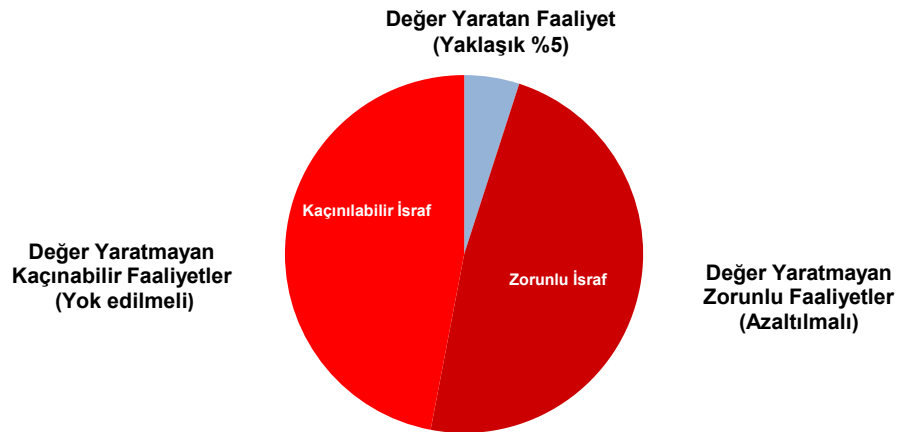
benimsemektedir. Oysa asıl yapılması gereken, değeri müşteri bakış açısıyla yeniden muhakeme etmektir. Dolayısıyla değer, müşterilerle oluşturulan iletişim neticesinde, belli fiyatlarla teklif edilen, belli özelliklere sahip olan belli ürünler türünden tam ve doğru olarak tanımlanmasına yönelik bilinçli bir çalışmalar sonucunda anlamlı olabilmektedir (Womack ve Jones, 1996: 14, 16).

1.4.2. Değer Akışı

Yalın düşüncenin ikinci adımını değer akışının tanımlaması oluşturur. Değer akışı, hammaddeden son ürüne dönüşme süreci boyunca bir üreticiden diğer üreticiye ve en son kullanıcıya kadar olan tüm süreçleri kapsar. Değer akışına bakıldığında, değer yaratmayan faaliyetlerin diğer bir deyişle israfın kaynakları ve zamanı tükettiği görülür. Yalın düşünce, ürünün tasarımından ürünün nihai ürüne dönüşümünün gerçekleştiği faaliyetlerin bütününe bakabilmeyi gerektirir. Üretimdeki bu aktiveler üç tiptedir (lean.org.tr):

1. Müşterinin algıladığı şekliyle fiilen değer yaratan faaliyetler (Boyama, montaj, işleme gibi),
2. Müşteri açısından değer yaratmayan ancak işlemin gerekliliğinden dolayı zorunlu faaliyetler (Kalıp bağlama, ayar, nakliye gibi),
3. Müşteri açısından değer yaratmayan, yok edilebilir faaliyetler (Bekleme, sayma, sıralama, hata, tamir gibi).

Şekil 2: Üretim Akışlarında Faaliyetler



Kaynak: Apilioğulları, 2013: 55

Şekil 2'deki üretim akışlarında faaliyetler incelendiğinde, üretimde direk katma değer yaratan faaliyetlerin yaklaşık % 5 oranında, değer yaratmayan zorunlu ve kaçınılmaz faaliyetlerin ise yaklaşık % 95 oranında olduğu görülebilmektedir (Apilioğulları, 2013: 58). Üretimin bu üç tip faaliyetinde, katma değer yaratan faaliyetler dışında kalan sistemin zorunlu olarak gerektirdiği ayar, kalıp değiştirme, nakliye gibi faaliyetlerin büyük oranda azaltılması ve bekleme, hata, tamir gibi değer katmayan faaliyetlerin ise ortadan kaldırılması beklenir. Görülen bu israfların ortadan kaldırılması ile değerın akması sağlanabilmektedir.

Değer akışı, belli bir ürün, hizmeti ya da her ikisinin birleşiminden elde etmek için gerekli olan somut eylemler dizisidir. Bu eylemler üç boyutlu yönetim görev adımları ile başarılır (Womack ve Jones, 1996: 17):

- Sorun çözme görevi: Ürünü kavramsal boyuttan başlayıp tasarım ve mühendislik faaliyetlerinden geçirerek üretimin başlamasına kadar olan süreci içerir.
- Bilişim yöntemi görevi: Sipariş almadan başlanıp teslimata kadar geçen süreçteki plan ve programlama boyutudur.
- Fiziksel dönüşüm görevi: Hammaddenin işlenip ürün haline dönüşmesi ve müşteri teslimatını içeren süreçteki işlemler boyutudur.

1.4.3. Sürekli Akış

Sürekli akış yerleşim düzeninde, üretim aşamaları hücreler içinde arka arkaya oluşur ve parçalar bir aşamadan diğerine, arada stok olmaksızın, tek parça akış olarak ilerler. Akış düşüncesinin esas amacı, üretim süreci boyunca duraklamaların ve beklemeelerin ortadan kaldırılmasıdır. (Womack ve Jones, 1996: 74, 77)

Sürekli akış, belirlenen değerın tüm değer yaratma süreçleri boyunca kesintisiz akışının sağlanması olarak ifade edilir. Kuruluşlar, akışın sürekliliğini engelleyecek talimatlar, iş tanımları, prosedürler gibi bünyesinde bulundurduğu bürokratik engelleri gözden geçirmeli, olası israf kaynaklarını ortadan kaldırarak değer yaratan her aşamanın akışını sağlamalıdır (Türkan, 2010: 36).

Akış, ürünün üretim sürecinden müşteriye doğru uzanan sürekli hareketidir. Şayet mükemmel bir akış kurulabilirse, stok, depolama alanı, taşıma ve bekleme gibi israfla ilgili olan her şey yok edilebilmektedir. Mükemmel bir akış, daha az

stok, daha az alan, daha iyi kalite, daha iyi iletişim, problemlere anında karşılık verme ve hızlı işlem hacmi ile sonuçlanmaktadır (Allen ve diğerleri, 2001: 3-5).

1.4.4. Çekme

En basit tabir ile çekme, sonraki aşamalarda bulunan müşterinin talep etmeden, önceki aşamalarda hizmet ya da ürün üretilmemesi olarak tanımlanabilir. Çekme sisteminin mantığı, müşterinin belirli bir ürün için yaptığı taleple başlaması ve istenen ürününün müşteriye ulaşınca kadar geçen tüm süreçlerde geriye doğru izlenmesidir (Womack ve Jones, 1996: 87). Diğer bir söylemle çekme sistemi, talep edilen ürünün müşteriye sunulmasından geriye doğru ürünü üretmek için ihtiyaç duyulan malzemenin tüm aşamalarının akışını doğru olarak kontrol edilmesidir. Üretimde çekme sisteminin çalıştırılması ile tam zamanında üretim yapılabilen ve stoksuz bir üretim başarılabilmektedir.

Üretim süreçleri genelde çekme ve itme sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Üretimde itme talep tahminine göre yapılırken, çekme üretimin anlık talebine göre yapılmaktadır. İtme sisteminde iş istasyonları, kendilerine atanan üretim planları çıktılarını bir sonraki istasyona itmeye çalışır. Çekme sisteminin tam tersine itme sistemi, bir üretim tahminini birinci istasyondan başlayarak ileri doğru iterek çalışır. İtme sisteminde, sonraki istasyonun ne durumda olduğu önceki istasyonu ilgilendirmez. Fakat sonraki istasyon kendine atanan işleri bitirmemiş olabilir. Buna ilaveten, müşterilerin üretilen ürünlere talebi olmadığından satılma garantisi de yoktur. Talebi olmayan bitmiş ürünler stokta bekler ve bu durum nihai ürün stokuna sebebiyet verir. Bu sebeplerden dolayı itme sistemleri, stoğa üretim yapan üretim sistemleri olarak da bilinir. Oysa çekme sistemi müşteri isteğine bağlı olarak tetiklenir. Müşteri talebi olmadığı sürece malzeme hareketi olmaz ve üretim yapılmaz. Çekme sisteminde malzeme akışı, müşterinin ürünü süpermarketten çekilmesi veya olmayan bir ürüne siparişin gelmesi ile başlar. Sistemde malzeme hareketi veya üretimin başlaması, bir önceki sürece sinyal gönderilmesi ile başlar. Genellikle sinyal, istasyonun girdileri belirli bir seviyenin altına düşmesi veya tükenmesiyle gönderilir. Bu sinyal sistemi yardımıyla her istasyon kendisine atanan üretim miktarının üzerine çıkamaz (Erozan, 2019: 525).

İtme, bir sonraki sürecin neye gereksinim duyacağını tahmin eden çizelgeye dayalı bir üretim metodudur. Üretimde çoğunlukla çizelgeye uyulmamakta ve ayrıca çizelge değişikliği durumlarında itmeyi tutarlı bir şekilde yapmakta mümkün

olmamaktadır. Her bir süreç kendi üretim çizelgesine sahip olduğu zaman, süreçler değer akışı bakışı açısı yerine, kendilerinin bakış açısı ile uygun görülen parti büyüklüğünde ve tempoda üretim yapmaktadır. Bu durumda, süreçler arasında düzgün bir akışın yaratılması hemen hemen imkânsız olmaktadır. Oysa iki süreç arasına çekme sisteminin kurulması ile bir sonraki sürecin talebini tahmine gerek kalmadan ve bir önceki sürece çizelgeleme yapmadan üretimi kontrol etmek mümkün olmaktadır. Çekme sisteminin çalıştırılması süreçler arasına kurulan süpermarket ve kanban sistemi ile başarılmaktadır (Rother ve Shook, 1999: 27, 47).

1.4.5. Mükemmellik

Womack ve Jones, “Yalın Düşünce” adlı kitaplarında “mükemmelliği” şöyle tarif etmişlerdir. Sonsuzluğa giden yolda onu hayal etmek ve ona ulaşmanın imkânsızlığına rağmen, bu yöndeki çabalar gidilen yolda ilerleme sağlamak için esin kaynağı ve yön duygusu oluşturur (Womack ve Jones, 2006: 125).

Yalın üretimde mükemmellik kavramı son noktası olmayan bir yolculuk olarak düşünülmelidir. Mükemmellik kavramını sürekli iyileştirme olarak algılanmalıdır. Süreçlerde israf tamamen ortadan kaldırılamayacağından, mükemmelliğe ulaşmak pek mümkün olmayan göreceli bir hedeftir. O zaman gerçekçi amaç, sürecin erişebileceği en yüksek performans değeri doğrultusunda çalıştırılması ve bu değer sürekli geliştirilmesi için yapılacak çabalar olmalıdır (Türkkan, 2010: 37). Yapılan bu sürekli iyileştirme çalışmalarında her seferinde daha iyiye doğru ilerlemek hedeflendiğinden kaizen yaklaşımı kullanılmaktadır. Kaizen sürekli gelişim ve iyileşme demektir. PUKÖ döngüsü kaizen yaklaşımının bir stratejisidir. Sürekli iyileştirme çalışmalarında bu stratejik teknik kullanılır. Sırası ile Planla (P), Uygula (U), Kontrol et (K) ve Önlem al (Ö) olmak üzere dört aşamalıdır:

Planla: Süreçte hedefe ulaşmak için amaçların ve gerekli değişikliklerin belirlendiği basamaktır.

Uygula: Planlamanın uygulandığı basamaktır.

Kontrol et: Sonuçların performans bakımından ölçülmesidir.

Önlem al: Değişikliklerin standardize edildiği veya sonuçlara göre döngünün tekrar edildiği basamaktır (Marchwinski ve diğerleri, 2008: 72).

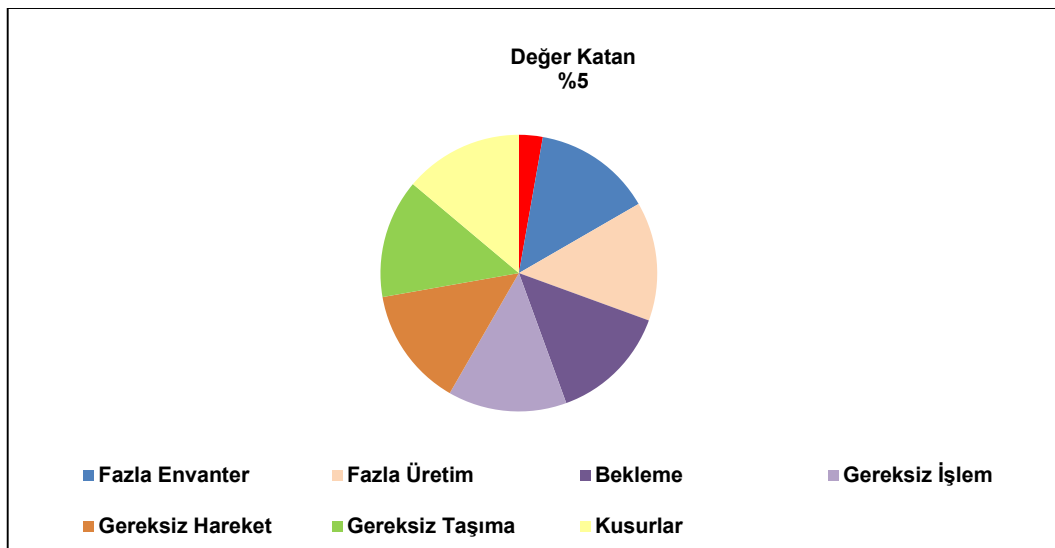
1.5. YALIN ÜRETİMDE YEDİ İSRAF KAVRAMI

Değer akışında israfların görülmesi ve ortadan kaldırılması yalın düşüncenin hedefidir. Yalın üretimde israflarla mücadele işletmede herkesin katılımı ile gerçekleştirilebilir. Etkin bir israfla mücadele için işletmede çalışan herkesin israf konusunda eğitilmesi gerekir. Çünkü israf işletmenin her yerinde bulunmaktadır. Yalın üretim, dinamik ve sürekli iyileştirme gerektiren bir yapıya sahip olduğundan şirkette çalışan herkesin katılımı ile israfla mücadele başarılabılır.

Yalın üretim, israfların tamamen ortadan kaldırılması ve üretkenliğin artırılması için yapılan çalışmalardır. Üretimde israf, değer katmadan maliyetleri artıran üretimin tüm unsurlarıdır. Üretimde israfların doğasını anlayıp israfları ortadan kaldırmak için kategorize ederiz. Bunlar; fazla envanter, fazla üretim, bekleme, gereksiz işlem, gereksiz hareket, gereksiz taşıma ve kusurlar olarak sıralanır (Ohno, 1988: 54, 129).

Yalın üretimde ürüne veya hizmette herhangi bir değer katmayan faaliyetler israf (muda) olarak düşünülür. Çünkü müşteri, ürüne değer katmayan faaliyetlerin parasını ödemek istemez. Değer akışında israfların ortadan kaldırılması gerekir. İsrafların ortadan kaldırılması ile de maliyetler düşecektir. Ohnon'un (1988) "Toyota Üretim Sistemi" adlı kitabında kategorize ettiği israflar, şekil 3'te görüldüğü üzere faaliyetlerin yüzde doksan beşini oluşturmaktadır. Bu yedi israfın tanımlamaları ilerleyen saflarda sırasıyla yapılmıştır.

Şekil 3: Yalın Üretimde Yedi İsfraf



Kaynak: Tapping ve diğerleri, 2002: 41

Fazla envanter: Yalın üretimde stok kavramı israf olarak düşünülür ve mümkün olan en az seviye tutulması gerekir. Stok, kaynakların boşa harcanması ve gelişmenin önünde engel olarak düşünülmelidir. Süreçler arasında az sayıda emniyet stokunun bulundurulması gerektiğinde, kalite düzeyi mükemmel olmalı ve makine arızalarından dolayı durmalar olmamalıdır. Stok miktarının az olması işletmelere esneklik kazandırır. Bu esneklik ile müşteri değişimlerine daha hızlı cevap verilebilir. Stok seviyesini azaltmak için bir dizi yöntem bulunmaktadır. Bunlar, hazırlık sürelerinin kısaltılması, makine arızalarının ortadan kaldırılması ve iş yeri düzenlemelerinin yapılması şeklinde sıralanabilir (Yüksel, 2009: 192-194).

Fazla stok, hammadde, yarı mamul ve mamul fazlalıklarında oluşmaktadır. Fazla stok, gereksiz yer kullanımına, gereksiz üretme ve gereksiz çalışma gibi israflara neden olmaktadır. Sonuçta da tüm bu israflar işletmelere maliyet kayıpları olarak yansımaktadır.

Fazla Üretim: Hemen satılması veya kullanılması mümkün olmadığı halde üretim yapmaktır (Tapping, 2002: 42). Gerektiği halde daha fazla ve daha hızlı üretim yapılmasıdır. Fazla üretim; stokların olmasına, dengesiz ürün akışına, kalite sorunlarına, büyük parti üretimin yapılmasına ve daha fazla ekipmanın gerekliliğine neden olunur (Dailey, 2003: 11). Fazla üretim sonucu oluşan stokların elden çıkarılması da kayıplara neden olmaktadır. İşletmelerin fazla üretimle elde tuttuğu stokları elden çıkarmak için ürünlerinde indirimde gitmesi, örnek verilebilir.

Bekleme: Operasyonlar arasındaki boş zaman, malzeme beklenmesinden kaynaklanan boş zaman, dengesiz hat ve planlama hatalarından kaynaklanan zaman kayıpları olarak sıralanabilir (Tapping, 2002: 41).

Üretimde operatörler makinalar çalışırken ya hiçbir şey yapmazlar ya da malzeme beklerler. Sebepleri, yetersiz iş metotları, uygun ekipmanın olmaması, uzun hazırlık zamanı, düşük makina ve çalışan etkinliği, zayıf ekipman bakımı ve darboğazlardan kaynaklanır (Dailey, 2003: 11).

Gereksiz işlem: Gereksiz yere veya yanlış yapılan işlemlerdir (Marchwinski ve diğerleri, 2008: 88). Bu tür israflar süreç içinde gereksiz yapılan faaliyetlerdir. Bu faaliyetler ürüne değer katmadığından müşteri tarafından bedeli ödenmek istenmez. Makinaların gereğinden fazla hızlı veya yavaş çalıştırılması, makinaların gereksiz bakımdan dolayı durdurulması veya gereksiz yapılan kontroller ve gereksiz süreç adımları örnek verilebilir.

Gereksiz Taşıma: Malzemelerin bir yerden başka bir yere gereksiz yere hareket ettirilmesidir. Bu gereksiz yapılan taşıma ile boşuna zaman ve mesafe

harcanır (Rich ve diğerleri, 2006: 17). Fabrika çalışma alanının düzgün planlanması yapılmadığında ortaya çıkar ve bu durum malzemelerin gereksiz yere taşınmasına sebep olur. Örneğin, birçok noktada malzeme stoklama yerleri, karmaşık malzeme yönetimi ve iyi yapılmayan malzeme planlamaları fazladan taşıma israflarına sebep olmaktadır.

Gereksiz hareket: Üretim süreci kötü tasarlandığında olur ve operatörler malzemeleri yönetmek için stres altındadır. İş kazalarına davetiye çıkartır (Rich ve diğerleri, 2006: 17). Örneğin, bir malzeme veya bir takımın makinadan uzak bir noktada bulunmasından dolayı gidip alınması gibi ürüne değer katmayan faaliyetlerdir. Ergonomiyi de dikkate alarak iyi bir planlama ile hareket israfının önüne geçilebilir.

Kusurlar: Üretimde, kusurların düzeltilmesi için yapılan kontroller, hurdaları ve tekrar işlemleri kapsayan faaliyetlerdir (Marchwinski ve diğerleri, 2008: 88). Bu tür faaliyetler değer yaratan zamanın boşuna harcanmasına neden olur. Bu kayıp zamanı önlemek için yalın üretimde yalın teknikler kullanılır. Otonomasyon uygulaması ile kaynağında kalite yapılması, poka-yoke tekniği ile hataların önlenmesi ve görsel yönetim araçları ile de hataların anında görülmesi mümkün olmaktadır.

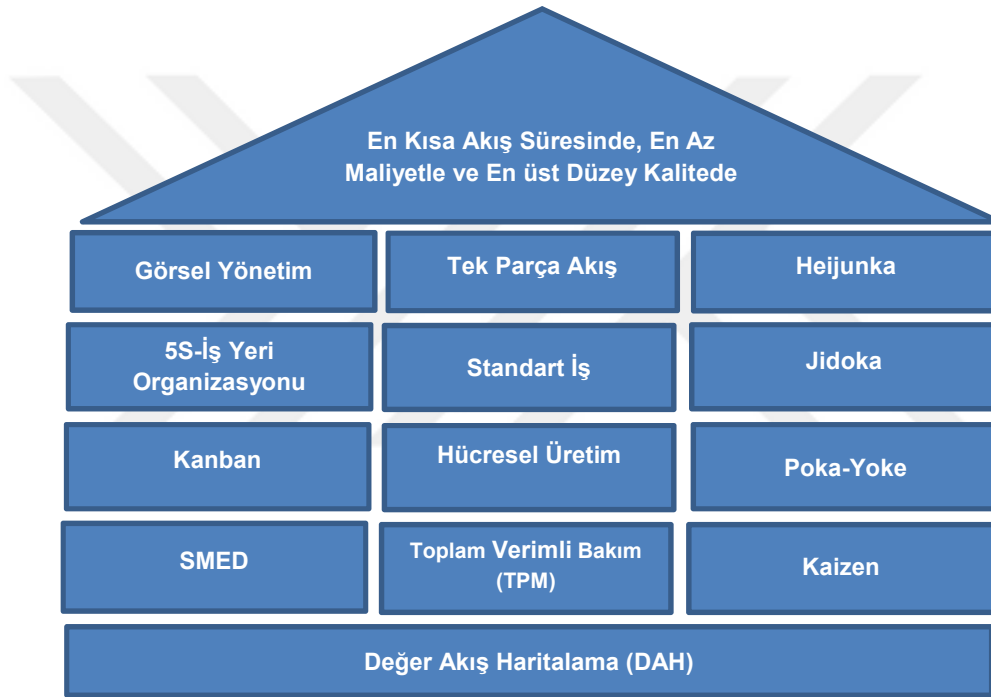
1.6. YALIN ÜRETİMDE KULLANILAN TEKNİKLER

Yalın üretimin en büyük başarısı, faaliyet mükemmelliğini doğrudan performansına yansıtabilmesidir. Toyota için bu faaliyet mükemmelliği stratejik bir silah olmuştur. Toyota'nın bu faaliyet mükemmelliğini belli bir oranda kaizen, tek parça akış, TZÜ, heijunka ve jidoka gibi Toyota'nın üretim dünyasında ünlü ettiği kalite iyileştirme yöntem ve araçlarına dayanmaktadır. Yalın üretim devriminin gerçekleşmesi bu teknikler sayesinde olmuştur. Ancak sadece araç ve teknikler bir işi dönüşüme uğratmanın başarısı değildir. Toyota'nın bu araçları kullanarak sürekli başarı elde etmesinin sebebi, insana ve insan motivasyonuna dayanan bir felsefeden kaynaklanmaktadır. Bu başarı, strateji üretme, ekip ve kültür geliştirme, çözümlemede liderlik, tedarikçi ilişkilerini iyi kurma ve öğrenen organizasyon yaratma yeteneğine dayanır (Liker, 2015: 26). Liker ve Hoseus, "Toyota Kültürü" adlı kitaplarında şunu vurgulamaktadırlar. Toyota kültüründe, ürün değer akımı ve insan değer akımı olmak üzere iki değer akımı vardır. Ürün değer akımı yalın üretim tekniklerinin uygulanması ile geliştirilirken, insan değer akımı ise karşılıklı güven,

sürekli gelişme ve takım çalışmasına dayanan, uzun vadeli düşünen, problem çözme yeteneği kazandırılan insan odaklı bir yaklaşım ile geliştirilmektedir. Yalın üretimin başarısının sırrı da bu iki değer akımını birlikte götürebilmesidir.

Yalın üretim mükemmelliğe gidilen yolda sürekli daha iyisini hedefler. Bu hedef doğrultuda yalın üretim, değer akışında israf ve israf kaynaklarının yok edilmesi ve kalitenin de sürekli artırılması için bir dizi teknikler kullanır. Şekil 4'te yalın üretimde kullanılan teknikler yer almaktadır. Bu tekniklerin açıklamaları devam eden sayfalarda yapılmıştır.

Şekil 4: Yalın Üretim Teknikleri



1.6.1. 5S – İş Yeri Organizasyonu

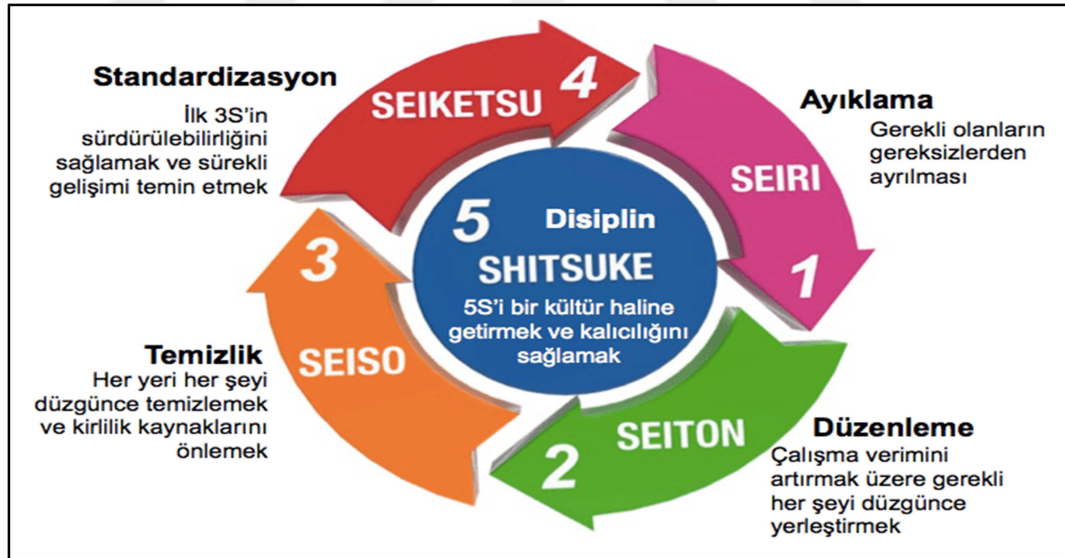
İş yerleri parça, malzeme, masa, sandalye, atıklar, alet, edevat gibi eşyalarla dolup taşar. Bunların bazıları sizin işinize yararken birçoğu işinize yaramaz. Bu materyallerin onlarcası birikir ve süreçlerde iş akışını engellemeye başlar. Sonuçta uzun üretim zamanı sorunlarına sebep olur (Dennis, 2015: 45).

