



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**HÜCRESEL İMALAT SİSTEMLERİNİN**  
**SİMÜLASYONU: BİR OTOMOTİV YAN**  
**SANAYİ İŞLETMESİNDE UYGULAMA**

**Emine AKHÜSEYİN**

**YÜKSEK LİSANS**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Temmuz - 2019**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Emine AKHÜSEYİN tarafından hazırlanan “ Hücreseİ İmalat Sistemlerinin Simülasyonu: Bir Otomotiv Yan Sanayi İşletmesinde Uygulama ” adlı tez çalışması 24/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

Doç. Dr. S. Erhan KESEN (Başkan)

Doç. Dr. İsmail KARAOĞLAN (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Kemal ALAYKIRAN (Üye)

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK  
Enstitü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Emine AKHÜSEYİN

Tarih: 26.07.2019

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS HÜCRESEL İMALAT SİSTEMLERİNİN SİMÜLASYONU: BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ İŞLETMESİNDE UYGULAMA

Emine AKHÜSEYİN

Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İsmail KARAOĞLAN

2019, 34 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. İsmail KARAOĞLAN  
Doç. Dr. S. Erhan KESEN  
Dr. Öğr. Üyesi Kemal ALAYKIRAN

Gelişen ve globalleşen dünyada, artan rekabet ortamında üretime devam etmek isteyen işletmeler kendilerini sürekli olarak geliştirmeye, iyileştirmeye eğilimlidirler. İşletmeler sektörlerinde başarılı olabilmek ve rakipleriyle rekabet edebilmek için kalite, fiyat, zamanında teslimat, satış sonrası hizmetler gibi konularda hep daha iyisi için çalışmalar yürütmektedir.

Amacı rekabet gücünü artırmak olan işletmeler için üretim tipinin kesikli veya sürekliliği tesisin yerleşimi üzerinde belirleyicidir. Tesis yerleşimi ise üretimin verimliliği ve esnekliği üzerinde oldukça etkilidir. Günümüzde kesikli üretim yapan işletmeler ürüne göre tesis yerleşimi ve sürece göre tesis yerleşiminin güçlü yönlerini dengeleyen bir yerleşim şekli olan hücresel imalat sistemlerini kullanmaktadır.

Bu tez çalışmasında üretim kavramı ve tipleri genel olarak açıklanmış, hücresel üretim sistemi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Literatürde hücresel üretim sistemlerinin simülasyonu ile ilgili yapılmış çalışmalar araştırılmıştır. Kesikli üretim tipine ve sürece göre yerleşime sahip olan otomotiv sektöründe hizmet veren bir firmada ürün tiplerine göre alternatif hücreler oluşturularak yıllık üretim adetlerinde gerçekleştirilecek değişimleri gösteren bir simülasyon modeli kurulmuştur. Kurulan simülasyon modelinin çıktıları analiz edilerek yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hücre Tasarımı, Hücresel Üretim Sistemi, Simülasyon

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

# **CELLULAR MANUFACTURING SYSTEMS SIMULATION: APPLICATION IN AN AUTOMOTIVE INDUSTRY**

**Öğrencinin Emine AKHÜSEYİN**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Industrial Engineering**

**Advisor: Assoc. Prof. İsmail KARAOĞLAN**

**Year, 34 Pages**

#### **Jury**

**Assoc. Prof. İsmail KARAOĞLAN**

**Assoc. Prof. S. Erhan KESEN**

**Asst. Prof. Dr. Kemal ALAYKIRAN**

In a developing and globalizing world, companies that want to increasingly continue their production in competitive environment aim to develop and improve themselves continuously. In order to be successful in their sectors and to compete with their rivals, companies are always working for the best quality, price, on time delivery and after sales services.

Mass production or discrete production is decisive on plant layout for companies that want to increase power of competitive level. Plant layout is so effective on flexibility and productivity of production. Nowadays, companies that have discrete manufacturing use cellular production system, which are type of layout that balances strong sides of layout by product and layout by process.

In this thesis, production concept and types are explained and cellular production is examined in detail. In the literature, studies on simulation of cellular production systems have been investigated. In a company serving in the automotive sector which has a discrete production type and a settlement according to the process, a simulation model showing the possible changes in annual production numbers is established by creating alternative cells according to product types. Outputs of the established simulation model were interpreted by analyzing.

**Keywords:** Cell Design, Cellular Production System, Simulation

## ÖNSÖZ

Gelişen teknoloji ve artan rekabet ortamı firmaları daha düşük maliyetlerle daha hızlı ve doğru üretim yapmak için çalışmaya yönlendirmektedir. Geleneksel üretim şekilleri taşımadan, üretim süresine birçok konuda verimsizlik yaratmaktadır. Bu çalışmada şirketlerin maliyet kalemlerinden biri olan operasyonlar arası taşıma ve bekletmeleri azaltacak, üretim süresini kısaltacak bir teknik olan hücresel imalat sistemi incelenmiş olup, simülasyon tekniğiyle oluşturulan alternatif hücreler kıyaslanmıştır.

Yüksek lisans sürecimde gösterdiği sabır, özveri ve değerli katkılarıyla her konuda destek olan kıymetli danışmanım Doç. Dr. İsmail Karaoğlan'a, bilgi ve tecrübeleriyle yardımcı olan Doç. Dr. Saadettin Erhan Kesen'e, önerilerini ve yardımlarını benden esirgemeyen arkadaşım Arş. Gör. Gözde Can Atasagun'a ve son olarak bugüne kadar her daim yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Emine AKHÜSEYİN  
KONYA-2019

