



**T.C.**

**HİTİT ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**DIŞ TİCARET VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ ANA BİLİM  
DALI**

**BİR AYAKKABI İMALAT FİRMASINDA SÜREÇ ANALİZİ VE  
SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Ahmet UYSAL**

**Çorum - 2025**

**BİR AYAKKABI İMALAT FİRMASINDA SÜREÇ ANALİZİ VE SÜREÇ  
İYİLEŞTİRME UYGULAMASI**

**Ahmet UYSAL**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Dış Ticaret ve Tedarik Zinciri Anabilim Dalı**

**Yüksek Lisans Tezi**

**TEZ DANIŞMANI**

**Dr. Öğr. Üyesi Gazi Bilal YILDIZ**

**Çorum 2025**

Ahmet UYSAL tarafından hazırlanan “Bir Ayakkabı İmalat Firmasında Süreç Analizi ve Süreç İyileştirme Uygulaması” adlı tez çalışması .../.../..... tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Dış Ticaret Ve Tedarik Zinciri Yönetimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ahmet KARA .....

Dr. Öğr. Üyesi Gazi Bilal YILDIZ (Tez Danışmanı) .....

Dr. Öğr. Üyesi Salih AKA .....

(Unvanı, Adı SOYADI) .....

(Unvanı, Adı SOYADI) .....

Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 09/05/2025 tarih ve 2025/814 sayılı kararı ile Ahmet UYSAL'ın Dış Ticaret ve Tedarik Zinciri Yönetimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Prof. Dr. Osman ÇUBUK

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.

Ahmet UYSAL



# BİR AYAKKABI İMALAT FİRMASINDA SÜREÇ ANALİZİ VE SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI

Ahmet UYSAL

ORCID: 0009-0007-9826-7262

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans

Nisan 2025

## ÖZET

Günümüzde rekabetin artması, rekabet koşulların zorlaşmasıyla işletmelerin karlılıklarını artırabilmeleri ve hayatta kalabilmeleri gibi konular üretim yönetiminin verimli bir şekilde olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluk işletmeleri günümüz koşullarına ayak uydurabilmek, müşterilerin taleplerini karşılayabilmek için geleneksel üretim sistemleri yerine daha verimli üretim sistemleri oluşturmaya yöneltmiştir.

Yalın üretim işletmelerin israfını azaltarak müşterinin talebine duyarlı olmayı sağlayan bir üretim felsefesidir. Süreç analizi ile üretim maliyetlerini düşürmek, verimliliği artırmak firmanın rekabet edebilirliği bakımından oldukça önemlidir. İşletmeler tarafından üretimde uygulanan süreç analizi ve süreç iyileştirme çabaları sistemi minimum maliyet, maksimum fayda sağlayacak şekilde tasarlamayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmada; büyük ölçekli ayakkabı üretimi yapan bir fabrikanın üretim sürecinin bir bölümü alınarak, üretim sistemini olumsuz etkileyen sorunların tespit ve bertarafı için süreç iyileştirme çalışması yapılmış, üretimde oluşan israfın azaltılması amaçlanmıştır. İncelenen üretim sürecinin benzetimi yapılmış, mevcut durumda tespit edilen darboğazların ve israfların bertaraf edilmesi için birtakım öneriler tartışılmıştır.

**Anahtar Kavramlar:** Yalın üretim, Süreç Analizi, Süreç İyileştirme, Simülasyon.

**Bilim Kodu:** 90610, 90612, 90617

**PROCESS ANALYSIS AND PROCESS IMPROVEMENT APPLICATION IN A SHOE  
MANUFACTURING COMPANY**

Ahmet UYSAL

ORCID: 0009-0007-9826-7262

HITIT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL

Master of Science Thesis

April 2025

**ABSTRACT**

Today, it is necessary for production management to be efficient due to issues such as increasing competition, increasing profitability, and survival of companies under difficult competitive conditions. This need has led companies to create more efficient production systems instead of traditional production systems in order to keep up with today's conditions and meet customer demands.

Lean Manufacturing is a production philosophy that enables companies to respond to customer demand by reducing waste. Reducing production costs and increasing efficiency through process analysis is very important for the competitiveness of the company. Process analysis and process improvement efforts applied by companies in production aim to design the system to provide minimum cost and maximum benefit.

In this study; a part of the production process of a large shoe manufacturing factory was taken and a process improvement study was conducted to identify and eliminate the problems that negatively affect the production system. The goal is to reduce work-in-process inventory, increase capacity utilization, and reduce production waste. A simulation model of the production process was carried out. The results and proposals for eliminating the bottlenecks and wastes were discussed.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Process Improvement, Process Analysis, Simulation.

**Science Code:** 90610, 90612, 90617

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin her aşamasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, bu süreçte büyük emekleri olan değerli danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Gazi Bilal YILDIZ' a sonsuz teşekkür ederim. Bu sürecin ilk günlerinden itibaren desteğini hissettiğim arkadaşım Mehmet ERGÜN'e kıymetli desteklerinden dolayı teşekkürü borç bilirim. Tezimin uygulama sürecinde desteklerini esirgemeyen ayrıca, hayatımın her anında yanımda olan ve başarılı olacağıma inanan eşim Aysun UYSAL'a sevgili aileme sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ahmet UYSAL

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
TABLolar DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
GRAFİKLER DİZİNİ .....	xi
RESİMLER DİZİNİ .....	xii
KISALTMALAR DİZİNİ .....	xiii
GİRİŞ .....	1

### 1. BÖLÜM

#### YALIN ÜRETİM SÜREÇ KAVRAMI VE SÜREÇ ANALİZİ

1.1. Yalın Üretim.....	2
1.1.1. İsrâf Türleri .....	4
1.1.2. Yalın Üretim Düşüncesinin İlkeleri .....	5
1.2. Süreç Kavramı ve Süreç Analizi.....	6
1.2.1. Süreç Analizi .....	6
1.2.2. Sürecin Temel Öğeleri.....	7
1.2.3. Sürecin Özellikleri.....	7
1.2.4. Süreç Yönetimi.....	8
1.3. Süreç İyileştirme .....	8
1.4. Dünyada ve Türkiye’de Ayakkabı İhracaat Pazarının Durumu .....	10

**2. BÖLÜM****LİTERATÜR ARAŞTIRMASI**

2. Literatür .....	13
--------------------	----

**3. BÖLÜM****UYGULAMA**

3.1. Üretim Hattına Genel Bakış .....	18
3.2. Problemin ve Amaçların Tanımlanması .....	20
3.3. Verilerin Toplanması .....	21
3.4. Kavramsal Modelin Oluşturulması .....	25
3.5. Hat Dengeleme .....	29
3.6. Değişken Komşuluk Arama Algoritması .....	31
3.7. İyileştirme Önerileri .....	33
3.7.1. Birinci Öneri .....	34
3.7.2. İkinci Öneri .....	35

**SONUÇ VE ÖNERİLER**

<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>41</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>43</b>

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 2.1.</b> Dünya Ayakkabı İhracatı (Bin ABD Doları).....	<b>10</b>
<b>Tablo 2.2.</b> Ayakkabı İhraç Edilen Başlıca Pazarlar (ABD Doları) .....	<b>11</b>
<b>Tablo 2.3.</b> Ürün Gruplarına Göre Ayakkabı İhracatı (ABD Doları).....	<b>12</b>
<b>Tablo 3.1.</b> Fabrikanın Haftanın Beş Günlük Üretim Miktarı .....	<b>21</b>
<b>Tablo 3.2.</b> Model 1 Ayakkabı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalaması, Operasyon İsmi, İşçi Sayısı.....	<b>23</b>
<b>Tablo 3.3.</b> Model 1 Ayakkabı Üretim Öncelik İlişkileri Tablosu Mevcut Durum .....	<b>24</b>
<b>Tablo 3.4.</b> Mevcut Durum Modelleme Sonrası İstasyon Süreleri .....	<b>26</b>
<b>Tablo 3.5.</b> Model 1 Ayakkabının Ayırma Sonrası Operasyon İsmi ve Makine Türlerine Göre Ait İş Etüdü.....	<b>28</b>
<b>Tablo 3.6.</b> Model 1 Ayakkabı Ayırma Sonrası Operasyon Süre Karşılaştırması.....	<b>29</b>
<b>Tablo 3.7.</b> Model 1 Ayakkabının Birinci Öneriye Göre Üretim Hattına Ait İstasyon Süreleri..	<b>34</b>
<b>Tablo 3.8.</b> Model 1 Ayakkabının İkinci Öneriye Göre Üretim Hattına Ait İstasyon Süreleri....	<b>36</b>
<b>Tablo 3.9.</b> Üretim Adeti, Harcanan Toplam İnsan Gücü, Çevrim Süresi, Adet Başına Harcanan Emek Miktarı, Proses Kuyruk Miktarları.....	<b>40</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Yalın Üretimin Başarı Faktörleri.....	3
Şekil 1.2. Yalın Düşüncenin Unsurları .....	4
Şekil 1.3. Yedi Temel İsrar Türleri .....	5
Şekil 1.4. Sürecin Veri Üretme Yapısı.....	7
Şekil 3.1. Fabrikanın Genel İş Akışı.....	18
Şekil 3.2. Model 1 Ayakkabının Üretim Hattına Ait Akış Şeması Mevcut Durum .....	25
Şekil 3.3. Yüz ve Yan Yapıştırma ve Yüz Yan Dikme Prosesi Bölünmüş Hali .....	29
Şekil 3.4. Altı Elemanlı Bir Permütasyon Probleminin Komşulukları .....	32
Şekil 3.5. Model 1 Ayakkabının Birinci Öneriye Göre Üretim Hattına Ait İstasyon Akış Şeması.....	34
Şekil 3.6. Model 1 Ayakkabının İkinci Öneriye Göre Üretim Hattına Ait İstasyon Akış Şeması.....	35

## GRAFİKLER DİZİNİ

<b>Grafik</b>	<b>Sayfa</b>
<b>Grafik 3.1.</b> Ürün Taleplerine Ait Pareto Analizi Grafiği .....	<b>22</b>
<b>Grafik 3.2.</b> Hat Dengesi – Mevcut Durum.....	<b>27</b>
<b>Grafik 3.3.</b> Birinci Öneri İle Elde Edilen Hat Dengesi.....	<b>35</b>
<b>Grafik 3.4.</b> İkinci Öneri İle Elde Edilen Hat Dengesi .....	<b>36</b>
<b>Grafik 3.5.</b> Birinci Öneri, İkinci Öneri ve Mevcut Durum Ürün Çıktı Miktarları .....	<b>37</b>
<b>Grafik 3.6.</b> Mevcut Durum ve Önerilere Göre için Harcanan Toplam İnsan Gücü Grafiği .....	<b>37</b>
<b>Grafik 3.7.</b> İkinci Öneriye Göre Geliştirilen Senaryoların İşçi Miktarları .....	<b>38</b>
<b>Grafik 3.8.</b> İkinci Öneriye Göre Geliştirilen Senaryoların İşçi Artışı Sonrası Üretim Adedi Çıktı Miktarları .....	<b>39</b>
<b>Grafik 3.9.</b> Alternatif İyileştirmeler Harcanan Toplam İnsan Gücü Grafiği .....	<b>39</b>

## RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Makineci İşçiler.....	20
Resim 3.2. Tezgahçı İşçiler.....	20



## KISALTMALAR

### Kısaltmalar

SLP	Systematic Layout Planning
TPM	Total Productivite Management/Maintenance (Toplam Üretken Bakım)
MTTR	Main Time To Repair (Ortama Onarım Süresi)
MTBF	Mean Time Between Failures (Olası Ardışık İki Arıza Arasında Geçen Toplam Süre)
SQC	Statistical Quality Control (İstatistiksel Kalite Kontrolü)
UCL	Upper Control Limit (Üst Kontrol Limiti)
LCL	Lower Control Limit (Alt Kontrol Limiti)
ISO	ISO Flow Process, International Standart of Organization,(İş Akış Süreci)
DMAIC	Define-Measure-Analyse-Improve-Control (Altı Sigma)
SPC	Statistical Procees Control (İstatiksel Proses Kontrolü)
FMEA	Failure Mode Effects Analysis (Hata Modu Etki Analizi)
RPN	Risk Periority Number (Risk Periyot Sayısı)
CPM	Critical Path Management (Kritik Yol Yönetimi)
SALBP	Simple Assembly Line Balancing (Basit Montaj Hattı Dengeleme)
Cmax	Maksimum Çevrim Süresi
VNS	Değişken Komşuluk Arama (Variable Neighborhood Search)

## GİRİŞ

Günümüzde şirketlerin rekabet edebilmek için öncelikli hedefi üretimde düşük maliyetle verimli üretimi sağlamaktır. Günümüz koşullarına ayak uydurabilmek, müşteri taleplerini eksiksiz ve zamanında karşılayabilmek için firmalar, geleneksel üretim sistemlerinden vazgeçip, üretim sistemlerini daha düşük maliyet ve daha yüksek karlılık üzerine şekillendirmişlerdir.

Üretimde iş akışı ve işçilerin çalışma düzeni, bir ürünün bir parçası için harcanan zaman, üretimde gerçekleşen toplam süre ve üretim adet sayısı gibi etkenler zincirleme olarak bütün üretim sistemini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla üretimde yaşanacak küçük bir aksaklık, firmaların üretim planlarının şaşmasına ve sipariş karşılamada gecikmelerine sebep olacaktır. Bu kapsamda verimli ve etkili bir şekilde firmaların yalın üretim disiplinini benimsemesi süreç analizi ve süreç iyileştirme bakımından firmaya katkı sağlayacaktır.

Gerçek hayatta bir proses üzerinde yapılacak uygulamalar günümüzde simülasyon programları ile yapılabilmektedir. Bunun nedeni deneme yanılma tekniğinin yüksek maliyetli olması, sistemin matematiksel modelinin oluşturulmasının veya matematiksel modelinin çözümünün oldukça zor, maliyetli ya da zaman alıcı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu tür uygulamalar maliyet ve zaman bakımından elverişsiz olduğundan günümüzde bilgisayar üzerinde simülasyon programları ile kısa zaman içerisinde maliyet olmadan ve zaman kaybı yaşamadan daha kolay sonuçlara ulaşılabilmektedir. Bu sayede yapılacak olan uygulamalar hakkında önceden bilgi sahibi olmamız, isabetli kararlar verebilmemize yardımcı olmaktadır.

Bu çalışmada, ayakkabı imalatı yapan bir firmanın üretim süreçleri simüle edilmiştir. Ayrıca yalın üretim anlayışı ışığında, süreç analizi ve süreç iyileştirme çalışması yapılarak firmanın süreç verimliliğini artırmaya yönelik çalışma yapılmıştır. Bu nedenle, öncelikle mevcut üretim süreçleri analiz edilerek üretim sisteminin simülasyon modeli oluşturulmuş ve ardından geliştirilen senaryolar ile çözüm önerileri sunulmuştur.

Bu tez çalışması ile ayakkabı imalatı yapılan firmanın kendine özgü süreçleri ile hazırlanmış olması hem literatüre hem de firmaya önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

## 1. BÖLÜM

### YALIN ÜRETİMDE SÜREÇ KAVRAMI VE SÜREÇ ANALİZİ

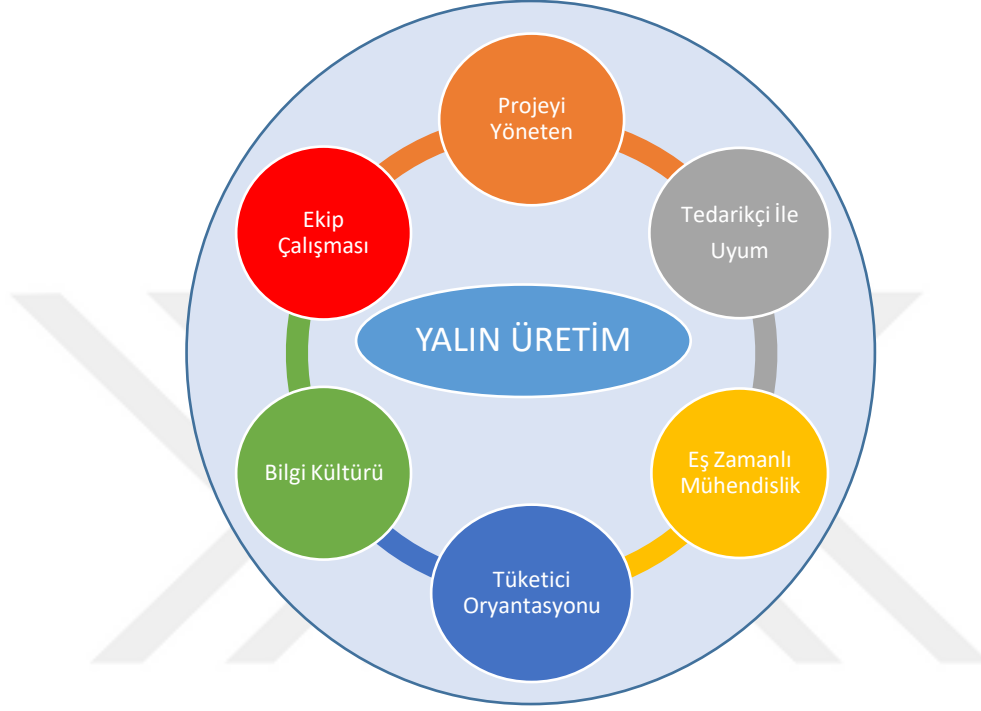
#### 1.1. Yalın Üretim

Yalın üretim genel olarak yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan ve hata, stok, maliyet, üretim alanı, işçilik, geliştirme süreci, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurların en aza indirildiği üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır (Şeker, 2016). Yalın üretim temeli ve ilkeleri ilk defa 1950'li yıllarda Japon Toyota Motor şirketinde atılmıştır (Fırat ve Ceyhan, 2015). Yalın üretim sisteminin ortaya çıkıp gelişmesi temel anlamda, kaynak, zaman, maliyet, minimum hata ve minimum israfı mümkün kılmaktır. Bu doğrultuda müşteri istek ve taleplerine uygun, üretim enstrümanlarını en esnek şekilde kullanmak ve mevcut potansiyelinin tamamından en iyi şekilde yararlanmaktır. Bu üretim felsefesi, ulaşılması istenilen tüm amaçların aynı anda gerçekleştirme ilkesine dayanan ve batıda 1900'lerin başlarında bilinen, seri üretim anlayışının tam tersine yaklaşan bir sistemdir. Genel olarak herkes tarafından kabul görmüş, kural ve ilkelerin tümünü sorgulayan, hiçbir düşünce ve kanaati kesin görmeyen şüpheli bir yaklaşım sergileyen bir üretim felsefesi olarak karşımıza çıkmaktadır (Fırat ve Ceyhan, 2015).

İşletmeler uluslararası alanda rekabet edebilmek için yeni pazar anlayışı içerisine girmişlerdir. Bu durumda başarılı olabilmek, daha karlı hale getirebilmek için yalın üretim felsefesini benimsemişlerdir. Müşteri isteklerine cevap vermek ve israfı minimize etmek yalın üretimin amacını oluşturmaktadır (Sarı, 2018). Firmaların rekabet gücünü artırmak istemesi ve ilkelerini gerçekleştirirken müşterilerini merkezde tutarak yalın üretim anlayışı doğrultusunda üretim yapmak önemli bir hale gelmiştir. Yalın üretim anlayışını benimseyen işletmelerin, üretimde meydana gelecek olası israfın tespitini iyi yapmalı ve bu israfı önleyecek çözümler yaratarak üretim sistemlerini buna göre oluşturmalıdırlar (Ayçin Ve Özveri, 2016).