5S, Japoncada baş harfleri S ile başlayan Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu ve Shitsuke oluşan organize bir temizlik düzen faaliyetleridir. Fabrikada görünmeyen fazlalıkları ortadan kaldırmak için kullanılan bir metottur. Zaman geçtikçe türlü kir toz gibi şeyler fabrika ve ofisler içinde birikir. Kirlilik aynı zamanda süreçlerde gereksiz

yarı mamul stoklar (WIP), kusurlu ürünler, gereksiz alet edevat vb. olarak düşünülmelidir. Ofislerde ise gereksiz doküman, rapor gibi şeylerde kirliliktir. İşte 5S, gerekli şeyleri gerekli zamanda ve miktarda kullanılması için bütün bu kirlilik kaynaklarının temizlenmesidir. 5S ile kalite seviyesi artırılır, üretim zamanı kısaltılır ve maliyetler düşürülür. Üretimin bu üç ana amacı ile da fabrika, müşterinin istediği kalitede, düşük fiyatta, hız ve güvende üretim yapacağından karlılığı artacaktır (Monden, 2012: 197-198).

5S, çalışma alanlarında gereksiz malzemelerin ortadan kaldırılması, ortamın temizlenmesi ve düzenin sağlanmasını hedefleyen sistematik bir süreçtir. Görsel olarak daha temiz olan bir ortamda, oluşabilecek sorunlar anında tespit edilerek giderilmesi daha önceden mümkün olmaktadır. Amaç, her şeyin yerli yerinde olduğu çalışılabilir bir ortam yaratarak verimliliği artırmaktır. Bu sayede gereksiz olan her şeyden kurtulunacak ve dolayısıyla üretim süresi daha kısa olarak gerçekleşecektir. 5S uygulama adımları şekil 5'te gösterildiği üzere 5 adımdan oluşur ve tanımları sırası ile devam eden sayfalarda yapılmıştır.

Şekil 5: 5S - İş Yeri Organizasyonu Adımları



Kaynak: yalindanisman.com.

Ayıklama (Seiri): 5S uygulamasının ilk adımı ayıklamadır. Ayıklama, çalışma alanında bulunan tüm malzemelerin sınıflandırılmasıdır. Malzemelerin gerekli ve gereksiz olarak ayrımı yapılır. Gereksiz olanlar kaldırılır. Seiri'nin anlamı, alet, ekipman, parça ve talimat gibi şeylerin gerekli olanlarının gereksiz olanlardan ayrılmasıdır. Karışıklığı önlemek için renk kodları kullanılır. Bu basamak israfları yok

ederken kaliteyi de artırır. Aynı zamanda karışıklığı ortadan kaldırarak daha emniyetli bir alan sağlar. Çalışma alanı daha iyi hale geldiğinden gerekli olan ekipmanları görmek çok daha kolay olur. Çalışma alanı karmaşıklıktan ve kalabalıktan kurtulduğundan iş akışı kolaylaşır. Gereksiz yere aramakla (takım vb.) geçen zaman elimine edilir. Envanter ve ekipmanın azaltılması maliyetleri de düşürür (Cudney, 2009: 83).

Düzenleme (Seiton): Her şey düzenlendiğinde geriye sadece gerekli olanlar kalır. Daha sonra geriye kalanların nereye ait olduğu, kolayca bulunması, alınması ve tekrar yerine koyulması için nerede tutulması gerekliliğinin açıklamasının anlaşılmasıdır. Düzenleme, ihtiyaç olanların nasıl tutulacağı ile ilgilidir (Hirano, 1995: 64). Düzenleme aşamasında, ergonomiyi de dikkate alarak gerekli malzemelerin kullanım sıklığına göre bulunmaları kolay olacak şekilde düzenlemeler yapılır. Bu her malzemenin bir yerinin ve yerinde olduğu ve ayrıca kayıt altında olduğu anlamındadır. Düzenleme sayesinde, çalışma alanında ihtiyaç duyulan malzeme ve ekipmanlar kısa sürede ve kolaylıkla bulunabilir. Her şeyin bir yeri olmalı ve her şey yerli yerinde durmalıdır, sözü bu aşamaya uygun düşmektedir.

Temizlik (Seiso): Her şeyi düzenlemek ve temizlemek potansiyel problemleri görmenizi sağlar. Emniyetli olmayan durumlar ve hasar görmüş aletler erken fark edilir (Black, 2008: 175). Temizleme süreci, fabrika zeminin süpürülmesi, silinmesi ve aynı zamanda duvar ve pencereleri de kapsar. Büyük kapsamlı temizlikler yılın belli zamanlarında yapılırken daha küçük olanlar günlük olarak yapılır. Yapılan bu temizlikler, yağ, kir, toz ve atıkların neden olduğu makine arızalarını azaltmaktadır (Monden, 2012: 197-199). Çalışma ortamının ve ekipmanların her zaman temiz ve düzenli tutulması çalışanların motivasyonunu, ekipmanların verimliliğini ve iş yeri güvenliğini artırmaktadır.

Temizlik adımı, çalışma ortamı ve ekipmanların kir, toz ve atıklardan arındırılarak sürekliliğinin sağlanmasıdır. Herkesin sorumlu olduğu temizlik alanlarının listeleri oluşturularak bir plan dâhinde periyodik olarak temizlik yapılır. Amaç, çalışma alanlarını ve ekipmanları her zaman temiz ve çalışır durumda bulundurmaktır. Temizlikte başarılı olabilmek için aşağıdaki adımlar takip edilmelidir (Akıl, 2013: 40):

- Temizliğin tanımlanması,
- Temizlik için malzemelerin alınması,
- Temizlik öncesi fotoğrafların çekilmesi,

- Ekip içinde görev paylaşımı yapılarak kimlerin hangi alanı ne sıklıkla temizleyeceğinin belirlenmesi,
- Denetimler vasıtasıyla küçük sorunların ortandan kaldırılması,
- Temizlik sonrası fotoğrafların çekilmesi, adımlarını kapsamaktadır.

Standardizasyon (Seiketsu): İlk üç adım olan ayıklama, düzenleme ve temizleme standartlarının sürdürülmesi ve iyileştirilmesi için gerekli değişikliklerin yapılmasıdır. Standart, günlük temizlik ve organizasyon faaliyetleri için kontrol listeleri oluşturularak gerçekleştirilebilir. Ayrıca oluşturulan 5S kontrol ekibiyle devriye ve anlık kontroller yapılarak 5S çalışmalarının ilerlemesi gözlemlenir. Elde edilen sonuçların sürekliliğinin devamına yönelik olarak, standartların kontrol edilmesi ve uygunsuzlukların giderilmesi faaliyetlerini kapsar. Bu aşamada 5S faaliyetleri için kaynak ve zaman planlamaları yapılır. 5S felsefesini göstermek için model alanlar oluşturulur. Bir plan dâhilinde 5S eğitimleri verilir (Cudney, 2009: 86; Gürsoy ve diğerleri, 2013: 52).

Disiplin (Shitsuke): 5S'te disiplin adımı, kurallara uyma ve yapılan uygulamaların sürekliliğinin sağlanmasıdır. İş üniforması giymek, baret takmak gibi uygulamalar örnek verilebilir. Bunların tamamı temiz bir çalışma ortamına, güvenliğe ve olumlu bir çalışma tutumuna katkı sağlar. Çalışanlar disiplini devam ettirirse, ilk 4S'in sürdürülmesinde zorluk ile karşılaşmaz. Bu durumda yüksek verimlilik ve yüksek kaliteyi getirir (Hirano, 1995: 37). Disiplin adımı, uygulamaların alışkanlık haline getirilerek doğal bir yaşam şekline dönüştürülmesidir. Amaç, 5S'in fabrikada kalıcı olması için iyileştirmelerin sürekliliğinin sağlanması ve bir kültür haline getirilmesidir.

1.6.2. Jidoka - Otonomasyon ve Andon

Otonomasyon insan aklının makinaya transfer edilmesidir. Cihaza yerleştirilmiş bu özellik makineyi otomatik olarak durdurur. Diğer bir deyişle cihaza makine çalışırken karar verme yetisi verilmiştir (Ohno, 1988: 121).

Toyota üretim sistemi iki ana sütundan oluşur. Birincisi tam zamanında üretim diğeri jidoka'dur. Jidoka kusurların tespitinde hataların önlenmesi için pratik olarak otomasyonun kullanılmasıdır. Jidoka'nın amacı sıfır kusuru başarmak ve tam zamanında üretimi sisteminde akışı desteklemektir. Jidoka ile düzgün, hatasız bir süreç akışı sağlanır (Tapping ve diğerleri, 2002: 44).

Jidoka ilk defa Toyota tarafından kusurların kontrolünün otomatik olarak yapılması anlamında kullanılmıştır. Literatüre otonomasyon olarak geçmiştir. Hata oluştuğunda hattın otomatik veya manuel olarak durdurulmasıdır. Her iki durumda da amaç, kusurlu ürünlerin hatta ilerlemesinin önüne geçmektir. Otomatik çalışmada, hatta kusur oluştuğunda hat otomatik olarak duracağından çalışanların makinaların çalışmasını takip emesine gerek kalmaz. Hat durduğunda soruna hemen müdahale edilerek sebebi araştırılır ve tekrar etmemesi için hata önleyici önlemler alınır (Monden, 2012: 223).

Üretim hattı durduğunda uyarı veren andon sistemi kurulmuştur. Andon, sesli ve ışıklı uyarı sistemidir. Amaç, hat durduğunda veya hata oluştuğunda uyarı vermektir (Allen ve diğerleri, 2001: 26). Andon görsel sistemin bir parçasıdır. Normal olmayan durumları görsel olarak takip etmek için kurulmuştur. Andon panosunda farklı renkte ışıklar vardır. Her renk kodu farklı anlamdadır. Yeşil hattın normal çalıştığını, sarı sorun olduğunu, kırmızı ise hattın durduğu anlamındadır. Amaç, önemli bir bilginin ilgililere derhal aktarılması ve müdahale edilmesidir.

Jidoka'nın esas amacı, kaynağında kalite oluşturmaktır. Üretim hattında hatalı/kusurlu ürünlerin geçmesini kabul etmez. Bunun en güzel örneği andon sisteminin kurulmasıdır. Her ne zaman bir hata oluştuğu tespit edilirse, çalışanlar hattı durdurmaları için cesaretlendirilir (Dennis, 2015: 125).

1.6.3. Poka Yoke - Hata Önleme Sistemi

Toyota'da mühendis olarak görev yapan Shigeo Shingo tarafından öne sürülen Poka-Yoke, insan hatalarını önlemeye yönelik kullanılan bir tekniktir. Poka-Yoke kavramı, insan kaynaklı hataların ortadan kaldırılması mümkünse imkânsız hale getirilmesidir. İnsanların unutkanlığından, alışkanlıklarından ve teşhisinden kaynaklanan hataları önlemeye yönelik çalışmalardır. Günlük hayatımızda birçok örnekleri bulunur. Bilgisayara bağlanan USB kablolarının hangi yönde takılacağını gösteren işaretlemeler, basit bir örnek olarak verilebilir. Üretimde Poka-Yoke, sisteme yerleştirilen basit hata önleyicilerin kullanılması ile yapılabilmektedir. Poka-Yoke, üretim sürecinde olası hatalı ürün ve hataların tekrarını önleyerek kalite sorunlarının önüne geçmektedir. Bu sayede, üretimde oluşan ıskarta veya tekrar işlemeyi gerektiren durumlar ortadan kaldırılmaktadır. Hataları önlemeye yönelik olarak ışıklı uyarı, sensörler, şablonlar, kılavuz vb. donanımlar örnek verilebilir.

Otomotiv ve imalat sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Üç temel işlevi vardır (Çil ve Pekin, 2014: 164-166):

1. Durdurma Poka-Yoke: Bu yöntemde Poka-Yoke araçları, önemli süreç parametrelerini kontrol ederek toleransın dışına çıkıldığında faaliyeti durdurur.
2. Kontrol Poka-Yoke: Kontrol Poka-Yoke araçları, bir sonraki sürece kusurlu ürünleri üretmeyi olanaksız hale getiren süreç ekipmanı veya çalışma parçaları üzerine yüklenen düzenleyicilerdir.
3. Uyarı Poka-Yoke: Poka-Yoke'nin bu işlevi operatöre bir şeyler yanlış gittiğinde sinyaller vasıtasıyla uyarır. Uyarı ışığın yanıp sönmesi ve alarm vermesi şeklindedir. Sistemde hata olduğunda dönüt yapılmasına dair uyarı verir.

1.6.4. Kanban

Kanban sistemi, TZÜ ve yalın üretim sisteminde üretimi kontrol etmek amacıyla kullanılan bilgi sistemidir. Kanban sisteminin kullanılması ile gerekli zamanda gerekli ürünlerin üretimi kontrol edilir. Kanban sisteminde, sonraki üretim süreci önceki süreçten gerekli olan parçaları gerekli miktarda ve gereken zamanda çekerken, önceki üretim süreci ise sonraki süreç tarafından çekilen miktar kadar üretim yapmaktadır (Yüksel, 2009: 186).

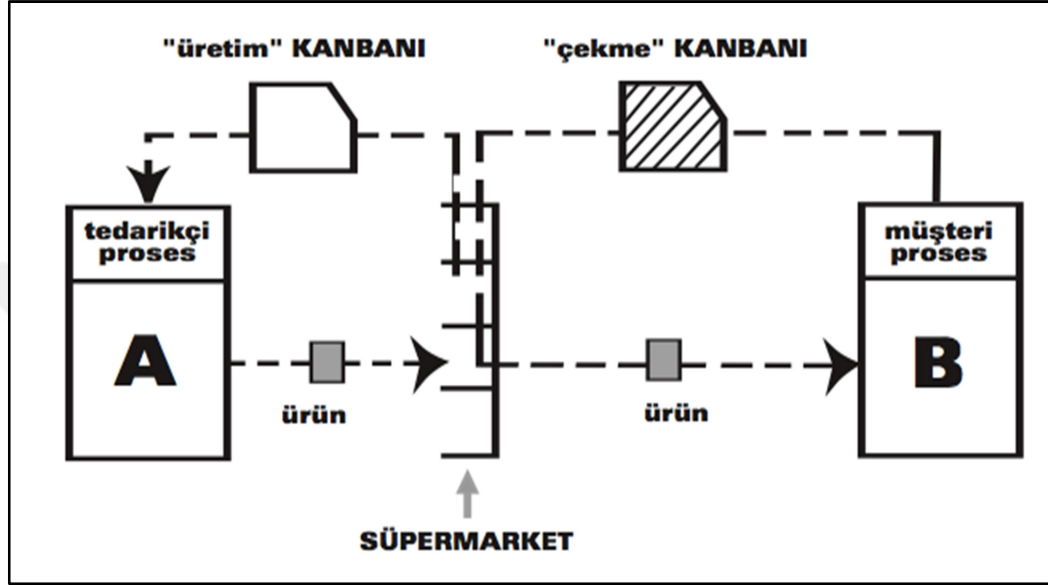
Kanban sistemi tam zamanında üretim sistemini yönetir. Kanban, bir fabrikanın her sürecinde ve fabrikalar arasında üretilmesi gereken ürününün, miktarını ve zamanını uyumlu biçimde kontrol eden bilgi sistemidir. Kanban genellikle kart şeklindedir ve iki türdür. Bunlar çekme ve üretim kanbanlarıdır. Çekme kanbanı bir sonraki süreçten ne kadar ürün çekildiğini gösterirken, üretim kanbanı ise bir önceki sürece ne kadar ürün üretmesi gerektiğinin emrini verir. Kanban tam zamanında üretimi başarmak için gerekli bilgiyi taşır (Monden, 2012: 9).

Kanban, çekme sisteminin etkin bir şekilde çalıştırılmasında önemli role sahiptir. Kanban, son istasyondan ürünün çekilmesi veya müşteri talebinin gelmesi ile süreçlerde ileriye doğru malzeme akışını sağlarken geriye doğru bilgi akışını sağlar. Kanban malzeme akışı için gerekli olan bilgileri içeren karttır. Kartlar, ne üretileceği, ne miktarda üretileceği ve ne zaman üretileceği bilgilerini içermektedir.

Şekil 6'da aralarında süpermarket olan iki süreçte, çekme kanbanı ve üretim kanbanı çalışması basit bir şekilde görselleştirilmiştir. B süreci, süpermarketten

ihtiyacı olduğu kadar ürünü ihtiyaç duyduğu zamanda çekerek çekme kanbanını kullanmış ve ardından süpermarkette, çekilen ürünün yerine koyulması için üretim kanbanını kullanarak A sürecine üretim emrini vermiştir. Amaç, kanban sistemi ile üretimin kontrol edilmesidir.

Şekil 6: Üretim ve Çekme Kanbanı Çalışma Örneği



Kaynak: Rother ve Shook, 1999: 46

Taiichi Ohno, "Toyota Üretim Sistemi" adlı kitabında kanbanın birtakım işlevleri olduğunu belirtmiştir. Söz konusu işlevler tablo 3'te açıklanmıştır.

Tablo 3: Kanbanın İşlevleri ve İşlevlerin Açıklamaları

Kanban İşlevi		İşlevlerin Açıklaması
1	Nakliye ya da sipariş bilgilerini sağlar.	Sonraki süreç önceki süreçten kanban üzerinde belirtilen sayı kadar parça alır.
2	Üretim bilgilerini sağlar.	Önceki süreç kanban üzerinde belirtilen sıra ve sayı kadar parça üretir.
3	Üretim fazlasının ve fazla çekilmesinin önlenmesini sağlar.	Kanban kullanılmadan çekilmesini ve üretilmesini engeller.
4	Parçalara iliştilerle iş emri yerine geçer.	Her ürüne bir kanbanın takılmasını anlatır.
5	Hatalı üretimi engelleyerek ürünlerin kalitesini güvence altına alır.	Kusurlu hiçbir ürün bir sonraki sürece geçemez.
6	Var olan sorunları ortaya çıkarır ve envanter kontrolü sağlar.	Kanban sayısının azalması hassasiyeti artırır.

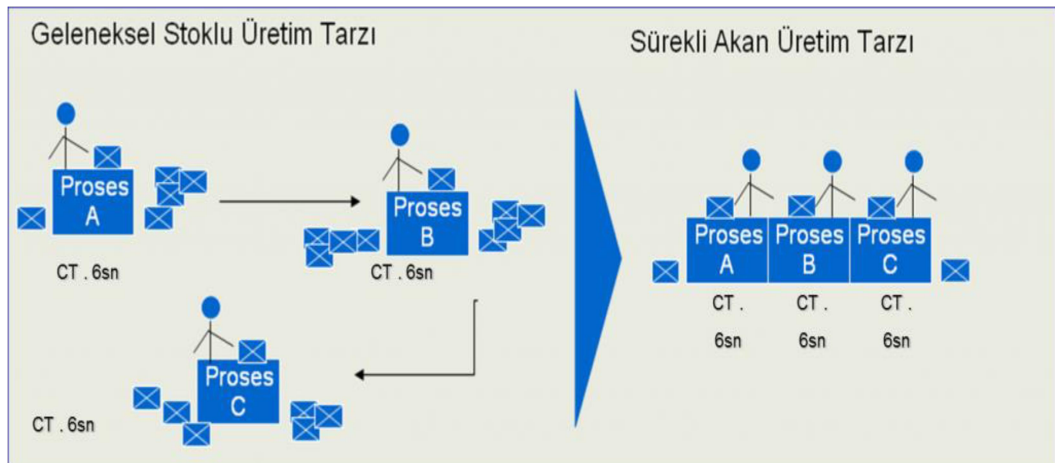
Kaynak: Ohno, 1988: 30

1.6.5. Tek Parça Akış

Tek parça akış, ürüne dönüşecek parçaların hat boyunca ilerlemesi ile bir seferde beklemeksizin işlenmesi esasına dayanmaktadır. Geleneksel üretimin biriktir beklet mantığı ile oluşturduğu stok ve zaman kayıplarını ortadan kaldırır. Amaç parçaların beklemeksizin ilerlemesi ile akışın sağlanmasıdır.

Geleneksel üretim ile sürekli akan üretim tarzının karşılaştırılması şekil 7’de gösterilmiştir. Şekil 7 incelendiğinde, geleneksel üretimde istasyonların birbirinden kopuk olduğu ve aralarda stokların olduğu görülmektedir. İlk istasyon işlemeyi bitirince ikinci istasyona ve benzer şekilde ikinci istasyonda işlemeyi tamamladıktan sonra üçüncü istasyon işlemeye başlamaktadır. Bu çalışma tarzı ara stokların oluşmasına ve zaman kayıplarına neden olduğundan üretim sürecini uzatmaktadır. Oysa tek parça akış mantığı ile çalışan kısma baktığımızda, istasyonların bir araya getirilmesi ile oluşturulan tek hatta beklemenin ve stokların oluşmadığı görülebilmektedir. Süreçlerin birbirleri ile senkronize olarak çalışması, üretim zamanının önemli ölçüde azalmasını ve kalite problemlerinin çabuk saplanarak kusurlu ürünlerin önemli bir oranda azalmasını sağlamaktadır. Yine şekil 7 örneği incelendiğinde, her bir işlem süresi 6 saniye (sn.) olan ve 3 istasyona tabi 5 parça ürün grubunun olduğu görülmektedir. Geleneksel üretim sistemine göre bu 5 parça ürünün toplam işlem süresi 90 sn. olurken, tek parça akış sisteminde toplam işlem süresi 42 sn. olmaktadır (Apilioğulları, 2013: 113-115).

Şekil 7: Geleneksel ve Tek Parça Akış Üretim Karşılaştırılması



Kaynak: Apilioğulları, 2013: 114

Yalın üretimde tek parça akış, fabrika içinde bir parçanın son halini alması için gerekli makinaların sırasıyla yerleştirilmesi ve parçanın bu makinalarda hiç beklemeeksizin işlenerek bir makinadan sonraki makinaya ilerlemesi şeklinde olmaktadır (Okur, 1997: 57).

Yalın üretim sisteminde akış sözcüğünün karşılığı tek parça akış olarak düşünülmelidir. Tek parça akışta her istasyon bir parçayı takt süresi içinde işler ve bir sonraki iş istasyonuna iletir. Bu sayede hattın cevap süresi kısılır ve stoklar ortadan kalkar. Stokların ortadan kalması ile görünmez olan hat dengesizlikleri, darboğazlar ve israflar görünür hale gelir (Şeker, 2016: 463). Ancak, tek parça akışın sağlanabilmesi için sürecin kesintiye uğramadan istikrar içinde çalışması gerekmektedir. Akışın sağlanmasında önemli bir yere sahip olan hücreselel üretimin işleyişi ise aşağıda açıklanmıştır.

1.6.6. Hücreselel Üretim

Grup teknolojisi, birbirine benzer parçaların tasarımı ve üretiminde benzerliklerinden faydalanmak amacıyla birlikte tanımlanıp gruplandırıldığı bir üretim düşüncesidir. Benzer parçalar parça aileleri olarak düzenlenir (Gökşen ve Erdem, 2003: 101).

Hücreselel üretim, atölye tipi üretim ile montaj hattı üretim avantajlarının birleştirilmesidir. Bu sayede çeşitli ürünlerin daha çabuk ve daha az maliyetle üretilmesi mümkün olmaktadır. Parçalar kendi içinde aileler olarak gruplandırıldıktan sonra, bu aileleri üretmek için ekipman ve iş gücünü içine alan hücreler oluşturulur. Üretim hücresi, belirli bir grup parçanın üretimi için tasarlanır ve makinalar buna uygun olarak düzenlenir (Yüksel, 2009: 20).

Hücreselel üretim, işletmelere müşterileri için mümkün olan en az israfta çeşitli ürünler yapmasına olanak sağlayan bir yalın üretim yaklaşımıdır. Hücreselel üretimde ekipmanlar ve iş istasyonları, parçaların süreçlerde en az taşıma ve gecikme ile düzgün bir akışla ilerlemesi için düzenlenir (Jones, 1999: 2).

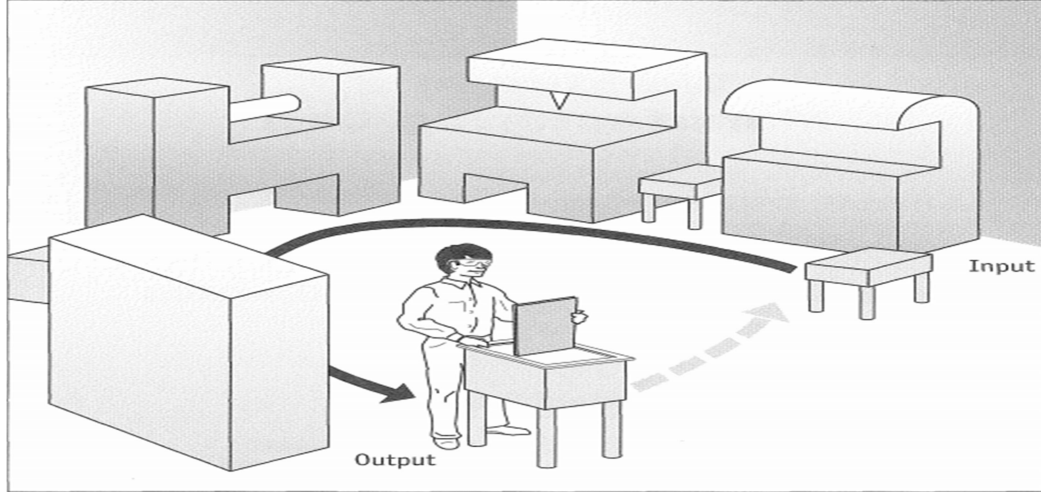
Hücreselel üretim ile daha kısa üretim süresi, gelişmiş kalite, daha az taşıma, iyi bir koordinasyon, azalan ara stoklar ve daha az alan kullanımı sağlanabilmektedir. Hücreselel üretimde amaç sürekli akış sağlamaktır (Dennis, 2015: 86).