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ÜRETİM VE ÜRETİM SİSTEMLERİ .....</b>	<b>2</b>
2.1. Üretim Kavramı .....	2
2.2. Üretim Sistemi Kavramı .....	2
2.3. Üretim Sistemi Tipleri .....	3
2.3.1. Sürekli Üretim Sistemleri .....	3
2.3.1.1. Kitlesele Üretim Sistemleri .....	4
2.3.1.2. Akış Tipi Üretim Sistemleri.....	4
2.3.2. Kesikli Üretim Sistemleri .....	5
2.3.2.1. Siparişe Göre (Atölye Tipi) Üretim Sistemleri.....	5
2.3.2.2. Parti Tipi Üretim Sistemleri.....	6
2.3.2.3. Proje Tipi Üretim Sistemleri.....	7
2.3.3. Yalın Üretim Sistemi .....	7
2.3.4. Esnek Üretim Sistemi .....	8
2.3.5. Grup Teknolojisi ve Hücresele Üretim Sistemi.....	9
2.3.5.1. Hücresele Üretim Sisteminin Diğere Sistemlere Göre Üstün Yönleri .....	10
2.3.5.2. Hücresele Üretim Sisteminin Diğere Sistemlere Göre Zayıf Yönleri.....	10
<b>3. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>11</b>
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>13</b>
4.1. Materyal .....	13
4.1.1. Uygulama Yapılacak İşletme Hakkında Genel Bilgiler .....	13
4.1.2. Üretilen Ürün Hakkında Genel Bilgiler.....	13
4.1.2.1. Ürün Tipleri .....	13
4.1.2.1.1. Hava Soğutmalı Silindir Gömlekleri .....	14
4.1.2.1.2. Su Soğutmalı Silindir Gömlekleri.....	15
4.1.2.1.2.1. Sulu Tip Silindir Gömlekleri .....	15
4.1.2.1.2.2. Kuru Tip Silindir Gömlekleri .....	16
4.1.2.1.2.2.1. Tamamlanmış(Full Finished) Silindir Gömlekleri .....	16
4.1.2.1.2.2.2. Yarı İşlenmiş (Semi Finished) Silindir Gömlekleri.....	16
4.1.2.2. Ürün Tiplerine Göre Üretim Adetleri .....	17
4.1.3. Üretimde Kullanılan Makine Çeşitleri ve Gerçekleştirilen Operasyonlar....	17
4.1.3.1. Üretimde Kullanılan Makinelerin Adetleri.....	18
4.1.3.2. Ürün Tiplerine Göre Operasyon Süreleri.....	18

4.2. Yöntem.....	19
<b>5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>21</b>
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>22</b>
6.1. Sonuçlar .....	22
6.2. Öneriler .....	31
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>33</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>35</b>





## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

KKSF: Küçük Kuru Semi Finish  
OKSF: Orta Kuru Semi Finish  
OKFF: Orta Kuru Full Finish  
BKSF: Büyük Kuru Semi Finish  
BKFF: Büyük Kuru Full Finish  
KSFF: Küçük Sulu Full Finish  
OSFF: Orta Sulu Full Finish  
BSFF: Büyük Sulu Full Finish  
DSFF: Dev Sulu Full Finish  
DSSF: Dev Sulu Semi Finish  
KDÇT: Kaba Dış Çap Tornalama  
İÇT: İç Çap Tornalama  
TDÇT: Temiz Dış Çap Tornalama  
Fre.: Freze  
Hon.: Honlama  
Taş.:Taşlama

## 1. GİRİŞ

İşletmelerin öncelikli amacı pazardaki yerini korumak, geliştirmek ve kâr oranlarını artırmaktır. Bu da ancak düşük maliyet ve yüksek kaliteli ürünlerle sağlanabilir. Piyasada rekabet edebilmek için işletmeler sahip oldukları ekipmanları, işgücünü, tecrübelerini en verimli şekilde kullanmaya çalışmalıdır. Üretim sırasında taşımalar, beklemler, makine ayarlama zamanları toplam üretim süresini uzatmakta olup ciddi boyutlarda verimsizliklere neden olmaktadır.

Grup teknolojisi felsefesinin üretimde karşılığı olan hücresel imalat işletmelerde verimliliği artırmak için kullanılmaktadır. Benzer özellikler taşıyan parçaların, benzer şekilde üretilibilmeleri nedeniyle bir araya toplandığı sistemler “hücre” olarak tanımlanmaktadır. Bir hücrede benzer parça ailesini üretmek için çalışanların bir takım olarak bir araya getirilmesi ve benzer olmayan makinelerin gruplaşma stratejisi ise “hücresel imalat” olarak tanımlanmaktadır (Askin ve Zhou, 1998).

Hücresel imalatta yerleşimin belirlenmesi öncelikle hücrelerde üretilen ürünlerle, hücrelere yerleştirilecek tezgâhlara karar vermekle başlar. Hücrelere atanan parça aileleri ile operasyonları gerçekleştirecek tezgâhlar belirlendikten sonra operasyon sırasına göre yerleşim gerçekleştirilir. Üçüncü aşamada ise oluşturulan hücreler birbirleriyle ve montaj hatlarıyla ilişkilerine göre fabrika içinde uygun şekilde yerleştirilir.

Bu çalışma kesikli üretim gerçekleştiren ve sürece göre yerleşime sahip silindirik gömleği imal eden bir işletmede yapılmıştır. Çalışmanın amacı ürün tiplerine yönelik oluşturulan hücrelere atanacak tezgâh sayılarını belirlemektir. Bütün tezgâh atama kombinasyonları ile alternatif hücreler oluşturulup yıllık üretim adetleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma için simülasyon tekniği kullanılmıştır.

## 2. ÜRETİM VE ÜRETİM SİSTEMLERİ

### 2.1. Üretim Kavramı

Üretim, hammaddeler üzerinde fiziksel ya da kimyasal birtakım değişiklikleri gerçekleştiren enerji uygulamaları yoluyla bu hammaddeleri ürüne dönüştürme sürecidir (Hitomi,1996).

Bu dönüşüm hammadde, iş gücü, para, yönetim gibi öğelerin ürün ya da hizmete dönmesidir. Bu sistemin yönetiminin hedefi girdilerin maliyetinden çok daha yüksek değerde bir çıktı elde etmektir.

### 2.2. Üretim Sistemi Kavramı

Üretim sistemleri; hammaddelerin bitmiş ürüne dönüştürülebilmesi için bir araya gelen makine, iş gücü, malzemeler ve imalatı destekleyen diğer süreçlerden oluşan bir sistemdir.

Bir üretim sisteminin elemanları aşağıdaki gibidir.

- Üretimde kullanılan makine ve ekipmanlar,
- Malzeme taşımak için kullanılan ekipmanlar (forklift, vinç, transpalet vs.)
- Kalite kontrol ekipmanları
- İmalatta kullanılan bilgisayar sistemleridir.

Üretim sistemleri kar elde etmeyi hedeflediğinden ürün çeşitliliği, makine kapasiteleri, üretim ve talep hacmi gibi birçok etmen hesaba katılarak tasarlanmaktadır.

## 2.3. Üretim Sistemi Tipleri

Üretim sistemleri, üretim adedi, üretilen ürünün cinsi, sistemin yönetimi gibi farklı şekillerde sınıflandırılabilirler.

Üretilen mamul miktarı ile fabrika içindeki iş akışı arasında oldukça yakın bir ilişki vardır. Üretilen mamul aynı kalmak koşuluyla bile, üretim miktarının az veya çok olması, kullanılacak makine tiplerini, imalat yöntemlerini, uyulacak standartları, iş gücü ihtiyacını, yerleşimi, planlama ve kontrol yöntemlerini etkiler.