Yalın üretim üretimin her aşamasında katma değer sağlamayan tüm adımların ayıklanmasıdır. Yalın üretim sistemdeki tüm israfları engellemeye yönelik yapılan bir çabadır. Üretimde daha az kaynak kullanarak müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilecek ürünler üretmektir. Sonuç olarak yalın üretim sisteminin tek amacının, değer hammadeden başlayarak son kullanıcı müşteriye ulaşana kadarki geçen sürenin kesintisiz bir şekilde akmasını sağlamak ve aynı zamanda tek doğruyu kabul etmeyen sürekli sistemi denetleyen ve kusursuzluğu arayan bir sistemdir. Yalın üretimin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi, etkili bir liderlik yaklaşımını zorunlu kılmaktadır. Bu süreci yöneten liderin, işletme içerisinde yalın üretimi destekleyen bir örgüt kültürü inşa etmesi ve bu kültürü çalışanlara benimsetmesi gerekmektedir. Ayrıca, çalışanların yalın üretim sürecine etkin bir şekilde katılım gösterebilmeleri için kendilerini güvende hissetmeleri büyük önem taşır. Bu güvenin sağlanabilmesi ise, çalışanlara iş güvencesi konusunda açık bir teminat verilmesiyle mümkün

olabilir (Ersöz ve vd., 2020). Yalın üretimin karakteristik yapısını oluşturan altı başarı faktörü vardır. Bunlar projeyi yöneten, ekip çalışması, bilgi kültürü, tedarikçilerle uyum, eşzamanlı mühendislik ve tüketiciyi eğitme, bilinçlendirmedir. Şekil 1.1'de yalın üretimin başarı faktörlerini göstermektedir (Aslantaş, 2006).

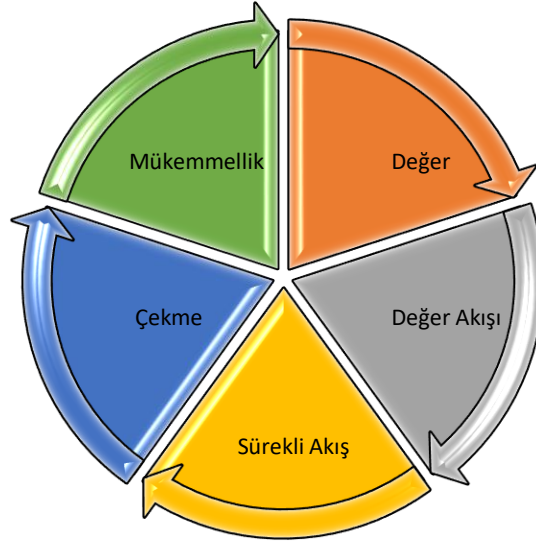


**Şekil 1.1** Yalın Üretimin Başarı Faktörleri (Aslantaş, 2006).

Yalın üretim, klasik üretim ile karşılaştırıldığında, müşteri istekleriyle tam uyum içerisinde olan ve üretimde daha az fire, insan gücü, maliyet ile zamana ihtiyaç duyan ürün geliştirmeyi, tedarikçileri, müşteri ilişkilerini organize etmek ve yönetmek için uygulanan sistem olarak görülmektedir. Yalın düşüncenin 5 Temel İlkesi vardır. Bunlar, ürün değerini kesin olarak tanımlamak, ürünlerin her biri için değerini belirlemek, bu değerini ise tam anlamıyla akışını sağlamak, müşterinin değeri üreticiden çekmesini sağlamak, en iyiye ulaşmaya çalışmak şeklinde sıralayabiliriz (Şahin ve Akolaş, 2020).

Günümüzde kullanılan makineler yüksek hızlara sahip olup kısa zaman dilimlerinde üretim değerlerinde değişimlere neden olmaktadır. Bu nedenle makine ve diğer ekipmanlar, ürün artışında önemli bir yere sahiptir. Günümüzde rekabetin zor olması nedeniyle makine ve ekipmanların etkin kullanımı işletmelerin üretim maliyetlerini azaltabilmeleri için hayati önem taşımaktadır (Maraşlı ve Kemahlı, 2013). Üretim sırasında işleme süreci ürün değerini artıran önemli bir etken iken, üretimden önce yapılan hazırlık süreci ürünün değerine bir

katkı sağlamaz aksine maliyetin artmasına neden olur. Bu durumda üretime değer katmayan işlerin ortadan kaldırılması işletmenin toplam maliyeti azaltacak, ortaya çıkan ürünün son kullanıcıya ulaşma sürecini kısaltacaktır (Küçük ve Güner, 2015). Yalın üretimi Womack ve Jones çeşitli eylemlerden oluşan bir süreç olarak tanımlamıştır (Womack ve Jones, 2003). Bunlar değer, değer akışı, akış, çekme ve mükemmelliktir (Ayçin ve Özveri, 2016).



**Şekil 1.2.** Yalın Düşüncenin Unsurları (Şeker, 2016).

- 1-Doğru belirlenen ürünün değerini artırmak (Değer)
2. Değer zincirini ürünlerin her biri için belirleyerek ve israfın oluşmasına neden olan tüm iş ve faaliyetleri ortadan kaldırmak (Değer Akışı)
3. Ürün akışının herhangi bir kesintiye uğramadan akışı sağlamak (Sürekli Akış)
4. Müşteri talebini dikkate alarak uyumlu bir şekilde üretimi kontrol etmek ya da müşterinin üreticiden değeri çekmesine imkan vermek (Çekme)
5. Kusursuzu başarmak ve mükemmelliğin devamını sağlamak (Mükemmellik)

### **1.1.1. İsrif türleri**

Yalın üretim sisteminde işletmeler için maliyet oluşturan kalemler, üst kademedeki yöneticilerin göremediği ve ürüne katma değer sağlamayan zaman kayıplarında saklıdır. Bu gizli maliyetlerin ortaya çıkarılması ve azaltılması bu sistemin temelini oluşturmaktadır. Yalın üretim sürecinde üretime değer katmayan israflar ise; gereksiz taşıma, üretimin fazla olması, bekleme, ekstra gereksiz işlemler, fazla stok yapma, gereksiz insan hareketi, ürün ve süreç kusurlarıdır. Süreçte ürüne değer katmayan faktörleri ortadan kaldırmak için israf türleri azaltmanın yolları bulunmaya çalışılmalıdır (Ayçin Ve Özveri, 2016).



**Şekil 1.3.** Yedi Temel İsraf Türleri (Sarı, 2018).

### 1.1.2. Yalın üretim düşüncesinin ilkeleri

Yalın düşüncenin ve yalın üretimin temel ilkeleri aşağıdaki gibidir:

Yalın üretim, gerekli olmadıkça bir şeyin üretilmeyeceği ilkesine dayanmaktadır. Yalın düşüncenin ve Yalın Üretimin temel ilkeleri aşağıdaki gibidir

- Değerin, müşteri odaklı olması,
- Müşterilerinin, değer akışı vasıtasıyla, değeri çekmesinin sağlanması
- Mükemmelliğin devamlılığının olması
- Ortaya çıkan sorunların yerinde belirlenmesi ve çözülmesi
- Hatasız üretim olması
- Değer akışının tanımlanması ve müşteri geri bildirim için gerekli olan faaliyetlerin saptanması
- Etkinlikten vazgeçmeden ürünlerin farklı karmalarda üretilmesi
- Değer katmayan faaliyetlerin çıkartılarak ve değer katan aşamaların akışını sağlayarak, proses sürecinde değer akışının sağlanması
- Kaynak kullanımının maksimize edilerek Değer katmayan maliyetleri minimize etmek
- Maliyetlerin en aza indirilerek, kalite ve verimliliğin artırılması ve bunların devamının sağlanması
- Ürünlerin, nihai müşteri tarafından çekilmesi
- Tedarikçilerle ilişkilerin uzun dönemli olması (Ertuğrul ve vd., 2013).

## **1.2. Süreç Kavramı ve Süreç Analizi**

Süreç, çeşitli girdilerin işlenerek katma değer yaratıldığı ve bu faaliyetlerin bir bütün olarak çıktıya dönüştüğü ardışık işlemler bütünü olarak tanımlanabilir (Deste ve Berber, 2018). Başka bir ifadeyle süreç, girdilerin belirli aşamalardan geçirilerek çıktılara dönüştüğü tüm adımları kapsayan bir yapıdır (Özan, 2021). Etkin bir sürecin var olabilmesi için mutlaka tanımlanmış girdilere ve bu girdilerden elde edilen çıktılara ihtiyaç vardır; bu iki unsurdan yoksun bir faaliyet süreç olarak değerlendirilemez. Girdilerin çıktıya dönüşmesi birden fazla faaliyetle gerçekleştiğinde süreç niteliği kazanır. Aksi halde söz konusu işlem süreç olarak tanımlanamaz. Her sürecin bir sahibi ve bir müşterisi bulunur; bu müşteriler iç veya dış müşterilerden oluşabilir (Türkan ve Görener, 2017). Süreci oluşturan girdiler ise genel olarak insan kaynağı, donanım, malzeme, yöntem ve çevresel faktörler olmak üzere beş ana grupta toplanmaktadır. Bu unsurlar dikkate alınarak gerçekleştirilen analizler sayesinde, süreçlerde geliştirme fırsatları belirlenmekte ve gereksiz, yinelenen işlemlerin azaltılmasıyla kaynakların daha verimli kullanılması sağlanmaktadır. Ayrıca, stratejik hedef ve yöntemler doğrultusunda yapılacak süreç iyileştirme çalışmaları, işletmelerin pazar paylarını artırarak sektörde daha güçlü bir konuma gelmelerine katkı sunmaktadır (Deste ve Berber, 2018).

İşletmelerde süreç kavramı, müşteri ve tedarikçi gibi dışsal unsurların kapsam dışında bırakılmasıyla ele alınır. Süreç, müşteri taleplerinin alınmasıyla başlayıp, ürün veya hizmetin teslimiyle sonlanan aşamalardan oluşur. Bu bağlamda süreç yönetimi, kalite güvencesi, müşteri memnuniyeti, yenilikçilik, maliyet etkinliği ve zaman kontrolü gibi temel unsurların sağlanabilmesi için çeşitli denetleyici ve düzenleyici uygulamaları içermektedir. Üretim sürecinde yüksek performansın elde edilmesi ve bu performansın sürdürülebilir kılınması, süreç iyileştirme tekniklerinin temelini oluşturur. İşletmelerin rekabet gücünü artırabilmesi için, kendi performans düzeylerinin ötesinde başarılı uygulamalara sahip işletmeleri analiz etmeleri ve bu işletmelerin iş yapış biçimlerini incelemeleri gereklidir. Bu tür karşılaştırmalı analizler, işletmenin kendi performansını geliştirmesine doğrudan katkı sağlamaktadır (Özan, 2021).

### **1.2.1. Süreç Analizi**

Süreç analizi, bir gözlem yöntemi olarak söylenilebilir. Belirli bir amacı olan, girdilerin çıktılara dönüştürülmesi için kullanılan süreçlerin incelenmesidir. Süreç analizi, ilk kez ortaya çıktığında üretim süreçleri sadece imalatta dikkate alınmış, zorlu rekabet koşulları nedeniyle piyasanın ihtiyaç duyduğu gerekliliklerden etkilenerek, işletmelerde tekrar eden çok sayıda iş sürecinde uygulanmaya başlamıştır. İşletmelerde kullanılan süreçlerinin güncel halinin belirlenmesi ve belirlenen güncel durumun olumlu olumsuz yönlerini değerlendirilerek, ortaya çıkan sonuçların süreç geliştirmede kullanılmasıdır. Bu durum süreç analizi uygulamasının ana etkenini oluşturmaktadır. Böylelikle elde edilen süreç geliştirme önerilerinin uygulanmasıyla süreç içerisinde gereksiz ve sürekli tekrar eden

işlemlerde kayda değer bir kaynak tasarrufu sağlamaktadır. Bu sayede işletmelerin Pazar payının genişlemesine ve rekabet gücünün artmasına neden olmaktadır (Sarı vd., 2020).

### 1.2.2. Sürecin temel öğeleri

**Girdi:** Sürecin çalışmasını başlatan ve sürecin her aşamasında değişim ve dönüşüm geçiren, süreci harekete geçiren unsurlar olarak tanımlayabiliriz.

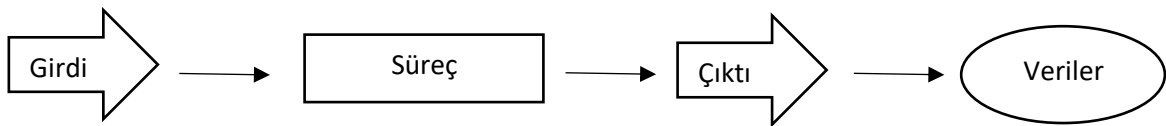
**Çıktı:** Süreç sonunda üretim şartlarını gerçekleştirmek, ekonomik değeri olan ve nitelik ve nicelik olarak yeni hizmet veya mal şeklinde meydana gelen biçimdir.

**Tedarikçi:** Üretim faktörlerini temin eden kişi ya da kurum – kuruluşlardır.

**Müşteri:** Süreç sonucunda ortaya çıkan ürünleri kullanan ve fayda sağlayan oluşumun içerisindeki veya dışarısında bulunan kişi, kurum, kuruluşlardır.

**Süreç Performans Göstergeleri:** Kısaca Performans göstergeleri müşterilerin istek ve ihtiyaçlarını karşılama seviyesini ölçmeye yarayan, geliştirilebilmesini sağlayan göstergelerdir.

**Müşteri İhtiyaç ve Beklentileri:** Talep edenlerin ya da onların yerine hareket edenlerin istek ve ihtiyaçlarına göre üretilmiş mal veya hizmetin belirli özellikleridir. Alıcıların, hangi mal veya hangi hizmete neden ve ne kadar ölçüde istekli olduklarını açıklayan ifadelerdir. Aşağıdaki Şekil 1.4'te Sürecin veri üretme yapısı gösterilmiştir. Girdilerin süreç sonrasında çıktılara dönüştüğü ve bu çıktılar sonrası veriler elde edildiğini basitçe göstermektedir.



**Şekil 1.4.** Sürecin Veri Üretme Yapısı (Öztürk vd., 2012).

### 1.2.3. Sürecin özellikleri

Süreçlerin özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- **Tanımlanabilirlik:** Süreci oluşturan öğelerin tanımlanabilir olmasıdır.
- **Ölçülebilirlik:** Süreç ölçülebilen faaliyetler dizisinden oluşmaktadır.
- **Denetlenebilirlik:** Sürecin başarılı olabilmesi için Süreç işleminden sorumlu olanların yetkin olabilmesi ve gereklilik halinde düzeltici-önleyici işlemleri yapabilmesidir.

- Tekrarlanabilirlik: Sürece gereken sonucu verecek nitelikte çalışma durumu kazandıran girdilerin işlenmesi sonucunda meydana gelen ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerin devamlılığını (doyuma ulaştırma) tatmin edebilme niteliğidir
- Katma Değer oluşturma: Süreç; bir girdiyi kullanarak müşteri istek ve beklentilerine cevap verecek şekilde katma değer kazandırarak ürünü sunma işlevidir (Ertuğrul ve Tekin, 2016).

#### **1.2.4. Süreç yönetimi**

Süreç yönetimi kısaca, mal ve hizmetlerin üretiminin başlangıcından bitimine kadar olan bütün faaliyetleri içermektedir (Varışlı, 2021). Küreselleşmenin yoğunlaşması firmaların rekabet koşullarının zorlaşması, müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin artmasıyla, iş süreçlerinin etkin yönetimi günümüzde süreç yönetimini daha önemli hale gelmiştir. Süreç yönetimi maliyetlerin en aza indirilmesi, kaynakların daha verimli ve etkin kullanılmasını, karlılığın artmasını hedefler. Süreç yönetimi kuruluşların iş görme metotlarını fonksiyonel hiyerarşi yapısına göre değil, süreçlerin ilerleme durumlarına göre hal alan yeni bir yönetim şeklidir diyebiliriz. Süreç yönetimi, iş süreçlerini yeniden yapılandırma, yenileme modelleme, iş süreçleri otomasyonu, iş akışı yönetimi ve süreci odağına alan yaklaşımların bir bütün olarak değerlendirildiği yönetim yaklaşımlarını içermektedir (Ertuğrul ve Tekin, 2016).

#### **1.3. Süreç İyileştirme**

Süreç iyileştirme, kaliteyi artırmak ve iş performansını geliştirmek amacıyla yürütülen sistematik bir uygulamadır. Bu uygulama, maliyetlerin azaltılması, işlem döngüsünün kısaltılması ve müşteri beklentilerinin en üst düzeyde karşılanmasını temel hedefler arasında kabul eder. Süreç iyileştirme çalışmalarının bir diğer amacı ise süreçlerin performans düzeyini artırmaktır. Süreç performansı, ilgili sürecin yürütülmesinde kullanılan kaynakların verimliliği ile doğrudan ilişkilidir. İyileştirme uygulamaları sonrasında süreç performansında yaşanan artış, tekrar işlem gereksinimini ve kaynak israfını azaltarak çevrim süresinin kısalmasını sağlar. Başka bir ifadeyle, süreç iyileştirme; işletmeye katma değer sağlamayan faaliyet adımlarının ortadan kaldırılması yoluyla iş akışının daha etkin hale getirilmesini amaçlamaktadır. (Pirinçiler ve Şen, 2012). Süreç iyileştirme firmaların iş sürecinde müşteri beklentilerini en üst düzeyde karşılamayı amaçlayan ve sürecin iyileştirilmesinde, merkezinde maliyeti azaltma, verimli süreçler geliştirme ve uygulanan yöntemlere yanıt verme ihtiyacı olduğu görülmektedir (Radnor, 2010).

Firmaların kaynaklarını daha etkin ve verimli biçimde kullanma gerekliliği ile üretim hızındaki artış, maliyetleri azaltmaya yönelik çeşitli üretim iyileştirmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, montaj hattı dengeleme çalışmaları, üretim hattının verimliliğini artırmada kritik bir rol üstlenmektedir (Gündoğdu, 2019). Montaj hatları ilk kez 1913 yılında Ford Motor Fabrikaları'nda kullanılmaya başlanmış ve üretim hacmindeki artışla birlikte

montaj hattı dengeleme problemi ortaya çıkmıştır (Gündoğdu, 2019). Montaj hatları, belirli bir ürünün nihai formuna ulaşabilmesi için iş elemanlarının bir araya getirilerek işlendiği süreçleri ifade etmektedir. Bu süreçlerde iş unsurlarının sahip olduğu öncelik sıralamaları, işlem süreleri ve bu süreler arasındaki farklılıklar, her bir çalışana düşen iş yükünün doğru istasyonlara dengeli şekilde dağıtılmasını zorunlu kılmaktadır. Montaj hattı süreçlerinde işlem süreleri arasında meydana gelen çok küçük farklılıklar dahi, istasyonlarda işçi beklemeleri ve üretim akışında yığılmalara neden olabilmektedir. Bu tür dengesizlikler ise genel hat verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Orbak vd., 2009). Montaj hatlarına ilişkin problemlerin çözümünde genellikle Benzetim Teknikleri, Matematiksel Programlama Teknikleri, Konum Ağırlıklı Hat Dengeleme Tekniği ve Sezgisel Yöntemler kullanılmaktadır.