Hücreselel üretim, parçaların sürekli akış içinde sıralı işlendiği, insan, makine, malzeme ve metotların düzenlemesidir. Hücreselel üretimin birçok yöntemi olmakla

birlikte en yaygın olanı “U” şeklinde olanıdır (Harris ve Rother, 2001: 9). Şekil 8’de U tipi üretim hücre düzeni gösterilmiştir ve sağladığı yararlar aşağıda sıralanmıştır (Jones, 1999: 14):

- Makine ve ekipmanlar birbirine yakın olduğundan ve işlem sırasına göre dizildiğinden gereksiz yürümeyi azaltır ve düzgün bir akış sağlar,
- Operatör başlangıçtan bitişe geldiğinde, başlangıç noktasına yakın olur,
- Bir sonraki tur için avantaj sağlar,
- Ürün hacmine göre tek veya daha fazla operatörle çalıştırılabilir imkânı sunar,
- Operatörün alacağı eğitimle birçok makineyi kullanabilmesi mümkün olur ve makine çalışırken makineyi beklemesine gerek kalmaz.

Şekil 8: U Tipi Hücresel Üretim Örneği



Kaynak: Jones, 1999: 14

1.6.7. Heijunka - Seviyelendirme

Heijunka, üretimde belirli bir zaman diliminde müşteri isteklerinin karşılanması için talep edilen ürün tipi ve miktarı için seviyelendirme yapılmasıdır. Amaç, müşteri taleplerine karşı esnek olmak ve farklı model ve miktardaki ürünlerden ardışık olarak üretmektir. Bu sayede değer akışı daha kolay hale gelir ve müşteri talepleri stok olmaksızın karşılanabilir. Ancak heijunka uygulaması sık model dönüşümü gerektirdiğinden hazırlık zamanının kısa olması beklenir.

Heijunka uygulaması ile dengeli iş planlaması oluşturulur. Bu sayede ürün ailesinin hem miktarı hem de çeşitliliği seviyelendirilir. Heijunka üretim yöntemi daha küçük partiler halinde üretim yapılabilmesine imkân tanıdığından stok oluşumu ve

kalite hataları önlenerek müşteri taleplerinde kesintisiz bir akış sağlanır. Fabrikalar genelde birden fazla çeşitte ürün üretmektedirler. Yalın üretim tekniklerini uygulamayan fabrikalar, hazırlık sürelerinin uzun sürmesinden dolayı model dönüşümünü daha az sayıda tutarak önce bir ürün modelini, daha sonra sırası ile diğer ürün modellerinin üretimini gerçekleştirmektedir. Örneğin, A, B ve C modelinde ürünler için, önce A ürünü için talep edilen tüm miktar, daha sonra B ürünü için talep edilen tüm miktar ve sonrasında C ürünü için talep edilen tüm miktar üretilmektedir. Dolayısıyla üretim miktarına bağlı olarak, AAAA, BBB, CCCC şekillerde üretim yapılmaktadır. Bu tür üretim şekli belki model dönüşüm sayısını en aza indirilebilmektedir ancak bu yöntem üretim hattında ciddi israflara neden olmaktadır. Bunun yerine ürün miktar ve çeşitliliğine bağlı olarak heijunka tekniğiyle, ABCABCABCAC şeklinde üretim yapılabilir. Bu sayede, gün içinde her bir ürün çeşidinden dengeli bir üretim yapılarak müşteri talepleri karşılanabilmektedir. Tablo 4'te heijunka planı incelendiğinde; A ürününden 8, B ürününden 8, C ürününden 12 ve D ürününden 12 tane ve toplamda 40 adetlik günlük bir talebin olduğu görülmektedir. Heijunka planına göre 40 adetlik talebin üretimi, her üründen ikişer adet olmak üzere sırasıyla ACDBCDACDBACDBCDACDB şeklinde gerçekleşecektir. Ürün grubu karışımı ile yapılan bu seviyelendirmeye müşteri taleplerine kolaylıkla cevap verilebilecek ve ayrıca herhangi bir ürün ailesinde yaşanabilecek tedarik sıkıntısı, hata vb. durumlarda üretimin tamamen durmasının önüne geçilerek, kalan diğer ürün aileleriyle üretime devam edilebilecektir (Gerger, 2019: 8-12).

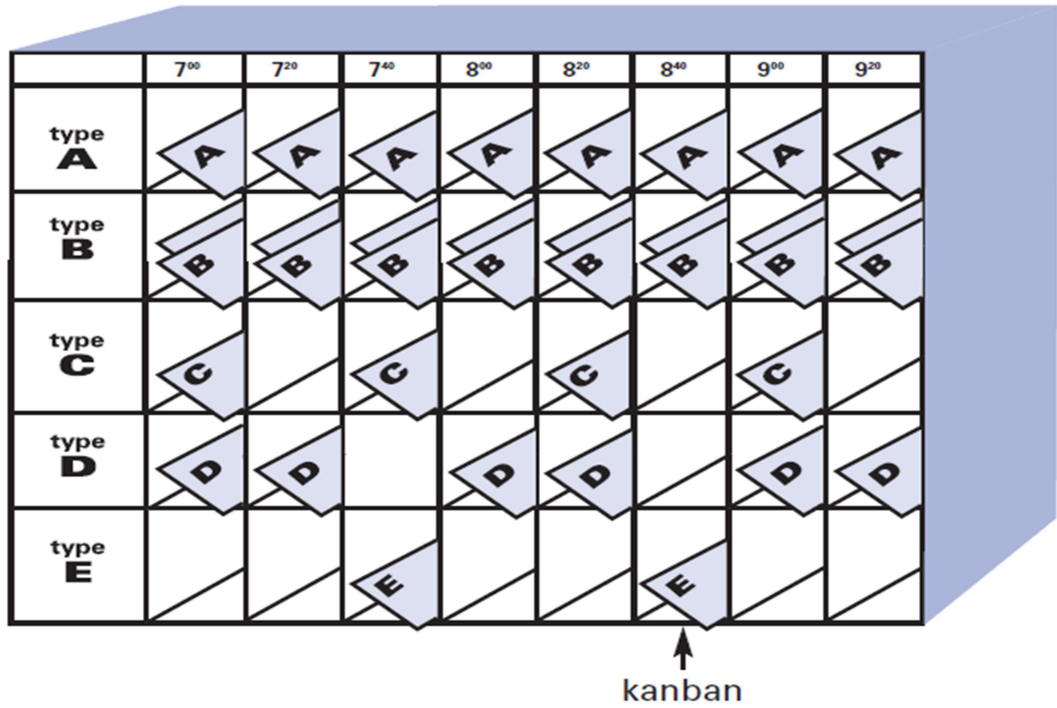
Tablo 4: Heijunka Planı

Ürün Tipi	Üretim Miktarı																			
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
A	x						x				x						x			
B				x						x				x						x
C		x			x			x				x			x			x		
D			x			x			x				x			x			x	

Kaynak: Gerger, 2019: 12

Heijunka kutusu veya seviyeleme kutusu, belirli bir zaman periyodunda seviyelendirilmiş üretim hacmini yönetmek için kullanılan fiziksel alettir. Ekipmanların ve insanların etkin kullanımında yük seviyelendirmesini dikkate alır (Tapping ve diğerleri, 2002: 69). Heijunka kutusu, hem ürün karmaşasını hem de üretim hacmini seviyelendirmeye yardım eder. Seviyelendirme kutusunun satırları ürün tipine karşılık gelirken, sütunları ise dilim aralığına gelmektedir. Kanban kartları, çizelgeye uyacak şekilde şekil 9'da görüldüğü üzere heijunka kutusunun gözlerine koyulur. Kanbanlar, üretilecek miktarı ve o miktar için gereken zamanı da (takt zamanı) gösterir. Kartlar, üretim tipine bağlı olarak istenilen sırayla heijunka kutusunun gözlerine yerleştirilir. Daha sonra, görevli taşıyıcı bu kartları alarak çizelgeleme noktasına (pacemaker proses) teslim eder (Rother ve Shook, 1999: 53).

Şekil 9: Heijunka Kutusu Örneği



Kaynak: Marchwinski ve diğerleri, 2008: 30

Heijunka uygulaması üretim süreci içinde sık model dönüşümü gerektirdiğinden, hazırlık işlemlerinin kısa süreli ve esnek olması beklenir. Uzun süreli hazırlık işlemleri, sürecin etkinliğini düşürerek heijunka uygulamasını imkânsız hale getirmektedir. Hazırlık işlemleri süresinin kısaltılması ise SMED uygulamaları ile mümkün olmaktadır (Apilioğulları, 2013: 120).

1.6.8. SMED - Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi

Küçük partiler halinde esnek üretim yapmak günümüz pazar koşullarında önem arz etmektedir. Küçük parti üretim yapmak sık sık kalıp değiştirme ve ayar gerektirir. Ancak fabrikaların küçük partiler halinde üretim yaparken karşılaştıkları en önemli sorun, uzun kalıp değişimi ve ayar süreleridir. SMED (Single Minute Exchange of Dies) tekniği ile yapılan hızlı kalıp değiştirme ve hızlı ayar sayesinde, deneme üretimi yapmanın gerekliliği ortadan kaldırılarak, küçük partiler halinde esnek üretim yapılması mümkün olmaktadır. Shingo küçük partili esnek üretimin başarısı için SMED tekniğini geliştirmiştir. SMED tekniği, hazırlık işlemlerini ve uygulamalarını 10 dakikanın altına düşürülmesi için gerekli olan çalışmalardır. SMED tekniğinin en mühim ilk adımı, sadece makine çalışmadığı zaman yapılabilen iç hazırlık işlemlerini makine çalışırken de yapılabilecek dış hazırlık işlemlerinden ayırmaktır (Tanık, 2010: 122-123).

Shingo kalıp değişiminde yapılan faaliyetleri, içsel ve dışsal hazırlık işlemleri olarak ikiye ayırmıştır. İçsel hazırlık işlemleri, makineler duruşa geçtiği zamanlarda yapılabilecek operasyonlardır. Kalıbın makinaya bağlanması, sökülmesi gibi aşamalardır. Dışsal hazırlık işlemleri, makine çalışırken yapılabilecek faaliyetlerdir. Önceki kalıbın geri götürülmesi, yeni kalıbın getirilmesi gibi (Shingo, 1989: 44). Shingo'nun geliştirdiği diğer bir nokta ise içsel hazırlık işlemlerini (makine dururken) dışsal hazırlık işlemlerine (makine çalışırken) dönüştürerek hazırlık süresini kısaltmasıdır. Bu makinanın çalışma süresini artırırken aynı zamanda hazırlık süresini yüzde 59-60 oranında kısaltmaktadır. SMED tekniğinin ile mevcut durumun anlaşılması ve dökümanite edilmesinden sonra model değişimleri, 3 adımda analiz edilerek, kolaylaştırılması mümkün olmaktadır (Cudney, 2009: 90, 91):

1. İç ve dış hazırlık işlemleri birbirinden ayrılır,
2. İç hazırlık işlemleri dış hazırlık işlemlerine dönüştürülmeye çalışılır,
3. Hazırlık işlemleri gereksiz unsurlardan ayıklanarak kolaylaştırılır.

SMED tekniğinin sağladığı yararları ise şöyle sıralamak mümkündür (Cudney, 2009: 90):

1. Daha az hazırlık vardır, buda hata olasılığını azaltır,
2. Hazırlık süresi kısa olduğu için planlamada esneklik artar,
3. Fazla envanter masraflarından kaçınılır. Hazırlık ile geçen zaman azaltıldığından kapasite artar,
4. Daha az malzeme israfı olur,

5. Hazırlık işlemleri arasında varyasyonlar azaldığından ürün kalitesi artar,
6. Küçük partiler halinde üretim yapılabilirdiğinden envantere büyük ölçekli kusur olasılığı azalır,
7. Kusurları azaltır ve deneme çalışmalarını ortadan kaldırır,
8. Hızlı yapılan model değişimleri ile müşteri beklentilerine hızlı cevap verileceğinden müşteri memnuniyeti artar,
9. Daha hızlı yapılan model değişimleri ile üretkenlik artar,
10. SMED ile daha güvenli bir çalışma ortamı yaratılır. Hazırlık işlemleri basitleştiğinden fiziksel zorlanma ve yaralanmalar ortadan kalkar,
11. Daha az envanter karışıklığı da ortadan kaldırır.

1.6.9. TPM - Toplam Verimli Bakım

Toplam verimli bakım (TPM) terimi analiz edildiğinde, üç kelimenin anlamı aşağıdaki gibi açıklanmak mümkündür (Mwanza ve Mbohwa, 2015: 462):

1. Total (Toplam): Organizasyondaki en üst yönetici seviyesinden atölyedeki çalışan seviyesine kadar tüm çalışanların katılımını ifade eder.
2. Productive (Verimli): Üretimde ve faaliyetlerde kayıpların olmamasını ifade eder.
3. Maintenance (Bakım): Ekipmanları ve fabrikayı her zaman etkin kullanmak için eski durumundan daha iyi duruma getirilmesini ifade eder.

Toplam verimli bakım, çalışanların eğitilerek işletmenin hedeflerine ulaşması için herkesin katılımı ile sağlanan küçük grup faaliyetleridir. TPM ile üretim yapılan fabrikalarda meydana gelen kayıplar ortadan kaldırarak sıfır kayıp, sıfır arıza ve sıfır hata hedeflenir (Eşme ve İlhan, 2003: 236).

Toplam verimli bakım dört aşamadan oluşur. İlk aşama ekipmanı mümkün olduğunca ilk haline getirmek, ikinci aşama uygun bakımla ekipmanı sıfır hataya yaklaştırmaya çalışmak, üçüncü aşama ekipmanın gelecekteki kullanımı için bilgileri sağlamlaştırmak ve TPM'nin son aşaması sıfır hatadır (Agustiady ve Cudney, 2016: 4).

TPM uygulamaları, otonom bakım, ekipman iyileştirme, bakım önleme sistemi ve kalite bakımı olmak üzere dört unsurdan oluşur (Agustiady ve Cudney, 2016: 4):

1. Otonom bakım, önleyici bakımın geliştirilmesine odaklanır,
2. Ekipman iyileştirilmesi, arızaların yok edilmesine odaklanır,

3. Bakım önleme sistemi, TPM faaliyetlerinde bilgi sisteminin geliştirilmesine odaklanır,
4. Kalite bakımı, kalite analizi yoluyla ekipman kaynaklı kusurların ortadan kaldırılmasına odaklanır.

Otonom bakım toplam verimli bakımının temel bir unsurudur. Arızalar, hız kayıpları ve kalite kusurları gibi ekipmanlara bağlı kayıplar otonom bakım ile önlenabilir. Bu kayıplara neden olan anormal şartlar; yağlama yetersizliği, kirlenmeden kaynaklanan aşırı yıpranma, gevşek veya kayıp vida vb. gibi sıralanabilir. Otonom bakım bu tür kayıpların önlenmesi için optimal şartların sürdürülmesine odaklanır. Otonom bakımın, sürekli akışı sekteye uğratan arızaların ve kalite problemlerinin azaltılmasında etkili olduğu kanıtlanmıştır. Otonom bakım süreci aşağıdaki yedi adım takip edilerek yapılır (Tapping ve diğerleri, 2002: 63):

- Ekipmanın temizlenmesi ve kontrol edilmesi,
- Kirlilik kaynaklarının ortadan kaldırılması,
- Makinaların temizlenmesi, yağlanması ve standardın oluşturulması,
- Operatörlerin alt sistemlerin genel kontrolünü yapmaları için eğitilmesi,
- Düzenli genel kontrollerin yapılması,
- İş yeri yönetimi ve kontrolün oluşturulması,
- Geliştirilmiş iyileştirme faaliyetlerinin uygulanması.

1.6.10. Görsel Yönetim

Otonomasyon uygulamasında ürün akışı ve hattın durumu çeşitli görsel kontroller ile izlenir. Bazı görsel kontroller çeşitli kalite kontrol araçları ile ilgilidir. Çoğu hata önleme sistemi, ışık veya sinyal kullanarak üretim hattında anormallik olduğunu bildirir. Diğer görsel kontrol araçları, andon, çağırma lambaları, standart çalışma levhaları, dijital gösterge panelleri vb. içerir (Monden, 2012: 231).

Görsel yönetim, iletişim ve bilgi paylaşımını en üst düzeye çıkartılması ve yönetsel anlamda kolaylık sağlanması için kullanılan basit tekniklerdir. Görsel yönetim uygulamaları ile üretim göstergeleri istenilen anda gözlenebilir ve anormallikler anında fark edilebilir. Üretim süreçlerinin başında ve sonundaki sürekli güncellenen performans göstergeleri ile operatörlerin saatlik hedefleri ve en son gerçekleşen performansının ne durumda olduğu izlenebilmektedir. Belirli yerlere yerleştirilen kalite göstergeleri ile problemler ve yapılan müdahaleler herkes

tarafından görülebilmekte ve yapılan eylemlerin ne durumda olduğu izlenebilmektedir. Fabrika içi bölüm bilgi panoları ile günlük, haftalık trend bazlı performans çalışanlarla paylaşarak, bölümün performansının görülmesi sağlanmaktadır. Fabrika iletişim panoları vasıtasıyla genel durumla ilgili güncel bilgiler paylaşarak en üst düzeyde iletişim sağlanmaktadır. Yalın iletişim panoları, değer akış haritası ve kaizen panoları ile yapılan iyileştirmelerin sonuçları paylaşarak ekip ruhu anlayışı geliştirilmektedir. Sonuç olarak görsel yönetim teknikleri ile problemlere etkin müdahale şansı olmakta, iş kazası, kalite hatası gibi kayıpların önüne geçilmekte ve çalışanlarda motivasyon artışı sağlanmaktadır (Apilioğulları, 2013: 104).

Fabrikada görsel yönetim araçların kullanımı yalın işletmenin göstergesidir. Görsel yönetim araçlarının kullanımı, bilinen grafik ve verilerin yığıldığı klasörlerden farklı olarak süreç işleyişinde normal olmayan durumları tespit etmeyi kolaylaştırmalı, sorun çözmeyi ve tartışmayı teşvik ederek çalışanların gelişimini desteklemelidir (Abad, Planet-lean.com).

1.6.11. Standartlaştırılmış İş

Toyota üretim sisteminde, işlem sırası ve iş standardizasyonu ilk yapılan çalışmalardır. Bu sayede çoğu problemler yok edilebilir ve iyileştirilebilir (Ohno, 1988:130).

Standartlaştırılmış iş, üst düzeyde iş güvenliği, kalite ve üretkenlik performansının artırılmasında en verimli iş akışıdır. Bu sayede süreç içerisindeki değişkenlikler azalarak çıktıların tutarlılığı artmaktadır. İş talimatları ise standardize edilen işlerin, herkesin anlayacağı bir şekilde belirli bir formatta açık olarak yazılı ifadesidir (Konur, 2011: 25).

Standart iş, çalışma zamanı ile takt zamanını dengelemenin diğer bir metodudur. Çünkü küresel üretim sistemi standardize edilmiş iş için çabalar. Standardize edilmiş iş üretkenliği, kaliteyi ve emniyeti en üst düzeyde tutar. Aynı zamanda belirlenmiş takt zamanına göre tutarlı bir yapı oluşturur ve prosedürlerin iyileştirilmesinde fırsatları gösterir (Black, 2008: 27).

Standart işin üç temel koşulu; takt zamanı, standardize edilmiş işlem sırası ve standart yarı mamul (WIP) stoktur. Süreçlerdeki israflar yok edilmeye başlatıldıktan sonra süreç kararlılığı artırılarak takt zamanına göre çalışmak mümkün olmaktadır. Takt zamanına göre işlerin yapılabilmesi, işleri en mantıklı sıra

ve standartlarda sıralayıp düzenlemekle mümkündür. Bu şartların sağlanmasından sonra standart yarı mamul stok miktarı belirlenerek sürecin kesintisiz işletecek miktarda stok ile sürekli akış sağlanır. Standart işin elemanlarını aşağıda açıklanmıştır (Cudney, 2009: 99-101; Yükselen, yalindanisman.com):

1. Takt zamanı: Takt zamanı müşterinin talep etmiş olduğu ürünün ne sıklıkla tamamlanıp karşılanması gerektiği anlamındadır. Günlük çalışabilir zaman ile müşteri talebi kullanılarak hesaplanır. Takt zamanı standart iş için ritmi belirler.
2. Standart iş sırası: Bir operatörün bir sürecin adımlarını gerçekleştirdiği sıradır. Standart iş sırasına odaklanmak israfları gösterir ve süreci dengeler.
3. Standart yarı mamul stok: Süreç içinde bir operatörün ürünü etkin bir şekilde akıtması için hat üzerinde müsade edilen minimum parça miktarıdır.

1.7. KAIZEN

Kaizen Japoncada “kai” değişim ve “zen” iyiye doğru anlamına gelmektedir. Kaizen sürekli iyileştirmeyi arayan bir felsefedir. Mevcut durumu asla kabul etmeyen bir düşüncedir. Kaizen sürekli devam eden bir süreçtir. Bugün iyileştirme için ne yapıldıysa yarında yapılmalıdır, anlayışı doğasında vardır. Bizi iyileştirme yapmaya zorlar. İyileştirme döngüsü problemlerin ortaya çıkarılması ve ölçülmesi ile başlar. Daha sonra problemin kök nedeni araştırılır. Kök nedenin bulunması ile çözüm uygulanır. Çözüm uygulaması sonrası standardizasyon ve buna uyulması odak noktasıdır. Bu bir döngü olduğundan, süreçte daha fazla iyileştirme için sürekli ileri doğru yol alınır (Cudney, 2009: 75).

Maasaki İmai göre (1986) kaizen, iş hayatında ev hayatında ve kişisel hayatta sürekli iyileştirme olarak tanımlanmıştır. İş yerinde kaizen uygulamalarını ise işçisinden müdürüne kadar herkesin sürekli iyileştirme faaliyetlerine dâhil olmasıdır (Monden, 2012: 257).

Kaizen, iyileştirme faaliyetlerini adım adım kararlılıkla ilerletir. İyileştirmelerin hiçbir zaman son hali yoktur veya her zaman sürekliliği vardır. Çünkü her seferinde daha iyiye doğru yol almak amaçlanır. Kaizen, kurum içinde insan unsurunu ön planda tutan, kalite çemberleri ve öneri sistemi gibi uygulamalara sahiptir. Çalışma yerlerinde, iyileştirme sürecinin yürütülmesinde ekip ruhu ile hareket edilerek herkesin katılımı beklenir. Amaç paylaşma, önemseme ve aidiyet duygusunu artırma

gibi ögeleri dikkate alarak, iyileştirme faaliyetlerinde çalışanların tümünün katılımını sağlamaktır.

İyileştirme, kaizen ve yenilik olarak ikiye ayrılabilir. Kaizen sürekli çabaların sonucunda küçük çapta sürekli iyileşmeleri ifade eder. Diğer taraftan yenilik ise teknolojiye veya araçlara yapılan büyük yatırımlar ile mevcut durumun radikal bir şekilde değiştirilmesidir (İmai, 1994: 7). İyileştirme yeniliğe göre daha az maliyet gerektirdiğinden büyük yatırımları gerektirmez. Bu sayede, daha az maliyetle daha fazla iyileşme ve kaliteli ürün sağlanır. İmai'ye göre (1994) kaizen ve yenilik kavramlarının bakış açıları tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5: Kaizen ve Yenilik Karşılaştırılması

		KAİZEN	YENİLİK
1.	Etki	Uzun vadeli, fakat heyecan verici değil.	Kısa vadeli, heyecan verici.
2.	İlerleme	Küçük adımlarla.	Büyük adımlarla.
3.	Tempo	Sürekli ve düzenli gelişerek.	Aralıklı ve gelişim düzensiz.
4.	Değişim	Kademeli ve sürekli.	Birdenbire ve geçici.
5.	Katılım	Herkes.	Sınırlı sayıda "Şampiyon".
6.	Yaklaşım	Çoğulcu; gurup çabaları, sistemsel yaklaşım.	Katı bireysellik, bireysel fikir ve çabalar.
7.	Tarz	Koruma ve iyileştirme.	Hurdalama ve yeniden kurma.
8.	Kıvılcım	Konvansiyonel bilgi, çağdaş.	Teknoloji, yeni keşifler, yeni teoriler.
9.	Uygulama için gereksinim	Küçük yatırım, korumaya dönük yoğun çaba.	Büyük yatırım ve korumaya yönünde az çaba.
10.	Çaba yönetimi	İnsan.	Teknoloji.
11.	Değerlendirme kriteri	Daha iyi sonuca yönelik yöntem ve çabalar.	Kar amacına yönelik sonuçlar.
12.	Avantaj	Yavaş giden ekonomide iyi işler.	Hızlı gelişen ekonomilere daha uygun.