Üretim sistemleri akışa göre genellikle 2 ana başlıkta incelenirler;

- Sürekli Üretim Sistemleri
  - Kitlesele Üretim Sistemleri
  - Akış Tipi Üretim Sistemleri
- Kesikli Üretim Sistemleri
  - Siparişe Göre Üretim Sistemleri
  - Parti Tipi Üretim Sistemleri
  - Proje Tipi Üretim Sistemleri

Değişen koşullar ve düşünceler ışığında yeni üretim sistemleri oluşmuştur. Bu sistemler literatürde;

- Yalın Üretim Sistemi,
- Esnek Üretim Sistemi ve
- Grup Teknolojisi – Hücresele Üretim Sistemi

şeklinde sınıflandırmaktadır. Bu bölümde bu sistemler hakkında tanımlayıcı bilgiler sunulmaktadır.

### 2.3.1. Sürekli Üretim Sistemleri

Sürekli üretim sistemlerinde çevrim süreleri kısa, malzeme akışı düzenlidir ve üretim hacmi esnektir.

Sürekli üretim sistemlerinin en büyük avantajı üretimin kontrolünün kolay olması ve ürün çeşitliliğinin az olmasıdır.

Bu sistemlerde parçalar sabit bir rotayı izler. Bu nedenle parçaların hareketi minimize edilmiştir. Operasyonlar arasında akıcı bir şekilde geçiş olduğundan dolayı beklemeleer ya çok kısadır ya da hiç yoktur.

Bu sistemde talep sürekli ve düzenlidir. Bu da işgücü ve makine verimliliğini artırır. Makineler ürünler için özel ayarlanmış ve tasarlanmışlardır. Bu üretim sistemi daha sistematik olduğundan dolayı iş gücünün yüksek vasıflı olmasına ihtiyaç yoktur.

Sürekli üretim sisteminin dezavantajlarından bazıları; yeni ürün taleplerini karşılamanın çok maliyetli olması, hat dengeleme sorunları, tampon stok bulundurma güçlüğü olarak sayılabilir.

### **2.3.1.1. Kitlesele Üretim Sistemleri**

Kitlesele üretim sistemi seri üretim sistemleri olarak da bilinir. Kesikli talebi olan ürünlerin akıcı bir süreç kullanılarak büyük hacimlerle üretilmesidir.

Üretilecek ürüne veya parçaya yüksek talep olduğunda, yüksek miktarda üretim bir başka ifadeyle kitle (mass) üretim söz konusu olur. Aynı ürün veya parçadan çok sayıda ürünün üretildiği sistemlere kitle üretim sistemi adı verilir. Kitle üretim tipi, bir kısım makineler ile bir parçadan çok sayıda üretimin gerçekleştirilmesidir. Makine tek bir tip parçanın üretimi için tahsis edilmiştir. Bu tip üretimde işlevsel yerleşim kullanılmaktadır.

Ürün esnekliğinin az olması sistemin dezavantajıyken, bekleme sürelerinin azlığı, ara stokların azlığı, üretim hacminin yüksek olması ve talebe hızlı cevap verilebilmesi ise sistemin avantajlarındanır.

### **2.3.1.2. Akış Tipi Üretim Sistemleri**

Akış tipi üretimde; bir sırada düzenlenmiş çoklu iş istasyonları vardır. Parçalar bir ürünü oluşturmak için iş istasyonları arasında fiziksel olarak hareket etmektedir. Bu tip üretimde yerleşim ürün yerleşimi olarak adlandırılır ve iş istasyonları uzun bir hat üzerinde yer almaktadır (Groover, 2001).

Ürün üzerinde sürekli bir işlem olduğu için bu tip sistemler sürekli sistemlerdir. Sürekli üretim sistemleri standartlaşmış bir şekilde, istenildiği takdirde 24 saat üretime devam edilebilen, yüksek düzeyde otomatikleşmiş sistemlerdir. Örnek olarak kağıt, demir, çelik, boya ve petrol üretimi verilebilir.

Akış tipi üretim sisteminde ürün çeşitliliği çok azdır genellikle tek tip ürün üretilir. Bu sistemde ürün tipi değişikliği oldukça maliyetlidir. Akış tipi üretimin kitlesel üretimden farkı akışın sürekli olmasıdır. Kitlesel üretim kesikli üretime biraz benzerken akış tipi üretim tamamen farklıdır.

Kontrolün kolay ve kapasitenin yüksek olması sistemin avantajıyken, yatırım maliyeti ve alan ihtiyacı sistemin dezavantajıdır.

### **2.3.2. Kesikli Üretim Sistemleri**

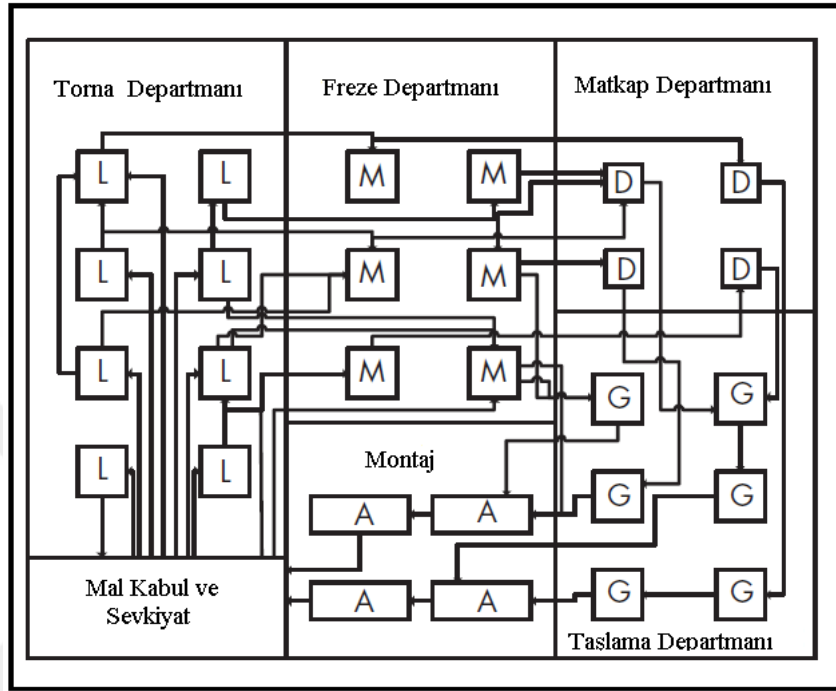
Kesikli üretim sistemlerinin en büyük avantajı ürün esnekliği iken planlamanın zor olması, ara stok miktarlarının yüksek olması ve ayar sürelerinin uzun olması ise sistemin dezavantajlarıdır.