Süreç iyileştirme çalışmalarında, iyileştirme gerektiren alanların belirlenmesi ve müdahalenin hangi noktadan başlatılacağına karar verilmesi açısından Pareto analizi, literatürde sıkça başvurulan etkili yöntemlerden biridir. Pareto prensibine göre, az sayıdaki temel unsurun, sonuçların büyük bir kısmı üzerinde belirleyici etkisi bulunmaktadır. Bu doğrultuda, bu sınırlı sayıdaki unsurun kontrol altına alınması, genel sürecin büyük oranda denetlenmesini mümkün kılmaktadır. Pareto analizi, bir başka deyişle, olayların gerçekleşme sıklığına göre en yüksekten en düşüğe doğru sıralandığı ve böylece problemlerin kaynağını önceliklendirmeye olanak tanıyan bir kalite kontrol aracıdır (Çakırkaya ve Acar, 2016). Karar verme süreci, karşılaşılan sorunların çözümüne yönelik olarak genellikle karmaşık bir yapıya sahiptir; bu sürecin daha yönetilebilir hale gelmesi ise mevcut verilerin sistematik biçimde sınıflandırılması ile mümkün olmaktadır (Bekereci vd., 2020). Bu amaçla Pareto analizinden yararlanılarak karar alma süreçleri daha etkin bir biçimde yürütülebilir.

İtalyan ekonomist Vilfredo Pareto İtalya'da yaptığı gözlemlerde nüfusun yüzde yirmisinin ülkedeki mülklerin yüzde seksenine sahip olduğunu belirtmiştir (Pareto, 1896). Çoğunluk ve önemli azınlık arasında matematiksel bir ilişki olduğunu keşfetmiştir. Daha sonra, İtalya'da servetlerin eşitsiz olarak dağıldığını gösteren, pareto dağılımı olarak bilinen matematiksel bir formül oluşturmuştur. İş yönetimi danışmanı Juran 1940'ların sonlarına doğru yaptığı çalışma ile Pareto'nun bulgularını, Pareto İlkesi olarak 80-20 kuralını tanımlamıştır (Dunford vd. 2014). Juran, sorunların %80'inin kusurların %20'sinden kaynaklandığını, Yani merkezine %20'lik kısmını aldığımızda en az çabayla büyük bir etki olabileceğini belirtmiştir (Best ve Neuhauser, 2006)

Tercih edilen süreç iyileştirme yöntemleri işletmelerin süreç iyileştirme çalışmalarını gerçekleştirebilmesi için oldukça önemli bir yere sahiptir. Süreç iyileştirme çalışmaları işletmelerin sürekli gündeminde tuttuğu bir araçtır. Beklenen verimliliğin ortaya çıkmasında, her işletmenin iş süreçlerinin farklı olması dikkate alındığında, işletmenin kendi süreçlerine uygun olan süreç iyileştirme yöntemini uygulaması gerekir. (Deste ve Berber, 2018).

#### 1.4. Dünyada ve Türkiye’de Ayakkabı İhracat Pazarının Durumu

Dünyada ayakkabı sektörü ihracat rakamları göz önünde bulundurulduğunda çok sayıda ülkenin ihracat kaleminde önemli yere sahip olduğu görülmektedir. Aşağıdaki tablo 2.1’de görüldüğü üzere uluslararası ticaret merkezi verilerine göre dünyada ayakkabı ihracatında Türkiye’nin yeri incelendiğinde pazar payının %0,7 olduğu, dünya ayakkabı ihracatında olan payının ise 19. sıraya yükseldiği görülmektedir. Dünyada ayakkabı ihracatında Çin’in lider konumunda olduğu bu ülkeyi ise Vietnamın takip ettiği görülmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı Ayakkabı Sektör Raporu, 2024).

**Tablo 2.1.** Dünya Ayakkabı İhracatı (Bin ABD Doları)

ÜLKE	2020	2021	Değişim %	Pay 2021 %
Çin	38.115.076	46.053.699	20,8%	30,1%
Vietnam	17.253.936	25.246.320	46,3%	16,5%
İtalya	10.653.081	12.948.135	21,5%	8,5%
Almanya	8.268.428	9.481.073	14,7%	6,2%
Belçika	7.112.177	7.105.436	-0,1%	4,6%
Endonezya	4.804.751	6.165.241	28,3%	4,0%
Fransa	3.998.079	4.758.956	19,0%	3,1%
Hollanda	3.399.786	4.407.393	29,6%	2,9%
İspanya	2.737.911	3.176.223	16,0%	2,1%
Polonya	2.575.057	3.068.997	19,2%	2,0%
Hong Kong, Çin	2.124.390	2.372.709	11,7%	1,6%
Hindistan	1.915.122	2.337.822	22,1%	1,5%
Portekiz	1.759.542	2.041.307	16,0%	1,3%
Kamboçya	1.123.081	1.392.218	24,0%	0,9%
Bangladeş	1.018.881	1.269.145	24,6%	0,8%
Birleşik Krallık	2.184.831	1.255.694	-42,5%	0,8%
Romanya	1.042.016	1.163.865	11,7%	0,8%
ABD	1.136.086	1.147.291	1,0%	0,8%
Türkiye	829.448	1.081.892	30,4%	0,7%
Çek Cumhuriyeti	987.248	1.060.731	7,4%	0,7%
DIĞER	14.588.484	15.304.820	4,9%	10,0%
GENEL TOPLAM	127.627.411	152.838.967	19,8%	100,0%

**Kaynak:** <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Ayakkab%C4%B1%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202022.pdf> Erişim tarihi:10 Şubat 2025.

Türkiye'nin ihracat miktarına Tablo 2.2'de görüldüğü üzere 2022 yılında deri mamulleri ihracat miktarı 1.310.742 bin dolar olurken, 2023'te ise 1.268.682 bin dolar olmuştur. Dünyadaki ihracat payı ise 0,7% den 0,8% yükseldiği görülmüştür. 2022 yılında ayakkabı ihraç ettiğimiz başlıca ülkeler arasında Almanya, Rusya Federasyonu, Irak, Ukrayna ve İspanya yer almaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı'nın raporuna göre ayakkabı ihracatı ayakkabı çeşitliliği ile birlikte daha çok, ülke bazında komşu ve çevre ülkelere yapıldığı anlaşılmaktadır. Bunun yanında Türk ayakkabı firmaları diğer ülkelerle rekabet edebilmek için pazar arayışlarını sürdürmekte ve ayakkabı piyasasında da pazar paylarını artırmaya çalışmaktadır. Tablo 2.2'den anlaşılacağı gibi komşu ve çevre ülkelere yapılan ihracat miktarlarının ABD doları bazında 2022 yılında 2021 yılına göre artış sağladığı görülmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı Ayakkabı Sektör Raporu, 2024).

**Tablo 2.2.** Ayakkabı İhraç Edilen Başlıca Pazarlar (ABD Doları)

ÜLKE	2021	2022	Değişim %	Pay (2022)
Almanya	73.800.382	106.066.981	30,40%	8,10%
Rusya Federasyonu	82.907.209	100.083.966	17,20%	7,60%
Irak	76.919.075	71.249.729	-8,00%	5,40%
Ukrayna	16.495.523	61.682.370	73,30%	4,70%
İspanya	65.458.067	58.618.977	-11,70%	4,50%
Romanya	42.128.481	53.465.453	21,20%	4,10%
İtalya	31.929.886	53.014.462	39,80%	4,00%
Polonya	25.005.656	44.553.658	43,90%	3,40%
İngiltere	30.445.397	40.494.105	24,80%	3,10%
Hollanda	32.924.878	39.375.707	16,40%	3,00%
İsrail	37.209.788	39.182.458	5,00%	3,00%
Libya	27.418.353	35.742.184	23,30%	2,70%
ABD	28.336.482	31.992.997	11,40%	2,40%
Bulgaristan	22.855.495	25.642.613	10,90%	2,00%
Kazakistan	19.857.538	25.216.071	21,30%	1,90%
DIĞER	468.136.662	524.345.792	10,70%	40,00%
GENEL TOPLAM	1.081.828.872	1.310.727.523	17,50%	100,00%

**Kaynak:** <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Ayakkab%C4%B1%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202022.pdf> Erişim tarihi: 10 Şubat 2025.

Türkiye'de ayakkabı imalatında klasik ve enjeksiyon yöntemi olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Ancak daha çok klasik yöntem tercih edilmektedir. Bu yöntemde saya ve taban ayrı ayrı üretilerek da sonra birbirlerine yapıştırma/dikme ya da enjeksiyon yöntemlerinden birisiyle monte edilmektedir. Türkiye'den yurt dışına ihracatın en çok yapıldığı yer 1990 yılların başında Rusya gelmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı Ayakkabı Sektör Raporu, 2024). Ancak Rusya'da yaşanan kriz ile Türk ayakkabı ihracatı sektöre uğramıştır. İlerleyen yıllarda salgından dolayı üretimde kaynaklanan aksaklıklar

nedeniyle ihracat aksamalar yaşanmış ancak salgın sonrası 829 milyon dolar olmuş, 2022 yılı itibariyle bu miktar 1,3 milyar dolara yükselmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı Ayakkabı Sektör Raporu, 2024). Aşağıdaki Tablo 2.3'te ürün gruplarına göre ayakkabı ihracatı gösterilmiştir. En çok ihracatın 6403 tip ayakkabı; yüzü deri, tabanı kauçuk, plastik, tabii, suni vb kösele gibi ayakkabı çeşidinde yapılırken en az ihracatın olduğu ayakkabı çeşidininin 6401 tip ayakkabı; dış tabanı, yüzü kauçuk ve plastik, su geçirmez ürün tipinde yapılmıştır.

**Tablo 2.3. Ürün Gruplarına Göre Ayakkabı İhracatı (ABD Doları)**

GTİP	ÜRÜN	2021	2022	Değişim (2021-2022)	Pay (2022)
6401	Ayakkabı; Dış Tabanı, Yüzü Kauçuk Ve Plastik, Su Geçirmez	13.842.837	16.997.101	18,60%	1,30%
6402	Ayakkabı; Dış Tabanı, Yüzü Kauçuk Ve Plastik Diğer	310.624.476	340.966.608	8,90%	26,00%
6403	Ayakkabı; Yüzü Deri, Tabanı Kauçuk, Plastik, Tabii, Suni Vb Kösele	466.801.821	599.623.276	22,20%	45,70%
6404	Ayakkabı; Yüzü Dokuma Maddelerinden, Tabanı Kauçuk, Plastik Vb	148.902.235	187.917.897	20,80%	14,30%
6405	Ayakkabı; Diğer	79.567.533	85.081.416	6,50%	6,50%
6406	Ayakkabı Aksamı, İç Taban, Topuk Rampası, Getr, Tozluk, Dolak Vb	62.089.970	80.141.225	22,50%	6,10%
Toplam		1.081.828.872	1.310.727.523	17,50%	100,00%

**Kaynak:** <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Ayakkab%C4%B1%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202022.pdf> Erişim tarihi: 10 Şubat 2024.

## 2. BÖLÜM

### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde üretim sürecindeki sorunları çözmek için literatürde uygulanan ve yalın üretim felsefesi ışığında süreç analizi, süreç iyileştirme yöntemleri araştırılmıştır. Bu doğrultuda kalıcı iyileştirme önerileri ortaya çıkarabilmek amacıyla uygulamada iyi bir temele sahip olmamızı sağlayan farklı türde akademik çalışmalara yer verilmiştir.

Özbek vd. (2021) çalışmalarında, Endüstri 4.0'ın temellerinden biri olarak gösterilen simülasyon teknolojilerinin, üretimin ilk aşamasından bitim aşamasına kadar olan tüm süreçlerin simüle edilerek üretim süreci ile ilgili öncesinden bilgi edinilmesini sağladığını ifade etmişlerdir. Paucar vd. (2020) çalışmalarında, ayakkabı sektöründe yüksek sipariş karşılama oranını iyileştirmek için yalın üretim yöntem olarak SLP tabanlı bir sistem uygulamışlardır. Hatalı ürün oranı, üretim sürecinde yaşanan gecikmeler, personel ve malzemelerin hareketindeki zaman tüketimi gibi sorunlar simülasyon metodu tespit edilerek süreç iyileştirmesi yapılmıştır. Uygulama sonunda üretim süresi kısaltmış ve üretkenlikteki %38'lik bir artış elde edilmiştir. Ramos vd. (2022) çalışmalarında Lean-SLP modeli uygulayarak verimlilik artışı sağlamışlardır. Çalışma sonunda çevrim süresi düşürülmüş ve %22,5'lik bir verimlilik artışı elde edilmiştir. Böylelikle yüksek kalitede müşteriler tarafından daha iyi kabul gören ayakkabılar üreterek firmanın dış pazarda rekabetçi olması sağlamıştır.

Reda ve Dvivedi (2023) çalışmasında, ayakkabı üretimi yapan bir firmada üretimde montaj hatlarının verimliliklerini analiz etmeyi ve üretimini artırmayı amaçlamıştır. Mevcut durumun analizinde değer akış haritalama tekniği kullanılmış daha sonra benzetim metodu kullanılarak yapılan en iyi alternatif çözümler tespit edilmiştir. Çalışma sonunda hattın denge verimliliği %68,3'ten %90,1'e çıkarılmıştır.

Abayneh ve Mezgebu (2021) yaptıkları çalışmada, simülasyon tekniği ile mevcut üretim sisteminin sorunları belirlenmiştir. Her görev arasındaki doğal ve mantıksal korelasyona göre tekrar düzenlenerek üretim süresi kısaltılmış ve üretim çıktısında artış sağlanmıştır.

Mia vd. (2017) çalışmalarında, Bangladeş'te bir ayakkabı üretim tesisinde Proses Döngüsü Verimliliği (PCE) metodunu kullanarak teslim süresini azaltmayı amaçlamışlardır. Yapılan uygulama çalışmasında teslim süresinde %26,91'lik bir verimlilik artışı elde etmişlerdir.

Reyes vd. (2018) çalışmalarında, Ekvador ayakkabı endüstrisinde üretimde yaşanan hataların bertarafı için personele Toplam Üretken Bakım (TPM) eğitimi verildiğini ve bu sayede üretim standartlarında artış elde edildiğini ifade etmişlerdir. Enrique (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ayakkabı firmasında verimliliği artırmak için yalın üretim araçları olarak bilinen TPM, 5 s ve Kaizen uygulanmıştır. Bu uygulama ile üretimin verimliliğinde önemli iyileşmeler elde edilmiş, verimlilik göstergelerinin değişkenliği

azaltılmıştır. Mevcut durumda saatlik adam başına, 12,57 çift ayakkabı üretilebilirken, yapılan iyileştirmeler sonucunda adam başına 18,83 çift üretim seviyesine ulaşılmıştır. Yapılan bu çalışma ile ayakkabı üretiminde yalın üretim araçlarının verimlilik artışında önemli katkı sağladığı gösterilmiştir.

Pinto vd. (2022) çalışmalarında, ayakkabı üretim tesisinde kompresör makinesi verimliliğinin düşüklüğü, yedek parça deposunun yetersizliği, yedek parça temininde aksama ve gecikmeler nedeniyle sipariş karşılanamama sorunu çözmek ve minimize etmek için, TPM, 5S yöntemlerinin odağında simülasyon kullanmıştır. Bunun sonucunda MTTR düşürülmesi ve MTBF'nin artırılması ile kullanılabilirlik düzeyi yükseltilmiş, işin yerine getirilmeme oranı azaltılarak uygunluk oranı %92'ye yükseltilmiştir. Ayrıca 5s uygulanarak kullanılan eşya sayısı düşürülmüş, mobilyaların kullanım oranı da %24 azalmış, bu iyileştirme ayakkabı üretiminde artış sağlanmıştır.

Fuentes vd. (2023) ayakkabı üretiminde İstatistiksel Kalite Kontrolü (SQC) yöntemi kullanarak sürecin başlangıcından bitimine kadar olan öğelerin hala kontrol altında olup olmadığını incelemiş ve bunun nedeninin insan, makine, malzeme ve yöntem faktörlerinden olduğunu tespit etmiştir. Çözüm önerisi olarak yorgunluğun ve iş yükünün etkisini azaltmak için yeni çalışanların işe alınması, atölyenin iyi organize edilmesi, depolama için uygun temizlik, yeni araç gereç ve ekipmanların satın alınmasını önermiştir. Bu iyileştirme önerisi sayesinde üretim süresini azaltarak işletmenin büyümesine ve daha fazla sipariş karşılamasına imkan tanımıştır.

Addis (2019) bir vaka çalışmasında, deri bileşenlerinin yeniden işlenmesi/reddedilmesi sorunundan dolayı İstatistiksel Kalite Kontrol (SQC) teknikleri uygulayarak üretim sürecinin bazı noktalarının kontrol sınırlarını aştığını tespit etmiştir. Yapılan iyileştirme ile üst ve alt kontrol limitleri UCL ve LCL içine girmiştir. Ayrıca ile toplam sorunların %72'sini oluşturan kusur türleri olan atlanmış dikişler, kesilmemiş kırışıklık ve kesilmemiş iplikler pareto analizi belirlenmiş ve genel performansın iyileştirilebilmesi için meydana gelen kusur nedenlerin hafifletmesi gerektiğini vurgulanmıştır.

Ayeh (2003) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, iş akışındaki gecikme sorunlarını çözmek için akış şemaları, kontrol formları, pareto analizi, balık kılçığı diyagramları, röportajlar ve "5n 1k" araçlarını kullanarak dikiş kusurlarının sebebinin çoğunlukla zamandan kaynaklandığını belirlemiştir. Bu sorunları gidermek için makinelerin arızalanması, önceki işlemler, giysilerin yanlış kullanılması gibi kusurlar düzenli bakımlar yapılarak ortadan kaldırılmış, böylelikle süreç iyileştirme tekniklerinin faydası görülmüştür.

Marcelo vd. (2016) çalışmalarında, makinelerin verimli kullanılmasını, süreç düzeninin iyileştirilmesini, verimliliğini artırmak için Ishikawa diyagramı, zaman ve hareket çalışması, akış süreci şeması, ISO akış süreci, istatistiksel hesaplama, süreç düzeni ve maliyet fayda

analizi gibi yöntemleri kullanarak prosesin diziliş sırasını U düzenini şeklinde düzenlenmiş, mesafe oranın düşürülerek zamandan tasarruf ederek üretim sonrası çıktısını artırmıştır.

Kim ve Kim (2023) çalışmalarında, giyim montaj hattı dengeleme problemini çözmek için karışık iş atama tekniği ile görevleri modül şeklinde sınıflandırarak ve tek görev-çoklu işçi, çoklu görev-tekli işçi atama yöntemlerini gruplayarak bir algoritma geliştirmiştir. Görev ve işçi atamasının sırasıyla uygulanmasıyla hat dengelemiş, böylece toplam üretim süresi, %67,3 oranında azalmıştır. Eryürük vd. (2014) çok modelli konfeksiyon üretimi yapan bir firmada az sayıda iş prosesinin sahip olması ve makine çeşitliliğinin fazlalığı, öncelik ilişkilerinin çok sayıda olması sebebiyle hat dengeleme esnasında istasyonlara iş öğelerinin dağıtımında daha az esnekliğe sahip olduğunu belirlemiş, bu nedenle üretim hattında denge kaybı yüksek çıkmıştır. Böylece dikim bölümünde montaj hattı dengelemesi yapmak için çevrim süresi düşürülmüş, minimum iş istasyonu sağlanarak iyileştirme yapılarak hat etkinliği yükseltilmiştir.