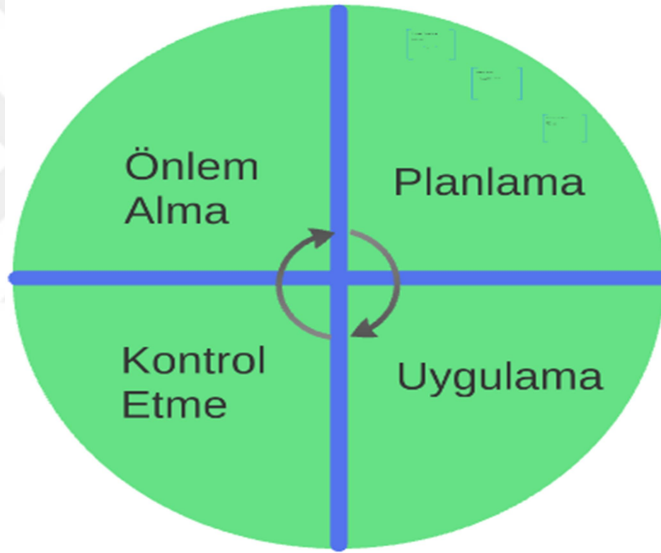
Kaynak: İmai, 1994: 24

Kaizen aynı zamanda bir problem çözme yöntemidir. Problemin çözülmesi ile birlikte iyileştirme her seferinde daha ileriye taşınır. Ulaşılan bu yeni düzeyi pekiştirmek için standartlaşma olmalıdır. Çalışılan yerde standartların oluşturulup

korunması gerekir. Çalışanlar bu standartlara göre uygulamaları yürütür. Koruma bu standartların eğitim ve disiplinle sürdürmektir. İyileştirme ise standardın ileriye götürülmesidir. Kısaca standardı koru ve iyileştir anlamındadır (İmai, 1994: 7).

Kaizen çalışmalarının bu kadar güçlü olmasının bir nedeni de, tüm organizasyona bilimsel bir yaklaşım olan PUKÖ döngüsü aracılığıyla problemleri nasıl çözüleceğini öğretmesidir. PUKÖ döngüsü doğru bir şekilde yürütüldüğünde, odak noktası mükemmelliği beklemek yerine onu aramak olur ve tamamen yanlış olmak yerine doğruya doğru yaklaşmak olur (Martin ve Osterling, 2007: 23). PUKÖ döngüsünün uygulama adımları ve birbirleri ile olan bağlantıları şekil 10'da gösterilmiştir.

Şekil 10: PUKÖ Döngüsü



PUKÖ döngüsünü, yaşıantımızda karşılaşılan problemlerin çözümünde ve bir süreçte daha iyisini nasıl yapabiliriz düşüncesiyle de kullanabiliriz. Hangi durumlarda kullanılabileceğimizi aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1. Sürekli iyileştirmede,
2. Proje geliştirmede,
3. Problem çözmede,
4. Tasarım yapmada, kullanılabilir.

Yapılan araştırmalarda, kaizen uygulamalarının çeşitlendirilmesi genel olarak hızlı, standart ve genişletilmiş olarak rastlanmaktadır (Uluskan, 2019: 167-170):

1. Hızlı Kaizen: Küçük kaizen olarakta bilinmektedir. Kök neden analizi çalışmalarının gerekmediği, çok sayıda küçük iyileştirmeleri içeren ve bir veya iki haftalık süreçte uygulamaya geçirilebilen kaizen çeşitidir. Karmaşık olmayıp 2 kişi ile yürütülebilir, genelde iş sağlığı ve güvenliği gibi mevcut durumun fiziksel iyileştirme çalışmalarıdır.
2. Standart Kaizen: Büyük kaizen olarakta bilinmektedir. Orta büyüklükteki iyileştirme çalışmaları gerektiren, 3-4 kişi ile uygulanabilecek kaizen çeşitidir. Araştırma ve veri toplama gibi istatistiki çalışmalar yapılarak sıklıkla rastlanmayan biraz daha karmaşık problemlerin özömlenmesinde kullanılır. Kök neden analizi yapılarak karşı önlemlerin alınmasını ve sonuçların sürdürülebilir olması hedeflenir.
3. Genişletilmiş Kaizen: Yönetim seviyesinde kaizen olarakta bilinmektedir. Uzun süren ve daha fazla katılımcı gerektiren, karmaşık ve devamlı karşılaşılan problemlerin özömlenmesinde uygulanan bir metottur. Kaizen ekibinde kişi sayısının fazla olmasının sebebi farklı bakış açılarını ele alabilmektir. Genişletilmiş Kaizen, teknik uzmanlığın gerektiği, detaylı analizlerin yapıldığı ve daha fazla süreci kapsayan çalışmalardır.

İKİNCİ BÖLÜM

DEĞER AKIŞ HARİTALAMA

(DAH-VSM)

Değer akış haritalama (DAH) yalın üretimin temelini oluşturur. DAH’ma, süreç, parça ve bilgi akışlarının siparişin alınmasından ürünün müşteriye teslimatına kadar geçen tüm değer üreten ve üretmeyen faaliyetlerin standart semboller kullanılarak bir kâğıt üzerinde resmedilmesidir. Amaç, tüm süreç boyunca değer yaratan ve yaratmayan tüm faaliyetlerin herkesin anlayacağı şekilde görülebilir olmasını sağlamaktır. Haritaya bakılarak mevcut durum hakkında kısa sürede bilgi sahibi olunur. Süreç, malzeme ve bilgi akışlarının nasıl olduğu, nerde ve nasıl engellendiği kolayca görülebilir. Görülen bu engellere karşı eylem planı oluşturarak isafaların ortadan kaldırıldığı bir akış elde edilir. Değer akış haritalama, değer nasıl aktığı, ürünün nerelerde beklediği ve bilgi akışının nasıl olduğuna bakılması gerekliliğinden, sahaya bizzat gidilip yerinde izlenmesi ile başarılabılır (Apilioğulları, 2013: 61).

Değer akış haritalama sürekli iyileştirme felsefesini uygulayacak işletmeler için kullanılabilecek etkili bir tekniktir. Değer akış haritalama uygulaması ile mevcut ürün değer akışının görülmesi, süreçteki israf kaynaklarının meydana çıkarılması ve akıştaki iyileştirilmesi gereken yerlerin fark edilmesi mümkün olmaktadır. Değer yaratan ve değer yaratmayan faaliyetlerin fark edilmesini kolaylaştıran bu teknik işletmelere, rekabet içinde olduğu diğer işletmelere karşı hız, fiyat ve doğru ürün konusunda avantajlı olmasına, çalışanlarının etkin ve verimli olmasına ve işletmelerin müşteriye odaklanmasına olanak sağlamaktadır. İşletmeler, israfların yok edilerek kaynakların etkin kullanılması, hammaddenin hızlı şekilde ürüne dönüştürülmesi, birçok ürünün birbirlerinin akışını engellemeyecek şekilde üretilmesi, teslimat süresinin kısaltılması, maliyetlerin düşürülmesi ve karlılığın artırılması amacıyla değer akış haritası çizmektedir (Sarı, 2018: 70).

2.1. DEĞER AKIŞ HARİTALAMANIN ÖNEMİ VE GEREKLİLİĞİ

Değer, müşterinin bedelini ödemeye razı olduğu ürün ya da hizmetin şekline, fonksiyonuna olumlu etki eden değer zincirindeki tüm faaliyetlerdir (Apilioğulları, 2013: 56). Değer akışı, akış süreci boyunca bir ürünü meydana gelmesi için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin tümüdür. Değer akışı

haritalama, ürünün değer akışı boyunca malzeme ve bilgi akışını görüp anlamamızı sağlayan kâğıt kalem tekniğidir. Müşteriden tedarikçiye ürünün üretim yolu takip edilerek, malzeme ve bilgi akışında yer alan her aşama sembolize edilerek çizilir. Değer akış haritalama; ürünün değer akışını görünür hale getirilmesine, değer ve israfların birbirinden ayrılmasına, israf kaynaklarının görülmesine ve ürün akışında iyileştirme noktalarının fark edilmesini sağlayan bir tekniktir. DAH sadece tek süreçte değil aynı zamanda bir bütün olarak tüm süreçlerde iyileştirme olanağı sunar. DAH'nın neden gerekli bir araçtır sorusunun gerekçeleri aşağıda sıralanmıştır (Rother ve Shook, 1999: 3-4):

- Üretimde tek bir süreçten daha fazlasının görülmesine katkı sağlar. Akış görülebilir.
- Sadece israflar değil aynı zamanda israf kaynakları da görülür.
- Süreçlerinde kullanılan semboller ile ortak bir dilinin oluşmasını sağlar.
- Akışta her şey görünür olduğundan tartışılabilmektedir, sahada alınan kararlar hatalı olabilmektedir.
- Yalın teknikler ile kavramları birbirine bağlar.
- Yalın uygulama için bir tatbik planına temel oluşturur.
- Malzeme ve bilgi akışı arasındaki ilişkiyi gösterir.
- DAH, akış yaratmak için fabrikanızı nasıl çalıştırmanız gerektiğini detaylı olarak gösteren nitel bir araçtır. DAH nicel verilerin değiştirmek için neler yapılması gerektiğini tanımlamak için yardımcı olur.

Değer akış haritalama, süreçteki israfların ortadan kaldırılması için bir araç olup, süreç boyunca ürün akışında nerede değer eklendiğini ve nerede değer eklenmediğini çözümlemede grafiksel bir yol göstericidir (Yüksel, 2009: 190).

Değer akış haritalamadaki asıl amaç yalın kavramlara dayanan gelecek durumun yaratılmasıdır. Değer akış haritalamanın daha iyi yapılabilmesi için bir dizi kurallar takip edilmelidir ve bu kurallar yedi sorudan oluşur. Bu soruların cevaplandırılması ile gelecek durum haritası çizilebilir (Locher, 2008: 55):

- Müşterinin asıl neye ihtiyacı vardır?
- Müşteri ihtiyaçları için performansımızı ne sıklıkla kontrol etmeliyiz?
- Hangi adımlar değer yaratıyor ve hangi adımlar israf yaratıyor?
- En az kesintiyle akışı nasıl sağlarız?
- Kesintiler arasında bağlantıyı nasıl sağlar ve nasıl kontrol edebiliriz?
- İş yükü nasıl dengelenmelidir?
- Hangi süreç iyileştirmeleri gereklidir?

2.2. DEĞER AKIŞ HARİTALAMADA KULLANILAN SEMBOL VE PARAMETRELER

Değer akış haritalamada kullanılan semboller; bilgi akışı, malzeme akışı ve genel olmak üzere üç kategoride toplanmıştır. Bu sembolleri kullanmada amaç, haritayı inceleyen herkesin anlayabileceği şekilde ortak bir dil oluşturmaktır. İlgili semboller tezin ekler bölümüne sunulmuştur.

Değer akış haritalama oluşturulurken bir dizi ölçüt kavramlar kullanılmaktadır. Müşteriden tedarikçiye giden her istasyonda kullanılan bu ölçüt kavramalar bize bir dizi veriler sağlar. Bu verileri analiz ederek bilgi sahibi olur, değer akışında iyileştirmeler yaparız. DAH kullanılan bu ölçüt kavramlar sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.

- **Çevrim Süresi (C/T-Cycle Time):** Bir operasyonun başlangıcından bitimine kadar geçen işlem süresidir. Diğer bir deyişle, bir süreç tarafından parça veya ürünün tamamlama sıklığıdır. Fakat takt zamanı kavramı ile karıştırılmamalıdır çünkü takt zamanı müşteri talebine göre belirlenir (Tapping ve diğerleri, 2002: 57).
- **Takt Zamanı (Takt Time):** Takt zamanı müşterinin ürün isteme sıklığıdır. Diğer bir anlatımla, müşteri isteklerini karşılamak için satış düzeyine bağlı olarak bir ürünü hangi sıklıkla üretmemiz gerektiğini belirtir. Takt zamanı, vardiya başına net çalışma süresinin vardiya başına müşteri talebine bölünmesi ile hesaplanır. Takt zamanı genellikle saniye cinsinden ifade edilir. Ürüne veya endüstriye göre saat, gün ve hafta da olabilmektedir (Cudney, 2009: 51). Örneğin bir vardiya süresi 8 saat olsun, bu vardiya içinde 1 saat yemek molası ve iki kerede 30 dakikalık mola verilsin ve müşteri talebini de vardiya başına 400 adet ürün olduğunu varsayalım. Net çalışma süresi mollar çıkarıldıktan sonra saniye cinsinden 21.600 olarak bulunur. Bu saniye cinsinden bulunan net çalışma zamanını, müşteri talep sayısına böldüğümüzde 54 sn./parça bulunur. Bunun anlamı, müşteri her 54 saniyede bizden ürün istemektedir ve bizim ürün üretmek için hedef süremizi oluşturur. Takt zamanını kullanılmasıdaki amaç üretim hızı ile satış hızını senkronize etmektir.

- **Katma Değer Yaratan Süre (V/A-Value Added Time):** Müşterinin parasını ödemeyi kabul ettiği şekilde ürünü dönüştüren iş elemanlarının süresi olarak kabul edilir (Rother ve Shook, 1999: 21).
- **Değer Yaratmayan Süre (Nonevalue Added Time):** Müşteri bakış açısıyla ürüne maliyet ekleyip fakat değer katmayan faaliyetler için kullanılan süre olarak kabul edilir. Örneğin, stok, kontrol ve yeniden işlemler gibi sıralanabilir (Marchwinski ve diğerleri, 2008: 12).
- **Akış Süresi (L/T- lead Time):** Bir parçanın, bir süreçte veya değer akışında, başlangıçtan sona hareketi boyunca geçen süredir (Rother ve Shook, 1999: 21).
- **Uptime:** Makine kullanım oranıdır. Makinanın kullanılabilir zamanından model dönüşümü, arıza, bekleme zamanın çıkarılması ile elde edilen gerçek çalışma zamanın kullanılabilir zamana bölünmesi ile oran olarak bulunur. Uptime bize bir süreçte kullanılabilir zamanın ne kadar iyi kullanıldığını bir bakışta gösterir (Tapping ve diğerleri, 2002: 87, 97).
- **Model Değiştirme Süresi (C/O-Changeover):** Bir ürün modelinden diğer ürün modeline geçiş süresidir (Marchwinski ve diğerleri, 2008: 8).
- **Pitch (Dilim):** Bir paket/kasa ürünün yapılması için gerekli olan zamandır. Bir kasa içindeki ürün sayısı ile takt zamanın çarpılması ile bulunur (Marchwinski ve diğerleri, 2008: 72). Örneğin takt zamanı 30 sn. ve kasa kapasitesi 20 parça ise bunların çarpımı ile dilim 10 dk. olur. 1 dilim=10 dk.= 1 kasa.
- **Üretim Parti Büyüklüğü (EPE-Every Part Every):** Üretim parti büyüklüğüdür (Rother ve Shook, 1999: 20). Örneğin her üç dilimde bir, bir ürün tipinden diğer ürün tipine model değiştiriliyorsa üretim parti büyüklüğü üç dilim parça demektir. Amaç, bütün parça çeşitlerinden üretmek için hangi sıklıkla model değişimi yapılacağını tanımlamaktır.
- **Operatör Sayısı:** İlgili istasyonda çalışan sayısıdır.
- **Çalışabilir Süre:** Bir vardiya süresinden, mola, toplantı, temizlik vb. çıkarıldıktan sonra geriye kalan net çalışılabilir süredir.
- **Süreçler Arası Stok Miktarı (WIP):** Süreçler arasında bekleyen yarı mamul parçalardır. Süreçler arası stok miktarı değer akış haritalamada güne dönüştürülür. Gün olarak şöyle hesaplanır, Her süreç arasındaki stok miktarı günlük müşteri talebine bölünerek bulunur.

- **Kusurlu Üretim Oranı:** Kusurlu oranı, hurda veya yeniden işlenen ürünlerin süreç boyunca işlenen toplam ürüne bölünmesi ile oran olarak bulunur (Nash ve Poling, 2008: 88).
- **Toplam Ekipman Etkinliği (OEE-Overall Equipment Effectiveness):** Bir üretim faaliyetinin ne kadar verimli kullanıldığının ölçüsüdür. Toplam ekipman etkinliği formülü şu şekilde hesaplanır. $OEE = \text{Kullanılabilirlik (\%)} \times \text{Performans (\%)} \times \text{Kalite (\%)}$ ile belirlenir.

2.3. DEĞER AKIŞ HARİTALAMAYLA İLGİLİ ÖN BİLGİLERİN TOPLANMASI

Değer akış haritalamaya başlamadan önce bir takım verilerin toplanması için hazırlanan sorulara cevaplandırmak haritalamada kolaylık sağlayacaktır. Bu sorular aşağıda listelenmiştir (Nash ve Poling, 2008: 88):

Müşteriye ait veriler:

1. Müşteri kimdir?
2. Müşterinin gerçek talebi nedir? (Ürün ailesi şekliymi veya tek ürün modelimi. Günlük, haftalık, aylık sipariş şekliymi?)
3. Birden fazla ürün varsa ürün karması nedir?
4. Müşteri ne sıklıkla ürün siparişi verir?
5. Müşteri bir tahmin verir mi?
6. Müşteriye ne sıklıkla ürün teslimatı yapılır?

Tedarikçiye ait veriler:

1. Tedarikçi kimdir?
2. Tedarikçiye ne sıklıkla sipariş verilir?
3. Tedarikçiye tahmin veriliyor mu?
4. Tedarikçi ne sıklıkla dağıtım yapmaktadır?

Değer Akış Çalışma Verileri:

1. Değer akışı boyunca kaç vardiya vardır?
2. Bir vardiya süresi ne kadardır?
3. Bir vardiyada kaç mola var, yemek molası ve süreleri nedir?
4. Molalarda otomatik süreç duruyor mu?
5. Molalarda manuel süreç duruyor mu?
6. Vardiya öncesi ve sonrası toplantı yapılıyor mu, süresi ne kadar?
7. Vardiya süresince temizlik planı varmı, süresi ne kadar?

Değer Akış Kontrol Verileri:

1. Üretimi kim veya ne kontrol eder?
2. Bu kontrol noktasında bir kişimi var veya bölüm mü?
3. Üretimi kontrol etmek için otomatik bir sistem kullanılıyor mu?
4. Otomatik sistemde MRP veya ERP'ni kullanılıyor?

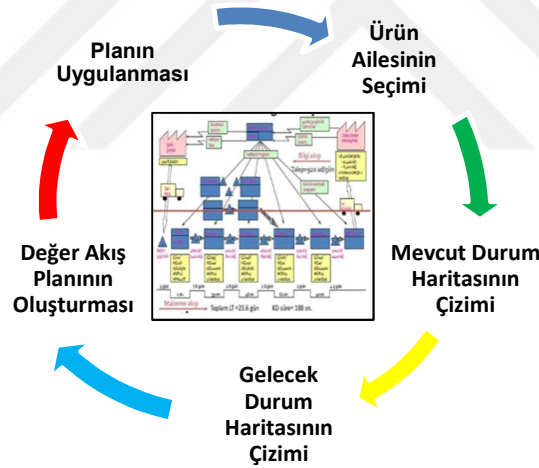
2.4. DEĞER AKIŞ HARİTALAMANIN AŞAMALARI

Rother ve Shook'un "Görmeyi Öğrenmek" kitabı baştan sona dikkatli bir şekilde incelendiğinde DAH uygulama açıklamalarını ayrıntılı olarak aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Rother ve Shook, 1999: 3-100):

1. Değer akış yöneticisi belirlenir. Değer akış yöneticisi uygulamanın tüm boyutlarını takip eder ve üst yönetime raporlar. Konusunda kabiliyetli bir kişi olmalıdır.
2. Tek bir ürün ailesi seçilip ona odaklanılır ve DAH'ma bu ürün ailesi üzerinden yapılır.
3. Haritalama ürün ailesi için kapıdan kapıya süreç adımları boyunca yapılır. Ürün ailesi için fabrika içinde "kapıdan kapıya"nın anlamı, sınırları belirlenmiş olan süreç boyunca, malzeme ve bilgi akışını süreç adımları boyunca yürüterek ve onları çizerek şematik hale getirmek demektir.
4. Hem malzeme hem de bilgi akışı her ikisi birlikte haritalamaya dâhildir.
5. Süreç akışlarını sembollerle gösteren mevcut durum değer akış haritalaması yapılır.
6. Mevcut durum haritalaması yapılırken model değişim süresi (C/O), çevrim süresi (C/T), operatör sayısı, makine kullanım oranı (Uptime) vb. bilgiler toplanır ve haritada proses bilgi kutularına kaydedilir.
7. Mevcut durum haritasına bakılarak değer yaratan ve değer yaratmayan faaliyetler birbirinden ayrıştırılır. İsraf, israf kaynakları ve değer akışını engelleyen durumlar ortadan kaldırılır ve iyileştirmeler yapılarak gelecek durum değer akış haritası çizilir. İyileştirmelerde hem akış kaizen'i (değer akış iyileştirme) hem de proses kaizen'ine (israfları yok etme) odaklanılır.
8. Değer akışının gelecek durum haritası tasarımındaki gibi akması için yapılacak iyileştirmelere yönelik bir iş planı oluşturulur ve zamana yayılarak uygulanır.
9. İyileştirmenin devamlılığı için yeni bir gelecek durumu tekrar yapılır.

Değer akış haritalama uygulama açıklamasını ve gerekliliğini kısaca şu şekilde özetlemek mümkündür. Değer akış haritalaması konusunda uzman bir kişinin yönetimi ile yapılan bir ekip çalışmasıdır. En iyi şekilde A3 kâğıdı üzerine kurşun kalem kullanılarak sahada gözleyerek yapılabilir. Müşteriden başlayıp geriye doğru tedarikçiye kadar giden süreçlerdeki bilgiler toplanıp yazılır. Bu bilgiler üretim akışı içinde hem malzeme hareketi hem de bilgi akışını kapsamalıdır. Değer akış haritalama, israf ve israf kaynaklarının görülüp elimine edilmesi yardım eden bir metottur. DAH'da amaç, ürüne değer katan ve katmayan faaliyetlerin ayırt edilmesi için görsel olarak betimleme yapmak ve arkasından yapılacak iyileştirmelerle değer akışını sağlamaktır. Bu metodun aşamaları şekil 11'de görüldüğü üzere; ürün ailesinin seçimi, mevcut durum haritasının çizimi, gelecek durum haritasının çizimi ve değer akış planı oluşturularak bu planın uygulanmasının zamana yayılmasından oluşmaktadır. Uygulama aşamalarının açıklamaları sırasıyla devam eden sayfalarda yapılmıştır.

Şekil 11: Değer Akış Haritalamanın Aşamaları



2.4.1. Ürün Ailesinin Seçimi

Haritalamaya başlamadan önce ilk yapılacak iş ürün ailesinin seçilmesidir. Ürün ailesi, temel faaliyet uygulamaları benzer süreç adımlarından geçen ürün gurubudur. Burada asıl amaç sadece bölümlerin fonksiyonlarını değil aynı zamanda bölümler arasındaki bilgi akışını da haritalamaktır. Müşteriden gelen bilgi akışından ürünün işlenmesine ve bir ürün olarak müşteriye sunulması boyunca takip edilmesidir. Bu sebepten haritalamanın konusu olacak belirli ürün ailesi net bir şekilde tanımlanmalıdır (Locher, 2008: 4).

Doğru anlaşılması gereken nokta, sadece bir ürün ailesi üzerine odaklanılması gerekliliğidir. Müşteriler sizin belirlediğiniz ürünlerle değil kendilerinin belirli ürünleri ile ilgilenirler. Ürün ailesi müşteri gözüyle tanımlanmalıdır. Bir ürün ailesi, birbirine yakın süreçlerden geçen ve özellikle üretimin son evresindeki süreçlerde ortak ekipman kullanan ürün gurubundan oluşur. Ürün ailesi, partiler halinde birçok ürün ailesine hizmet eden ve üretimin ilk evrelerinde bulunan süreçlere bakarak tanımlanmamalıdır. Seçilen ürün ailesinin ne olduğu, ürün ailesi içinde kaç tane bitmiş farklı ürün numarası olduğu, müşteri tarafından ne sıklıkla ve ne kadar talep edildiği yazılmalıdır. Ürün karması karışık ise ürünler bir ekseninde, süreç adımları diğer ekseninde, şekil 12’de görüldüğü gibi matris oluşturularak seçilebilir (Rother ve Shook, 1999: 6).

Şekil 12: Ürün Ailesi Matrisi Örneği

		Montaj Adımları ve Ekipmanlar							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ÜRÜNLER	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Bir Ürün Ailesi

Kaynak: Rother ve Shook, 1999: 6

Ürün ailesinin seçiminde kullanılan diğer bir yöntem ise ürün miktarına bağlı olarak pareto diyagramı çizilmesidir. Tapping, ürün ailesinin seçiminde ilk bu yöntemle başlanılmasını önermektedir. Pareto diyagramı, farklı ürün tiplerinin toplam ürünler içinde dağılımının görülebilmesine yardım eder. Ürün çeşitliliğini pareto analizi kullanılarak yapılmasıyla, pareto’nun kuralı olan 80/20’ye göre önemli olan ürün azınlığının önemiz olan çoğunluktan ayrılması mümkün olmaktadır. Yüksek hacimli ürünlerin iyileştirilmesi ilk hedef olmalıdır. Uygulama adımları ise şöyle sıralanabilir (Tapping ve diğerleri, 2002: 28):

1. Ürün çıktıları ile ilgili 3 ila 6 aylık verileri toplayın.
2. Miktar olarak çok olandan azalana doğru liste oluşturun.
3. Bu listeye göre pareto diyagramını oluşturun.
4. Ürün çeşitliliğini analiz edin.

Son olarak ürün ailesinin seçiminde, özellikle yeni başlayanlar için basit bir çubuk grafik oluşturarak yapılabilir. Ürün miktarı için yapılan bu liste, çoktan azalana doğru sıralanır ve çubuk grafik oluşturulur. Daha sonra belirli bir gösterge oranı belirlenerek bu gösterge oranına yakın olanlar ürün ailesi seçilebilir (Tapping ve diğerleri, 2002: 31).