#### **2.3.2.1. Siparişe Göre (Atölye Tipi) Üretim Sistemleri**

Kesikli üretim sistemlerinin en yaygın olanıdır. Bu sistemler atölye tipi üretim sistemleri olarak da adlandırılmaktadır. Siparişe göre üretim sistemlerinde müşterinin talebine göre çeşitli ürünler üretilebilmektedir. Müşteri ürünü, üretim zamanını, üretim miktarını ve hatta ürünün kalitesini belirlemektedir. Bu sebeple ürünlerin operasyon sıraları, izledikleri rota değişebilmektedir. Siparişe göre üretim yapan firmalarda çok sayıda farklı ürüne yönelik farklı üretim tezgâhları bulunmaktadır. Esnekliği en büyük avantajı olmakla birlikte bu sistemlerin değişik dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Siparişe göre üretimde ürünler makineden makineye taşındığı için zaman kaybı olmaktadır.
- Operasyonlar arasında ara stoklar oluşmaktadır.
- Ürün çeşitliliği fazla olduğu için ayarlar zaman almaktadır ve kalifiye iş gücü gerektirmektedir.
- Talepler genelde düzensiz olduğu için üretimi planlamak zordur ve verimsizlikler olabilir.
- Üretim parkurundaki makine çeşitliliği ürün çeşitliliğini yani müşteri taleplerine karşılık verebilme durumunu etkilemektedir.

- Sistemin yeni ürüne cevap verebilmesi daha kolayken yüksek hacimli taleplere cevap verebilmesi daha güçtür.
- Sistemde tezgâh çeşitliliğinin fazla olması yerleşimi zorlaştırmaktadır. Bu da üretilcek ürünlerin fabrika içinde dolaşımını artırmaktadır.



Şekil 2.1. İmalat Atölyesinde Fonksiyonel Yerleşim Düzeni (Black ve Hunter, 2003)

### 2.3.2.2. Parti Tipi Üretim Sistemleri

Farklı ürün tiplerinin aynı üretim sistemi içinde partiler halinde belirli adetlerde üretildiği, bir üründen diğerine geçilirken makine ayarlarının, kesici uçların değiştirildiği sistemlere parti tipi üretim sistemi denir. Bu sistemde ayar süreleri sistemin dezavantajıdır. Genellikle makineler işlevlerine göre yerleştirilmiştir.

Parti tipi üretim sisteminde genelde talaşlı imalat, boyama gibi işlemler yapılır. Ürünler işlem sıralarına göre pek çok işleme merkezinde işlenmektedir.

Parti tipi üretim sistemlerinde siparişe göre üretim sistemlerine göre ürün çeşitliliği daha azken, ürün talepleri daha süreklidir. Parti tipi üretim sistemi; siparişe göre üretim sistemiyle seri üretim sistemi arasında bir sistemdir.

### 2.3.2.3. Proje Tipi Üretim Sistemleri

Tüketicinin veya müşteri firmanın zaman, miktar ve kalite bakımından özel olarak belirlediği az sayıda ama fiziksel olarak büyük ürünler üretilmesidir. Gemi, büyük buhar kazanı, büyük takım tezgahları, uçak, proses makinaları, özel elektronik cihazlar vs. örnek olarak gösterilebilir.

Bu tip üretim sisteminde üretilen ana ürünün yanı sıra bu ürünün bazı parçaları da üretilmektedir. Bu nedenle üretim sistemi maksimum esneklikle tasarlanmaktadır. Bu esnekliği sağlamak için genellikle universal ekipmanlar tercih edilmektedir. Ayrıca üretilen ürün çeşitlerine ait tezgah ayarları, kesici uçlar, bağlama aparatları, teknik bilgiler kısmen farklılık göstermektedir. Bu da kalifiye iş gücü ihtiyacı doğurmaktadır.

Üretilen ürün fiziksel olarak büyük ya da ağırsa fabrika içinde hareketi zor olacağı için yerinde kalması, işçilerin ürün etrafında çalışması gerekmektedir. Bu yerleşim tipine “Sabit Yerleşim” denir. Buna uçak, lokomotif vs. örnek verilebilir.

Proje tipi üretim sistemi en yüksek esnekliğe sahip üretim sistemidir. Çünkü tek seferlik ve benzersiz taleplere karşılık verebilmektedir.

Bu büyük ürünlere ait parçalar ise genellikle fonksiyonel yerleşime sahip atölyelerde üretilmektedir. Bu yerleşimde makineler işlevlerine göre yerleştirilmektedir. Örneğin tornalar bir bölümde, frezeler başka bir bölümde yerleştirilmiştir. Genellikle ürünler partiler halinde bir tezgâhtan diğerine taşınmaktadır. Bu durum üretim sırasında ara stok düzeyini yükseltmektedir.

### 2.3.3. Yalın Üretim Sistemi

Yalın Üretim Sistemi; Japonya’da 1940’lı yıllarda Toyota şirketinin öncülüğünde ortaya çıkan, kitle üretim sistemini iyileştirmeye çalışan, üretimde israfları önlemeyi hedefleyen bir üretim felsefesidir.

Kitle üretim sistemi tüm kaynakların fazlaca kullanıldığı ve esneklikten yoksun bir üretim sistemidir. Yalın üretim sistemi; kaynakları ve zamanı israf etmeden, hızlı ve müşteri talebine uygun şekilde ve aynı zamanda tüm üretim faktörlerinin esnek olarak kullanıldığı sistemlerdir.



Yalın üretimde amaç; üretimde hatayı, gereksiz maliyetleri, ara stok ve bitmiş ürün stoklarını, işçilik maliyetlerini, üretim alanının gereksiz kullanımını, fireleri, işletmelerin her noktasındaki dağınıklığı ve zaman kayıplarını en aza indirmektir.

Yalın üretim bir felsefedir ve işletmelerin sürekli yalın dönüşüm içerisinde olması beklenir. Yalın felsefede israf olarak adlandırılan kullanıcıya ya da müşteriye herhangi bir fayda sağlamayan bu nedenle de müşterinin fazladan ödeme yapmayı kabul etmeyeceği her şeydir. Yalın felsefenin temeli bütün israfları önleyerek maliyetlerin düşürülmesi, müşteri memnuniyetinin sağlanması, piyasa şartlarına uygun esnekliğin kazanılması ve dolayısıyla nakit akışının artırılarak kar elde edilmesidir.

Yalın üretim felsefesinin uygulanabilmesi için birçok teknik mevcuttur. Uygulama aşamasında önemli olan bu tekniklerin çok iyi bilinmesi, uygun ekipler oluşturulması ve yönetimin desteğinin alınmasıdır.