Umarani ve Valase (2017) çalışmasında, yalın üretim tekniği ile tekstil üretim hattında makineler, operasyon sırasına göre tek düz bir hat haline getirilmiş, toplam iş yükünü azami derecede eşit bir şekilde dağıtılmış, üretilen ürününün mevcut üretim süresi 5,18 dakikadan 3,90 dakikaya düşürülmüştür. Yapılan bu iyileştirme sayesinde proseslerdeki bazı operatörler ve makineler birleştirilerek makine ve operatör sayısı azaltılmış ve montaj hattı üretkenliği mevcut duruma göre % 25 artırılmıştır.

Beatrix ve Triana (2019) çalışmalarında, bir spor ayakkabı fabrikasında kontrol sayfası, pareto diyagramı, balık kılçığı diyagramı ve kalite kontrol çemberi yöntemlerini kullanarak ayakkabının en önemli kusurun orta tabandaki yapıştırıcı tutunmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Yapılan iyileştirme sonrasında uygulanan bağlanma testi sonucu orta tabandaki yapıştırıcı tutunumu yüzde %5,18 artmıştır.

Wang vd. (2016) üretim sürecinde yapıştırıcı kullanımında fırçalamadan sonra makul olmayan kuruma süresi ve niteliksiz kütleme nedeniyle firma üründe oluşan kusur oranını azaltmak, rekabet gücünü artırmak, maliyeti düşürmek, kaliteyi artırmak için, Altı Sigma teorisinin DMAIC yöntemi uygulanmıştır. Uygulama sonrası kurutma süresi, kütleme tankı sıcaklığı, basınç gibi ürün kalite sorunlarını etkileyen öncelikli faktörler tespit edilmiştir. İyileştirme yöntemlerin uygulanmasıyla firmanın müşteri memnuniyeti ve rekabet gücünün artması sağlanmıştır. Dimiyati vd. (2020) Endonezya'da ayakkabı üretim faaliyeti gösteren fabrikanın kutu kesme bölümünde oluşan kusurlar İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC) ve Hata Modu Etki Analizi (FMEA) yöntemleri kullanılarak yapıştırmanın en yüksek kusur türü olduğu, bunu kopuk dikiş yüzdesinin izlediği tespit edilmiştir. FMEA konsept programlama ve RPN (Risk Priority Number) hesaplamalarıyla ayakkabı çıktıları artırmak için hatalar minimize edilmiştir. Ayrıca yalın üretim tekniği olan 6s denetimini uygulaması gerekliliği anlaşılmıştır.

Amjad vd. (2022) iş gücü verimliliğini artırmak için süreç içerisindeki düzensizlikleri ve düşük iş gücü verimliliğini analiz ederek üretim sürecini simüle etmiştir. Öncelik ilişkisine göre istasyonlarının oluşturulması ve süreçlerin yönlendirilmesi ile üretimde iş akışı sağlanarak iş gücü verimliliğinde artış sağlanmış ve şirketin büyük oranda yıllık maliyet tasarrufunun arttığı görülmüştür.

Islam vd. (2014) çalışmalarında, giyim sektöründe elbise kolu işleme ve inceleme tüm sürecin en çok zaman alan kısmı olduğunu tespit etmiş, geleneksel üretim hattı düzeni yerine yeni üretim hattı düzeni oluşturularak zaman alan işlere bir işçi ilavesi yapılmış ve aynı işi yapan işler daha yakın yerlere konumlandırılmıştır. Yapılan iyileştirme ile önerilen düzen mevcut düzene göre yaklaşık %10 verimliliğe ulaşmıştır.

Reyes vd. (2017) yapılan bir vaka çalışmalarında, çevrim sürelerini ve üretim hattındaki iş akış hızını, işlemlerin zamanlamasını ve sırasını simüle etmişlerdir. Simülasyon sonrasında oluşan üretim hızının, mevcut üretim hızı oranına göre arttığı görülmüştür. Ayrıca uygulama sonrası çevrim süresi düşürülerek mevcut üretim hızına göre %6,5 oranında bir iyileştirme sağlanmıştır.

Özçelik ve Gündüz (2019) uygulamalarında, raf haritalama süresi yaklaşık bir ay zaman alırken raf boşluklarının atanması ve raf optimizasyonu için bir greedy sezgisel algoritması geliştirmişlerdir. Bu algoritma yazılıma uyarlanarak simüle edilmiş 1 ay sürecek raf haritalama süresi 45 saniyeye indirilerek raf optimizasyonu ile iyileştirme sağlanmıştır. Leksakul vd. (2017) çalışanları işe götürmek ve en uygun otobüs güzergahını belirlemek için sezgisel yöntemle yapay zeka yaklaşımı ile duraklara otobüs atama işlemi uygulayarak araç rotalama yapmıştır.

Boctor vd. (2009) hattın kurulum süresini ve üretim süresini en aza indirmek matematiksel model oluşturulmuş ve matematiksel sorunu çözmek için sezgisel yöntemlerden Cplex kullanılmıştır. Cplex çözücü küçük boyutlu örnekler için mümkün olduğu için Ardışık Sezgisel (The sequential heuristic), İleriye Dönük Sezgisel (The Look-Ahead Heuristics) ve Buluşsal İyileştirme (The improvement heuristics) yöntemleri kullanarak başarı elde etmiştir.

Fathi vd. (2011) çalışmasında kritik yol yöntemine (CPM) dayalı yeni sezgisel yöntemler kullanarak basit montaj hattı dengeleme problemi (SALBP) önerilen yöntem ile SALBP'de simüle edilmiş tavlama, genetik algoritma ve karınca kolonisi optimizasyonu gibi meta sezgisel yaklaşımlar ile üretim hattı etkinliğinin arttığını öne sürmüştür.

Rolon vd. (2021) bir uygulamada, ayakkabı fabrikasında üretim dizilimini belirlemek için çeşitli sezgisel algoritmalar kullanmış, geleneksel üretiminde minimum tamamlama süresi Cmax 3904 iken mevcut durumun optimizasyonu ile bu süre 3804 dakikaya düşürülerek üretimde 97 dakikalık kazanç sağlamıştır. Ayrıca ortalama bekleme süresi ve akış süresinde iyileştirme yapılmıştır.

Güner ve Ünal (2008) çalışmalarında, hat dengeleme sorununu çözmek için çeşitli alternatifler oluşturmuşlardır. Alternatiflerden en iyisini bulmayı hedefleyerek her operasyon için hat dengeleme algoritması oluşturmuş ve bunu simüle ederek sınımışlardır. Bu çalışma ile şirket için kullanışlı simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Bu doğrultuda şirketin gelecekteki durumunu öngörülebilir düzeye taşıyarak üretkenliğin artabileceğini öne sürmüşlerdir.

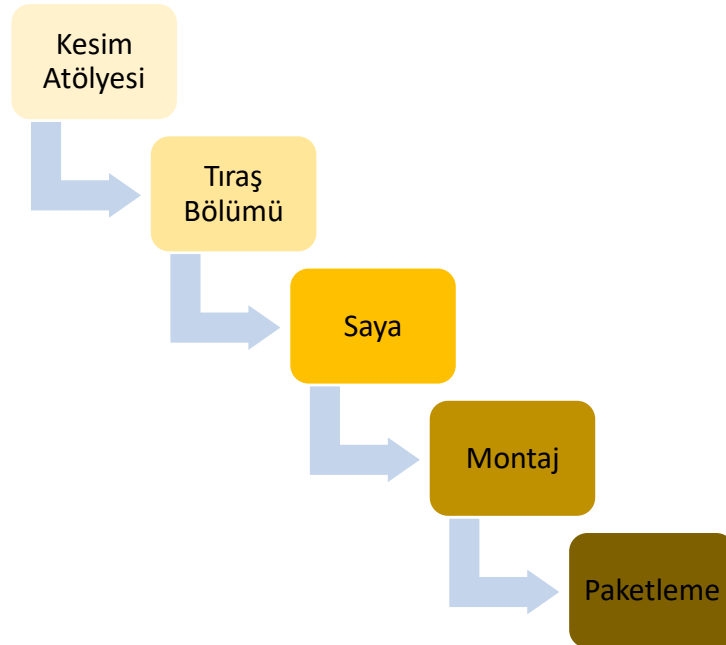
Sadeghi vd. (2021) ayakkabı endüstrisinde yapılan bir vaka çalışmasında montaj hattı sıralama problemini çözmeyi ve modellemeyi ele alarak üretim süresini en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Bu sorunun çözümü için değişken komşuluk inişi temelli VND-MSeq ve genetik algoritmalar temelli GA-MSeq adlı iki yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemler sayesinde çözüm yaklaşımları şirketin önceki sonuçlarına göre daha verimli daha hızlı sonuçlara ulaşılmıştır. Operasyonlar arasındaki stokların azalması ve hattın dengeye ulaşmasıyla her siparişin üretim süresi kısalmıştır.

## 3. BÖLÜM

### UYGULAMA

#### 3.1. Üretim Hattına Genel Bakış

Bu bölümde ilk olarak uygulama yapılan firma hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bu süreçte, problemin ve hedeflerin tanımlanması, verilerin toplanması ve analiz işlemleri, kavramsal ve mantıksal olarak tasarlanması, tasarlanan modelin yazılım ortamına entegrasyonu, mevcut durumun incelenmesi ve alternatif çözüm seçeneklerinin sunulması ele alınmaktadır. Bu çalışma Çorum ilinde ayakkabı sektöründe faaliyet gösteren bir firmada gerçekleştirilmiştir. Firma 1956 yılından itibaren ayakkabı sektöründe üretim yapmaktadır. Firmanın birden fazla ayakkabı üretim tesisi bulunmaktadır. Çorum'da 10000 metrekare kapalı alan üzerine kuruludur. Fabrika içerisinde toplamda 8 adet saya üretim bandı bulunmaktadır. Üretilen ürünün operasyon sayısına göre bantlar düzenlenmekte olup, her bantta çalışan işçi sayısı ayakkabı modeline göre değişiklik göstermektedir. Firmanın üretim bölümü haftada 5 gün 08.00-18.00 saatleri arasında çalışmaktadır. Günlük çalışma saatleri içerisinde verilen ihtiyaç aralarını çıkardığımızda toplam 9 saat çalışmaktadırlar. Ancak siparişlerin yoğunluk durumuna göre hafta sonları mesaisi uygulanmaktadır. Üretiminde hangi modelin olacağı, kaç çift üretiminin gerçekleşeceği müşterilerin istek, öncelik talepleri ve günümüz moda trendine göre değişmektedir. Fabrikanın Genel İş Akışı Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Fabrikanın Genel İş Akışı

Fabrikanın genel hatlarıyla üretim süreci ve yapılan faaliyetleri kısaca açıklarsak;

**Kesim Atölyesi:**

Sayayı oluşturacak parçalar bilgisayar destekli pres ve bıçak makineleri ile ayakkabı modellerine göre kesimi yapılır.

**Tıraşlama temizleme:**

Kesilen parçalarda oluşan iplik, deri vb. artıklar tıraşlanıp temizlenir. Waterproof yani su geçirmez olarak üretilecek olan ayakkabıların bazı parçalarına eklenen membran ile dayanıklılık ve su geçirmez testine alınır. Test sonrası rastgele alınan parçalar kontrol edilir. Eğer ayakkabı test standartlarını sağlarsa saya üretim hattına yönlendirilir. Eğer standartları sağlamazsa defolu olarak ayrılır. Kesilen parçaların dikilecek kısımlarını hizalamak için bilgisayar destekli makine ile UV boya yöntemiyle çizilir. Kesimi yapılan parçalar sınıflandırılarak saya üretim hattına gönderilir.

**Saya üretim hattı:**

Saya hattında toplam 8 adet bant bulunmaktadır. Her bir bantta farklı ayakkabı modellerinin üretim operasyonları yapılmaktadır. Bantlarda çalışan işçi sayısı ayakkabı modellerine göre değişiklik göstermektedir. Siparişin miktarı ve süresine göre aynı model ayakkabılar bir ve birden fazla bantlarda da gerçekleştirilebilmektedir. Üretim bandına giren her bir modelin saya süreci özel üretim tekniği gerektirmeyen bir durum yoksa bütün modeller tek bir bantta sonlanmaktadır. Saya üretim esnasında dikim hatası olursa defolu olarak ayrılır.

**Montaj:**

Saya işlemi sonrası fort bombe işlemi ve taban geçme işlemi olarak ayakkabının tabanı ile saya birleştirilir. Sayanın ayakkabı halini almasıyla kanca, kapsül kısmı takılır.

**Paketleme:**

Bu bölümde ayakkabıların son kontrolü yapılarak bağcık etiket ve kutulama işlemi yapılır. Daha sonra Ayakkabılar kutulara konularak depoya konulmak üzere hazırlanır. Sevkiyattan önceki son aşama olan paketleme işlemi ayakkabılar depoya kaldırılır. Buradan araçlara yüklenilerek siparişe göre ülke içerisindeki mağazalara ya da yurtdışına gönderimi sağlanır.Fabrikanın saya hattı makine ve tezgah işçileri Resim 3.1 ve Resim 3.2'de gösterilmiştir.



**Resim 3.1.** Makineci İşçiler



**Resim 3.2.** Tezgahçı işçiler

### **3.2. Problemin ve Amaçların Tanımlanması**

Ayakkabı fabrikalarında saya üretim hattı kesikli bir üretim sistemi olup aynı zamanda düşük miktarda çok çeşitli ayakkabı modellerinin üretilmesine imkan tanır. Üretilen saya miktarı parti şeklinde gelir. Gün sonunda eksik ya da yarım kalan işler bir sonraki gün kaldığı yerden üretime devam etmektedir. Her ne kadar üretilen parça adedi belli olsa da bir süreklilik söz konusudur. Modeli oluştururken saya üretim hattında gözlemlenen ve toplanan veriler sonucunda en önemli problem bazı iş istasyonlarında iş süresinin fazla olması nedeniyle operasyonlarda darboğazlar oluşmasıdır. Bu da sistem performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Saya üretimi esnasında bazı iş istasyonlarında işlem süresinin diğerlerine göre fazla olması çevrim süresinin yüksek çıkmasına yada çevrim süresinin takt süresinden fazla olmasına neden olmaktadır. Bu problemlerin çözümüne ilişkin yapılması hedeflenen faaliyetler mevcut sistemdeki darboğazların ve buna yol açan nedenlerin belirlenmesidir. Bu kapsamda mevcut sistemde yapıştırma ve dikim işlemlerinin bulunduğu saya üretiminin başından sonuna kadar olan süreç için bir simülasyon modeli oluşturulacaktır. Oluşturulan simülasyonun uzun dönemde tutarlılığını gözlemleyebilmek için ısınma periyodu uygulamak gerekmektedir. Yapılacak olan modelde saya üretim hattındaki Model 1 numaralı ayakkabı modeli ele alınarak beş günlük performansı gözlemlenmiştir.

Oluşturulacak model için bazı sınırlılıklar bulunmaktadır. Bunlar;

- 1- Modelde operasyon sürelerine makine arızalar vs. beklemler dikkate alınmamıştır.
- 2- Firmanın makinelerin performansına ilişkin bir yatırım kararı ihtiyacı ya da düşüncesi olmaması nedeniyle makinelerin performansı modelde dikkate alınmamıştır.
- 3- İşçilerin yetkinliği için tamamlanmış bir çalışma yapılmaması nedeniyle modele dâhil edilmemiştir.
- 4- İşçilerin yorgunluğu yaşamsal ihtiyaçları nedeniyle günlük çalışma saati 8,4 saat olarak alınmıştır.

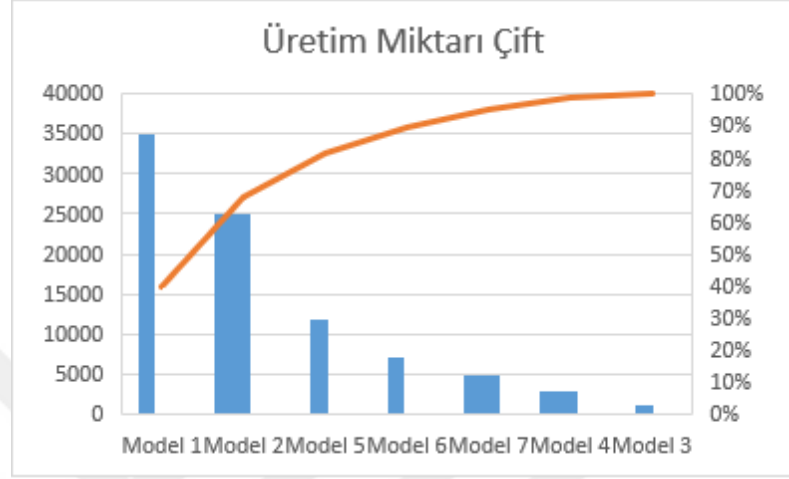
### 3.3. Verilerin Toplanması

Yapılan incelemeler ve görüşmeler neticesinde simülasyon modelini kurabilmek için üretim esnasında süreçte yapılan her bir işin süresi gözlemlenmiştir. Uygulamaya başlamadan önce fabrikanın üretim hattında incelendiğinde çok çeşitli ayakkabı üretimi yapılmaktadır. Çalışmada firmanın müşteriler tarafından en çok tercih edilen ve en çok üretilen modelin seçilmesine ilişkin bilgiler müşteri talebinden gelen sipariş doğrultusunda elde edilmiştir. Bu uygulamada kış sezonu baz alarak yapılmıştır. Ayakkabı çeşidini belirlemeden önce modeller incelenmiş en çok talep gören ayakkabı modeli seçilmiştir. Bunu belirlemek için pareto diyagramından faydalanılmıştır. Grafik 3.1.'de ayakkabı modellerine ait pareto grafiği verilmiştir. Müşteri taleplerine ait ayakkabı modelleri ile ilgili olarak fabrikanın üretim yoğunluğu, zamanın kısıtlı olması, ayakkabı modeline ait siparişlerin haftalık değişmesi ve işçilerin çalışma motivasyonu göz önüne alındığından o haftaki üretim bandında bulunan Model 1 numaralı modelin 5 günlük üretim miktarına ait bilgiler kullanılmıştır. Ayakkabı modeline ait saya üretim bandında 18 işçi çalışmaktadır. Bu işçilerden 11 işçi makineci olarak tabir edilen dikim hattında, tezgahçı olarak tabir edilen yapıştırma hattında 7 işçi bulunmaktadır. Yapılan zaman etüdünde her bir operasyon için 10 deneme süresi tutulmuştur. Ürünlerin operasyonlarına ilişkin sürelerinin belirlenmesinde "kronometre" kullanılmıştır. Saya üretim hattında 25 operasyon bulunmaktadır. Bazı operasyonlar aynı işçi tarafından yapılmaktadır. İşçiler makineciler ve tezgahçılar olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu süreçte iş istasyonlarından süresi az olan işçinin öncelik ilişkisine göre kendi operasyonları bittikten sonra diğer işçilere yardım etmektedir. Ancak tezgah işçileri tezgah işçilerine yardım etmekte, makine işçisi makine işçisine yardım etmektedir. Makine işçisinin tezgah işçisine ya da tezgah işçisinin makine işçisine yardım etmesi mümkün değildir. Ayakkabı parti şeklinde üretildiğinden günlük üretimleri ortalama 5-6 gün gibi kısa bir süre içerisinde yapıldığı için ortalama bir üretim miktarı ile modeli doğrulama imkanı bulunmamaktadır. Firmadan alınan bilgiler ışığında modele göre temel alınan üretim bandındaki 5 günlük ayakkabı miktarı aşağıdaki Tablo 3.1.'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Fabrikanın Haftanın Beş Günlük Üretim Miktarı

Haftanın Günleri	Gün Sonu Üretilen Saya Miktarı (Adet)
Pazartesi	840
Salı	798
Çarşamba	780
Perşembe	810
Cuma	706
Hafta içerisinde Toplam Üretim	3934

Tablo 3.1’de fabrikanın haftanın beş günlük üretim miktarı gösterilmiş, Grafik 3.1’de fabrikanın üretim yaptığı ayakkabı modellerinin müşteri taleplerine göre ayakkabı üretim adet miktarları alınmış, pareto analizi yapılarak model 1 kod nolu ayakkabı tipi seçilmiştir.