2.4.2. Mevcut Durum Haritasının Çizimi

Gelecek durumun geliştirilmesi mevcut durumun analizi ile mümkün olmaktadır. Bu sebepten mevcut durum ile ilgili bilgiler, malzeme ve bilgi akışı boyunca yürüyerek bizzat haritalamayı yapan tarafından yapılmalıdır. Çizmeye başlamadan önce genel bir fikir edinmek için kapıdan kapıya hızlı bir şekilde yürünmelidir. Daha sonra müşteriden başlayarak akış yönün tersine doğru bilgiler toplanmalıdır. Mevcut veriler genelde iyi zamanda toplanmış verileri yansıttığından, bu verilere güvenmeyerek ölçümler bizzat kendimiz tarafından yapılmalıdır. Bu sebepten yanımızda kronometre bulundurulmalıyız. Haritalamada kullanılacak semboller daha önce bahsedildiği üzere ekler bölümünde açıklanmıştır. Mevcut durum haritalamada aşağıdaki adımlar takip edilerek çizilir (Rother ve Shook, 1999: 13-30; Tapping ve diğerleri, 2002: 84):

1. Müşteri fabrikası haritanın sağ üst köşesine ve tedarikçi fabrikası sol üst köşeye dış kaynak sembolü kullanılarak çizilir. Alt kısımlarına bilgi kutuları yerleştirilir. Tedarikçiden fabrikaya ve fabrikadan müşteriye sevkiyat verileri aylık, haftalık ve günlük şeklinde yazılır ve kamyon/uçak simgesi kullanılır.
2. Üreticinin üretim planlama sembolü, tedarikçi ve müşteri fabrikaları sembollerinin arasına çizilir. Üretim planlamadan tedarikçiye giden satınalma ve müşteriden üretim planlamaya gelen sipariş bilgi akışları (manuel veya elektronik sembol) çizilir ve verileri girilir.
3. Ana üretim süreçleri, proses kutuları kullanılarak haritanın alt kısımlarına çizilir ve altlarına bilgi kutuları yerleştirilir. Bu kutulara toplanan veriler yazılır ve üretim planlamadan süreçlere giden bilgi akışları çizilir.
4. Ara stok miktarını göstermek için süreçler arasına üçgen simgesi çizilir ve altına miktarı yazılır. Daha sonra bu stok miktarı güne dönüştürülür. Stok miktarının kaç güne karşılık geldiği, stok miktarının müşteri talebine bölünmesi ile elde edilir.

5. Bir sonraki sürecin ihtiyacının karşılanmasını göstermek için itme veya çekme sembolleri kullanılır.
6. Son olarak, haritanın en alt kısmına bir zaman çizgisi eklenerek süreç boyunca elde edilen veriler bu çizgi üzerine yazılır. Daha sonra bu verilerin toplamı sağ alt köşeye yazılarak, toplam akış süresi (L/T) ve işlem süresi bulunur. Bu iki süre, ürüne değer katan ve değer katmayan faaliyetlerin süreleridir.

2.4.3. Gelecek Durum Haritasının Çizimi

Değer akış süreci boyunca aşağıda yazılı yalın unsurları her zaman akılda tutmak faydalı olacaktır (Tapping ve diğerleri, 2002: 10):

- Değeri müşteri gözüyle tanımlayın,
- Değer akımını belirleyin,
- Yedi israfı yok edin,
- Akışı sağlayın,
- Üründe itmeyi değil çekmeyi yapın,
- Mükemmelliği arayın.

Mevcut durum değer akış haritalama sonrası en kısa sürede gelecek durum değer akış haritası yapılarak israf ve israf kaynakları ortadan kaldırılmalıdır. Gelecek durumun amacı, her sürecin kendi müşterisine sürekli akış, akışın mümkün olmadığı yerde çekme sistemi ile bağlandığı ve her sürecin kendi müşterisinin ihtiyacı olan şeyi ihtiyacı olan zamanda üretmeyi çalıştığı bir zincir oluşturmaktır (Rother ve Shook, 1999: 57).

Gelecek durum haritasında kullanılacak semboller mevcut durum haritasında kullanılan sembollerin birçoğunu kapsamaktadır ve yeni olanlar tezin ekler bölümünde sunulmuştur. İlk olarak aşağıdaki sorular cevaplandırılmalıdır. Bu sorulara verilen cevaplar gelecek durumla ilgili olacağından direk mevcut durum haritası üzerine yazılabilir. Bu sorular cevaplandırıldıktan sonra gelecek durum haritasının oluşturulması kolay olacaktır (Elbert, 2013: 61; Rother ve Shook, 1999: 44-77):

1. Müşteri isteklerini karşılamak için takt zamanı nedir?
2. Müşteriye doğrudan sevkiyat mı yapılacak yoksa müşterinin çekiş yapması için bitmiş ürünler süpermarketi mi tasarlanmalı?
3. Sürekli akış sistemini süreçlerde nerelerde kurmak mümkün?

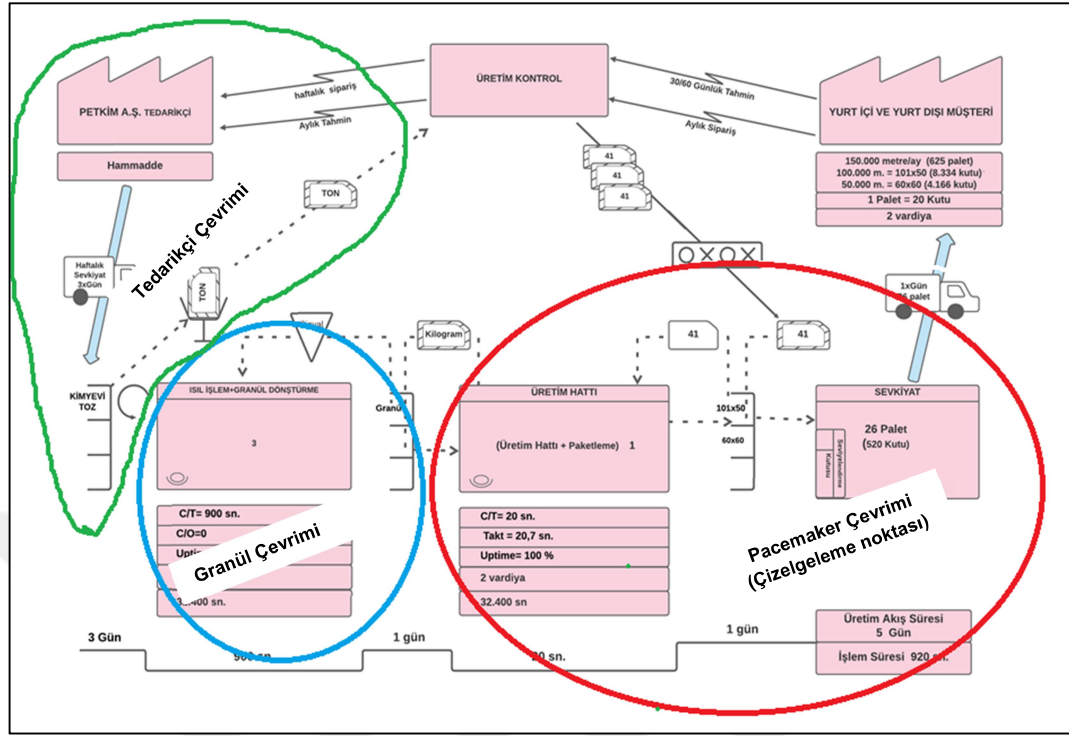
4. Sürekli akıştan önce yer alan süreçlerin üretimini kontrol altına almak için süpermarket çekme sistemi nerelerde kurulmalıdır?
5. Üretim sürecinin hangi noktasına üretim çizelgeleme (pacemaker proses) yapılacak?
6. Çizelgelemenin yapıldığı süreçte, üretim karması nasıl seviyelendirilecek?
7. Çizelgelemeni yapıldığı sürece, ne miktarda iş verip çekilecek?
8. Gelecek durumda değer akışının istenildiği gibi akması için hangi iyileştirmelerin yapılması gereklidir?

Gelecek durum haritasının çizimi, mevcut durum haritasının çiziminde olduğu gibi ilk olarak müşteriden başlanarak yapılır. Yukarıdaki sekiz sorunun cevaplandırılmasından sonra, mevcut durum haritası üzerinde düşünülmüş olan değişiklikler ve iyileştirmeler gelecek durum haritasına yansıtılır. Çizilmiş olan gelecek durum haritasının hayata geçirilmesi için bir plan oluşturulur ve uygulaması zamana yayılır.

2.4.4. Değer Akış Planının Oluşturulması ve Uygulanması

Değer akış haritası, sadece bir sürece değil aynı zamanda üretimdeki tüm akışa bakar. Bu nedenle uygulanacak unsurları bir anda yapma gerekliliği gelecek durum için imkânsız olarak düşünülebilir. Ancak uygulamaları adımlara bölmek kolaylık sağlayacaktır. Gelecek durum uygulama planı ile ilgili en önemli husus, uygulama planını bir dizi tekniğin uygulanması ve ürün aileleri için birbirine bağlı akışlar yaratma süreci olarak düşünmektir. Bunu başarmaya yardımcı olması için gelecek durum haritası çevrimlere ayrılmalıdır. Değer çevrimleri olarak adlandırabileceğimiz bu çevrimleri örneğin, pacemaker (Çizelgeleme noktası) ve diğer çevrimler olarak şekil 13'deki gibi gruplandırılıp daire içine alınabilir. Pacemaker çevrimi, müşteri ile bu süreç arasındaki bilgi ve malzeme akışlarını gösterir ve bu çevrim diğer tüm diğer çevrimleri etkilemektedir. Diğer çevrimler ise her çekiş arasındaki malzeme ve bilgi akışını içerir. Diğer bir ifade ile süpermarket bulunan her nokta diğer çevrimin sonuna karşılık gelir. Değer çevrimlerinin işaretlenip gruplandırılması yapıldıktan sonra her çevrimin iyileştirme adımları uygulamasına geçilebilir (Rother ve Shook, 1999: 86).

Şekil 13: Gelecek Durum Haritasının Çevrimlere Ayrılması



Kaynak: Rother ve Shook, 1999: 89

Gelecek durum haritasında ulaşılmak istenen noktaya varmak için bir plan yaparak zamana yaymak gerekir. Bunun içinde yıllık değer akış planı oluşturulmalıdır. Bu plan, uygulamaları adım adım ne zaman ne yapılacağı, ölçülebilir hedefleri ve gözden geçirecek kişilerin isimleri ile kontrol noktalarını kapsamalıdır. İyileştirmeye nereden ve hangi sıra ile başlanacağı, aşağıdaki konu başlıklarına bakmak, karar vermede yardımcı olabilir. Buna ilaveten bir çevrimden başlanılan iyileştirme faaliyetleri diğer çevrimleri de etkileyeceğinden, iyileştirmeler eş zamanlıda yürütülebilir. Örneğin müşteriye en yakın olarak düşünülen çizelgelemenin yapıldığı çevriminden başlanılan iyileştirme faaliyetinde, bir miktar ilerleme sağlandıktan sonra, diğer çevrimlerde iyileştirme faaliyetlerine geçilerek devam edilebilir (Rother ve Shook, 1999: 90):

- Çalışma ekibinin en iyi anladığı süreç,
- Başarı ihtimalinin yüksek olduğu yer,
- Büyük iyileştirmelerin olabileceği yer.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASI

Uygulama, yalın üretim ve tekniklerini uygulamayan bir üretim işletmesinde yapılmıştır. Tez konusuna yönelik olarak işletmenin ilgili kısımlarında gözlemler yapılmış, çalışanlara konu ilgili sorular yöneltilmiş, verilen cevaplar ve gözlemler doğrultusunda veriler toplanmış, üretim hattı boyunca kapıdan kapıya prensibi gereği süreçlerde ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler ve toplanan veriler ışığında işletmenin mevcut durum değer akış haritası çizilmiştir. Daha sonra işletmenin daha verimli çalışması için toplanan verilerin analizi ile yalın üretim tekniklerinin kullanılması doğrultusunda iyileştirmeler yapılmış ve ardından gelecek durum haritası çizilmiştir. İşletme ticari bir şirket olduğundan gizli kalmasını düşündüğü bir takım konuların ifşa edilmesini istememiştir. Ayrıca işletme, bünyesinde bulunan dört üretim hattından sadece bir üretim hattında ölçümler yapıp verilerin toplanmasına müsaade etmiştir. Uygulamaya yönelik yapılan çalışmalar sırası ile ilerleyen sayfalarda açıklanmıştır.

3.1. UYGULAMANIN AMACI VE KAPSAMI

Yalın üretim, israfları ortadan kaldırarak sürekli iyileştirme faaliyetlerine odaklanır. Müşteri açısından değer yaratan ve değer yaratmayan faaliyetlerin görülmesi gerekir. İşte bu değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin görülmesinin en iyi yöntemlerinden bir tanesi değer akış haritalamadır. Uygulama, hammaddesi kuru kimyevi toz karışımından plastiğe dönüştürülen, uzunluğu standart, farklı çaplarda elektrik kablo kanalları üreten bir işletmede yapılmıştır.

Uygulamaya yönelik ilk adım olan ürün ailesi belirlenmiş, ardından değer akış haritalama için ön bilgiler toplanmış, daha sonra üretim hattına gidilerek ölçüm ve gözlemlerden toplanan veriler doğrultusunda mevcut durum haritası çizilmiştir. Mevcut durumun çizilmesi ile işletmenin üretim süreçleri, imkân kabiliyeti, israf ve israf kaynakları ve değer akışı görülmeye çalışılmıştır. Son aşamada, yapılan iyileştirmeler ile israfların ortadan kalktığı ve değer aktığı bir gelecek durum haritası oluşturulması hedeflenmiştir.

3.2. İŞLETME VE ÜRÜNLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİ

ZENMAC işletmesi İzmir'in Torbalı ilçesi Ayrancılar mevkiinde yer almaktadır. Uygulamanın yapıldığı şirket (şekil 14) 2018 yılında kurulmuştur. Çalışan sayısı otuzun üzerinde olan işletme 1400 metrekare alana konuludur. Standart boyut olan 2 metre (m.) uzunluğunda, örneği şekil 15'te bulunan plastik elektrik kablo kanal ürünleri üretmektedir. İşletmenin yapmış olduğu ürünler, İstanbul merkezli çoğunluğu yurt dışı olmak üzere, yurt dışı ve yurt içi müşterilerine sevk edilmektedir. Üretimi aynı süreçlerinden geçen kablo kanalları çeşit olarak ellinin üzerindedir. Kablo kanallarına olan yoğun talep nedeni ile işletmenin üç vardiya düzeninde çalışması dikkat çekmektedir. Yoğun talebin azaldığı dönemlerde ise sadece üretim hatlarının yavaşlatılması tercih edilmektedir. İşletme genel temizlik ve makine bakımlarını hafta sonlarına planlamaktadır.

Şekil 14: Uygulamanın Yapıldığı Şirket



Şekil 15: Plastik Kablo Kanalı Örneği



Şekil 16: Yarı Mamul Plastik Granül



Kablo kanallarının ham maddesi olan kimyevi tozlar, işletmenin tedarikçisi olan PETKİM A.Ş tarafından aylık olarak karşılanmaktadır. Söz konusu tozlar iki işlemden geçirilerek şekil 16'da örneği gösterilen yarı mamul granül (plastik) haline dönüştürülmektedir. Bir tonluk çuvallara koyulan granül, üretim hatlarının başlarına götürülmektedir. Üretim hatlarında silolara boşaltılan granül, üretim süreçlerinde ayarlanmış olan kalıba göre farklı çaplarda plastik kablo kanalı ve kapağına dönüşmektedir. Üretim hattının son sürecinde 2 metre (m) olarak kesilen kablo kanalları, gerekli kalite kontrolü yapıldıktan sonra manuel olarak paketlenmektedir.

Kalite kontrolü hat sonunda numune alma yöntemini ile uygulamaktadır. Saat başı ölçüm kontrolü yapılırken gün bazında ise alınan numunelere dayanıklılık testi uygulanmaktadır. Ürünlerinde aylık % 4 oranında ıskarta kaybı olan işletme, ıskartaları geri dönüşüme göndererek tekrar kullanmaktadır. İşletme, ürünleri yurt dışına ihraç edildiğinden yılda bir kere TSE, VDE (Almanya elektrik ve elektronik belgesi) ve TÜV (Türk-Avusturya belgesi) tarafından denetime tabi tutulmaktadır.

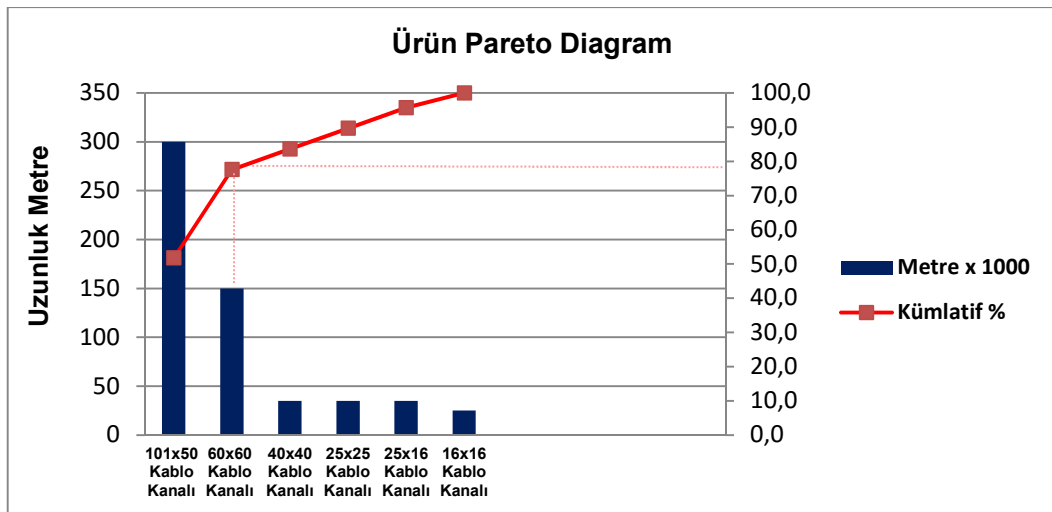
Yapılan gözlem sonunda işletmenin yoğun bir tempoda çalışması, aynı tipte farklı çapta ürün yelpazesinin olması ve değişken müşteri taleplerini karşılamak için üretim yapmasına rağmen yalın üretim konusunda herhangi bir girişimi ve tecrübesi olmadığından, şirket yetkililerinin de kabul etmesiyle uygulama için kendileri seçilmiştir.

3.3. ÜRÜN AİLESİNİN SEÇİLMESİ

Değer akış haritalamanın ilk adımı ürün ailesinin belirlenmesidir. İşletmede aynı tipte farklı çapta kablo kanalları, aynı süreçlerden geçerek ve aynı hızda üretilmektedir. İşletmede elliden fazla çeşitte kablo kanalı ve kapaklarının üretimi yapılmaktadır. En büyük çaplar olan 101x50 milimetre (mm) ve 60x60 mm. kablo kanalları, aynı üretim hattında dönüşümlü kalıp değişimi yapılarak sadece gövdesi üretilirken, kapağı ise bitişindeki diğer hat üzerinde üretilmektedir. Bunun dışında kalan farklı çapta kablo kanalları ve kapakları, aynı hatta aynı kalıp üzerinden birlikte üretilmektedir. İşletmenin son üç aylık müşteri siparişleri incelendiğinde, 101x50 ve 60x60 mm. çapta kablo kanalı ürünlerinin diğer kablo kanalı ürünlerinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu ürünlerden 101x50 mm. için aylık 100.000 m. ve 60x60 mm. için aylık 50.000 m. üretimi bulunmaktadır. Ayrıca, teze yönelik çalışmaların yapıldığı dönemde, söz konusu ürünlerin aylık siparişi ileriye dönük olarak devam etmektedir.

Ürün ailesinin seçiminde, tezin ikinci bölümünde anlatılan yöntemlerden müşteri talebinde miktar dikkate alınarak pareto diyagramı tercih edilmiştir. Bu doğrultuda son üç aylık siparişleri içeren, üretim miktarına bağlı olarak pareto diyagramı oluşturulmuştur. Üretim miktarı dikkate alınarak oluşturulan tablo 6 ve 7 analiz edilmesi sonucunda, 101x50 ve 60x60 mm. çaplarındaki kablo kanalları ürün ailesi olarak seçilmiştir. Bu iki ürün, yukarıda bahsedildiği üzere aynı hatta dönüşümlü olarak üretilmektedir. Ayrıca diğer ürünler, seçilen ürün ailesi gibi aynı süreçlerden geçtiğinden yapılacak iyileştirmeler diğer ürünlere de örnek olacaktır.

Tablo 6: Son Üç Aylık Kablo Kanalı Ürünleri Pareto Diyagramı



Tablo 7: Son Üç Aylık Kablo Kanalı Ürünleri Pareto Diyagram Verileri

Uzunluk	Metrex1000	Toplam Metrex1000	Kümülatif %
101x50 Kablo Kanalı	300	300	51,7
60x60 Kablo Kanalı	150	450	77,6
40x40 Kablo Kanalı	35	485	83,6
25x25 Kablo Kanalı	35	520	89,7
25x16 Kablo Kanalı	35	555	95,7
16x16 Kablo Kanalı	25	580	100,0

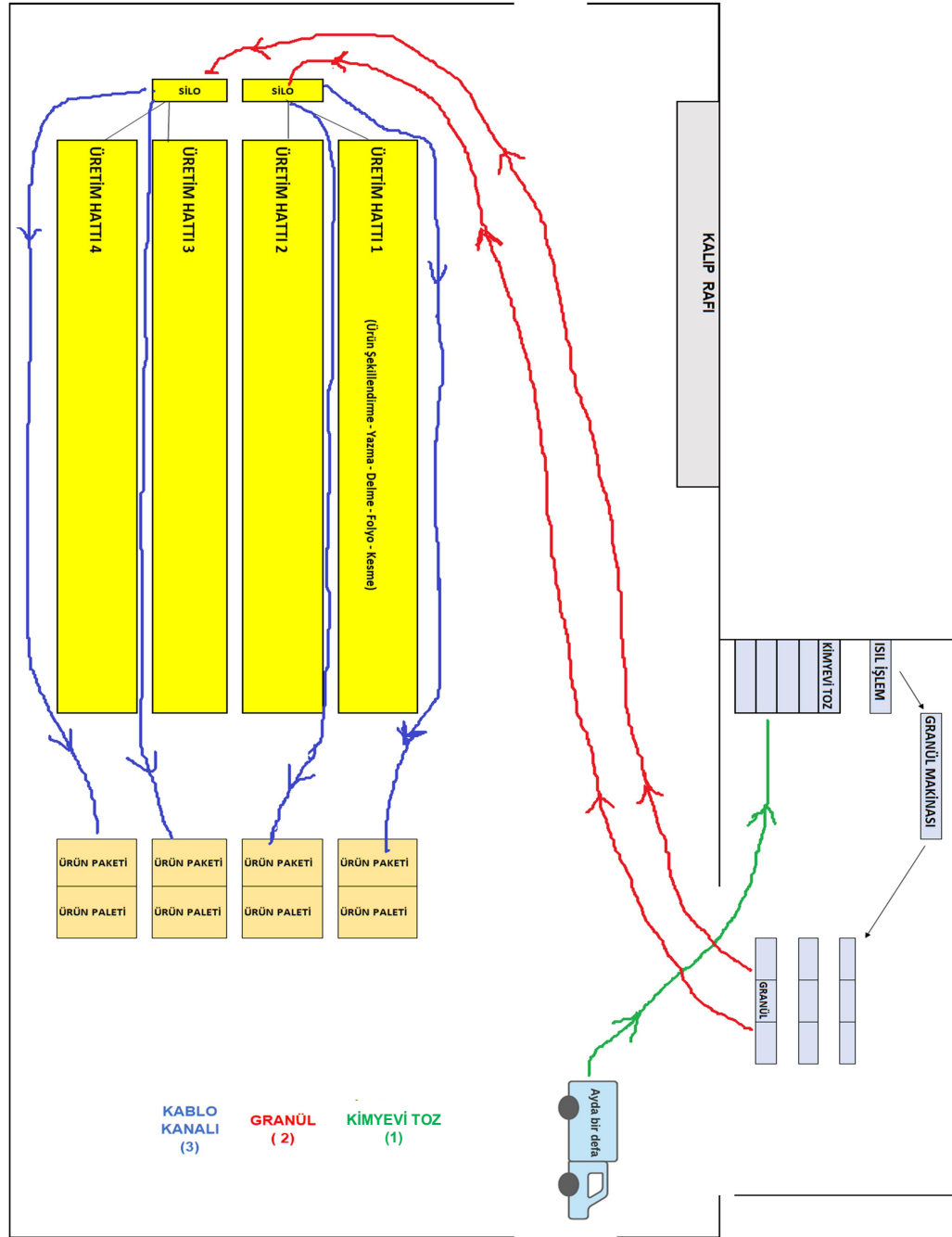
Spagetti diyagramı, süreç boyunca bir malzeme veya faaliyetin takip ettiği yolun, akış çizgisi kullanılarak görsel olarak ifade edilmesidir. İş akışındaki israfları ve sürecin daha hızlı akması için fırsatların görülmesini olanak sağlar.

Ürün ailesinin hammaddeden mamule dönüşüp paketleninceye kadar olan süreçleri, üretim sahasında izlenerek akışı takip edilmiştir. Bu doğrultuda ürün ailesinin akışı ve akıştaki süreçleri, görsel olarak daha anlaşılır olması amacıyla, üretimin yapıldığı bir numaralı hat ile birlikte diğer üretim hatlarını da kapsayacak şekilde çizilen spagetti diyagramı şekil 17’de sunulmuştur. Oluşturulan diyagramda ürün ailesinin akışı, süreç içi işlemler dikkate alınmadan şu üç adımdan oluşmaktadır:

1. Hammaddenin kamyonlardan granül dönüştürme odasına taşınması,
2. Granülün granül dönüştürme odasından üretim hatlarının başına taşınması,
3. Granülün kablo kanalına dönüşmesi ve paketlenerek sevkiyat alanına taşınmasıdır.