Değer Akış Haritaları, Poka Yoke Sistemleri, 5S İş Yeri Organizasyonu, SMED (Tekli Dakikalarda Model Değişimi) Çalışmaları, Kaizen Çalışmaları, Kanban Çekme Sistemleri, Kalite Çemberleri, Kök Neden Analizleri, TPM yani Toplam Verimli Bakım bu tekniklerden bazılarıdır.

#### **2.3.4. Esnek Üretim Sistemi**

Üretim sistemlerinde olması istenen özelliklerden biri de esnekliktir. Esnek üretim sistemlerinde farklı parça tipleri üretilebilir, yeni bir ürün üretileceğinde de sistem kolaylıkla yeni ürüne uyarlanabilir. Esnek üretim sistemlerinin sahip olması gereken yeterlilikler;

- Farklı iş istasyonları ve buralarda üretilecek ürün aileleri, yapılabilecek operasyonlar belirli olmalıdır.
- Makinelerin programları ve talimatlar kolaylıkla değişebilmelidir.
- Parçayı tezgâha bağlama ve takım değişiklikleri çok hızlı bir şekilde yapılabilmelidir.

Esnek üretim sisteminde operasyonlar arası taşıma otomatik sistemledir ve bilgisayarla kontrol edilir. Kısaca esnek üretim sisteminin temel bileşenleri; otomatik programlanabilen makineler, otomatik takım değişimi, otomatik taşıma sistemleri ve bütün bunların bilgisayarla kontrol edilebilmesidir.

### 2.3.5. Grup Teknolojisi ve Hücresel Üretim Sistemi

Grup teknolojisi; birbirleriyle ilişkili veya benzer olan ürün ve süreçleri bir araya getiren, tanımlayan ve bunları hücresel olarak yerleştirilmiş uygun makinelerde işleyen sistemlerdir. Bir üretim organizasyon sistemi olan grup teknolojisi, esnekliğe ve etkinliğe yaptığı katkının yanı sıra işletmelere, hazırlık ve çevrim sürelerini, maliyetleri, dolaşım mesafelerini ve işlem görmekte olan parçaları, ürün kalitesinden ödün vermeden, en aza indirerek, rekabet edebilme şansı tanımaktadır (Suresh, Kay, 1998). Hücresel üretim; grup teknolojisi felsefesinin imalatta uygulanmasıdır.

Hücresel imalat, çeşitlilik gösteren ürünleri mümkün olan en kısa sürede ve en az maliyetle üretmeye çalışan bir yaklaşımdır. Her bir hücre; iş istasyonlarının, makinelerin veya ekipmanların bir ürün veya birbirine benzer parça ailesinin üretilmesi için bir araya getirildiği, beklemleri ve taşımayı minimize eden bir yapıdadır. Hücreler, bir süreci, bir parçayı, tüm bir ürünü veya bir parça grubunu imal etmek için tasarlanabilir (Olexa, 2002).

Hücresel imalatın amacı; akış tipi üretimdeki yüksek verimlilikle atölye tipi üretimdeki esnekliği birleştirmektir. Yani kitle üretimin kazanımlarını, atölye tipi üretime aktarmaktır.

Bir imalat hücresi, belirlenen parça için ihtiyaç duyduğu tüm üretim kaynaklarını (işgücü, hammadde, makine vs.) bir grup altında toplayarak ürün veya yarı mamul haline getirmeyi amaçlamaktadır. Hücreler sayesinde tüm üretim kaynakları birbirlerine yakın olmalarının getirdiği kolay izlenebilirlik ve iletişim avantajlarından faydalanmaktadır. Hücreler, değişken üretim ihtiyaçlarının en hızlı şekilde karşılanabilmesi için esnek olarak tasarlanırlar (Chaneski, 1998).

Hücresel üretimde en kritik nokta hücre oluşturmaktır. Hücre oluştururken üç ana etmene karar verilmelidir. Bunlar; parça ailelerinin belirlenmesi, makine hücrelerinin belirlenmesi ve hücrelerle parça ailelerinin eşleştirilmesidir.

Hücresel üretimi işletmelerde uygulayabilmek için öncelikle ürünler ürün aileleri şeklinde gruplanabilmeli ve mevcut durumda işlevsel yerleşmiş tezgahlarda parti tipi üretim gerçekleştiriliyor olmalıdır.

### 2.3.5.1. Hücresel Üretim Sisteminin Diğer Sistemlere Göre Üstün Yönleri

- Parçalar tek bir hücrede işlendiği için parça taşımaları azalır.
- Parçaların üretim süresi kısalmır. Çünkü parçalar partiler halinde bekletilmeden işlenir.
- Bir hücrede aynı ürün ailesinden ürünler işlendiği için ayar süreleri azalır.
- Ayar süreleri azaldığı için daha az adetler için de üretim yapılabilir.
- Ara stok miktarı azalır.
- Teslim süresinin belirlenmesi daha kolay ve doğru olur.
- Ayar süreleri azaldığı için makinelerin üretim için kullanılacak etkin süresi artar.
- Hücresel üretime geçişte makine yerleşimi sürecinde doğan maliyetlerin stok maliyeti, makine kullanımı, doğru ve zamanında üretimle geri kazanımı çok hızlıdır.
- İşgücü tasarrufu sağlar.
- Bir hücre içinde üretim tamamen gerçekleştiğinden dolayı herhangi bir kalite problemine müdahale çok daha hızlıdır.
- Ara stoklar azaldığı için ara stok bekleme alanlarından alan kazanımı olur. Yeni makineler eklemek için kullanılacak alanlar ortaya çıkar.

### 2.3.5.2. Hücresel Üretim Sisteminin Diğer Sistemlere Göre Zayıf Yönleri

- Ürün ailelerini belirlemek bazı durumlarda zor olabilir. Tasarımsal olarak aynı ürün ailesinden gibi görünen ürünler operasyonel olarak aynı hücrede işlenemeyebilir.
- Hücrelerdeki iş yüklerini dengelemek zordur.
- Çalışanlara eğitim verilmelidir.
- Atölyeyi yeniden düzenlemenin maliyeti yüksek olabilir.

### 3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürde hücresele imalat ile ilgili çok sayıda yayına ulaşmak mümkündür. Bu çalışmada literatürdeki hücresele imalatla ilgili simülasyon çalışmaları derlenmiştir.