**Grafik 3.1** Ürün Taleplerine Ait Pareto Analizi Grafiği

Mevcut sistemde saya üretim hattının tam kapasite ile çalıştığı hali ele alınmıştır. Modelin doğrulamasında animasyon ve kod kontrolü yönteminden yararlanılmıştır.

Animasyon:

Mevcut sistemin simülasyonunda uygulanan benzetim kurulumunun, saya üretim hattının iş akışına uygun olduğu görülmüştür.

Kod kontrolü:

Oluşturulan simülasyon modeli ve modelin çıktıları işletme yetkilileri ile istişare edilmiş ve doğrulanmıştır. Mevcut durumun simülasyon sonucunda 5 günlük 3934 adet saya üretilmiş iken yapılan iyileştirmeler sonucu 4325 adet saya üretilmiştir.

Tablo 3.2.’de görüldüğü gibi fabrikada yapılacak olan çalışma için model 1 ayakkabı üretim bandı operasyonlarına ait süreler,süre ortalamaları, operasyon isimleri gösterilmiştir.

**Tablo 3.2.** Model 1 Ayakkabı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalaması, Operasyon İsmi, İşçi Sayısı

SIRA	OPRERASYON ADI	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	ORT.
1	DİL ÇİZİM	0,383	0,383	0,383	0,383	0,467	0,483	0,350	0,367	0,367	0,367	0,393
2	DİL ALT YAPIŞTIRMA	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,183	0,183	0,183	0,183	0,250	0,182
3	ZİK KIVIRMA	0,733	0,883	0,850	0,767	0,917	0,917	0,900	0,783	0,767	0,800	0,832
4	ZİK İLAÇLAMA	0,367	0,400	0,400	0,400	0,400	0,433	0,383	0,467	0,450	0,417	0,412
5	YÜZ İLAÇLAMA	0,300	0,300	0,317	0,250	0,250	0,283	0,283	0,283	0,267	0,267	0,280
6	YÜZ YERİ İLAÇLAMA	0,483	0,483	0,483	0,467	0,433	0,450	0,517	0,500	0,500	0,567	0,488
7	YAN PARÇA İLAÇLAMA	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,117	0,150	0,150	0,183	0,183	0,145
8	YÜZ VE YAN YAPIŞTIRMA	1,417	1,633	1,500	1,600	1,467	1,533	1,467	1,600	1,667	1,633	1,552
11	FORT ARA İLAÇLAMA	0,217	0,167	0,167	0,167	0,200	0,200	0,200	0,133	0,133	0,183	0,177
12	FORT ARA YAPIŞTIRMA	0,083	0,083	0,083	0,083	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,093
13	BANT GEÇME	0,067	0,083	0,083	0,083	0,083	0,117	0,100	0,100	0,100	0,100	0,092
14	ARKA ZİKZAK	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,300	0,300	0,317	0,283	0,283	0,282
15	ETİKET DİKME	0,383	0,383	0,383	0,350	0,350	0,367	0,367	0,333	0,450	0,500	0,387
16	YAN İÇ ÇATI	0,267	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,233	0,233	0,300	0,233	0,252
17	DİL ETİKET VE BOŞ DİKİŞ	0,450	0,400	0,400	0,433	0,433	0,500	0,500	0,500	0,467	0,433	0,452
18	ZİK DİKME	0,300	0,300	0,317	0,317	0,317	0,333	0,333	0,450	0,283	0,350	0,330
19	DİL GEÇME	0,417	0,483	0,483	0,483	0,450	0,450	0,467	0,467	0,483	0,483	0,467
20	YÜZ VE YAN DİKME	0,767	0,850	0,850	0,883	0,883	0,867	0,967	0,950	0,900	1,050	0,897
21	AGIZ PET GEÇME	0,550	0,567	0,567	0,683	0,600	0,650	0,650	0,633	0,617	0,717	0,623
22	FLOTA GEÇME	0,417	0,583	0,433	0,517	0,500	0,467	0,467	0,400	0,600	0,450	0,483
23	DİLE ŞERİT DİKME	0,983	0,867	0,900	0,900	0,900	0,917	0,950	0,967	0,967	0,967	0,932
24	YAN ETİKET ARKA ŞERİT DİKME	0,633	0,633	0,883	0,783	0,717	0,717	0,767	0,617	0,600	0,600	0,695
25	YAN DIŞ DİKİM	0,850	0,850	0,850	0,833	0,833	0,833	0,833	0,867	0,817	0,867	0,843
26	YAN İÇ DİKİM	0,517	0,467	0,467	0,467	1,483	0,500	0,500	0,450	0,450	0,483	0,578
27	YAN İÇ ÇATI SÜS DİKİŞ	0,233	0,250	0,217	0,217	0,217	0,217	0,250	0,267	0,250	0,217	0,234

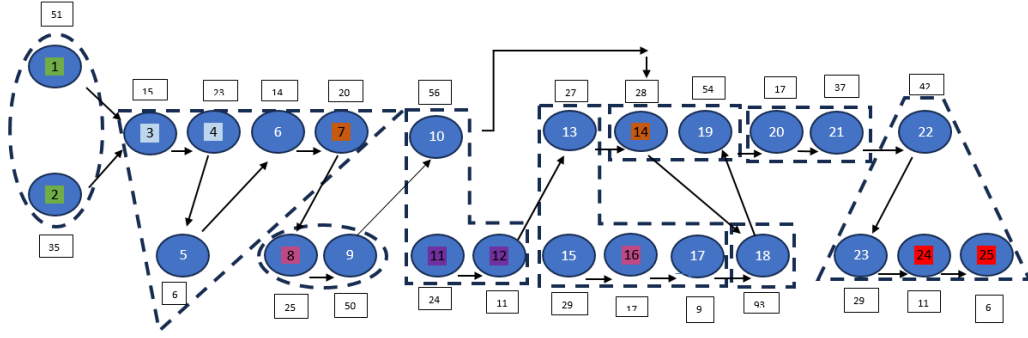
Mevcut saya üretim hattında yer alan her bir operasyonun süre ortalamaları ve operasyonlar için öncelik ilişkileri Tablo 3.3'te gösterilmiştir

**Tablo 3.3.** Model 1 Ayakkabı Üretim Öncelik İlişkileri Tablosu Mevcut Durum

İş No	Görev Tanımı	Öncelik İlişkisi	İşlem Süresi (Ort. Saniye)	İşçi No:
1	Yan Dış Dikimi	-	51	1
2	Yan İç Dikimi	-	35	1
3	Yan İç Çatı	1,2	15	2
4	Etiket Dikimi	-	23	2
5	Bant Geçme	4	6	3
6	Yan İç Çatı Süs Dikme	5	14	4
7	Zik Dikimi	6	20	5
8	Zik İlaçlama	7	25	6
9	Zik Kıvrırma	8	50	7
10	Dile Şerit Dikme	13	56	8
11	Dil Çizim	-	24	9
12	Dil Alt Yapıştırma	11	11	9
13	Dil Etiket Ve Boş Dikiş	12	27	10
14	Dil geçme	13-10	28	5
15	Yüz Yeri İlaçlama	14	29	11
16	Yüz İlaçlama	-	17	6
17	Yan Parça İlaçlama	-	9	11
18	Yüz Ve Yan Yapıştırma	15,16,17	93	12
19	Yüz Ve Yan Dikme	18	54	13
20	Arka Zikzak	24	17	14
21	Ağız Pet Geçme	20	37	15
22	Yan Etiket Ve Arka Şerit Dikme	21	42	16
23	Flota Geçme	22	29	17
24	Fort Ara İlaçlama	-	11	18
25	Fort Ara Yapıştırma	24	6	18

### 3.4. Kavramsal Modelin Oluşturulması

Sistemde bulunan parametreler ve her bir operasyon süresi belirlendikten sonra, kavramsal bir model oluşturulmuş daha sonra arena simülasyon programı kullanılarak sistemin benzetimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Model 1 Ayakkabının Üretim Hattına Ait Akış Şeması Mevcut Durum

Yukarıda Şekil 3.2'de mevcut duruma ait model 1 kod nolu ayakkabı için fabrikanın saya hattının çalışma şekli ve istasyonlara bölünmüş halidir. Kesikli halde gösterilen her bir grup bir istasyonu göstermektedir. Modelde oklar ile gösterilenler ise mevcut durumdaki proseslerin öncelik ilişkisine göre akış yönünü göstermektedir. Modelin denge durumuna geldiği noktayı tespit etmek için simülasyon aracı kullanılmıştır. Buna göre sistemin bir kez çalıştırılması ile denge durumuna geldiği tespit edilmiştir. Mevcut durum simüle edilmiş bunun sonucunda saya çıktısı 4325 adet olmuştur. Fabrikada hali hazırda beş günlük saya üretim miktarı 3934 adet olurken, harcanan toplam insan gücü saya başına 3,63 adam saat olmuştur. Üretim sürecinde işçilerin dikim veya yapıştırma gibi operasyonlara başlamadan önce gerçekleştirdiği deri, süet, kumaş ve benzeri parçaların düzenlenmesi ve hizalanması gibi hazırlık faaliyetleri, toplam üretim süresine dahil edilmemiştir. Bu nedenlerden dolayı gerçekte üretilen beş günlük saya üretim miktarı ile mevcut durum simülasyon modeli sonucunda beş günlük saya üretim miktarını karşılaştırdığımızda aralarındaki bu farkın tolere edilebilecek kadar bir fark olduğu anlaşılmış, iyileştirme çalışmaları için iyi bir referans noktası olmuştur.

Üretim hattında hat dengelemenin en önemli unsurlarından biride takt süresidir. Temel olarak, müşteri talebine göre üretim hızının ayarlanmasına yardımcı olur müşteri ihtiyacına göre hedeflenen süredir. Bir ürünün ne kadar sürede üretilmesi gerektiğini, işlerin yetiştirilip yetiştiremeyeceği hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Diğer bir ifade ile takt süresi, belirli bir üretim periyodu boyunca müşteri talebini karşılayacak

şekilde üretim sisteminin her bir ürünü tamamlaması gereken teorik maksimum süredir. Bu süre, toplam kullanılabilir üretim süresinin toplam ürün talebine bölünmesiyle elde edilir ve üretim hızının talep hızına uygun şekilde ayarlanmasını sağlar (Hopp ve Spearman, 2008)

$T$  = Takt Süresi

$T_a$  = Toplam çalışılabilir süre

$D$  = Toplam üretilmesi gereken miktar

$C$  = Çevrim Süresi

$N$  = İlgili periyot boyunca üretilmesi istenilen ürün miktarı (adet)

$S_{min}$  = Minimum istasyon sayısı

$t_i$  =  $i$ . işlem süresi

$$T = \frac{T_a}{D} \quad (i)$$

$$S_{min} = \frac{\sum t_i}{T} \quad (ii)$$

Toplam çalışılabilir süre, 8,4 saat = 504 dakika olarak tespit edilmiştir. Çevrim süresi Tablo 3.4'ten görülebileceği üzere 93 saniye = 1,55 dakikadır. Günlük ortalama talep ise 394 adet olmak üzere takt süresi;

$$T = \frac{504}{394} = 1,28 \text{ dk} = 76,75 \text{ saniye olarak hesaplanmıştır.}$$

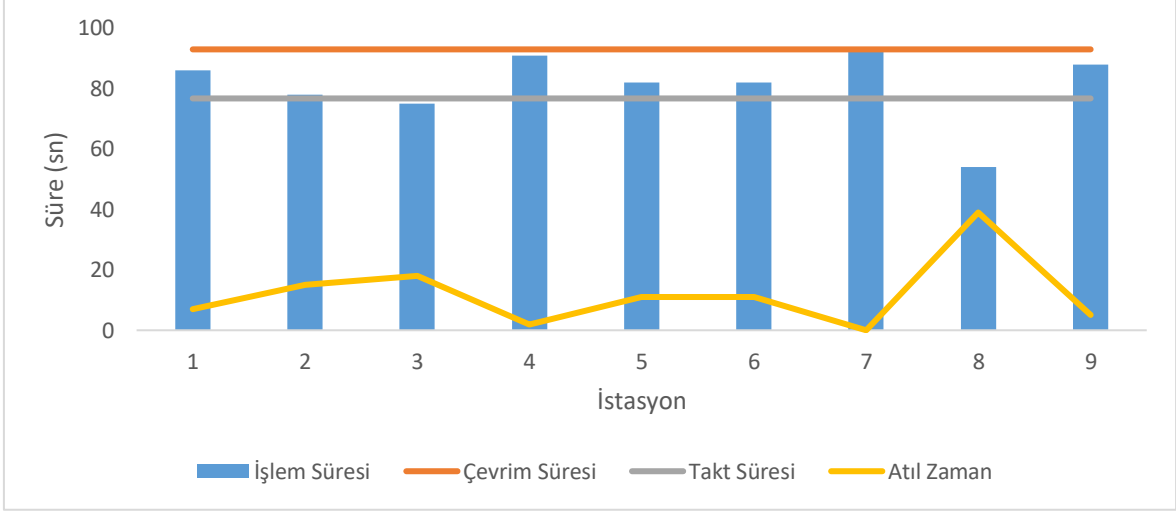
Minimum istasyon sayısı ise (ii) denkleminde gösterildiği gibi toplam işlem süresinin takt süresine oranı ile bulunur. Tablo 3.4'ten görülebileceği üzere toplam işlem süresi 729 saniye = 12,15 dakikadır. Buna göre minimum istasyon sayısı;

$$S_{min} = \frac{12,15}{1,28} = 9,49 \approx 10 \text{ adet olarak tespit edilmiştir.}$$

Mevcut durumda üretim dokuz istasyon ile yürütülmektedir. Mevcut durum takt süresi - çevrim süresi = -16,25 saniye olmuştur. Bu durum çevrim süresinin takt süresini aşmasına dolayısıyla taleplerin istenilen sürede yetiştirilememesine sebep olmaktadır.

**Tablo 3.4.** Mevcut Durum Modelleme Sonrası İstasyon Süreleri

İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8	9
İşlem Süresi	86	78	75	91	82	82	93	54	88
Çevrim Süresi	93	93	93	93	93	93	93	93	93
Takt Süresi	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75
Atıl zaman	7	15	18	2	11	11	0	39	5



**Grafik 3.2. Hat Dengesi - Mevcut Durum**

Tablo 3.4'te mevcut durum modelleme sonrası istasyonda bulunan proseslerdeki işlem süreleri ve buna bağlı olarak oluşan atıl zaman süreleri verilmiştir. Grafik 3.2'de model 1 numaralı ayakkabının saya üretim hattına ait hat dengesi/mevcut durum verilmiştir. Buradanda görülebileceği üzere istasyonlar arasında dengesizlikler verimli olmayan bir üretim hattı tasarımına işaret etmektedir.

Mevcut durumda hataların operasyonel bazda bir kaydı tutulmamıştır. Ayrıca hatalı sayaların ayrıştırılıp bandın başına geri gönderilmesi ve ayrı bir tamir bandının olmaması bir zaman kaybı yaratmaktadır. Fabrika yetkilileri ile yapılan görüşmede sadece yıllık üretilen toplam ayakkabı miktarında defolu ürün ayakkabı sayısı binde beş adet olduğu bilinmektedir. Saya üretimi tam anlamıyla hat üzerinde değildir ancak hat mantığına da aykırı değildir. Üretim şeklini hat mantığına yakın bir hat gibi kabul ederek istasyonlar belirlersek çevrim süresinin düşmesinde fayda sağlayabiliriz. Mevcut saya üretim hattında darboğazlar oluşmaktadır. Bunun nedeninin bazı operasyonların uzun sürmesinden kaynaklanmaktadır. Üretim süreci uzun olan operasyonlarda bunun sonucu olarak yığılmalar olmaktadır. Yığılmaların yani darboğazların olduğu yerlerde birden fazla işlem yapıldığı görülmüştür. Saya üretim hattında her bir proste iki işlem yapılan prosesler incelenmiş ve üretim hattında dört proste birden fazla işlem yapılan yerler tespit edilmiştir.

Tablo 3.3'te gösterilen 18 numaralı Yüz ve Yan Yapıştırma, 19 numaralı Yüz ve Yan Dikme, 22 numaralı Yan Etiket Arka Şerit Dikme, 13 numaralı Dil Etiket Boş Dikiş proseslerinin olduğu belirlenmiştir. Bu dört proses ikiye ayrılarak yan dikme, yüz dikme, yan yapıştırma yüz yapıştırma, dil etiket ve dil boş dikiş, yan etiket arka şerit dikme olarak ayrılmıştır. Model 1 için operasyon ismi ve makine türlerine göre ayakkabı üretim bandındaki işlemlere ait iş etüdü aşağıdaki Tablo 3.5.'de gösterilmiştir

**Tablo 3.5.** Model 1 Ayakkabının Ayırma Sonrası Operasyon İsmi ve Makine Türlerine Göre İş Etüdü.

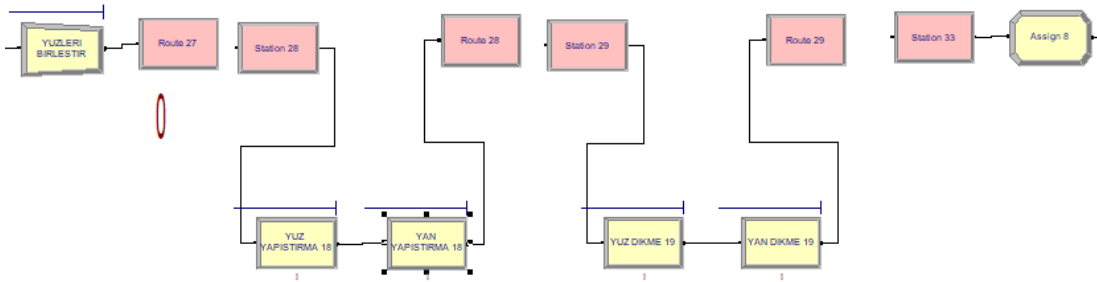
		İŞ ETÜDÜ ÖLÇÜLEN ZAMAN (DK)										
OPRERASYON ADI	OPERASYON YERİ	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	DENEME ORT.
YÜZ YAPIŞTIRMA	TEZGAH	0,433	0,417	0,533	0,6	0,6	0,567	0,617	0,75	0,5	0,5	0,552
YAN YAPIŞTIRMA	TEZGAH	0,467	0,467	0,45	0,45	0,367	0,417	0,417	0,4	0,567	0,517	0,452
DİL ETİKET DİKME	TEK İĞNE	0,433	0,433	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,417	0,333	0,402
DİL BOŞ DİKİŞ	TEK İĞNE	0,217	0,217	0,167	0,167	0,183	0,183	0,183	0,183	0,233	0,2	0,193
YÜZ DİKME	ÇİFT İĞNE	0,367	0,383	0,383	0,383	0,35	0,35	0,35	0,35	0,333	0,333	0,358
YAN DİKME	ÇİFT İĞNE	0,433	0,533	0,533	0,533	0,5	0,567	0,483	0,483	0,567	0,55	0,518
YAN ETİKET DİKME	TEK İĞNE	0,4	0,4	0,417	0,417	0,367	0,367	0,433	0,383	0,35	0,35	0,388
ARKA ŞERİT DİKME	TEK İĞNE	0,867	0,867	0,817	0,817	0,817	0,817	0,8	0,833	0,783	0,783	0,82

Tablo 3.5'te anlaşılacağı gibi yüz ve yan yapıştırma işlemleri birlikte 93 saniye sürerken ayırma işlemi sonrası yüz yapıştırma 33 saniye yapıştırma 27 saniye süre tutmuştur. Yüz ve yan dikme işlemi 54 saniye sürerken ayırma işlemi sonrası yüz dikme 21 saniye, yan dikme 31 saniye süre tutmuştur. Yan etiket ve arka şerit dikme 42 saniye sürerken ayırma işlemi sonrası yan etiket dikme 31 saniye, arka şerit dikme 49 saniye sürmüştür. Yüz ve yan yapıştırma ve yüz yan dikme operasyonlarının sürelerinin düştüğü, dil etiket ve dil boş dikiş yan etiket arka şerit dikme sürelerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Tablo 3.6'da görüldüğü üzere yüz yan yapıştırma prosesinde ayrılması sonucunda kayda değer işlem süresinde düşüş gözlemlenmiştir. Yüz ve yan dikme işleminin ayrılması ile önceki duruma göre süre düşüşü olmuştur. Ayırma işlemi sonrası toplam sürelerinde düşüş sağlanan prosesler işleme alınmış, artış sağlanan prosesler işleme alınmamıştır. Yapılan ayırma işlemi sonrasında ikişer operasyon olan prosesler Tablo 3.6'da model 1 ayakkabi üretim bandı operasyon süre karşılaştırması ile gösterilmiştir.