Fabrika yapılan gözlemler ile oluşturulmuş olan şekil 17’deki spagetti diyagramı incelendiğinde, granül çuvallarının granül dönüştürme odasından üretim hatlarının başına taşınmasında, gereksiz taşıma israfının olduğu görülmektedir. Granül çuvallarının granül dönüştürme odasından üretim hatlarının başına taşınmasında, uzun mesafe taşıma yapılmaktadır. Bu israfın ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi için yapılacak iyileştirmeler, tezin ilerleyen bölümlerinde yapılacak iyileştirme projeleri altında incelenecektir.

Şekil 17: Üretim Düzeni ve Spagetti Diyagramı



3.4. MEVCUT DURUM DEĞER AKIŞ HARİTASININ ÇİZİLMESİ

Mevcut durum haritasının oluşturulmasına yönelik ilk olarak işletmede ön bilgiler toplanmış, ardından süreçlerde ölçümler yapılarak veriler derlenmiş ve son olarak toplanan verilerin analizi yapılarak harita çizilmiştir. Yapılan bu çalışmaların açıklamaları ve haritanın çizilmesi, ilerleyen sayfalarda sunulmuştur.

3.4.1. Haritalama İçin Ön Bilgilerin Toplanması

Değer akış haritalamaya başlamadan önce bir dizi soruların cevaplandırılması, mevcut durum haritalamada ve gelecek durum haritalamada kolaylık sağlayacaktır. Form haline getirilerek hazırlanan bu soruların cevapları, üretim işletmesinde doldurulmuştur. Sorulara verilen cevaplar ilerleyen sayfalarda mevcut ve gelecek durum haritalarında kullanılmak üzere tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8: Haritama Öncesi Veri Toplama Formu

Müşteri Verileri		
1	Müşteri kimdir?	Yurt dışı ve yurt içi müşteriler.
2	Müşterinin gerçek talebi nedir? (Ürün ailesi şekli, ailesi veya tek ürün modelimi. Günlük, haftalık, aylık sipariş şekli?)	Ürün ailesi şeklinde 101x50 ve 60x60 mm. çapında iki ürün. Her iki ürün için aylık sipariş toplamı 150.000 m.
3	Müşteri ne sıklıkla ürün sipariş verir?	Ayda bir.
4	Müşteri bir tahmin verir mi?	30/60 gün olarak verir.
5	Müşteriye ne sıklıkla ürün teslimatı yapılır?	Genel olarak iki günde bir, gecikmelerde üç günde. Kamyonla sevkiyat.
Tedarikçi Verileri		
1	Tedarikçi kimdir?	PETKİM Petrokimya Holding A.Ş.
2	Tedarikçiye ne sıklıkla sipariş verilir?	Ayda bir mail gönderilir.
3	Tedarikçiye tahmin veriliyor mu?	Aylık ve iki aylık.
4	Tedarikçi ne sıklıkla dağıtım yapmakta?	Ayda bir.
Değer Akış Çalışma Verileri		
1	Değer akışı boyunca kaç vardiya vardır?	Granül dönüştürme süreci tek vardiya, üretim hattı üç vardiya.
2	Bir vardiya süresi ne kadardır?	8 saat.
3	Bir vardiyada kaç mola var, yemek molası ve süreleri nedir?	Vardiya içinde, 2x15 dk. çay ve 30 dk. yemek molası var. Yemek molası ve ara molalar dönüşümlü kullanılıyor. Üretim hattı çalışması durmuyor.
4	Molalarda otomatik süreç duruyor mu?	Hayır
5	Molalarda manuel süreç duruyor mu?	Hayır
6	Vardiya süresince temizlik planı varmı, süresi ne kadar?	Var, üretim çalışması durmuyor.
7	Vardiya öncesi ve sonrası toplantı yapılıyor mu, süresi ne kadar?	Evet, üretim hattı durmuyor.
Değer Akış Kontrol Verileri		
1	Üretimi kim veya ne kontrol eder?	Üretim şefi ve kalite şefi dönüşümlü kontrol ediyor.
2	Kontrol noktasında bir kişimi var veya bölüm mü?	Üretim şefi veya kalite şefi dönüşümlü yapıyor.
3	Üretimi kontrol etmek için otomatik bir sistem kullanılıyor mu?	Evet
4	Otomatik sistemde MRP veya ERP’ni kullanılıyor?	MRP

3.4.2. Uygulamada Ele Alınacak Sürecin Yapısı ve Bilgileri

İşletmenin muhtelif çapta plastik kablo kanalı üretimi yapan dört adet üretim hattı bulunmaktadır. Bu dört üretim hattında farklı çaplarda üretim yapılsa da yapıları gereği aynı hızda ürün çıktısı olmaktadır. Ürün ağırlıkları farklılık gösterdiğinden, sadece girdi olarak kullanılan yarı mamul granül tüketimleri farklıdır. Tedarikçi, hammadde için ayda bir 100 ton kuru kimyeviye (PVC toz, kalsi toz ve stabilizatör toz) kamyonla işletmeye getirmektedir. İşletme yoğun olarak çalıştığından ayrıca 50 ton kuru kimyeviye fazladan emniyet stoku olarak tutmaktadır. İşletme, hammadde tedarikini aylık olarak tedarikçiye mail atarak gerçekleştirmektedir.

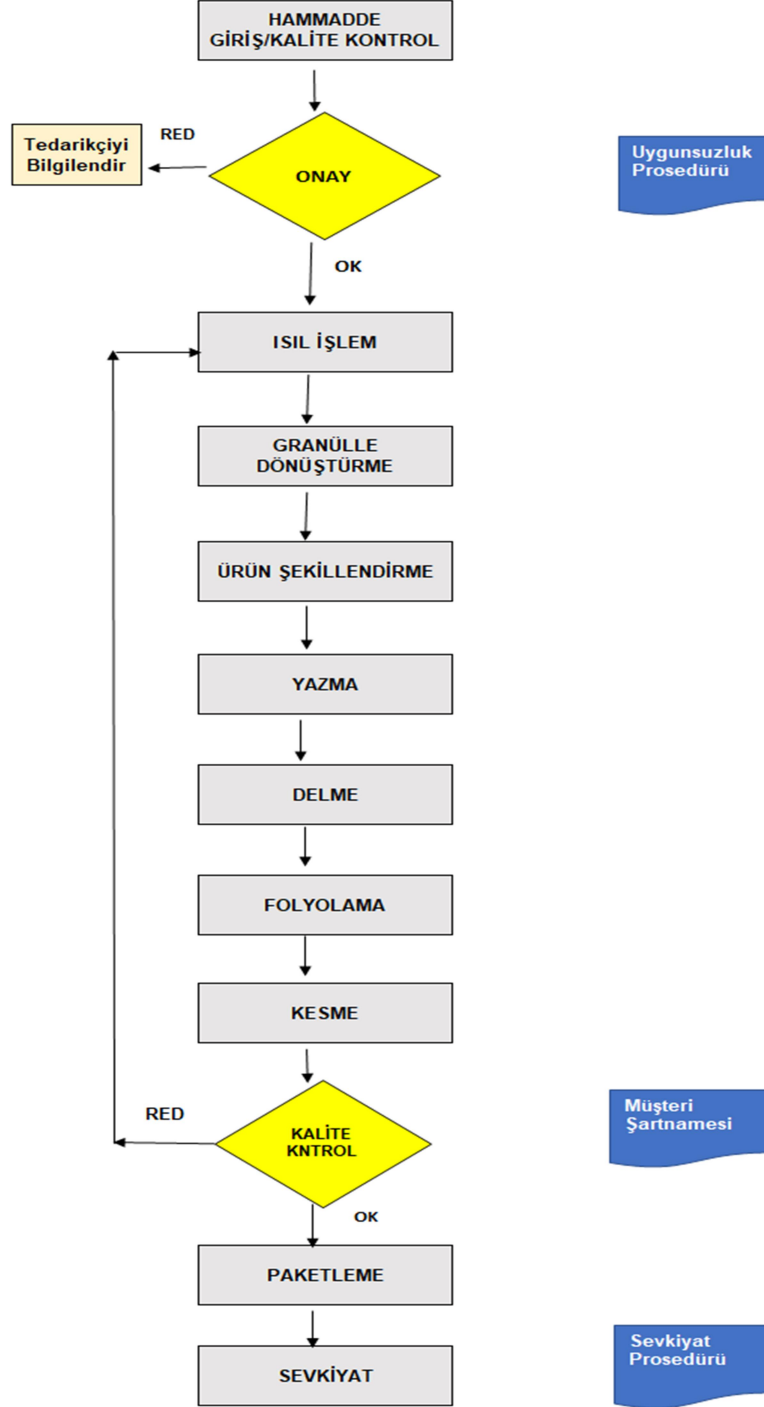
Sürecin genel işleyişi şu şekildedir. Hammadde olan kimyevi tozlar iki işlemten geçirilerek yarı mamul granül haline getirilerek bir tonluk çuvallara koyulur ve üretim hatlarının başlarına mamule dönüşmesi için bırakılır. Granül, aynı üretim hattında 101x50 veya 60x60 mm. çapta plastik kablo kanalı olması için beş işlemeden geçer ve standart uzunluk olan 2 m. boyunda ürün olarak çıkar. Bu beş işlem akan hatta sırası ile otomatik olarak yapılır. Sürecin akış sırası ve işlevleri tablo 9'da kısaca açıklanmıştır.

Tablo 9: Sürecin Akış Sırası

	1.	Isıl işlem	Bu iki sürecin çalışması, üretim hattından ayrı bir yerde yapılmaktadır. Kimyevi tozlar önce ısıl işleme tabi tutulur, ardından granül dönüştürme makinasına aktararak granüle dönüştürülür. Granül bir tonluk çuvallara koyulur. Toplam 15 ton granül 4 üretim hattının başında tutulur.
	2.	Granüle dönüştürme (Plastikleştirme)	
	3.	ÜRETİM HATTI	Üretim hattında bu beş işlem otomatik olarak akan bant üzerinde yapılır. Yarı mamul olarak giren granül 2 m. 101x50 veya 60x60 mm. çapta plastik kablo kanalı ürünü olarak çıkar.
	4.		
	5.		
	6.		
	7.		
	8.	Kalite Kontrol	Numune alma yöntemi ile kalite kontrolü yapılır.
	9.	Paketleme	Manuel olarak, 2 metrelik ürünler kapakları ile birlikte 6'lı takım olarak paketlenir.

Süreç içi işlemler dikkate alınarak sürecin nasıl çalıştığını, hangi operasyonların yapıldığını ve hangi adımların takip edildiğini ayrıntılı olarak görselleştirmek amacıyla oluşturulan proses akış şeması şekil 18’de sunulmuştur.

Şekil 18: Proses Akış Şeması



Değer akış haritalama için işletmede toplanan bilgiler ve yapılan ölçümler doğrultusunda, ürün ailesinin her bir proses verileri tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10: Ürün Ailesinin Proses Çalışma Bilgileri

- İşletme bir ayda 24 gün üzerinden çalışmaktadır. Üretim hattı 3 vardiya, granül dönüştürme 1 vardiya çalışır. Granül dönüştürme 1 vardiya dışında ürün yetmediğinde ilave çalıştırılır. - Çalışma süresi molalarda hat durmadığından vardiya başına 28.800 saniyedir. - Aylık ürün talebi; 101x50 mm. ürün için 100.000 m., 60x60 mm. ürün için 50.000 m. Toplam 150.000 m. Günlük müşteri talebi her iki ürün için toplam 6.250 m. Vardiya başı müşteri talebi her iki ürün için toplam 2.084 m. (1.042 adet 2 metrelik ürün- bir vardiya). - 4 hat için bulundurulmuş hammadde stoku 150 ton kuru kimyevi toz. Hat başı 37.500 kg. Ürün ailesi için müşteri talebi kg. cinsinden günlük 4.375 kg. Vardiya başına 1458 kg. - 1 m. 101x50 mm ürün için ağırlık 0,8 kg., 60x60 mm. ürün için ağırlık 0,5 kg. - Sevkiyat için bir palet 20 paket, bir paket 6 ürün, bir ürün 2 m. - Müşteri ve tedarikçi ile elektronik iletişim kurulur. - Ana prosesler arasında itme kullanılır. - Müşteri iki aylık tahmin ve aylık sipariş verir. Tedarikçiye iki aylık tahmin, aylık sipariş verilir.				
Süreç adımı 1	Isıl İşlem	C/T	900 sn.	
		C/O	0	
		Uptime	% 60	
		Stok	37.500 kg. : 4.375 kg. = 8,6 gün.	
		Operatör sayısı ve vardiya	1 kişi - 1 vardiya	
Süreç adımı 2	Granülle Dönüştürme (Plastikleştirme)	C/T	600 sn.	
		C/O	0	
		Uptime	-	
		Stok	0	
		Operatör sayısı ve vardiya	2 kişi - 1 vardiya	
Süreç adımı 3	Üretim hattı	C/T	20 sn.	Üretim hattının her 20 saniyesinde bir 2 m. ürün çıktısı olur.
		C/O	2 s. 20 dk. (Kalıp değiştirme 140 dk.).	
		Uptime	Vardiya başı model dönüşümü olduğunda % 66.	
		Stok	7.500 kg. 101x50 ve 60x60 mm. ürünleri için hat başında günlük bulundurulmuş stok (ağırlık) miktarı. 7.500 kg. : 4.375 kg. = 1,7 gün.	
		Operatör sayısı ve vardiya	Üretim hattını 1 operatör takip eder ve paketlemede aynı operatör tarafından yapılır. Süreç 3 vardiya çalışır.	
		EPE	101x50 mm. ürün siparişi tamamlanır daha sonra 60x60 mm. ürünü için model dönüşümü yapılır, (2-3 haftada bir, hangi ürün tipinden başlanılırsa).	
Süreç adımı 4	Paketleme	C/T	10 sn., 6'lı paket 60 sn.	
		Stok	Paketlemeden sonra sevkiyat için bekleyen 65 palet stok.	65 palet stok = 1.300 kutu. 1.300 kutu = 15.600 m. 15.600 m : 6.250 m. = 2,5 gün.
		Operatör sayısı ve vardiya	1 kişi – 3 vardiya.	

3.4.3. Mevcut Durum Haritasının Çizilmesi

Tablo 8 ve 10'da toplanan verilerin ardından mevcut durum haritası çizimi, ürün ailesinin proses verileri ve işletmenin çalışma bilgilerinin analizi ile mümkün olacağından ilgili analiz değerlendirmeleri sırasıyla aşağıda yapılmıştır.

İşletme 1 ayda 24 gün çalışmaktadır. Çalışma düzeni, granül dönüştürmede 1 vardiya ve üretim hattında 3 vardiyadır. Bir vardiyada 8 saattir. İşletmede, her vardiyada 30 dk. yemek molası ve 2x15 dk. çay molası vardır. Ancak işletmede mola sürelerinde üretim hatlarında çalışma devam ettiğinden molalar dönüşümlü olarak sırayla kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışma süresi molalar düşülmeden 28.800 sn. (8 saat) olarak kabul edilmiştir.

Ürün girdisi ağırlık, çıktısı uzunluk ve gönderimi paket olduğundan, müşteri talebine göre gerekli yerlerde ağırlık, uzunluk ve adet birimleri kullanılmıştır.

Proseslerin önünde bulunan stoklar, ilgili proses için günlük müşteri talebine bölünmesi ile bulunmuştur ve bulunan bu değerlerin toplamı toplam üretim akış süresini vermektedir.

Makine kullanım oranı (Uptime), sürecin vardiyada kullanılabilir çalışma zamanından model dönüşümü, arıza ve bekleme süresi gibi duruşlar çıkarıldıktan sonra tekrar kullanılabilir çalışma zamanına bölünmesiyle oran olarak bulunmuştur.

İlk olarak tedarikçinin işletmeye hammadde tedariki ve işletmenin bu hammaddeyi kullanımı ile ilgili değerlendirmeler yapılacaktır. İşletme, tedarikçiye hammadde için bir ay önce aylık tahmin verir ve sipariş için mail atar. Tedarikçi, ayda bir 100 ton hammaddeyi işletmeye kamyonla sevk eder. Ayrıca işletme 50 ton emniyet stoku tutmaktadır. Dört üretim hattı için tedarik edilen bu hammadde hat başına 37.500 kilogramdır. Bu stok fabrikanın ilk süreci olan granül dönüştürmenin önünde tutulmaktadır ve süreç tek vardiya çalışmaktadır. Müşteri talebi, 101x50 ve 60x60 mm. çaplarındaki ürünlerin uzunluk birimi karşılığı ağırlık olarak gün bazında 4.375 kilogramdır. 37.500 kg. stok, $(37.500 / 4.375) = 8,6$ günlük üretim akış süresine karşılık gelmektedir.

İkinci olarak granülle dönüştürme sürecinin değerlendirmesi yapılacaktır. Bu süreç, hammaddeyi yarı mamul granüle dönüştüren iki işlemten oluşur. İlk olarak mikser-ısıtma işlem makinasına kapasitesi 100 kg. olan kimyevi tozlar ilave edilir. Çevrim süresi ortalaması 15 dk. (900 sn.) olarak bulunan ısıtma işlem makinası, iş bitimi mamulü ikinci işlem granül dönüştürme makinasına otomatik olarak boşaltır. Çevrim süresi ortalaması 10 dk. (600 sn.) olarak bulunan granül makinası, iş bitimi

yarı mamulle dönüşmüş granülü bir tonluk çuvallara boşaltır. Bu süreç tek vardiya ve ortaklaşa 3 kişi tarafından çalıştırılır. Bu süreç tek vardiya dışında ihtiyaç duyulduğunda ilave çalıştırılır. Her iki makinada da model dönüşümü ve arıza kaynaklı plansız duruş olmamasına rağmen, beklemeden kaynaklanan israf olduğu görülmüştür. Şöyle ki, bir makina işlemi bitirmeden diğer makina çalıştırılmadığından dolayı sürekli akış sağlanamamaktadır. Bu durum makine kullanım oranının düşmesine neden olmaktadır. Sonuçta makine kullanım oranına bir vardiyada % 60 olarak yansımaktadır. Konunun iyileştirilmesi diğer bir ifade ile sürekli akışın sağlanması konusunda yapılacak çalışmalar, gelecek durum DAH tasarımı bölümünde incelenecektir.

Üçüncü olarak kablo kanalı üretimi yapan üretim hattının değerlendirmesi yapılacaktır. Akan bant şeklinde çalışan üretim hattında, her 20 saniyede bir 2 m. ürün çıkmaktadır. 101x50 veya 60x60 mm. kablo kanal üretimi, bir operatör gözetiminde gerçekleşir ve hat üç vardiya çalışır. Mevcut uygulamada kalıp değişimi ve ayar süresi 2 s. 20 dk. (140 dk.) sürmektedir. İşletme, model dönüşümünde kalıp değiştirme ve ayar süresinin uzun sürmesinden dolayı, bir ürün modelinin siparişini tamamlandıktan sonra diğer ürün modeline geçiş yapmaktadır. İki ürün ailesi için yapılan bu uygulama ile işletmenin, model dönüşümünü iki ila üç hafta aralığında yaparak makine kullanım oranını artırmak istediği, ancak müşteri taleplerine karşı esneklik sağlayamadığı sonucu çıkmaktadır. Bu duruma ilaveten, üretim hattı makinasında oluşan arızalardan dolayı aylık ortama üretimin 30 s. durduğu bilgisi verilmiştir. 24 gün ve 3 vardiya düzeninde çalışan üretim hattı, toplam arıza süresini vardiya başına bölüştürüldüğünde, üretimin her vardiyada arıza nedeniyle 25 dk. durduğu anlamına gelmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda, her vardiyada model dönüşümü yapıldığı ve arıza süresi dikkate alındığında makine kullanım oranı vardiya başına % 66 olarak bulunur. Bu sebeplerden işletmenin ürün ailesi için model dönüşümünü, bir ürün siparişinin tamamlanmasından sonra diğer ürün siparişine geçerek aralıklı yapma amacı açıkça anlaşılmaktadır. Ayrıca üretim hattının mevcut durum kapasitesini, makine kullanım oranı üzerinden yapmakta mümkündür. Şöyleki, bir vardiya çalışma süresi 28.800 sn. ve üretim hattının her 20 saniyesinde bir ürün çıktısı olması gerekmektedir. Bu doğrultuda, vardiya süresini üretim hattının çevrim süresine böldüğümüzde toplam ürün sayısını buluruz. Ürün sayısını 2 m. ile çarpılmasıyla da toplam ürün uzunluğu bulunur. Bu uzunlukta 2.880 metredir ve bir vardiyada üretim hattının tam kapasite çalışması durumunda üretilmesi gereken ürünün toplam uzunluğudur. Ancak çıkan sonucu üretim hattının makine kullanım

oranı ile çarptığımızda, $2.880 \text{ m.} \times 0,66 = 1.901 \text{ m.}$ mevcut üretim uzunluğu bulunur. Bu durum bize, üretim hattının vardiya başı müşteri talebi olan 2.084 metreyi bile ulaşamadığının açık göstergesidir. Kalıp değişimi ve ayar süresi ile birlikte arıza kaynaklı duruşlara yönelik yapılacak iyileştirme çalışmaları, tezin ilerleyen bölümlerinde iyileştirmeye yönelik projeler adı altında incelenecektir.

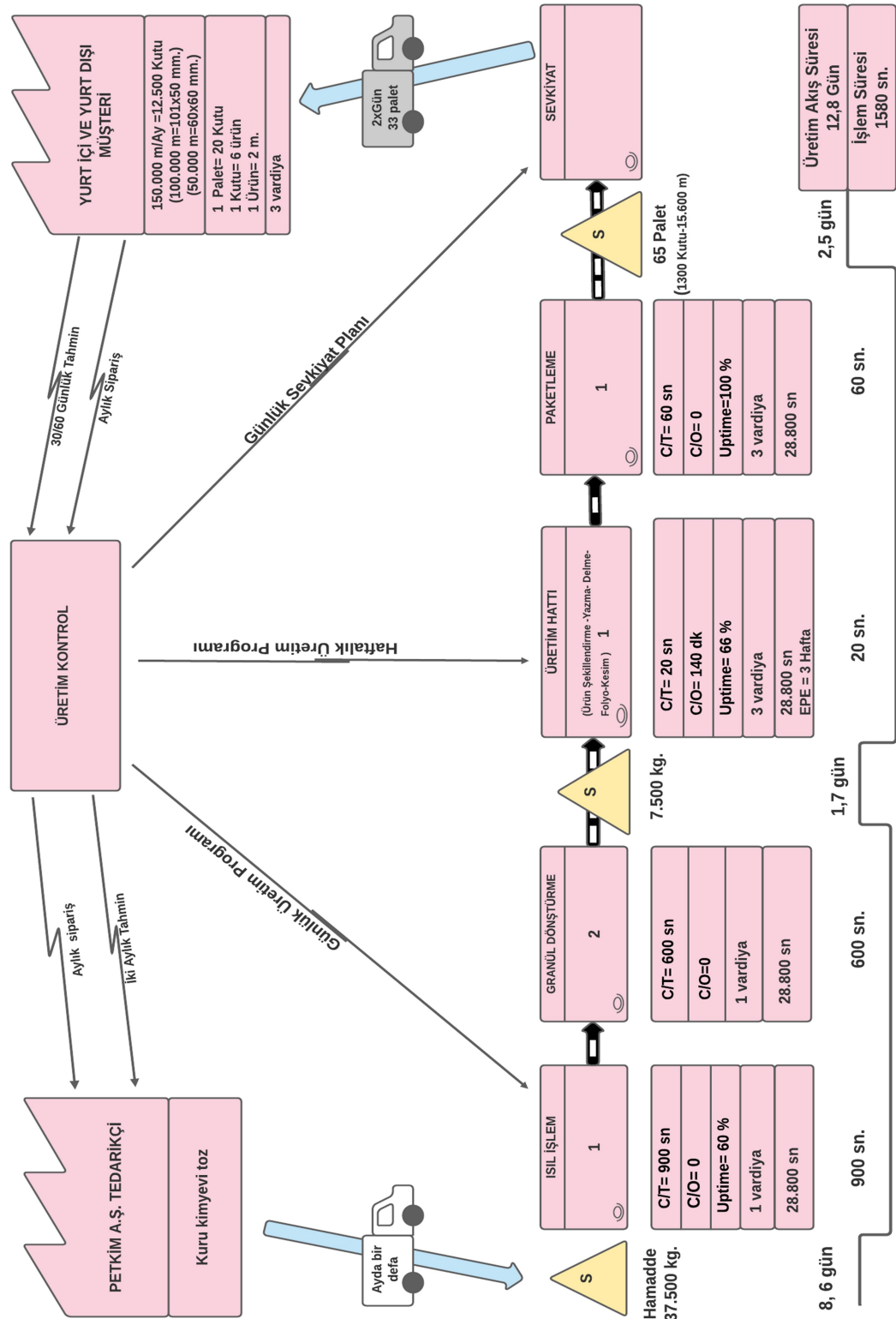
Üretim hattı önünde, granül dönüştürme sürecinden gelen, işletmenin uygulaması gereği 7.500 kg. granül stoku bulunmaktadır. 101×50 ve 60×60 mm. çapındaki ürünler için uzunluk karşılığı ağırlık olarak, gün bazında 4.375 kilogramdır. 7.500 kg. stok, $(7.500 / 4.375) = 1,7$ günlük üretim akış süresine karşılık gelmektedir.

Son olarak paketleme sürecinin değerlendirmesi yapılacaktır. Paketleme süreci, kablo kanalı üretim hattından sorumlu olan aynı operatör tarafından yapılır ve 3 vardiya çalışır. Çevrim süresi ortalaması bir ürün için 10 sn. ve 6'lı bir ürün paketi için 60 sn. olarak bulunmuştur. 2 m. boyunda kesilen kablo kanalları, kapakları ile birlikte 6'lı takım olarak bir pakete koyulur. Bir palete 20'li paket olarak istiflenir. Müşteriye sevkiyat için bekleyen 65 palet stok görülmüştür. Müşterinin ürün ailesi için günlük toplam talep uzunluğu 6.250 metredir. 65 palet stok 15.600 m. ürün uzunluğudur. 15.600 m. stok, $(15.600 / 6.250) = 2,5$ günlük üretim akış süresine karşılık gelmektedir.