Flynn ve Jacobs (1986)' un çalışmasında grup teknolojisi geleneksel atölye imalatı ile karşılaştırılmıştır. SLAM simülasyon dili kullanılmıştır. Bu çalışmada dört çeşit yerleşim tipi ve talep dağılımı kullanılmıştır. Çalışmada incelenen performans ölçütleri; hazırlık süresi, hareket mesafesi, kuyruk uzunluğu, bekleme süresi, süreç içi stok, en uzun kuyruk, en uzun bekleme, akış süresidir. Bu çalışmada grup teknolojisinin geleneksel atölyeye göre daha verimli olması beklenirken sonuçlar öyle çıkmamıştır. Hazırlık süresi ve hareket mesafesi dışındaki performanslarda grup teknolojisinde ciddi sorunlar olmuştur. Bunun sebebi ise atamaların uygun yapılamaması nedeniyle kuyrukların uzamasıdır. Grup teknolojisi ancak; parçaların aynı rotayı izlediği, ortalama hazırlık süresinin ortalama işlem süresine göre küçük olduğu (%10'dan az), üretim adedinin hazırlık süresini etkilemediği vb. atölyelerde iyi performans verecektir. Bu çalışmada pek çok durumda grup teknolojisi performansının verimli bir geleneksel atölyeye göre daha düşük olacağı ileri sürülmektedir.

Durmuşoğlu ve ark. (1994) yapmış olduğu çalışmada kesici takım üreten bir işletmede üretim 9 hücreden gerçekleştirilecek şekilde simüle edilmiştir. SLAM simülasyon dili kullanılmıştır. Çalışma hipotetik değil gerçek bir çalışmadır. Tasarlanan hücrelerin sistem performansına etkileri farklı faktör seviyelerinde simülasyon yardımıyla denenmiştir. İncelenen faktörler; imalat partisi, transfer partisi, ilave tezgah stratejisi, hazırlık süreleri, hücre sayıları, ısıtım işlem süreleridir. Deneyle sonuçunda bulunan ideal tasarım üst yönetim tarafından da onaylanmış olup, uygulanmıştır. Bu çalışmada ayrıca sistemin çalışanlar tarafından benimsenmesi için eğitim çalışmaları yapılmıştır.

Shambu ve Suresh (2000) bu çalışmada karma hücresele imalat sistemlerinin performansı ile fonksiyonel yerleşimin performansı karşılaştırılmıştır. Hipotetik bir çalışma olup SIMSCRIPT II.5 simülasyon dili kullanılmıştır. Bu çalışma geçmişte hücresele imalatla ilgili yapılan birçok araştırmadan farklıdır. Çünkü içinde hücreler bulunan, ancak diğer kısımları fonksiyonel yerleştirilmiş bir üretim alanının tamamı incelenmiştir.

Çalışmada ortam 12 farklı makine tipi ve 63 makineden oluşmaktadır. 6 ürün ailesi ve 75 tip parça üretilmektedir. İlk 5 ürün ailesi benzerlikleri sebebiyle hücresel imalata uygun olup 6. ürün ailesi ancak fonksiyonel alanda işlenebilmektedir.

Çalışmanın sonuçları;

- Hücresel imalatın daha çok alanda kullanıldığı karma sistemlerde, hücresel kısmın performansı artmakta iken fonksiyonel kısmın performansı azalmaktadır.
- Simülasyonlar karmaşık sistemlerde gerçeği tamamen yansıtamamaktadır.
- Taşımaların kolaylaştırılması ve iş talimatlarının görselleştirilmesi hücresel imalat sisteminin yönetimini rahatlatmaktadır.
- Fonksiyonel yerleşimde çalışanların işe yatkınlığı daha yüksekken hücresel imalata geçildiğinde bu yatkınlık azalabilmektedir.

Kher ve Jensen (2002) bu makalede, parti tipi üretim yapan atölyede farklı seviyelerde hücresel imalat uygulanmasından doğan performans kazanç ve kayıpları incelemiştir. Hipotetik bir çalışma olup SLAM II simülasyon dili kullanılmıştır.

## **4. MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu bölümde çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir.

### **4.1. Materyal**

Bu bölümde uygulamanın yapıldığı işletme, üretilen ürünler, mevcut makineler ve üretim operasyonları ile ilgili bilgiler verilmiştir.

#### **4.1.1. Uygulama Yapılacak İşletme Hakkında Genel Bilgiler**

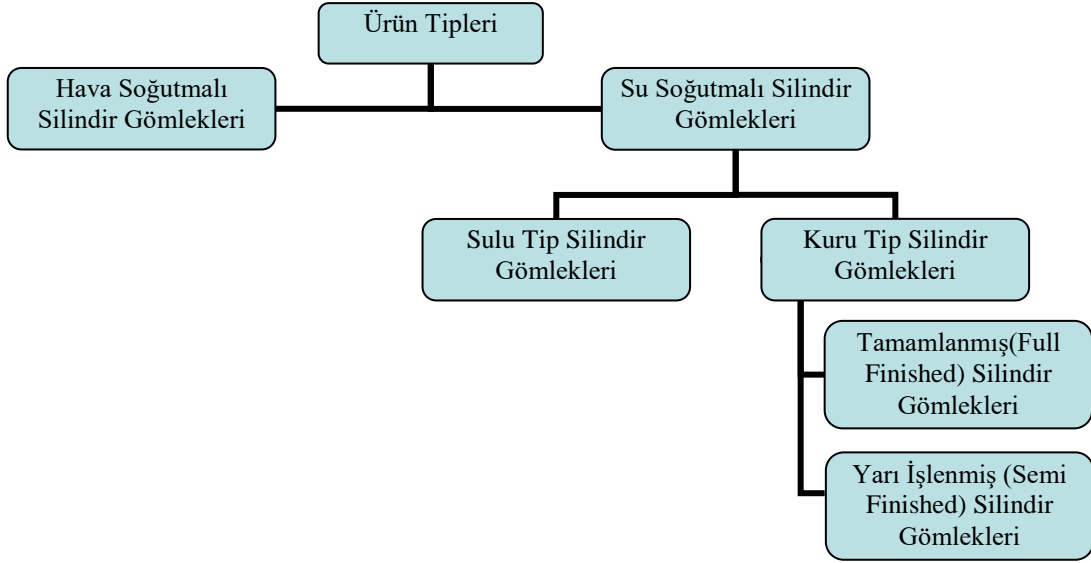
Uygulama Konya'da otomotiv yan sanayisinde hizmet veren 10000 m<sup>2</sup> alanda üretim yapan bir işletmede gerçekleştirilmiştir. İşletmede talebe göre atölye tipi üretim yapılmaktadır. Üretim tezgahları işlevsel olarak yerleştirilmiştir.

#### **4.1.2. Üretilen Ürün Hakkında Genel Bilgiler**

İşletmede motor silindir gömleği üretilmektedir. Silindir gömleği, motorda yanma olayının oluştuğu noktadır. Pistonlar ve segmanlar ile birlikte yanma enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür. Hareketin oluşmasını sağlar. Gömlekler, yüksek basınca, korozyona mekanik ve termal güce karşı ölçülerini koruyacak şekilde dayanıklıdır. İşletmede 65 mm ile 150 mm çapı arasında su ve hava soğutmalı, benzinli ve dizel motorlar için kuru ve sulu motor silindir gömlekleri üretilmektedir.