**Tablo 3.6.** Model 1 Ayakkabı Ayırma Sonrası Operasyon Süre Karşılaştırması

OPRERASYON ADI	Mevcut Durum	Ayırma İşlemi	Durum	
YÜZ YAPIŞTIRMA	93	33	33 Saniye Düşüş	Kabul
YAN YAPIŞTIRMA		27		
YÜZ DİKME	54	21	2 Saniye Düşüş	Kabul
YAN DİKME		31		
YAN ETİKET DİKME	42	23	30 Saniye Artış	Red
ARKA ŞERİT DİKME		49		
DİL ETİKET DİKME	27	24	9 saniye Artış	Red
DİL BOŞ DİKİŞ		12		

Tablo 3.6'da birden fazla iş gerektiren prosesler bölünerek elde edilen yüz ve yan yapıştırma ve yüz ve yan dikme işlemlerinin simülasyonda aşağıdaki Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Oluşturulan bu durum simülasyon programında Şekil 3.3'te yüz ve yan yapıştırma ve yüz yan dikme prosesi bölünmüş hale getirilmiştir.



**Şekil 3.3.** Yüz ve Yan Yapıştırma ve Yüz Yan Dikme Prosesi Bölünmüş Hali

Uygulama sonucunda yeniden bir hat dengeleme çalışılarak bir matematiksel model oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

### 3.5. Hat Dengeleme

#### Parametreler:

- $n$ : Görev Sayısı  
 $m$ : En fazla kullanılacak istasyon sayısı

$p_i$ :	$i$ işinin süresi, $i = 1, 2, \dots, n$
$\alpha, \beta$ :	Amaç fonksiyonu ağırlıkları
$prec_{i,j}$ :	$i$ işi, $j$ işinden önce geliyorsa 1, aksi halde 0

### Karar Değişkenleri:

$x_{i,j}$ :	$i$ işi, $j$ istasyonuna atanmışsa 1, aksi halde 0
$y_j$ :	$j$ istasyonu kullanılmışsa 1, aksi halde 0
$T_j$ :	$j$ istasyonundaki toplam işlem süresi
$C$ :	Çevrim Süresi

$$\min z = \alpha * C + \beta * \sum_{j=1}^m y_j \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^m x_{i,j} = 1 \quad \forall i=1,2,\dots,n \quad (2)$$

$$T_j = \sum_{i=1}^n p_i * x_{i,j} \quad \forall j=1,2,\dots,m \quad (3)$$

$$T_j \leq C \quad \forall j=1,2,\dots,m \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^s x_{i,k} \geq \sum_{k=1}^s x_{j,k} \quad \forall (i,j): prec_{i,j}=1, \forall s=1,2,\dots,m \quad (5)$$

$$y_j \geq x_{i,j} \quad \forall i=1,2,\dots,n, \forall j=1,2,\dots,m \quad (6)$$

$$x_{i,j} \in \{0,1\}, y_j \in \{0,1\} \quad \forall i=1,2,\dots,n, \forall j=1,2,\dots,m \quad (7)$$

$$C \geq 0, T_j \geq 0 \quad \forall j=1,2,\dots,m \quad (8)$$

(1) Amaç fonksiyonunda çevrim süresini ve istasyon sayısını minimize etmektir. (2) Tüm görevlerin mutlaka bir istasyona atanmasını sağlamaktadır. (3) Her bir istasyona atanan tüm işlerin sürelerinin toplamını vermektedir. (4) Herbir istasyonun süresinin çevrim süresini aşamayacağı belirtmektedir. (5) Bir işin başlaması için, öncelik gerektiren diğer işlerin öncesinde bitmiş olmasını garanti eder. (6) Bütün işlerin ve işçilerin yalnız açılan istasyonlara atanmasını garantilemektedir. İstasyona en az bir iş atanmışsa, o istasyon kullanılıyor sayılır. (7) Denklemde ikili değişkenleri tanımlamaktadır (8) Denklemde ise sürekli ve pozitif değişkenleri tanımlamaktadır (Baybars, 1986).

### 3.6. Değişken Komşuluk Arama Algoritması

Genellikle metasezgisel yöntemler, endüstri, mühendislik, işletme ve bunun gibi çok sayıda farklı alandaki karmaşık optimizasyon problemlerin uygulanmasında başarı sağlanmaktadır. Metasezgisel yöntemler, evrimsel hesaplama, genetik algoritmalar, yerel arama, benzetilmiş tavlama, tabu arama, karınca kolonisi en iyilemesi gibi birçok farklı yöntemler içermektedir (Onan 2013).

Literatürde çok sayıda sezgisel yöntem yada yaklaşım bulunmakta ve her geçen gün yenileri ortaya çıkmaktadır (Özdemir ve Cura 2021). Bu metasezgisel yaklaşımlardan birisi değişken komşuluk aramasıdır. Değişken komşuluk araması (VNS) 1997 yılında ilk olarak N. Mladenovic ve E. Hansen tarafından geliştirilmiştir (Aydoğmuş ve Özcan 2022).

Sezgisel yöntemlerin en önemli amacı makul sayıda deneme yapılarak en iyi sonuca ulaşmak olup kesin sonucu garanti etmemektedir. Diğer anlamda Sezgisel algoritmalar kesin çözümün bulunmanın çok maliyetli veya zor olduğu durumlarda kabul edilebilir çözümler üreten yöntemlerdir diyebiliriz. Ancak en iyi sonuca yakın sonuçlarının elde edilebilmesi ve uzun zaman alabilecek problem türlerinin daha kısa sürede, düşük maliyetle gerçekleştirilmesi sezgisel yöntemlerin kullanımını elverişli hale getirmektedir. Bu durum sezgisel yöntemlerin literatürde genellikle tercih edilmesine neden olmaktadır (Özdemir ve Cura 2021). Sezgisel yöntemler bir problem için çözüm olasılıkları içerisinde en iyisini bulmayı amaçlamaktadır. Problemin karmaşıklık düzeyinin artması en iyi çözümü bulmayı daha zor hale getirmektedir (Erkol, 2017).

Yerel arama ilk olarak bir başlangıç çözümü vardır. Uygulanacak her s çözümünün komşuluğundaki çözümler seti ile ilişkilidir. Yerel arama, her tekrarında tümünün çözümlerini değerlendirme gerekliliği olmamakla beraber yalnızca bir alt setini inceler. Belirli bir hareket mekanizması kullanarak komşu çözüm kümesinin meydana getirilmesi gerekmektedir. Bu hareket mekanizmasına komşuluk yapısı denmektedir. Komşuluk yapısı geçerli olan bir sistem yardımıyla değiştirerek, daha yeni çözümler ortaya çıkarabilme şeklidir (Aydoğmuş 2011).

Değişken komşuluk aramasında kombinatoryal problemleri çözmeyi amaçlayan algoritmalarından biridir. Ancak diğer metasezgisel yöntemlerden farklı olarak, VNS ve uzantılarının temel şemaları basit ve az sayıda olmakla beraber bazen hiç parametre gerektirmez. Böylece değişken komşuluk arama algoritması, diğerlerine göre daha basit yollarla çok iyi çözümler sağlamaktadır (Hansen vd. 2010).

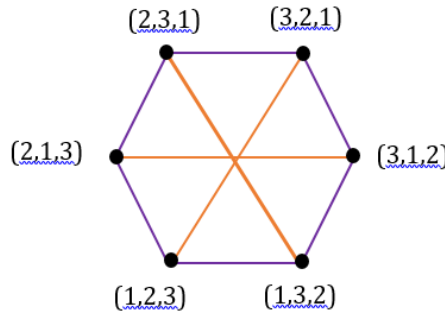
Değişken Komşuluk Arama (VNS) algoritması temel şeması ile birlikte ana bileşenleri olan yerel arama ve sarsma (shaking) yöntemlerini göstermişlerdir. Değişken komşuluk arama sezgiseli içerisinde genellikle kullanılan yerel arama yöntemleri ile yerel optima tuzaklarını aşmak için özgün bir yöntem kullanmışlardır. Ayrıca NP-zor optimizasyon problemlerini çözmek için VNS tabanlı yeni ve ileri düzey sezgiselleri geliştirerek rehber niteliğinde

olabilecek temel VNS şemasından türetilmiş farklı VNS varyantlarını sunmuşlardır (Hansen vd. 2017).

Değişken komşuluk arama sezgiselinden geliştirilen kombinatoriyal ve küresel optimizasyon problemlerini çözmeye yönelik yeni bir sezgisel olarak Komşuluk Değişken Ayrıştırma Arama (VNDS) yöntemini önermişlerdir. Bu yöntem p-Medyan problemi üzerinde uygulanmış orta ölçekli problemlerde VNDS'nin her zaman temel VNS'ye kıyasla tatmin edici sonuçlar vermediği sonucuna ulaşmışlardır. Ancak çok büyük problemler için VNDS oldukça faydalı olabileceği VNS'ye kıyasla daha kısa sürede önemli ölçüde iyileşme sağladığını öne sürmüşlerdir (Hansen ve Mladenovic 2001).

P-medyan problemini çözmek için parametresiz basit bir değişken komşuluk arama sezgisel algoritmayı önermişlerdir. Yapılan uygulama sonucunda p-medyan için değişken komşuluk araması ve tabu araması en iyi çözümleri vermiştir. Ancak değişken komşuluk araması tabu aramasından daha iyi performans göstermiştir. Bunun nedeni tabu kısıtlamalarının etkisinin olduğu ve büyük örnekler için daha fazla hesaplama süresi verdiğini belirtmişlerdir (Hansen ve Mladenovic 1997).

VNS algoritması komşuluk yapılarını kullanan bir yöntemdir. Şekil 3.4'te örnek bir komşuluk yapısı gösterilmiştir. Örneğin, (3,2,1) çözümü için komşuluklar (2,3,1), (3,1,2) ve (1,2,3)'tür.



**Şekil 3.4.** Altı Elemanlı Bir Permütasyon Probleminin Komşulukları. Talbi, (2009)

Değişken komşuluk aramayı bir örnekle ile açıklayacak olursak;

T1, T2, T3, T4, T5, T6 yapılacak işler olsun,

$S = [1, 1, 2, 2, 3, 3]$ ,

T1 → İstasyon 1

T2 → İstasyon 1

T3 → İstasyon 2

T4 → İstasyon 2

T5 → İstasyon 3

T6 → İstasyon 3

Burada amacımız istasyonlara arası iş yükünü dengelemek veya toplam üretim zamanını en aza indirmek. Bunun için iki iş yer değiştirebilir (komşuluk derecesi 1). Bir iş başka istasyona taşınabilir (komşuluk derecesi 2), İstasyonlar karşılıklı olarak değiştirilebilir (komşuluk derecesi 2). Bitişik istasyonlardaki işler tek istasyonda birleştirilebilir (komşuluk derecesi 3).

*A: Bir iş başka istasyona taşınabilir.*

$S = [1, 1, 2, 2, 3, 3]$

T3'ü istasyon 3'e taşı

$S' = [1, 1, 3, 2, 3, 3]$  Böylece komşuluk derecesi bir olmuştur.

*B: iki iş yer değiştirebilir.*

$S = [1, 1, 2, 2, 3, 3]$

T3 (ist.2) ↔ T5 (ist.3)

$S' = [1, 1, 3, 2, 2, 3]$  Bu durumda komşuluk derecesi iki olmuştur.

*C: İstasyonlar karşılıklı olarak değiştirilebilir.*

$S = [1, 1, 2, 2, 3, 3]$

T2 → istasyon 2, T4 → istasyon 1

$S' = [1, 2, 2, 1, 3, 3]$  komşuluk derdesi iki olmuştur.

*D: Bitişik istasyonlardaki işler tek istasyonda birleştirilebilir.*

$S = [1, 1, 2, 2, 3, 3]$

T3 → istasyon 1, T4 → istasyon 1, T5 → istasyon 1

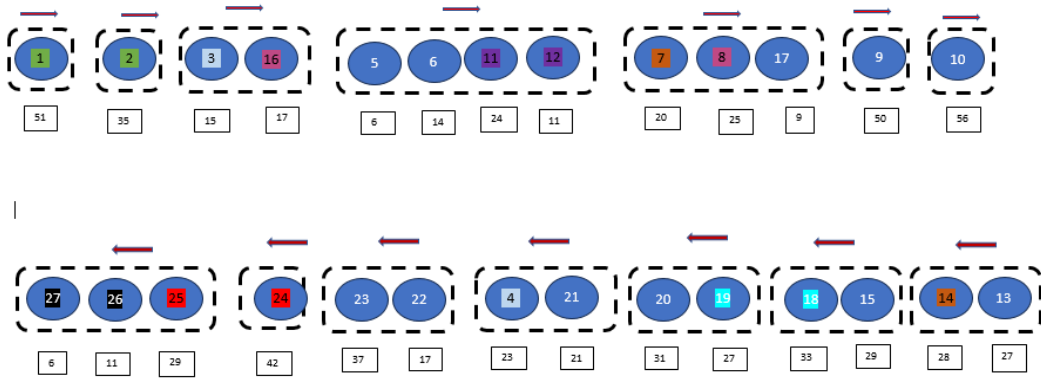
$S' = [1, 1, 1, 1, 1, 3]$  Burada ise komşuluk derecesi üç olmuştur.

### **3.7. İyileştirme Önerileri**

Uygulama Intel(R) Core (TM) i3-10110U CPU @ 2.10GHz, 2501 Mhz, 12 GB Ram özellikli bilgisayar kullanılmıştır. Uygulama için yöntem olarak birinci öneri cplex ve ikinci öneri olarak ise değişken komşuluk arama (VNS) algoritması kullanılarak istasyon akışlarının modellenmesi yapılmıştır.

### 3.7.1. Birinci öneri

Bu çalışmanın ilgili bölümünde, dengeli bir üretim hattı elde edilebilmesi amacıyla, daha önce 3.4. Hat Dengeleme kısmında sunulan matematiksel model, cplex çözücüsü kullanılarak çözülmeye çalışılmıştır. Ancak problemin karmaşıklığı nedeniyle makul süreler içerisinde optimal bir çözüme ulaşılamamıştır. Bu nedenle, cplex çözücüsünün tolerans değeri 0,03 (gap) seviyesine yükseltilmiş ve bu şekilde bir çözüme ulaşılması mümkün olmuştur. Elde edilen çözüm simülasyon modelinde test edilmiştir.

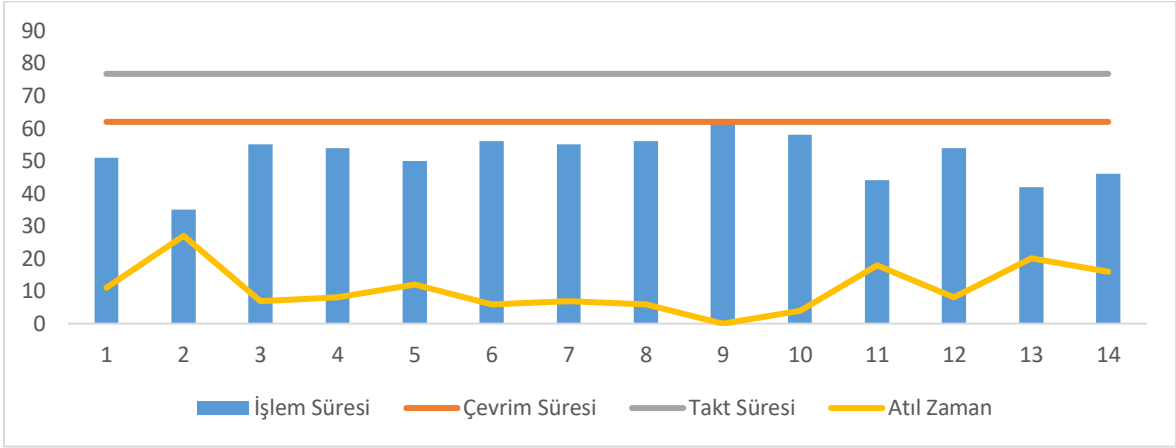


**Şekil 3.5.** Model 1 Ayakkabının Birinci Öneriye Göre Üretim Hattına Ait İstasyon Akış Şeması

Şekil 3.5'te Model 1 kodlu ayakkabının birinci öneriye göre üretim hattına ait istasyon akış şeması gösterilmiştir. Fabrikada işçilerin hayati ve dini ihtiyaçları, çalışma esnasında değer katmayan hareketleri, nedeniyle çalışma süresi %7'lik fire kabul edilmiş ve günlük üretim için bu süre 8,4 saat olarak belirlenmiştir. Bir adet model 1 ayakkabı üretmek için yapılan tüm işlerin toplam süresi 11,56 dakikadır. Gerekli istasyon sayısını hesaplandığında,  $11,56/0,93=12,4$  bu süreç için gerekli minimum İstasyon sayısı  $12,4=12$ 'dir. Böylece mevcut olan süreç için istasyon sayısı 14 olarak sağlanabilmektedir. Elde edilen çözüme göre işler belirlenen istasyonlara atanmış, Şekil 3.5'de çevrim süresini aşmayacak şekilde oluşturulmuştur. Elde edilen çözüme göre ile oluşturulan istasyon düzeni sonrası üretim 4737 adet olmuştur.