Tüm bu sonuçlar toplandığında, üretim akış süresi (L/T) 12,8 gün ve süreçlerin toplam işlem süresi 1.580 sn. (26 dk., 33 sn.) olarak bulunur.

Bu iki sonuç bize, değer akışı boyunca katma değer katan ve katma değer katmayan süreler arasındaki büyük farkı açıkça göstermektedir. Aradaki bu fark iyileştirmeye açık bölüm olarak değerlendirilecektir. Değerin akışı boyunca hareketi ve beklediği noktalar, israf ve israf kaynaklarının neler olduğu ve bilgi akışının nasıl yapıldığını, daha açık bir şekilde görülmesi için çizilen mevcut durum değer akış haritası şekil 19'da sunulmuştur.

Şekil 19: İşletmenin Mevcut Durum Değer Akış Haritası



3.5. GELECEK DURUM DEĞER AKIŞ HARİTASININ TASARIMI

Gelecek durumun tasarımı, tezin ikinci bölümünde gelecek durum haritasının çizimi, başlığı altında yer alan uygulama adımları takip edilerek yapılmıştır. Mevcut durum üzerinde görülen israfların ortadan kalktığı veya en aza indirildiği, daha yalın ve daha kısa akış süresini içeren dolayısıyla müşteri için değer aktığı bir gelecek durum hedeflenmiştir.

İlk adım takt zamanın bulunmasıdır. Takt zamanı müşterinin ürün isteme sıklığıdır. İşletme, müşteri isteklerini karşılayabilmek için bir ürünü hangi sıklıkla üretmesi gerektiğini belirlemelidir. Bu nedenle işletme, takt zamanı ile üretim hızını ilişkilendirerek üretim yapılmalıdır. Takt zamanı, vardiya başına net çalışma süresinin vardiya başına müşteri talebine bölünmesi ile bulunur.

İşletmenin bir vardiya için çalışma süresi 8 saattir (480 dakika). Bu süre, tablo 8’de gösterildiği gibi işletmenin planlanmış duruşu olmadığından, bir vardiya için kullanılabilir çalışma süresi 28.800 sn. olarak dikkate alınmıştır. Müşteri talebi aylık 101x50 mm. ürün için 100.000 m. ve 60x60 mm. ürün için 50.000 m. olmak üzere toplam 150.000 metredir. İşletmenin bir ayda 24 gün ve bir günde 3 vardiya çalıştığı bilgisi doğrultusunda, müşterinin ürün talebi vardiya başına 2.084 metredir. Vardiya başı müşteri talebi olan 2084 m. uzunluk, müşteriye 2 metrelik ürünler olarak gönderildiğinden sayı olarak 1042 adettir.

Takt Zamanı= Vardiyada Kullanılabilir Çalışma Süresi / Vardiya Başı Müşteri Talebi.

Takt Zamanı= 28.800 sn. / 1.042 adet = 28 saniye / adet.

Müşteriye en yakın olan ve müşteri taleplerini karşılayan üretim hattının çevrim süresi 20 saniyedir. Üretim hattının çevrim süresi ile takt zamanını karşılaştırsak, üretim hattının çevrim süresinin takt zamanından daha kısa olması ilk etapta üretim hattının müşteri talebinden daha fazla üretim yaptığı dolayısıyla stoka çalıştığı izlemine vermektedir. Ancak mevcut durumun çiziminde anlatıldığı üzere, üretim hattında oluşan arıza ve uzun kalıp değişim süresi kaynaklı duruşlar sebebiyle üretim olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu durumda üretim kayıplarına neden olmakta ve dolayısıyla vardiya başı müşteri talebi bile güçlüklerle karşılanmaktadır. Üretim hattında yapılacak iyileştirmelerden sonra, takt zamanı ve üretim hattı çevrim süresi uyumlu hale getirilerek günlük müşteri talebine yönelik çalışılması hedeflenecektir. Şöyleki, üretim hattının iyileştirilmesinden sonra elde

edilecek proses yeterliliği ile vardiya başı müşteri talebi olan takt zamanının ayarlanması için vardiya çalışma sürelerinde düzenlemeye gidilecektir.

İkinci adım müşteriye doğrudan mı sevkiyat yapılacak yoksa bitmiş ürün süpermarketi mi tasarlanmalı kararının verilmesidir. İşletmenin mevcut durumu incelediğimizde 65 palet ürün stoku (2,5 gün) ile depoya çalıştığını söylenebilir. Gelecek durum haritasında, mevcut durumda yapılan bu uygulamanın değiştirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Üçüncü adım sürekli akışın hangi süreçlerde sağlanacağı ve sağlanamadığı durumlarda ise önceki süreçteki üretimi kontrol etmek için süpermarket çekme sisteminin kurulmasının incelenmesidir.

Üretim hattında mevcut durum incelendiğinde; ürün şekillendirme, yazma, delme, folyo ve kesme işlemleri akan bantta beklemeksizin sırasıyla otomatik olarak yapılmaktadır. Dolayısıyla sürekli akış şeklinde çalışmaktadır. Üretim hattı her 20 saniyede bir 2 m. ürün çıktısı olmakta ve daha hızlı çalıştırılması durumunda kalite problemlerine neden olmaktadır.

Üretim hattından çıkan ürünlerin paketleme süresi ürün bazında ortalama 10 sn. olarak bulunmuştur. Üretim hattının her 20 sn. sonrasında çıktısı olduğu ve paketleme süresinin de 10 sn. olduğu dikkate alındığında iki sürecin sürekli akış sağlayacak şekilde birleştirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Üretim hattından önce yer alan ve üretim hattına yarı mamul granül sağlayan granül dönüştürme süreci iki istasyon ve iki işlemden oluşmaktadır. Bu iki işlem iki makine tarafından, fiziksel olarak üretim hattından ayrı bir yerde yapılmaktadır. Makinalar çıkarmış olduğu toz ve gürültü nedeniyle kapalı bir yerde çalıştırılmaktadır. Granül dönüştürme süreci mevcut durumda, bir vardiya üretim yapmakta ve granül yeterli gelmediği zaman vardiya içinde ilave çalıştırılmaktadır. Üretim hattı ise üç vardiya çalışmaktadır. Ayrıca granül dönüştürme sürecinin çevrim süresi üretim hattının çevrim süresinden oldukça fazla olduğundan, ikisinin sürekli akış şeklinde bağlanması mümkün olmamaktadır. Bu sebeplerden, üretim hattının granül dönüştürme sürecine süpermarket çekme sistemi ile bağlanmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Granül dönüştürme süreci, sırası ile çevrim süreleri 15 dk. ve 10 dk. olan iki istasyondan oluşmaktadır. Mevcut uygulamada bir istasyonda işlem bitmeden diğer istasyona geçilmemektedir. Dolayısıyla gereksiz bekleme israfı oluşmaktadır. Oysa bu iki istasyon kendi içinde sürekli akış şeklinde çalıştırılmış olsa, ilk ürünün çıkması

sonrası her 15 dk. bir ürün çıktısı olacaktır. Bu nedenle, sürecin kendi içinde sürekli akış şeklinde çalıştırılması için birleştirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Granül dönüştürme sürecinin önünde tedarikçi tarafından aylık olarak dört üretim hattı için tedarik edilen 100 ton ve ayrıca emniyet stoku olarak tutulan 50 ton hammadde, üretim akış süresini uzatmakta ve stok devir hızını düşürüp maliyetleri arttırmaktadır. Granül dönüştürme sürecinin önüne çekme sistemi kurularak tedarikçiye süper market ile bağlanmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Üretim hattından önce kurulan iki süpermarkete, çekme sistemini çalıştırmak için çekme ve üretim kanbanları kullanılarak hammadde tedariki ve granül üretimi kontrol altına alınacaktır.

Dördüncü adım çizelgelemenin hangi noktaya kurulacağı kararının verilmesidir. Müşteri taleplerinin günlük olarak yapılabilmesi için üretim emirlerinin üretim hattına verilmesi gerekmektedir. Üretim hattından önce var olan süreçlerde ise yukarıda açıklandığı üzere çekme sistemi kurulacaktır.

Beşinci adım ürün karmasının seviyelendirmesinin yapılmasıdır. Üretim hattında, ürün şekillendirmede yapılan kalıp değişimi ve yaşanan arızaların uzun sürmesi heijunka uygulamasını güçleştirmektedir. Kalıp değişimi ve ayar süresi için SMED çalışması yapılacaktır. Yaşanan arızalar için ise otonom bakım uygulamasına geçilecektir. Ayrıca her iki uygulama için 5S sistematiğine geçilmesi gerekliliği doğmuştur. Yapılacak iyileştirmeler sonrası heijunka uygulamasına geçilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Son adım, üretim süreçlerinin tasarlanan gelecek duruma uyum sağlayabilmesi için süreçlerin yeterliliklerinin artırılmasına yönelik yapılacak iyileştirme çalışmalarıdır. Mevcut durumun incelenmesi ile yapılacak kaizen çalışmaları, hem değer akış iyileştirme hem de proses iyileştirmelerine yöneliktir. Bu doğrultuda yapılan iyileştirme çalışmaları proje haline getirilerek tablo 11'de sunulmuştur.

Projede yapılacak iyileştirme çalışmaları, birinci bölümde kaizen başlığı altında yer alan PUKÖ döngüsü çerçevesinde ele alınmalıdır. Sürekli iyileştirme amacıyla kullanılan PUKÖ döngüsü; planla, uygula, kontrol et ve önlem al olarak dört ana başlıktan oluşmaktadır. Bu döngü doğrultusunda, problemin çözümü ve iyileştirmesinde, uygulama adımlarını daha ayrıntılı olarak aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- Problemin tanımlanması
- Mevcut durum analizi

- Hedef belirleme
- Kök neden analizi
- İyileştirme faaliyetlerinin belirlenmesi
- Sonuçların kontrolü
- Standartlaştırma

Tablo 11: Proses ve Akış İyileştirmesine Yönelik Projeler

Proje No	Gözlemlenen Sorun	Önerilen İyileştirme Çalışması	Beklenen Sonuç
1.	Üretim hattında, kalıp değişimi ve ayar işleminin çok uzun sürmesi nedeniyle uzun duruş kayıplarının yaşanması.	SMED çalışması. İç hazırlık işlemlerinin dış hazırlık işlemlerinden ayrılması. İç hazırlık işlemlerinin dış hazırlık işlemlerine dönüştürülmesi ve kaizen çalışmasının yapılması.	Kalıp değişimi ve ayar süresinin kısaltılarak makine kullanım oranının artırılması ve ürün ailesi için seviyelendirme yapılarak müşteri taleplerinin karşılanmasında esneklik kazanılması hedeflenmiştir.
2.	Granül dönüşüm odasından üretim hattına taşınan yarı mamulün, şekil 17'de gösterildiği üzere taşıma mesafesinin uzun olması.	Üretim hattının yönünün değiştirilmesi ile granül odasına daha yakın bir mesafenin sağlanması.	Yarı mamulün kat ettiği mesafe kısaltılarak taşıma israfının önüne geçilmesi hedeflenmiştir.
3.	Üretim hatlarının başında bulunan silolarda yarı mamulün azaldığını belirten bir uyarı sisteminin olmaması.	Poka-Yoke uygulamasına geçilmesi. Yarı mamulün belirli bir seviyenin altına düştüğünde uyarı sisteminin çalıştırılması.	Operatörün sık sık siloyu kontrol etmesine gerek kalmadan uyarı uygulamasına geçilerek, gereksiz işlem israfının önüne geçilmesi hedeflenmiştir.
4.	Üretim hattının ilk istasyonu ürün şekillendirmede oluşan hatalardan dolayı aylık ortalama % 4 oranında ürünün ıskartaya ayrılması.	Otonom bakım ve otomasyon uygulamasına geçilmesi. Otonom bakım ile ekipman etkinliğinin artırılması, otomasyon uygulaması ile de hatalı ürünlerin hatta ilerlemesinin önüne geçilmesi.	% 4 oranında oluşan kusur israfının önlenmesi ve kalite problemleri için kaynağında kalite yapılması hedeflenmiştir.
5.	Fabrika içi düzenin olmaması, üretim zamanını uzatmakta dolayısıyla bu durum değer akış süresinin uzamasına neden olmaktadır.	5S sistematigi ve görsel yönetim sistemine geçilmesi.	5S sistematigi ve görsel yönetime geçilmesi ile değer akış süresinin kısaltılması ve verimliliğin artırılması hedeflenmiştir.
6.	Üretim hattında yetersiz ekipman bakımı kaynaklı arızalardan dolayı üretim aylık ortalama 30 s. durmaktadır.	Otonom bakım uygulaması ve 5S sistematigine geçilmesi.	Otonom bakım uygulaması ve 5S sistematigine geçilmesiyle arıza ve kalite problemleri önenebilecektir. Değer akışının kesintisiz sağlanması hedeflenmiştir.

Tablo 11'de proje 1'e yönelik olarak yapılan iyileştirme çalışmaları şu şekildedir. Üretim hattının ilk istasyonu olan ürün şekillendirmede yapılan kalıp değişimi, üretimin uzun süre durmasını neden olmaktadır. Model dönüşümü sırasında yaşanan bu uzun duruşun (140 dk.) nedenleri araştırılarak iyileştirme için bir proje hazırlanmıştır. SMED çalışması olan bu projede, mevcut durum standardı olan tablo 12 üzerinden analiz edilerek yeni bir standart oluşturulması

hedeflenmiştir. SMED çalışmasına yönelik bu analizde, ilk olarak iç ve dış hazırlık işlemleri birbirinden ayırt edilmiştir. İkinci olarak, mümkün olan iç hazırlık işlemleri dış hazırlık işlemi haline dönüştürmüştür. Son olarak, birleştirilmiş olan bu hazırlık işlemleri ile diğer işlemlerin için iyileştirme çalışmasının başlatılması ve 5S sistematğine geçilmesi önerilmiştir.

Tablo 12: Üretim Hattı SMED Çalışması

SMED MEVCUT DURUM ANALİZ				
Adım	İşlem Adımları	İç Süre	Dış Süre	İyileştirme Faaliyeti
1.	Kalıp değişimi için gerekli takımların tezgâh başına getirilmesi.	1,5		Dış hazırlık işlemi.
2.	Tezgâhın elektrik bağlantılarının kapatılması.	1		
3.	Kalıp bağlantılarının sökülmesi ve kalıbın tezgâhtan ayrılması.	15		Çabuk sökülebilir vidalama ve pim uygulamasına geçilmesi.
4.	Sökülen kalıbın vinç ile kalıp rafına götürülmesi.	5		Dış hazırlık işlemi.
5.	Sökülen kalıbın temizlenmesi	5		Dış hazırlık işlemi.
6.	Tezgâh kalıp takım yerinin temizlenmesi.	5		
7.	Yeni kalıbın vinç ile kalıp rafından tezgâh yanına getirilmesi.	5		Dış hazırlık işlemi.
8.	Yeni kalıbın tezgâha takılması ve bağlantılarının yapılması.	15		Çabuk takılabilen vidalama ve pim uygulamasına geçilmesi.
9.	Kalıp ayarlarının yapılması.	15		Kalıp ayar işlemlerinde iş standardı oluşturarak standardizasyonun sağlanması.
10.	Tezgâh elektrik bağlantılarının açılması.	1		
11.	Kalıp ısısının 185 dereceye gelmesinin sağlanması.	40		Kalıp ön ısıtma metodu uygulamasına geçilerek sürenin kısaltılması/ kaldırılması.
12.	Kalıbın deneme çalışmasının yapılması	30		Kalıp takılmasında ve ayar işlemlerinde standardizasyonun sağlanarak deneme süresinin kısaltılması/ kaldırılması.
13.	Kalıp değişimi için gerekli takımların tezgâh başından tekrar yerine götürülmesi.	1,5		Dış hazırlık işlemi.
Toplam (dk.):		140		

Kalıp değişimi ve ayar işlemlerinin analizine yönelik olarak yapılan tablo 12 üzerinde çalışıldığında, 1, 4, 5, 7, 13'ncü adımlar tekrar organize edilerek iç hazırlık işlemleri dış hazırlık işlemlerine dönüştürülmüştür. Tezgâh dururken yapılan bu adımlar tezgâh çalışırken de yapılabilecektir. Dış hazırlık işlemlerine geçirilen bu adımların organizasyonu ile zaman tasarrufu sağlanabilecektir.

Kalıp bağlantılarının sökülmesi ve takılması olan 3 ve 8'inci adımlarda, çabuk sökülebilen ve takılabilen vida, pim ve bağlayıcı uygulamasına geçilecektir. Ayrıca bu bağlayıcıların söküm takımında şarjlı ve havalı takımlar kullanılarak zaman tasarrufu sağlanabilecektir.

11'inci adım olan kalıp ısınmasında uzun süre beklemenin önüne geçilebilmesi için kalıp ön ısıtma uygulamasına geçilerek zaman tasarrufu sağlanabilecektir.

Son olarak 9 ve 12'inci adımlarda, ayar ve deneme üretiminin ortadan kaldırılması için standart iş uygulamasına geçilecektir. Standardize edilmiş iş ile gereksiz unsurların yok edildiği, daha etkin, kolay ve güvenli bir iş sağlanabilecektir.

Sonuç olarak yukarıda yapılan SMED ve iyileştirme çalışmaları ile daha önce 140 dk. olan hazırlık işlemlerinin, SMED'in yaklaşımı olan tekli dakikalarda kalıp değişimi ve ayar işlemlerinin yapılabilmesi hedeflenmiştir.

Tablo 11'de proje 2'ye yönelik olarak yapılan iyileştirme önerisi şu şekildedir. Şekil 17 üretim düzeni spagetti diyagramı incelendiğinde, bir tonluk granül çuvallarının üretim yerinden üretim hatlarının başında bulunan en yakın siloya taşınması 70 adım mesafeye karşılık gelmektedir. Bu durum gereksiz taşımanın yapılmasına neden olmaktadır. Üretim hatlarının baş kısmına yakın başka oda olmadığından, üretim hatlarının yönünün tam tersi çevrilmesi ile granül üretim odasına yakın mesafe sağlanabilecektir. Bu mesafe ise yaklaşık 20 adıma karşılık gelmektedir. İşletmenin yoğun bir tempoda ve üç vardiya çalışması göz önüne alındığında, yapılacak yerleşim yeri düzenlemesi (layout) ile hem gereksiz taşıma hem de gereksiz hareket israflarının en aza indirilmesi mümkün olacaktır.

Tablo 11'de proje 3'e yönelik olarak yapılan iyileştirme önerisi şu şekildedir. Mevcut durumda üretim hattının başında bulunan silonun yarı mamul granül tüketim seviyesi, operatör tarafında sık sık kontrol edilmektedir. Oysa siloya yerleştirilecek bir poka-yoke uygulaması ile buna gerek kalmayacaktır. Böylece gereksiz işlem ve hareket israfının önüne geçilebilecektir. Uyarı poka-yoke ve görsel yönetim araçları uygulanmasına geçilmesi önerilmiştir.

Tablo 11'de proje 4'de yönelik olarak yapılan iyileştirme önerisi şu şekildedir. Üretim hattının ilk istasyonu olan ürün şekillendirmede oluşan hatalardan dolayı aylık ortalama % 4 oranında ürünün ıskartaya ayrıldığı bilgisi verilmiştir. Kusurlu ürünler geri dönüşüme gönderilerek tekrar işlenmektedir. Dolayısıyla gereksiz kusur ve işleme israfı oluşmaktadır. Üretim hattının ilk sürecinde oluşan kusur, üretim hattının son sürecinden sonra yapılan kalite kontrol ile tespit edilmektedir. Oysa

otonom bakım, otonomasyon ve andon uygulamasına geçilmesi ile kaynağında kalite yapılabilir. Otonom bakım ile ekipman arızalarının önüne geçilirken otonomasyon ile hatalı ürünlerin hat boyunca ilerlemesi engellenerek hatasız bir süreç akışı sağlanabilir.

Tablo 11’de proje 5’e yönelik olarak yapılan iyileştirme önerisi şu şekildedir. Fabrikada içinde özellikle kalıpların ve kalıp raflarının şekil 20’de görüldüğü üzere bir düzen ve tertibi bulunmamaktadır. Bu durum üretim süresinin uzamasına ve verimliliğin düşmesine sebep olmaktadır. 5S sistemi ve görsel yönetim uygulamasına geçilmesi ile çalışma alanı karmaşıklıktan kurtularak iş akışı daha kolay olacaktır. Gereksiz israfların önüne geçilerek akış süresi kısalmak ve verimlilik artacaktır.

Şekil 20: Kalıp ve Kalıp Rafları



Tablo 11’de proje 6’ya yönelik olarak yapılan iyileştirme önerisi şu şekildedir. Üretim hattı makinasında yetersiz bakımdan kaynaklanan arızalardan dolayı üretim aylık ortalama 30 s. durmaktadır. Bu durum, makine kullanım oranını düşürerek değer akış süresinin uzamasına neden olmaktadır. İşletme hakkında genel bilgi kısmında hatırlanacağı üzere, işletmede makine bakımlarının hafta sonu ayrı bir ekip tarafından yapıldığı, belirtilmişti. Oysa otonom bakım ve 5S sistemine geçilmesi ile operatörlere makine sorumluluğu verilerek arızaların ortadan kaldırılması, daha iyi bir iş yeri organizasyonu sağlanabilmesi ve dolayısıyla olası arıza kaynaklı duruş kayıplarının önlenmesi mümkün olacaktır.

3.6. GELECEK DURUM DEĞER AKIŞ HARİTASININ ÇİZİLMESİ

Gelecek durum haritası, yapılan tasarım ve iyileştirmelerinden sonra aşağıda anlatıldığı gibi olacaktır.

Üretim hattının iyileştirilmesinden sonra süreç yeterliliği artmış olduğundan takt zamanının tekrar hesaplanması ihtiyacı doğmuştur. Hatırlanacağı üzere üretim hattının çevrim süresinin takt zamanından daha kısa olmasına rağmen, yaşanan arıza ve kalıp değişimi sürelerinin çok uzun olmasından dolayı vardiya başı müşteri talebi bile güçlkle karşılanmaktaydı. Gelecek durumda, aylık müşteri talebi ve çalışılan gün sayısı değiştirilmeden sadece vardiya sayısı ve sürelerinde değişikliğe gidilecektir. Yapılan hesaplamayla bulunan yeni çalışma düzeninde, üretim hattında üçüncü vardiyanın kaldırılması, birinci ve ikinci vardiya çalışma sürelerinin birer saat artırılması yeterli gelmektedir. Yapılan iyileştirmelerin sonucunda gerekli olan bu değişiklik ile işletmenin çalışma süresi her iki vardiya için 9 saat olarak belirlenmiştir. İşletme bir günde 6 s. daha az çalışarak müşteri talebini karşılayabilecektir.

İşletmenin bir vardiya için çalışma süresi 9 s. (32.400 sn.) olarak değiştirilmesi ve daha önce açıklandığı üzere planlı duruşu olmadığından, çalışma süresi 32.400 sn. olarak dikkate alınacaktır. Müşteri talebi aylık 101x50 mm. ürün için 100.000 m. ve 60x60 mm. ürün için 50.000 m. olmak üzere toplam 150.000 metredir. İşletmenin bir ayda 24 gün ve bir günde 2 vardiya çalışması değişikliği doğrultusunda, müşteri talebi bir gün için 6.250 m. iken vardiya başına 3.125 metredir. Ürünler 2 metrelik bir ürün şeklinde müşteriye gönderildiğinden, vardiya başına müşteri talebi 1563 adettir. Bu durumda takt zamanının hesaplaması aşağıdaki gibi olacaktır:

Takt Zamanı= Vardiyada Kullanılabilir Çalışma Süresi / Vardiya Başı Müşteri Talebi.

Takt Zamanı= 32.400 sn. / 1563 adet = 20,7 saniye / adet.

Bunun anlamı, müşterinin talebi olan ürünlerden stok olmaksızın üretilip zamanında teslim edilebilmesi için vardiya başına her 20,7 saniyede bir, 101x50 veya 60x60 mm. çapındaki kablo kanallı ürünlerinden, iki metre boyunda bir ürün çıkması gerekliliğidir. Yapılan bu değişiklikle, müşteri talebi ritmi olan takt zamanı dikkate alınarak, israfların ortadan kalktığı dolayısıyla maliyetlerin aşağıya çekildiği bir üretim hedeflenmiştir. Ayrıca üretim hattının çevrim süresinin 20 sn. ve takt

zamanın 20,7 sn. olması bir vardiya süreci düşünülüğünde üretim hattına esneklik sağlayacaktır.

Üretim kontrolün tedarikçiye mevcut durumda ayda bir olarak verdiği sevkiyat siparişi, haftalık olarak değiştirilmiştir. Tedarikçi hammadde sevkiyatını haftada 2 gün olarak yapacaktır. Daha önce hatırlanacağı üzere fabrikanın ilk prosesi olan granüle dönüştürmenin önüne, tedarikçi ile bağlantıyı sağlamak için süpermarket kurulmuştu. Bu süpermarketin tedariki, kanban kutusuna bırakılan çekme kanbanı vasıtasıyla sağlanacaktır. Bu uygulama ile mevcut tüketime göre hammadde tedarik edilecektir. Gelecek durumda, tedarikçi ile bağlantıyı sağlamak için kurulmuş olan bu süpermarkette, üretim hattının 3 günlük kullanımı dikkate alınarak hammadde tutulacaktır. Mevcut durumda 8,6 güne karşılık gelen stok, gelecek durumda 3 güne düşürülerek % 65 iyileşme sağlanmıştır.