##### **4.1.2.1. Ürün Tipleri**

Aşağıda ürün tipleri şematize edilmiştir. Ürünler bu genel gruplandırma haricinde kendi içlerinde de boyutlarına göre küçük, büyük, orta olarak gruplandırılmıştır.



Şekil 4.1. Ürün Tipleri

#### 4.1.2.1.1. Hava Soğutmalı Silindir Gömlekleri

Hava soğutmalı motorlarda kullanılan silindirlerdir. Sıcak bölgelerde soğutma suyunun buharlaşması ya da çok soğuk bölgelerde donması tehlikesine karşı hava ile soğuyan hava soğutmalı motorlar kullanılmaktadır. Soğutma bir fan sayesinde gerçekleştirilir. Krank mili sayesinde hareketlenen fan, kanatçıklı (petekli) silindir gömleğine hava akımını iletterek motorun soğumasını sağlar. Hava soğutmalı motorların çalışma ısısına ulaşma süresi çok daha hızlı olduğundan aşınması daha güçtür.

Havacılık endüstrisinde kullanılan motorların birçoğu da hava soğutmalıdır. Hafif uçaklar genelde hava soğutmalı motora sahiptir.

Birçok motosiklette de, ağırlıktan kazanmak ve motor yapısını basitleştirmek için hava soğutmalı motor kullanılır.

Günümüzde üretilen otomobillerde hava soğutmalı motorlar kullanılmamaktadır, fakat geçmişte üretilen birçok modelde kullanılmıştır.



**Şekil 4.2.** Hava Soğutmalı (Petekli) Silindir Gömlekleri

#### **4.1.2.1.2. Su Soğutmalı Silindir Gömlekleri**

Su soğutmalı motorlarda kullanılan silindir gömlekleridir. Motorun çalışması esnasında oluşan yüksek sıcaklığın motor yağına ve parçalara zarar vermemesi için bloğun soğutulmasında soğutma sıvısı kullanılan sistemlere su soğutmalı sistemler denir.

Motor soğutma sıvısının motor bloğu içerisinde kanallarda dolaşması sayesinde soğutulur. Soğutma sıvısı ısıyı absorbe eder sonrasında radyatör ya da ısı eşanjörü ile havaya iletir ve bu şekilde sürekli soğuma devam eder. Yani motordaki ısı direk havaya atılamaz, soğutma suyu vasıtasıyla soğuma sağlanır.

Su soğutmalı motorların, hava soğutmalı motorlara göre çeşitli üstünlükleri vardır.

Su soğutmalı motorlar hava soğutmalı motora göre daha sessiz çalışır. Çünkü bloğu saran su kanalları sesi izole eder.

Büyük motorlarda soğumayı sağlayacak fanın çok büyük olması gerekeceğinden hava soğutmalı motor kullanılamaz. Bu nedenle günümüz otomobil teknolojisinde artık tamamen su soğutmalı motorlar kullanılmaktadır.

Suyun donma noktasının altındaki hava şartlarında donmaması için antifriz kullanılır.

##### **4.1.2.1.2.1. Sulu Tip Silindir Gömlekleri**

Sulu tip silindir gömleklerinde soğutma sıvısı silindir gömleğine direkt olarak temas ederek soğuma sağlanır.





**Şekil 4.3.** Sulu Tip Silindir Gömleklere

#### **4.1.2.1.2.2. Kuru Tip Silindir Gömleklere**

Kuru tip silindir gömleklere soğutma sıvısı silindir gömleğine temas etmemektedir. Soğutma sıvısı motor içindeki kanallarda dolaşarak soğumayı sağlar.



**Şekil 4.4.** Kuru Tip Silindir Gömleği

#### **4.1.2.1.2.2.1. Tamamlanmış (Full Finished) Silindir Gömleklere**

Kuru tip silindir gömleklere için iç çapında son operasyon olan honlama operasyonunun yapıldığı tipidir. Bu tip gömleklere montaja hazırdır.

#### **4.1.2.1.2.2.2. Yarı İşlenmiş (Semi Finished) Silindir Gömleklere**

Kuru tip silindir gömleklere için iç çapında son operasyon olan honlama operasyonunun yapılmadığı tipidir. Bu tip gömleklere honlama operasyonları rektefiyeciler tarafından yapıldıktan sonra motora monte edilmektedir.

#### 4.1.2.2. Ürün Tiplerine Göre Üretim Adetleri

Uygulamanın gerçekleştirildiği işletmede müşteri talebine göre üretim yapılmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 4.1. de 2011 – 2017 yılları arasında ürün tiplerine ait üretim adetleri verilmiştir. Üretilen ürün adetlerine bakıldığında müşteri taleplerinin her yıl birbirinden farklı ve stokastik olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.1. Ürün Tiplerine Göre Üretim Adetleri**

	2011 YILI ÜRETİM	2012 YILI ÜRETİM	2013 YILI ÜRETİM	2014 YILI ÜRETİM	2015 YILI ÜRETİM	2016 YILI ÜRETİM	2017 YILI ÜRETİM	SON 3 YILIN ORTALAMASI
KKSF	36,063	45,560	39,117	40,494	46,468	70,123	67,050	61,214
OKSF	98,647	74,267	53,899	43,576	49,760	63,543	54,661	55,988
OKFF	8,527	4,573	9,667	8,049	4,818	9,747	13,817	9,461
BKSF	5,604	9,435	4,597	8,044	4,495	2,348	4,348	3,730
BKFF	40,012	25,105	23,665	21,275	37,645	21,142	24,088	27,625
KSFF	140,985	93,852	113,113	132,837	144,485	140,307	152,218	145,670
OSFF	17,047	23,066	16,282	7,073	15,319	11,150	12,933	13,134
BSFF	127,112	170,784	86,985	85,917	105,699	69,634	98,027	91,120
DSFF	2,659	1,609	4,049	3,416	4,532	3,354	2,884	3,590
DSSF	10,015	9,446	1,911	5,280	6,392	1,890	2,885	3,722
PETEKLİ	15,608	23,099	37,545	24,268	29,110	11,719	23,201	21,343

KKSF: Küçük Kuru Semi Finish, OKSF: Orta Kuru Semi Finish, OKFF: Orta Kuru Full Finish, BKSF: Büyük Kuru Semi Finish, BKFF: Büyük Kuru Full Finish, KSFF: Küçük Sulu Full Finish, OSFF: Orta Sulu Full Finish, BSFF: Büyük Sulu Full Finish, DSFF: Dev Sulu Full Finish, DSSF: Dev Sulu Semi Finish

#### 4.1.3. Üretimde Kullanılan Makine Çeşitleri ve Gerçekleştirilen Operasyonlar

Tornalama Makinesi; Kendi ekseninde dönen parçanın üzerinden kesici uçlar vasıtasıyla talaş kaldırma operasyonuna tornalama işlemi denir. İç çapta bu operasyonu gerçekleştiren makinelere iç çap tornalama, dış çapta bu operasyonu gerçekleştirenlere temiz dış çap ve kaba dış çap tornalama makineleri denir. Kaba dış çap tornalama tezgâhlarında daha geniş toleranslarda çalışılırken, temiz dış çap tornalama tezgâhlarında ürünün dış ölçülerini aldığı hassas toleranslarda çalışılır.