**Tablo 3.7.** Model 1 Ayakkabının Birinci Öneriye Göre Üretim Hattına Ait İstasyon Süreleri

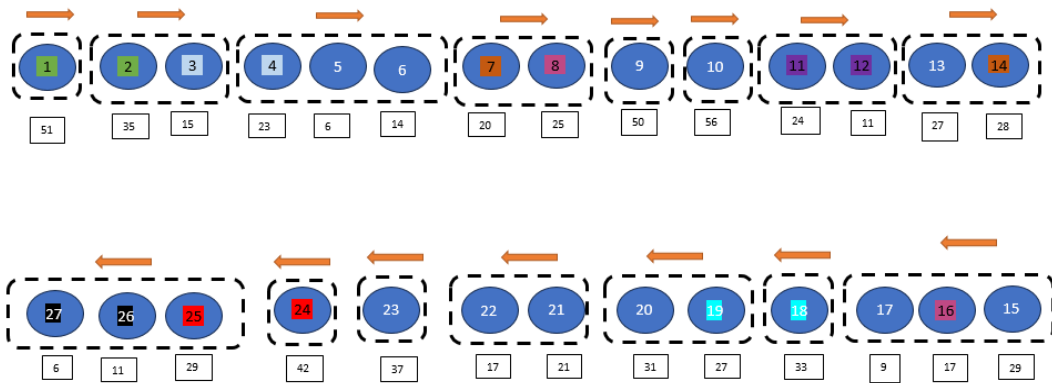
İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
İşlem Süresi	51	35	55	54	50	56	55	56	62	58	44	54	42	46
Çevrim Süresi	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
Takt Süresi	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75	76.75
Atıl Zaman	11	27	7	8	12	6	7	6	0	4	18	8	20	16



**Grafik 3.3.** Birinci Öneri İle Elde Edilen Hat Dengesi

Tablo 3.7. ve Grafik 3.3'te 0,03 tolerans ile elde edilen çözümün uygulanmasıyla elde edilen istasyon süreleri, çevrim süresi ve takt süresi gösterilmiştir. Ayrıca takt süresi ile çevrim süresi arasındaki fark 14,5 saniye olmuştur. Böylelikle bu hat yapısında tüm istasyon sürelerinin takt time altına indiği görülmüştür. Uygulamada kullanılan cplex çözücü ile bu problemi makul sürelerde çözümünü sağlamamış ile çözülebilmıştır

**3.7.2. İkinci öneri** Hat dengeleme probleminin makul sürelerde optimum çözümü elde edilemediği için dolayı sezgisel yöntemlerden değişken komşuluk arama algoritması (VNS) kullanılmıştır. Değişken komşuluk arama algoritması ile yapılan çalışma sonucunda istasyonların durumu Şekil 3.6'daki gibi oluşturulmuştur. Oluşturulan istasyonlara göre simülasyon sonucu üretim 4804 adet olmuştur. Şekil 3.6'da Model 1 kodlu ayakkabının ikinci öneriye göre üretim hattına ait istasyon akış şeması gösterilmiştir.

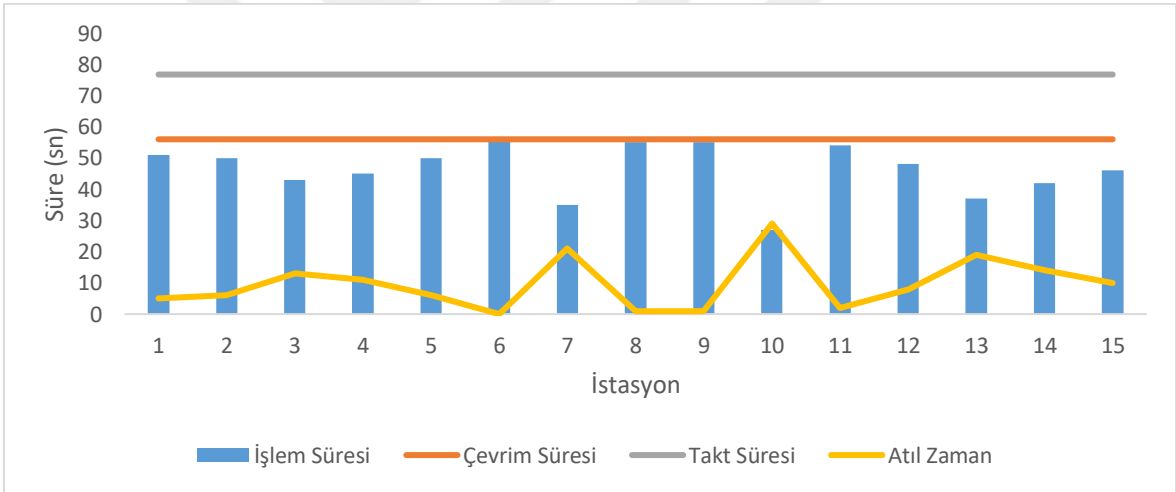


**Şekil 3.6.** Model 1 Ayakkabının İkinci Öneriye Göre Üretim Hattına Ait İstasyon Akış Şeması

Şekil 3.6'da ayakkabı üretim öncelik ilişkileri tablosuna istasyonlara ayrılmıştır ve çevrim süresi 56 saniyedir. Ele alınan modelin üretim hattı için istasyon sayısı 15 olarak sağlanabilmiştir. İstasyonlar aşağıdaki Tablo 3.8 ve Grafik 3.4'te görüldüğü üzere oluşturulmuştur.

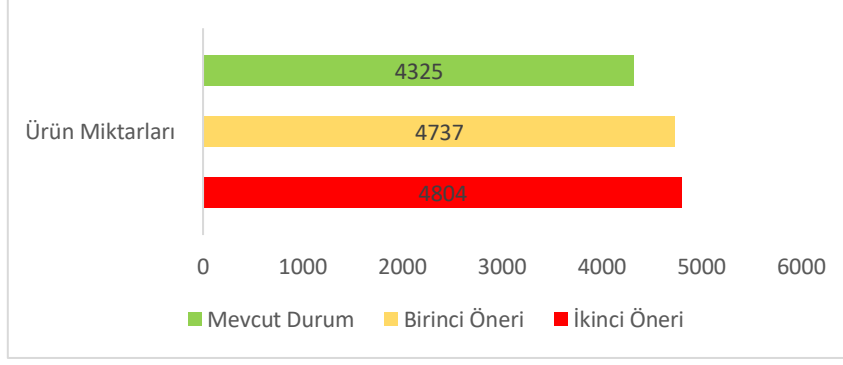
**Tablo 3.8** Model 1 Ayakkabının İkinci Öneriye Göre Üretim Hattına Ait İstasyon Süreleri

İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>İşlem Süresi</b>	51	50	43	45	50	56	35	55	55	27	54	48	37	42	46
<b>Çevrim Süresi</b>	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
<b>Takt Süresi</b>	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7
<b>Atıl Zaman</b>	5	6	13	11	6	0	21	1	1	29	2	8	19	14	10

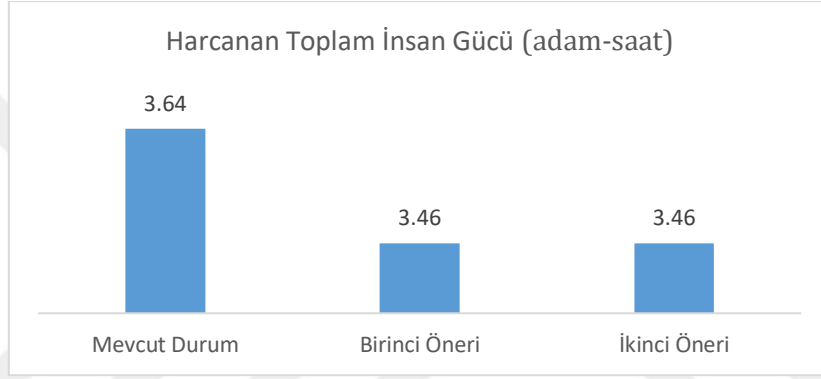


**Grafik 3.4.** İkinci Öneri İle Elde Edilen Göre Hat Dengesi

Tablo 3.8 ve Grafik 3.4'te görüldüğü üzere . Değişken komşuluk arama yöntemi ile modelleme sonrası istasyonda bulunan prosesler ve buna göre proseslerde işlem süreleri, çevrim süreleri, takt süreleri ve atıl süreleri verilmiştir. Takt süresi ile çevrim süresi arasındaki fark 20,75 saniye olmuştur. Bu durum her istasyon için 20,75 saniyelik bolluk süresi anlamına gelmektedir. Tüm istasyon sürelerinin takt süresinin altına inmesi taleplerin artık belirlenen süre içerisinde rahatlıkla yetişebileceği, diğer yandan üretim hızının müşteri talebinden daha hızlı olduğu anlamına gelmektedir.



**Grafik 3.5.** Birinci Öneri, İkinci Öneri ve Mevcut Durum Ürün Çıktı Miktarları



**Grafik 3.6.** Mevcut Durum ve Önerilerre Göre için Harcanan Toplam İnsan Gücü Grafiği

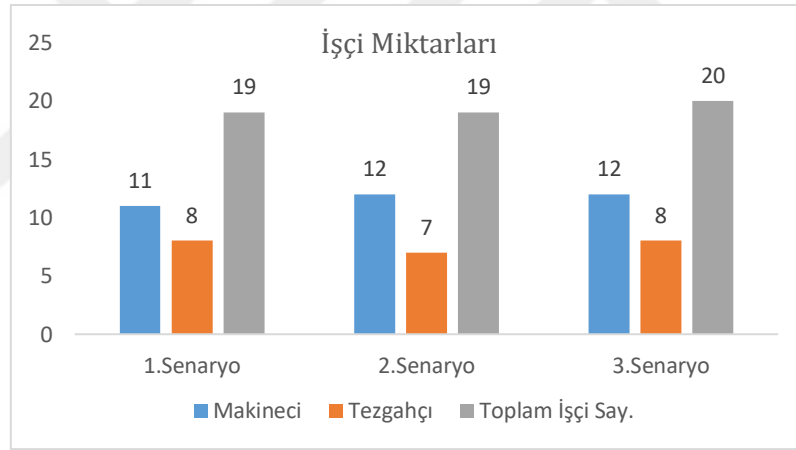
Grafik 3.5'te üretim miktarı ve Grafik 3.8'de ise harcanan toplam insan gücü gösterilmiştir.

- Mevcut durum ve yeni oluşturulan modellere göre herbiri için tezgahçı ve makineci işçi sayıları aynıdır. Mevcut durum saya üretim hattında simülasyon sonrası çıktı 4325 adet olup harcanan toplam insan gücü saya başına 3,63 adam saat olmuştur.
- Birinci öneride cplex çözücü ile elde edilen çözümün simüle edilmesiyle oluşan çıktı miktarı 4737 olmuştur. Çıkan sonuç miktarı mevcut duruma göre %9,5 kadar artış sağlamış, harcanan toplam insan gücü saya başına 3,46 adam saat olmuştur.
- İkinci öneride değişken komşuluk arama (VNS) yöntemi ile elde edilen çözümün simüle edilmesiyle çıktı miktarı 4804 olmuştur. Çıkan sonuç miktarı mevcut duruma göre %11 kadar artış sağlamış, harcanan toplam insan gücü saya başına 3,46 adam saat olmuştur. Grafik 3.5'te birinci öneri, ikinci öneri, mevcut durum ürün çıktı miktarları gösterilmiştir.

Yapılan çalışmada; Birinci öneri, ikinci öneri ve Mevcut durumda ürün çıktı miktarı, emek miktarı baz alındığında ikinci öneride tercih VNS yöntemi ile elde edilen çözüm tercih edilmiştir. Tercih edilen ikinci öneri ile tezgahçı-makineci işçi gruplarından işçi artışlarına göre üç senaryo geliştirilmiştir.

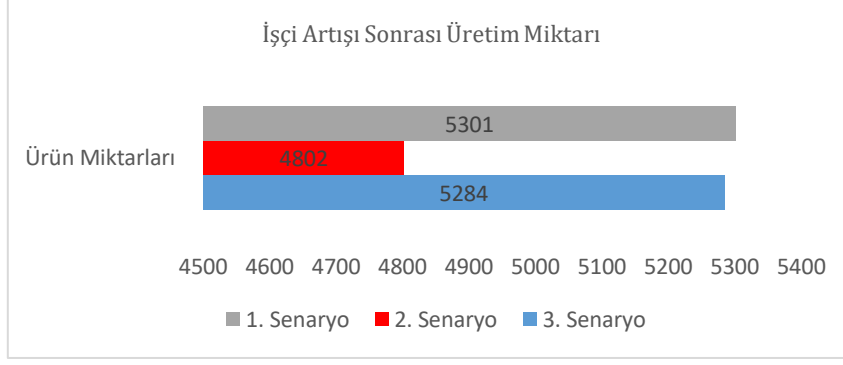
- Birinci senaryoya göre üretim hattında tezgahçı işçi grubuna yapılan bir işçi eklenmiş, 8 tezgah işçisi ve 11 makine işçisi ile toplam işçi sayısı 19 olmuştur
- İkinci senaryoya göre üretim hattında makineci işçi grubuna yapılan bir işçi eklenmiş, 7 tezgah işçisi ve 12 makine işçisi ile toplam işçi sayısı 19 olmuştur.
- Üçüncü senaryoya göre üretim hattında makineci ve tezgahçı işçi grubuna yapılan birer işçi eklenmiş, 8 tezgah ve 12 makine işçisi ile toplam işçi sayısı 20 olmuştur.

Uygulanan senaryolar ile birinci senaryoda üretim adeti 4802, ikinci senaryoda üretim adeti 5301 adet, üçüncü senaryoda 5287 adet ayakkabı çıktı miktarı olmuştur. Aşağıdaki Grafik 3.6'da ikinci öneri sonrası senaryolara göcre işçi miktarları verilmiştir.



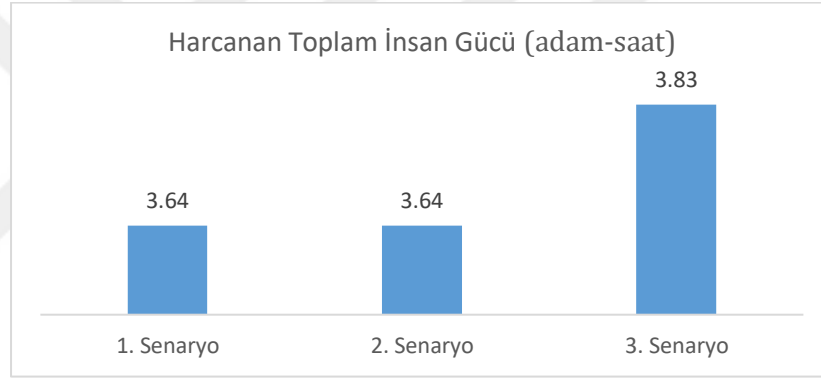
**Grafik 3.7.** İkinci Öneriye Göre Geliştirilen Senaryoların İşçi Miktarları

Grafik 3.6'da geliştirilen senaryolara ait makineci-tezgahçı işçi sayısı gösterilmiştir. Birinci senaryoda tezgah işçisi bir artırılmış, ikinci senaryoda makine işçisi bir artırılmış, üçüncü senaryoda ise hem tezgah işçisi hem makine işçisi birer artırılmıştır.



**Grafik 3.8.** İkinci Öneriye Göre Geliştirilen Senaryoların İşçi Artışı Sonrası Üretim Adedi Çıktı Miktarları

Grafik 3.7’de ise işçi artışı sonrası üretim adedi çıktı miktarları karşılaştırması yapılmıştır. Birinci senaryoda üretim adedi 5301, ikinci senaryoda üretim adedi 4802 ve üçüncü senaryoda 5284 adet olmuştur.



**Grafik 3.9.** Alternatif İyileştirmeler için Harcanan Toplam İnsan Gücü Grafiği

Mevcut durum, birinci öneri, ikinci öneri için harcanan toplam insan gücü (emek miktarı) Grafik 3.9’de verilmiştir. Mevcut durumda saya başına 3,6 adam-saat, birinci öneride saya başına 3,46 adam-saat, ikinci öneride ise saya başına 3,46, adam-saat olmuştur.

Üretim durumuna göre ayakkabı üretim adedi, harcanan toplam insan gücü, çevrim süresi, adet başına harcanan adam-saat, üretim hattındaki proseslerde oluşan kuyruk, bunlara ait miktarları aşağıdaki Tablo 3.9’da gösterilmiştir.

**Tablo 3.9.** Üretim Adeti, Harcanan Toplam İnsan Gücü, Çevrim Süresi, Adet Başına Harcanan Emek Miktarı, Proses Kuyruk Miktarları

Üretim Durumu	Adet	Harcanan Toplam İnsan Gücü (Adam-Saat)	Çevrim Süresi	Adet Başına Harcanan Toplam İnsan Gücü Adam-Saat	Kuyruk
Mevcut Durum	4325	3,63	93	0,00083	(Etiket Dikme ) 0,150
Birinci Öneri	4737	3,46	56	0,00073	(Arka Zikzak) 0,0181
İkinci Öneri	4804	3,46	56	0,00072	(Dil et.Boş. Dik) 0,0180
1. Senaryo	4802	3,64	56	0,00075	( Dil et.Boş.Dik) 0,0190
2. Senaryo	5301	3,64	56	0,00068	(Etiket Dik) 0,163
3. Senaryo	5284	3,83	56	0,00072	(Etiket Dik) 0,162

Tablo 3.9'da gösterilen;

- Adet, üretim durumuna göre yapılan uygulamadaki çıktı miktarlarını göstermektedir. Harcanan toplam insan gücü, toplam işçi miktarı ile toplam sürenin çarpımı harcanan toplam insan gücü (emek miktarı) bulunmuş olur.
- Adet başına harcanan toplam insan gücü, bir adet ayakkabı üretmek için harcanan emek miktarıdır.
- Kuyruk, proseslerde saat başına ortaya çıkan ortalama kuyruk uzunluğunu göstermektedir.

Uygulaması yapılan senaryolar içerisinde üretim adeti, emek miktarı, çevrim süresi, adet başına harcanan emek ve proses kuyruk miktarları dikkate alındığında VNS sezgiseli ile elde edilen öneri tercih edilmiştir. Tercih edilen durum sonrası üretim miktarını artırmak için geliştirilen senaryolar için işçi alımları yapılmıştır. Ancak gerçekleştirilen işçi alımları sonucunda üretim hattındaki darboğazın konumunda bir değişim meydana gelmiştir. Bu durum, üretim sürecinin diğer aşamalarında yeni darboğazların oluşmasına yol açmış; ancak sistemdeki maksimum kuyruk uzunluğunda kayda değer bir azalma sağlanamamıştır. Üretim hattına gerekenden fazla makine veya tezgah işçisi artışı diğer proseslerde bekleme, yığılma, gereksiz işçi hareketi meydana getirdiğinden darboğazların artmasına neden olmuştur.

Uygulaması yapılan tüm üretim durumları incelendiğinde özellikle makineci işçilerinde darboğaz olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle makineci bölümüne yapılacak işçi artışı sonucunda hattın darboğazın önüne geçildiği ve daha dengeli bir hat yapısı elde edildiği görülmüştür.Yapılan diğer işçi ekleme veya çıkarma işlemlerinin sonuçlarına göre en makul, verimli, stabil halin önerilen durum olduğu değerlendirilmektedir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Ayakkabı sektörü Türkiye'de olduğu gibi dünyada da büyük bir öneme sahiptir. Oluşturduğu istihdam ve ihracat potansiyeli ile ülke ekonomisine katkı sağlayan bir sektördür. Bütün işletmelerde olduğu gibi firmaların temel amacı maliyetleri düşürmek kaynakları etkin ve verimli bir şekilde kullanmak bu yolla karı artırmak ulaşmak istenen hedefler arasındadır. Bu nedenle piyasa koşullarının belirsizliği düşünüldüğünde çoğu işletme uzun vadeli ve sürdürülebilir çözümler için süreç analizi yapılmalı ve üretimde sorunlar ortaya çıkmadan önleyici tedbirler alınması gerekmektedir.