Üretim hattına yarı mamul granül sağlayan granüle dönüştürme sürecinde, iki istasyonun birleştirilmesi ile kendi içinde sürekli akış sağlanmış ve çevrim süresi 900 sn. olmuştur. Mevcut durumda bekleme kaynaklı duruşlardan dolayı makine kullanım oranı % 60 iken sürekli akışın sağlanması ile bu oran % 100 çıkarılmıştır. Üretim hattı ile granül dönüştürme süreci arasında kurulan süpermarkette, kanban sistemi kullanılarak üretim kontrol edilecek ve süpermarkette bir günlük stok tutulacaktır. Üretim hattının granülü süpermarketten çekmesiyle çekme kanbanı kullanılacak, süpermarkette ise çekilen granülün belirli bir seviyenin altına düşmesi ile de sinyal kanbanı devreye girerek granül üretimi tetiklenecektir. Granül dönüştürme süreci 9 saat üzerinden tek vardiya çalıştırılmaya devam edilecektir.

Üretim hattında otonom bakım uygulaması, 5S sistematğine geçilmesi ve yapılan SMED çalışması ile sürecin yeterliliği artırıldığından takt zamanına göre çalıştırılması mümkün hale gelmiştir. Takt zamanı, aylık müşteri talebi değiştirilmeden yukarıda anlatıldığı üzere çalışma sürelerinde değişikliğe gidilerek, üretim hattının çevrim süresi ile uyumlu hale getirilmiştir.

Üretim kontrolün çizelgeleme noktası, üretim hattına üretim emrinin verilebilmesi için üretim hattından sonra kurulan süpermarket olacaktır. Seviyelendirmiş üretim ve tempolu çekiş yapmak için heinjunka kutusu kurularak sevkiyat kapısının önüne yerleştirilecektir. Üretim kontrol çekme kanbanlarını, ürün ailesi olan 101x50 ve 60x60 mm. ürünleri için sırası ile seviyelendirme kutusunun gözlere yerleştirecektir. Görevli taşıyıcı, dilim aralığına gelen bu kanbanları sırası ile alıp bitmiş ürün süpermarketinden paletleri sevkiyata bırakacaktır. Her palet süpermarketten sırası ile çekildikçe, ilgili paletin üzerindeki üretim kanbanı üretim

hattına aynı zaman diliminde geri gönderilerek, 101x50 veya 60x60 mm. kablo kanal üretimi için seviyelendirilmiş bir üretim yapılacaktır. Heijunka kutusunun gözlerine yerleştirilen, dilim aralığı olarak belirlenen kanban kartları ile çizelgeye uyulacaktır. O halde palet (Dilim) hesabının yapılarak üretim hattına, hangi ürün miktarından hangi sıklıkla ve hangi zaman aralıklarında yapılması emrinin verilmesi gerekmektedir. Hatırlanacağı üzere iki ürün olan ürün ailesi aynı hızda üretilmekteydi. Ürünler, bir palet 20 paket ve bir pakette 6 ürün alacak şekilde müşteriye gönderilmekteydi. İki ürün içinde geçerli olacak dilim hesabı şu şekilde olacaktır:

Takt zamanı x bir pakette ürün sayısı x bir palette paket sayısı = dilim.

20,7 x 6 x 20= 41,4 dk. (2.484 sn.).

Ürün ailesi olan 101x50 mm. kablo kanalı 100.000 m. ve 60x60 mm. kablo kanalı 50.000 m. aylık müşteri talebi olduğundan, heijunka kutusu gözü dilim aralıkları her iki vardiyada dikkate alınarak ikiye bir oranında düzenlenecektir. Dilim aralıkları diğer bir anlatımla AABAAB veya BAABAA şeklinde dizilerek, ilgili kanbanlar heijunka kutusunun gözlere yerleştirilecektir.

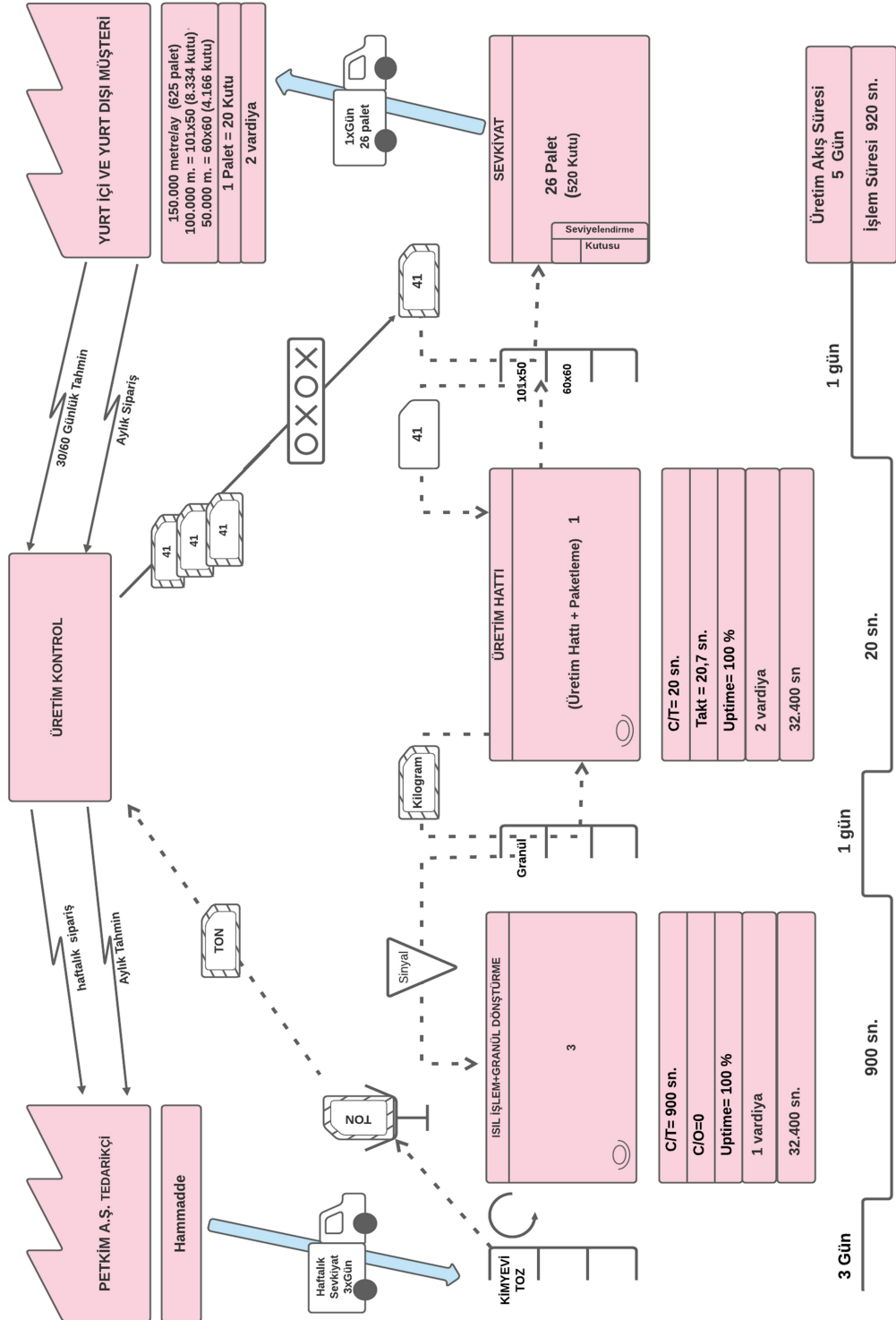
Mevcut durumda 2 günde, üretim hattında arıza olması durumunda 3 günde bir yapılabilen müşteri sevkiyatı, gelecek durumda günlük olarak yapılabilecektir. Mevcut ve gelecek durumunun karşılaştırılması yapıldığında, işletmenin elde edeceği kazanımlar tablo 13'te sunulmuştur. Buna ilaveten işletmenin daha ayrıntılı kazanımlarını gösteren tablo, ekler bölümünde sunulmuştur.

Tablo 13: Gelecek Durum Kazanımları

	Mevcut Durum	Gelecek Durum	İyileştirme Oranı
Üretim Akış Süresi	12,8 gün	5 gün	% 61
İşlem Süresi	1580 sn.	920 sn.	% 42

İsrafların olabildiğince ortadan kaldırılarak daha yalın bir üretim sistemin oluşturulmaya çalışıldığı, her sürecin kendi müşterisine sürekli akış şeklinde bağlandığı, sürekli akış ile bağlanamadığı durumlarda çekme sistemi ile bağlandığı ve her sürecin kendi müşterisine ihtiyacı olan şeyi ihtiyacı olduğu zamanda üretmesini hedefleyen gelecek durum değer akış haritası şekil 21'de sunulmuştur.

Şekil 21: İşletmenin Gelecek Durum Değer Akış Haritası



SONUÇ

Günümüzde zorlu bir rekabet içinde olan işletmelerin yaşamlarını sürdürebilmesi, müşterileri beklentileri ile örtüşen ürün veya hizmeti sunmasıyla mümkün olmaktadır. Müşteri beklentileri ile örtüşen bu ürün veya hizmet değer olarak tanımlanır. İşte müşteri açısından değer tanımını anlayabilmek, işletmelere faaliyetlerinde yol gösterici olmaktadır. Bu yolda yalın düşüncüyü anlamak ve bu doğrultuda üretim yapmaktan geçmektedir. Yalın üretim, israfların ortadan kaldırıldığı, kaynakların daha etkin kullanıldığı, mümkün olan en kısa zamanda ve hatasız bir üretim şeklinde tanımlanabilir. Bu tanım doğrultusunda üretim yapan işletmeler müşterisine, bir değerden beklentisi olan düşük maliyet, kalite ve hız gibi unsurları sunabilecektir. Yalın üretimin bu unsurları sunmadaki başarısı, büyük bir oranda kullandığı teknikler olmakla birlikte insan odaklı çalışması da önemlidir.

Yalın üretime geçişin başlangıç noktası değer akış haritalama tekniğidir. Çünkü işletmeler ilk olarak değer akış haritalama tekniğini kullanarak kendilerine değer katan ve katmayan faaliyetleri görebilmektedir. Diğer bir söylemle değer akış haritalama, israf ve israf kaynaklarını görünür kılar. Bu doğrultuda ilk olarak mevcut durum haritası oluşturulur. Ardından mevcut durum haritası üzerinde çalışılarak, israfların olmadığı dolayısıyla değer aktığı bir gelecek durum haritası oluşturulur. Bu gelecek durumda, stokların ve hataların olmadığı, en kısa akış süresinde ve en yüksek kalitede üretim hedeflenir.

Uygulama yapılan işletmenin değer akış haritasının çiziminde, öncelikle ürün ailesi belirlenmiş daha sonra toplanan veriler doğrultusunda mevcut durum haritası çizilmiştir. Mevcut durum haritası incelendiğinde, hammadde stokunun çok fazla olduğu, sürekli akış mantığının işlemediği, kalıp değişimi ve makina arızası kaynaklı duruş sürelerinin çok uzun olduğu, dolayısıyla değer akışının uzadığı görülmüştür. Bu durumlara ilaveten işletmede, gereksiz taşıma, bekleme ve yeniden işleme gibi israfların olduğu ve kalite problemlerinin yaşandığı tespit edilmiştir. Bu sebeplerden mevcut durumda iyileştirilmesi gereken bir takım problemler tespit edilmiştir.

Bu problemlerin elimine edilmesine yönelik olarak, bir seri iyileştirme projeleri hazırlanmış ve önerilmiştir. Bu iyileştirmeler, SMED, otonom bakım, 5S sistematigi, görsel yönetim, poka-yoke, otonomasyon ve kaizen gibi yalın teknikleri

kapsamaktadır. Ardından yine iyileştirme çalışmalarına yönelik, ürün ailesi için daha iyi bir akışın sağlanması, üretim sürecinin daha esnek olması ve tam zamanında üretimin gerçekleştirilmesi amacıyla süpermarket çekme sistemi, kanban ve heijunka uygulamalarına geçilmiştir. Söz konusu tekniklerle yapılan iyileştirme çalışmalarının açıklamaları, tezin iyileştirme projeleri ve gelecek durumun tasarımı, adı altındaki bölümlerde yer almaktadır. Bu iyileştirmelerin ve uygulamaların gerçekleştirilmesi ile gelecek durum haritası çizilmiştir. Gelecek durum haritası değerlendirildiğinde, işletmenin mevcut duruma göre kazanımlarını şu şekilde sıralanabilir. Üretim akış süresi 12,8 günden 5 güne düşürülerek % 61 oranında iyileşme ve toplam işlem süresi 1580 saniyeden 920 saniyeye düşürülerek % 42 oranında iyileşme sağlanmıştır. Buna ilaveten müşteri ürün isteme sıklığı olan takt zamanı ile üretim hızı senkronize edilerek değer akış süresi kısaltılmıştır. Bunun en güzel örneği, “işletmenin bir gün üç vardiyada karşılayabildiği müşteri talebi, bir vardiyanın kaldırılması ve iki vardiya çalışma süresinin biraz uzatılması ile talebin karşılanmasının mümkün olması”, verilebilir. Bunun anlamı, işletme önceki mevcut duruma göre günde 6 saat daha az çalışarak müşteri talebini karşılayabilecek olmasıdır. Son olarak, işletme daha önce iki ila üç günde bir yapabildiği müşteriye ürün sevkiyatını, yapılan iyileştirmeler sonrasında günlük olarak yapabilecek düzeye gelmiştir.

Sonuç olarak değer akış haritalama, işletmelerde sürekli iyileştirme felsefesinin uygulanmasında kullanılabilecek etkili bir yalın teknik olduğu yapılan uygulama ile ispatlanmıştır. Değer akış haritalama işletmelere, kendilerine değer katan ve değer katmayan faaliyetleri açıkça görme fırsatı sunmaktadır. Çalışma küçük ölçekli bir işletmede yapılmıştır. Bu küçük ölçekli işletmede yapılan çalışma ile gelecekte değer akış haritalama ve yalın üretim üzerine çalışma yapacak farklı sektörlerdeki işletmelere, yalın uygulamaların avantajlarını görmede bir örnek sunulmuştur. Bu çalışma sonuçları, işletmelerin performanslarını artırmalarında yalın üretim uygulamalarını göz önüne alarak mevcut durumlarını gözden geçirmelerinde, yardımcı olama niteliğindedir. İşletmelerin bu doğrultuda yapacakları çalışmalar ile istedikleri noktaya ulaşabilmeleri mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

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.

Abad, S. *Understanding Lean Visual Management Tools*. <https://planet-lean.com/understanding-lean-visual-management-tools/>, (07.02.221).

Agustiady, K. T. ve Cudney, E. (2016). *Total Productive Maintenance: Strategies and Implementation Guide*. New York: CRC Press.

Akıl, B. (2013). *Kamu Sektöründe 5s ve Kaizen Uygulamaları*. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Allen, J., Robinson, C. ve Stewart, D. (2001). *Lean Manufacturing: A Plant Floor Guide*. Michigan: Society of Manufacturing Engineering.

Apilioğullar, L. (2013). *Operasyonda Mükemmellik*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.

Black, J. (2008). *Lean Production: Implementing A World-Class System*. New York. Industrial Press.

Cudney, E. (2009). *Using Hoshin Kanri to Improve The Value Stream*. New York: Productivity Press.

Çil, İ. ve Pekin, E. (2015). Kauçuk Sektöründe Poka-Yoke Uygulaması. *SAÜ Fen.Bil.Der.* 19(2): 163-170.

Dailey, K. (2003). *The Lean Manufacturing Handbook*. New York. CRC Press.

Dennis, P. (2015). *Lean Production Simplified*. New York: CRC Press.

Elbert, M. (2013). *Lean Production for the Small Company*. New York: CRC Press.

Erdem, S. ve Gökşen, Y. (2003). Hücresel Üretim Sisteminde Makine-Parça Ailelerinin Oluşturulmasında Dengeli Talep-Kapasite ve Dengesiz Talep-Kapasite Durumunun Analizi. *D.E.Ü.İ.İ.B.F.Dergisi*. 18(2): 99-111.

Eşme, S. ve İlhan, E. (2003). Toplam Verimli Yönetim Anlayışı ile Ekipman Verimliliğinin Arttırılması. *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 7(2): 236-240.

Erozan, İ. (2019). Çekme sistemleri için karşılaştırmalı bir analiz ve bir karar destek sistemi önerisi. *Gazi Üniversitesi Fen Bil. Fak. Dergisi*. 7(3): 523-539.

Gerger, A. (2019). Heijunka Method for the Optimization of Process Variance Within the Frame of Industry 4.0. *IDUSOS Jurnal*. e-ISSN: 2651-5458.

Güre, Z. (2006). *Bir Üretim Modeli Olarak Yalın Üretim ve İmalat Sektöründe Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Gürsoy, G., Keleş, E., ve Çelik, T. (2013). 5S Sistematiği Aşamaları ve Örnek Bir Uygulama. *Çukurova Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Dergisi*. 28(2): 51-60.

Harris, R. ve Rother M. (2001). *Sürekli Akış Yaratmak*. Çev. Ülkü Kulaç. İstanbul: Yalın Enstitü Yayınları.

Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation*. New York: Productivity Press.

İmai, M. (1994). *Kaizen: Japonya'nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı*. İstanbul: Brisa Yayınları.

Jones, K. (1999). *Cellular Manufacturing*. New York: CRC Press.

Konur, M. C. (2011). Lojistik Sektöründe Ağırlıklandırılmış Yalın Olgunluk Düzeyi Ölçüm Modeli ve Uygulanması. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Liker, J. ve Hoseus, M. (2010). *Toyota Kültürü*. Çev. Kıvanç Tanrıyar. İstanbul: Optimist Yayınları.

Liker, J. (2015). *Toyota Tarzı 14 Yönetim İlkesi*. Çev. Ümit Şensoy. İstanbul: Optimist Yayınları.

Locher, D. A. (2008). *Value Stream Mapping for Lean Development*. New York: Productivity Press.

Martin, K. ve Osterling, M. (2007). *The Kaizen Event Planner: Achieving Rapid Improvement in Office, Service and Technical Environments*. New York: Productivity Press.

Marchwinski, C., Shook, J. ve Schroeder, A. (2008). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute.

Monden, Y. (2012). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just in Time*. New York: CRC Press.

Morgan, J. M. ve Liker, J. (2006). *The Toyota Product Development System: Integrating People, Process, and Technology*. New York: Productivity Press.

Mwanza, B., G. ve Mbohwa C., (2015). Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company. *University of Johannesburg, Faculty of Engineering and the Built Environment*. 4: 461-470.

Nash, M. ve Poling, S. (2008). *Mapping the total Value Stream*. New York: Productivity Press.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. New York: CRC Press.

Okur, A. (1997). *Yalın Üretim 2000'li Yıllara Doğru Türkiye Sanayii İçin Yapılanma Modeli*. İstanbul: Söz Yayınları.

Rich, N., Bateman, N. ve Esain, A. (2006). *Lean Evolution: Lessons from the Workplace*. New York: Cambridge University Press.

Rother, M. ve Shook, J. (1999). *Görmeyi Öğrenmek*. İstanbul: Yalın Enstitü Yayınları.

Sarı, B., E. (2018). Üretim Hattı Tasarımında Değer Akış Haritalama Tekniğinin Kullanılması. *Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 56: 67-81.

Shingo, S. A. (1989). *Study of the Toyota Production System*. From an Industrial Engineering Viepoint. Cambridge: Productivity Press.

Şeker. A. (2016). Yalın Üretim Sisteminde Kanban, Tek Parça Akışı ve U Tipi Yerleştirme Sistemleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*. 50: 449-470.

Tanık, M. (2010). Kalıp Ayar Sürelerinin SMED Metodolojisi İle İyileştirilmesi: Bir Yalın Altı Sigma Uygulaması. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 25: 117-140.

Tapping, D., Luyster, T. ve Shuker, T. (2002). *Value Stream Management: Eight steps to Planning, Mapping and Sustaining Lean Improvements*. New York: Productivity Press.

Türkkan, Ö. (2010). Üretimde Yalın Dönüşümün Temel Performans Kriterleri. *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*. 12(2): 28-41.

Uluskan, M. (2019). Süreç Yeterlilik Analizinin Genişletilmiş Kaizen Yöntemine Entegrasyonu: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 27(3): 165-183.

Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. New York: The McGraw Hill Companies.

Womack, P. J., Jones, D. ve Roos, D. (1990). *Dünyayı Değiştiren Makina*. Çev. Osman Kobak. İstanbul: Otomotiv Sanayi Derneği Yayınları.

Womack, P. ve Jones, D. (1996). *Yalın Düşünce*. Çev. Nesime Aras. İstanbul: Sistem Yayınları.

Yalın Danışman. *5S'in Kuralları*. <https://yalindanisman.com/5s-ile-direnisleri-kirmanin-6-altin-kurali/>, (26.11.2020).

Yalın Enstitü. *Yalın Düşüncenin İlkeleri*. <https://lean.org.tr/yalin-dusuncenin-ilkeleri/>, (20.11.2020).

Yılmaz, İ. (2010). *Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Lojistik Operasyonların Optimizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi). Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yüksel, H. (2009). *Üretim/İşlemler Yöntemi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

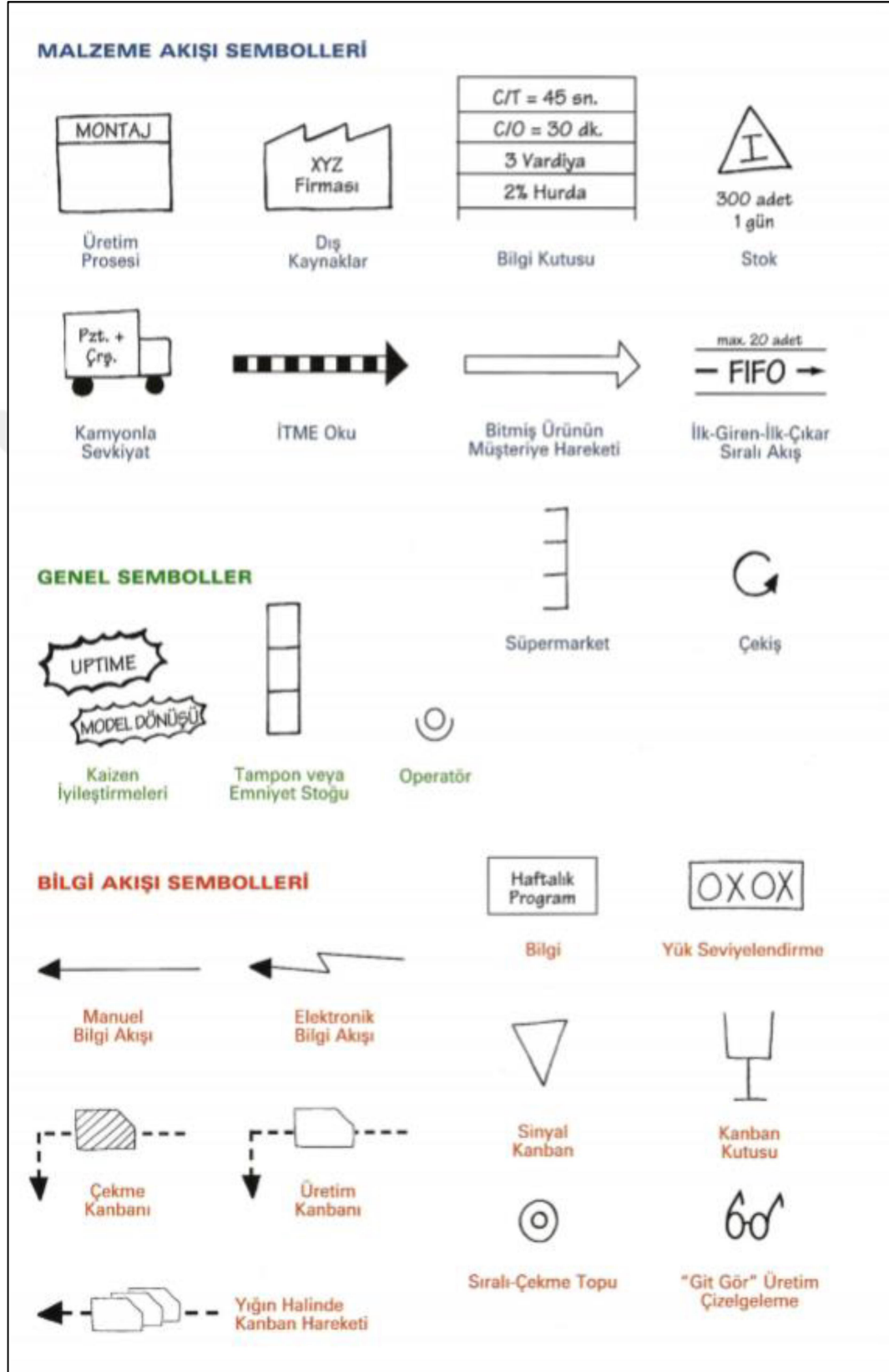
Yükselen, C. *Standart İş*. <https://yalindanisman.com/standart-is/>, (20.11.2020).



EK 1: İşletmenin Gelecek Durum Kazanımları

	Mevcut Durum	Gelecek Durum	İyileştirme Oranı
Üretim Akış Süresi	12,8 gün	5 gün	% 61
İşlem Süresi	1580 sn.	920 sn.	% 42
Hammadde Stoku	8,6 gün	3 gün	% 65
Yarı mamul Stoku	1,7 gün	1 gün	% 41
Bitmiş Ürün Stoku	2,5 gün	1 gün	% 60
Çalışma Süresi	3 vardiya (8 saat)	2 vardiya (9 saat)	% 25
Granül Dönüştürme Süreci Makine Kullanım Oranı	% 60	% 100	
Üretim Hattı Makine Kullanım Oranı	% 66	% 100	
Üretim Hattı Model Dönüşümü	2-3 haftada bir	Her vardiya ürün karması	
Müşteri Sevkiyatı	2-3 günde bir	Her gün	
Tedarikçi Sevkiyatı	Ayda bir	Üç günde bir ihtiyaç olduğunda	

EK 2: Değer Akış Haritalamada Kullanılan Semboller



Rother ve Shook, 2009: 103