Ayakkabı sektörü gibi insan emeğinin yoğun kullanıldığı sektörlerde üretim sonucu çıktı miktarı, kullanılan yöntemlerin türüne göre önemli etkisi olmaktadır. Günümüzde rekabet koşullarının zorlaşması ve müşteri istek ve beklentilerinin sürekli değişmesi nedeni ile süreç analizi önem kazanmaktadır. Süreç analizini merkezine alan işletmelerin, üretimde iyileştirme çalışması yapması ile süreçler analiz edilerek ve ortaya çıkan sorunlar tespit edilerek bir çözüm önerisi getirmeye çalışmaktadırlar. Süreçleri daha iyi analiz edebilmek ve ortaya çıkabilecek sorunları çözebilmek için yalın üretim felsefesi ışığında süreç iyileştirme teknikleri kullanılarak süreçlerde çok daha verimli çözüm önerilerine ulaşmak mümkün olmaktadır.

İşletmelerin kaynakları etkin ve verimli kullanmaması, iş gücünün verimsizliği, nihai ürün sayısındaki düşüklük, üretim esnasında ortaya çıkan darboğaz noktalarının bertaraf edilmemesi, çevrim süresinin yüksekliği üretimde önemli aksaklıklara neden olmaktadır. Sistemdeki darboğazların ortadan kaldırılması çevrim süresinin düşürülmesi ya da minimize edilmesi amacıyla çok sayıda alternatif senaryolar geliştirilebilir ve bunlar karşılaştırılarak yorumlanabilmektedir.

İşletmedeki mevcut durumda meydana gelen sorunların ortadan kaldırılabilmesine yönelik yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model doğrulanıp geçerliliği test edildikten sonra gelecek durum için yeniden istasyonlar belirlenmiş buna göre simüle edilerek çıktıları değerlendirilmiştir. Bu çalışmada ise işletmenin amaçlarına ulaşabilmesi için yalın üretim felsefesi ışığında süreç iyileştirme yöntemlerinden faydalanmak ve bu tekniklerle üretim süreçlerinde verimli çözüm önerilerine ulaşılması mümkündür.

Ayakkabı sektöründe işçilik faaliyetlerinin büyük kısmı dikim ve yapıştırma işlemi oluşturmaktadır. Bu çalışmada saya üretim hattı baz alınarak süreç iyileştirme teknikleri kullanılmış benzetim tekniği uygulayarak hat dengeleme işlemi yapılmıştır. Çalışmada personel kapasitesini verimli kullanmak, elverişli oturma şekli düzenlemek, çevrim süresini azaltarak çıktı miktarı yükselterek üretimi en kısa sürede tamamlamasını sağlamaktır. Üretim süreci uzun olan operasyonlarda yığılmalar sonrasında darboğazların olduğu yerlerde birden fazla işlem yapıldığı görülmüştür.

Birinci öneri ve ikinci öneri ile yapılan iyileştirme çalışmasıyla birinci öneri sonrası 4737 adet üretim adetine ulaşılırken ikinci öneri sonrası 4804 adet ayakkabı çıktısına ulaşılmıştır. İkinci öneri ile birinci önerinin saya başına harcanan emek miktarları eşit olması nedeniyle ayakkabı çıktı miktarı yüksek olan ikinci öneri tercih edilmiştir.

Daha sonra tercih edilen ikinci öneri ile çeşitli senaryolar yapılmış, bu senaryolar içerisinde birinci senaryo üretim miktarı 4802 adet, ikinci senaryo üretim miktarı 5301 adet, üçüncü senaryo üretim miktarı 5284 adet olmuştur. Uygulanan bu iki senaryonun çıktı miktarları oldukça bir birine yakın olduğu görülmüştür. Ancak uygulanan senaryolardaki bulunan makineci-tezgahçı işçi sayısı ve saya başına harcanan toplam insan gücü göz önüne alındığında ikinci senaryo önerilen durum olarak kabul edilmiştir. Proseste çevrim süresini düşürmeye yönelik yapılan çalışma sonucunda çevrim süresi 93 saniye iken çalışma sonrası bu süre 56 saniyeye düşürülmüştür. Harcanan toplam insan gücü kullanım miktarına bakıldığında mevcut durumda harcanan toplam insan gücü saya başına 3,63 (adam-saat), önerilen durumda harcanan toplam insan gücü saya başına 3,46 (adam-saat) olmuştur. Mevcut durumda takt süresi ile çevrim süresi farkı -16,25 saniye iken önerilen durumda takt süresi ile çevrim süresi farkı 20,75 saniye olmuştur.

- Uygulanan iyileştirmeler ile üretim hattının çevrim süresi düşürülerek daha verimli olması sağlanmış, üretilen ayakkabı modelinin çok sayıda benzer ve türevleri için aynı işlemler yapılacağından işletme açısından üretim çıktısında kayda değer fayda olduğu görülmüştür.
- Önerilen durum ile üretim hattının istasyonlara bölünmesiyle oturma düzenindeki değişiklik ile hat daha elverişli hale gelmiştir.
- Yapılan uygulama farklı sektörlerde farklı montaj hatlarında üretimde ortaya çıkan sorunların bertaraf edilmesi üretim verimliliğinin artırılması, çıktı değerinin yükselmesi anlamında fayda sağlayacaktır. Farklı montaj hatlarında kısıtların değişkenlik göstermesi durumunda ise bu modele yansıtılarak geliştirilebilir.
- Yapmış olduğumuz bu tez çalışması ile ayakkabı imalatı yapılan firmanın kendine özgü süreçleri ile hazırlanmış olması, hem literatüre hem de firmaya önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Abayneh, M., & Mezgebu, K. (2021). Modeling Simulation And Performance Analysis For Footwear Manufacturing System.
- Addis, S. (2019). study on the application of statistical quality control techniques in shoe manufacturing for quality improvements. *European Journal of Engineering and Technology*, 7(6).
- Amjad, Asim & Shah, Zahid & Ramzan, Iqra & Khan, Shazray. (2022). Optimizing Production Efficiency in Pakistani Shoe Manufacturing: A Simulation-Based Analysis. 31. 19-33.
- Aslantaş, Tankut. (2006). Yalın Üretim Felsefesi, Yöntemleri ve Kanban Tekniğinin Otomotiv Sektörüne Uygulanması.
- Ayçin, Ejder. (2016). Yalın Üretim Uygulamalarında İsrafin Azaltılması İle Performans Ölçütleri Arasındaki İlişkilerin Ve Etkileşimin Dematel Yöntemiyle Analizi. *The Journal of Academic Social Sciences*. 4. 325-325. 10.16992/ASOS.11643.
- Ayeah, E. N. (2003). The Application of Process Improvement Techniques at a Clothing Manufacturing Company in the Western Cape.
- Baybars, I. (1986). A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem. *Management science*, 32(8), 909-932.
- Beatrix, M. E., & Triana, N. E. (2019). Improvement bonding quality of shoe using quality control circle. *Sinergi*, 23(2), 123-131.
- Bekereci, Üzeyir & Yazıcı, Mustafa & Hamzaoğlu, Ergin. (2020). Pareto Analizi Tekniğiyle Belirlenen Parametrelerin Öğretim Sürecinde Kullanımının Öğrencilerin Akademik Başarılarına Etkisi. *Eğitim Bilimleri Dergisi*. 10.15285/maruaeabd.541606.
- Best, M., & Neuhauser, D. (2006). Joseph Juran: overcoming resistance to organisational change. *BMJ Quality & Safety*, 15(5), 380-382.
- Boctor, F. F., Renaud, J., Ruiz, A., & Tremblay, S. (2009). Optimal and heuristic solution methods for a multiprocessor machine scheduling problem. *Computers & operations research*, 36(10), 2822-2828.
- Caicedo-Rolón, A. J., & Parra Llanos, J. W. (2021). Production sequencing in a flow shop system using optimization and heuristic algorithms. *Gestão & Produção*, 28(1), e3886. <https://doi.org/10.1590/1806-9649.2020v28e3886>
- Çakırkaya, M., & Acar, Ö. E. (2016). Bir Üretim Hattında Meydana Gelen Hataların Önem Derecelerinin İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi İle Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(36).
- Dunford, R., Su, Q., and Tamang, E. (2014) 'The Pareto Principle', *The Plymouth Student Scientist*, 7(1), p.140-148.
- Deste, Mustafa & Berber, Gizem. (2018). Süreç İyileştirme Uygulamaları Üzerine Bir Literatür Araştırması. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*. 2. 213-230. 10.29216/ueip.462265.

- Dimiyati, & Khadijah, Afni & Kristiningrum, Ellia. (2020). Defect analysis of shoes production processes using statistical process control and failure mode effect analysis method. AIP Conference Proceedings. 2217. 030130. 10.1063/5.0000725.
- Erkol, H. O. (2017). Ters sarkaç sisteminin yapay arı kolonisi algoritması ile optimizasyonu. Politeknik Dergisi, 20(4), 863-868.
- Ertuğrul, İ., Özveri, O., Gündoğan, A., (2013). "Yalın Üretim Sisteminin Tekstil Sanayinde Uygulanabilirliği". KAU IIBF Dergisi, 4(6), 15-32.
- Ertuğrul, İ., & Tekin, B. (2016). Meslek Kuruluşlarında Süreç Yönetimi: Denizli Ticaret Odası'nda Uygulanması. Pamukkale İşletme Ve Bilişim Yönetimi Dergisi (1), 11-26.
- Ersöz, T., Sarız, K., & Ersöz, F. (2020). Demir-Çelik Üretim Hattında Yalın Üretim. Duzce University Journal of Science and Technology, 8(1), 801-826. <https://doi.org/10.29130/dubited.571724>
- Enrique, M. O. C., Edgardo, C. S. L., Raul, A. Y. L. (2023) LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development - LEIRD 2023 Virtual Edition, December 4 – 6, 2023.
- Fathi, M., Jahan, A., Ariffin, M. K. A., & Ismail, N. (2011). A new heuristic method based on CPM in SALBP.
- Fırat, İ., & Ceyhan, S. (2015). Yalın Üretim Sistemine Geçişin İşletme Performansına Olan Katkısı Kahramanmaraş'ta Hazır Giyim İşletmesinde Bir Uygulama Çalışması Örneği. Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 5(9), 143-176.
- Genesis B Fuentes, Edbis S Sevilla, Marynick G Tabacon, Romelina T Lagamon, Consorcio S Namoco Jr. utilizing statistical quality control (SQC) tools for analyzing defects in a small-scale local shoes production company. Sci.Int. (Lahore), 2023, 35 (5), pp.639-642. hal-04226087.
- Güner, Melis & Ünal, C.. (2008). Line balancing in the apparel industry using simulation techniques. Fibres and Textiles in Eastern Europe. 16. 75-78.
- Gündoğdu, G. G. (2019). "Karışık Modelli Montaj Hattı Dengeleme Problemi ve Bir İşletmede Uygulaması", Journal of Academic Value Studies, Vol:5, Issue:4; pp: 651-665 (ISSN:2149-8598).
- Hansen, P., & Mladenović, N. (1997). Variable neighborhood search for the p-median. Location Science, 5(4), 207-226.
- Hansen, P., Mladenović, N., & Perez-Britos, D. (2001). Variable neighborhood decomposition search. Journal of Heuristics, 7(4), 335-350.
- Hansen, Pierre & Mladenovic, Nenad & Moreno-Pérez, José. (2010). Variable neighbourhood search: Methods and applications. 4OR. 175. 367-407. 10.1007/s10479-009-0657-6.
- Hansen, P., Mladenović, N., Todosijević, R., & Hanafi, S. (2017). Variable neighborhood search: basics and variants. EURO Journal on Computational Optimization, 5(3), 423-454.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2008). Shop Floor Control. Factory Physics.

Islam, M. M., Mohiuddin, H. M., Mehidi, S. H., & Sakib, N. (2014). An optimal layout design in an apparel industry by appropriate line balancing: A case study. *Global journal of research in engineering*, 14(5).

Kim M, Kim S. Effects of step-by-step line balancing in apparel assembly line. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2023;18. doi: 10.1177/15589250231191196

Leksakul, Komgrit & Smutkupt, Uttapol & Jintawiwat, Raweroj & Phongmoo, Suriya. (2017). Heuristic approach for solving employee bus routes in a large-scale industrial factory. *Advanced Engineering Informatics*. 32. 176-187. 10.1016/j.aei.2017.02.006.

Maraşlı, H., & Kemahlı, H. (2013). Yalın Üretim Bazlı Üretim İzleme ve İyileştirme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(2), 45-64.

Marcelo, M. T., Avila, G. V., Cruz, M. A., Prado, B. M., & Navarro, M. M. (2016, December). Process improvement and utilization of machines in the production area of a shoe manufacturing company. In *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 701-705). IEEE.

Mehmet KÜÇÜK, Mücella GÜNER (2015): Bir Konfeksiyon İşletmesinde Süreç Analizi Yolu ile Verimlilik Artırma Çalışması, *Tekstil ve Mühendis*, 22: 98, 33-41.

Onan, A. (2013). Metasezgisel Yöntemler ve Uygulama Alanları. *Çukurova Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(2), 113-128.

Orbak, A. Y., Özalp, B. T., Korkmaz, P., Yarkin, N., Aktaş, N., & Dinçer, A., (2009). Karışık Modelli Bir Montaj Hattında Hat Dengeleme Çalışmaları. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi (YAEM2009)*, Ankara, Turkey

Özan, M. (2021). Süreç Yönetimi ve Süreç İyileştirmenin İşletme Performansına Etkilerinin Analizi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13 (2), 1144-1161.

Özbek, A., Yıldız, A. ve Alan, M. A. (2021). Türk tekstil işletmelerinin endüstri 4.0'a adaptasyonunun incelenmesi. *Acta Infologica*, 5(2), 255-265. <https://doi.org/10.26650/acin.910774>

Özçelik, T. Ö. & Gündüz, G. (2019). Sezgisel Algoritmaları Kullanarak Raf Optimizasyonu Çalışması ve Bir Yazılım Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 977-982.

Özdemir, M., & Cura, T. (2021). Yeni Bir Sezgisel Optimizasyon: Arama ve Kurtarma Algoritması ve Fonksiyon Optimizasyon Problemlerinin Çözümü. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1), 24-44. <https://doi.org/10.36362/gumus.817270>

Öztürk, A., Arıkan, V., & Öztürk, M. (2012). Süreç İyileştirme Yöntemleri Ve Yöneylem Araştırması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25.

Pacora Valverde, A. L., & Valenzuela Ramos, M. A. (2022). Model of Optimization of Production based on the application of Lean tools to increase productivity in footwear manufacturing SMEs.

Paucar, V., Munive, S., Nuñez, V., Marcelo, G. E., Alvarez, J. C., & Nallusamy, S. (2020, December). Development of a Lean Manufacturing and SLP-based System for a Footwear Company. In *2020 IEEE*

International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) (pp. 1112-1116). IEEE.

Pinto, J. P., Peche, R. T., Ponce, V. N., & Nunura, C. N. (EasyChair 2022). Implementation of Lean Manufacturing Tools to Improve the Fulfillment of Orders in a Footwear Company in Peru.

Pirinçiler, E. C. Y., & Şen, A. (2012). Süreç İyileştirme Çalışmalarında Veri Madenciliği Yaklaşımının Kullanılması Üzerine Bir Çalışma. Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (29), 57-77.

1144-1161.

Radnor, Z. J. (2010). Review of business process improvement methodologies in public services (pp. 1-94). London: Aim Research.

Reda, H. ve Dvivedi, A. (2023). Ayakkabı üretim montaj hattının performans analizi: değer akışı haritalama-simülasyon modellemesini kullanan bir vaka çalışması. Uluslararası İş Mükemmelliği Dergisi, 31 (3), 333-354.

Reyes, John & Aldas, Darwin & Alvarez, Kevin & García, Mario & Ruiz, Mery. (2017). The Factory Physics for the Scheduling: Application to Footwear Industry. 248-254. 10.5220/0006403402480254.

Reyes, J., Alvarez, K., Martínez, A., & Guamán, J. (2018). Total productive maintenance for the sewing process in footwear. Journal of Industrial Engineering and Management, 11(4), 814-822. <https://doi.org/10.3926/jiem.2644>

Sadeghi, Parisa & Rebelo, Rui & Soeiro Ferreira, José. (2021). Using variable neighbourhood descent and genetic algorithms for sequencing mixed-model assembly systems in the footwear industry. Operations Research Perspectives. 8. 100193. 10.1016/j.orp.2021.100193.

Sarı, E. B. (2018). Yalın Üretim Uygulamaları Ve Kazanımları. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 585-600.

Sayid Mia, Md. Abu & Alam, Nur & Ahmad, Farid & Murad, A & Uddin, M. (2017). Application of Lean Tools for the Improvement of Process Cycle Efficiency of Moccasin Shoe Production Line. International Journal of Engineering and Management Research. 6. 124-133.

Selin Hanife ERYÜRÜK, Fatma KALAOĞLU, Murat BAKSAK (2014): Etek Üretimi Yapan Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme Çalışması, Tekstil ve Mühendis, 21: 96, 20-26.

Şahin, B. D., & Akolaş, D. A. (2020). Yalın üretim yöntemlerinin incelenmesi ve otomotiv sektöründe bir uygulama.

Şeker, Arzu. (2016). Yalın Üretim Sisteminde Kanban, Tek Parça Akışı Ve U Tipi Yerleştirme Sistemleri. The Journal of Academic Social Science Studies. 9. 449-449. 10.9761/JASSS3538.

Ticaret, (2024). Erişim Tarihi: 10.02.2025

<https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Ayakkab%C4%B1%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202022.pdf>.

Talbi, El-Ghazali. Metaheuristics: from design to implementation. John Wiley & Sons, 2009.

Türkan, T., & Görener, A. (2017). Süreç iyileştirme: Vasıflı çelik üretim sektöründe bir uygulama. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(2), 23-40.

Uçal Sarı, İ., Sergi, D., & Özuduruk, S. F. (2020). Müşteri Hizmetleri Bölümünde Süreç Analizi Ve Stratejik Planlama- Lastik Sektöründe Bir Uygulama. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi B - Teorik Bilimler*, 8(2), 191-211. <https://doi.org/10.20290/estubtdb.604569>

Umarani, P., & Valase, K. (2017). Assembly line balancing in textile industry.

Wang, Ting & Ren, Pengfei & Wang, Xin. (2017). Study on the Application of 6 $\sigma$  Method in Shoemaking Enterprise Quality Improvement. *MATEC Web of Conferences*. 100. 03013. 10.1051/mateconf/201710003013.

Womack, J. P. ve Jones. D. T. (2003). *Lean Thinking*. New York: Simon & Schuster.

Vilfredo Pareto, *Cours d'économie politique*. Vol. 1 Vilfredo Pareto. - Lausanne F. Rouge, 1896. - 430 p.; 23 cm. (<https://archive.org/details/fp-0148-1>).

Varıklı, N. (2021). Süreç yönetimi ve süreç iyileştirmenin, işletmelerin sürdürülebilirliğine etkileri üzerine bir araştırma. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 8 (74), 2413-2426. <http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.2675>

Yumurtacı Aydoğmuş, H. Değişken Komşuluk Arama Anlaşmaları Ve Tedarik Zincirinin Kontrolünde Bir Uygulama (İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 2011).

Yumurtacı Aydoğmuş, H., & Özcan, Y. (2022). Araç Rotalama Probleminin Çözümü İçin Çok Amaçlı Genel Değişken Komşuluk Arama Metasezgisel Yaklaşımı. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi* (34), 428-432. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1082592>