Taşlama Makinesi; taşlama operasyonunun gerçekleştirildiği makinelerdir. Taşlama, silindirik zımpara taşının dönerek iş parçası üzerinde çok noktadan talaş kaldırma operasyonudur. Taşlama operasyonu daha çok ölçüsel hassasiyeti sağlamak ve yüzey kalitesinin artırmak için kullanılır.

CNC Honlama Makinesi; Honlama operasyonunu gerçekleştiren makinelerdir. Honlama; bir çeşit iç çap taşlama operasyonudur. Metal yüzeyde iç çap pürüzlülüğünü

ve ölçüsünü hassas olarak işlemeyi sağlar. Firmada bilgisayar kontrollü honlama tezgahları kullanılmaktadır.

Freze; Bir çeşit tornalama işlemidir. Ancak tornalamadan en önemli farkı tornada iş parçası hareketli kesici takım sabitken frezede kesici takım hareketli iş parçası sabittir. Bu fark sayesinde tornalama ile elde edilemeyen geometriler (kanal açma gibi) freze ile elde edilebilir.

Matkap; İş parçası üzerinde delik delmeye, deliklere havşa açmaya yarayan makinelerdir.

#### 4.1.3.1. Üretimde Kullanılan Makinelerin Adetleri

Aşağıdaki çizelgede işletmede operasyonları gerçekleştirmek için mevcut makine adetleri verilmiştir.

**Çizelge 4.2. Makine Adetleri**

MAKİNE ADI	ADET
İç Çap Tornalama Makinesi	9
Temiz Dış Çap Tornalama Makinesi	7
Taşlama Makinesi	2
CNC Honlama Makinesi	4
Kaba Dış Çap Tornalama Makinesi	3
Freze	2
Matkap	1

#### 4.1.3.2. Ürün Tiplerine Göre Operasyon Süreleri

Ürünlerin üretilebilmesi için belirli operasyonlardan geçmeleri gerekmektedir. Bu operasyonlara ait işlem süreleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir. İşlem süreleri genellikle kısa ve deterministiktir.

Çizelge 4.3. Operasyon Süreleri (dk)

	KABA DIŞ ÇAP TORNALA MA	İÇ ÇAP TORNALA MA	TEMİZ DIŞ ÇAP TORNALA MA	FREZ E	MATK AP	HONLAM A	TAŞLAM A
KKSF	0.91	2.33	2.13	-	-	-	1.43
OKSF	1.03	2.64	2.30	-	-	-	1.63
OKFF	1.06	3.34	2.56	-	-	5.53	2.12
BKSF	0.60	3.59	2.26	-	-	-	2.01
BKFF	0.03	5.01	2.42	-	-	4.73	2.45
KSFF	0.90	1.95	2.16	0.79	-	2.18	-
OSFF	0.31	4.68	3.18	0.09	-	3.61	-
BSFF	0.10	5.23	3.34	0.28	-	3.15	-
DSFF	-	8.33	5.93	0.20	-	10.02	-
DSSF	1.15	12.06	1.40	-	-	-	-
PETEK Lİ	0.37	3.35	3.72	-	3.66	3.21	-

KKSF: Küçük Kuru Semi Finish, OKSF: Orta Kuru Semi Finish, OKFF: Orta Kuru Full Finish, BKSF: Büyük Kuru Semi Finish, BKFF: Büyük Kuru Full Finish, KSFF: Küçük Sulu Full Finish, OSFF: Orta Sulu Full Finish, BSFF: Büyük Sulu Full Finish, DSFF: Dev Sulu Full Finish, DSSF: Dev Sulu Semi Finish

## 4.2. Yöntem

Bu çalışmada ürünlerin hücrenel üretimle üretilmesi durumunda hücelere atanması gereken optimal makine sayıları araştırılmıştır.

Aşağıdaki çizelgede ürün tipleri ve operasyonları gösterilmektedir. Çizelgede(4.4) de görüldüğü gibi ürün tiplerine göre operasyonlar benzerdir. Kuru tip ürünlerde farklı olarak taşlama operasyonu varken, sulu tiplerde freze, hava soğutmalı tiplerde de matkap operasyonu vardır.

Çizelge 4.4. Ürün Tiplerine Göre Operasyonlar

Ürün Tipleri		Operasyonlar						
KURU TİP	KKSF	KDÇT	İÇT	TDÇT	-	-	-	Taş.
	OKSF	KDÇT	İÇT	TDÇT	-	-	-	Taş.
	OKFF	KDÇT	İÇT	TDÇT	-	-	Hon.	Taş.
	BKSF	KDÇT	İÇT	TDÇT	-	-	-	Taş.
	BKFF	KDÇT	İÇT	TDÇT	-	-	Hon.	Taş.
SULU TİP	KSFF	KDÇT	İÇT	TDÇT	Fre.	-	Hon.	-
	OSFF	KDÇT	İÇT	TDÇT	Fre.	-	Hon.	-
	BSFF	KDÇT	İÇT	TDÇT	Fre.	-	Hon.	-
	DSFF	-	İÇT	TDÇT	Fre.	-	Hon.	-
	DSSF	KDÇT	İÇT	TDÇT	-	-	-	-
HAVA SOĞUTMALI (PETEKLİ) TİP	PETEKLİ	KDÇT	İÇT	TDÇT	-	Matkap	Hon.	-

KKSF: Küçük Kuru Semi Finish, OKSF: Orta Kuru Semi Finish, OKFF: Orta Kuru Full Finish, BKSF: Büyük Kuru Semi Finish, BKFF: Büyük Kuru Full Finish, KSFF: Küçük Sulu Full Finish,

OSFF: Orta Sulu Full Finish, BSFF: Büyük Sulu Full Finish, DSFF: Dev Sulu Full Finish, DSSF: Dev Sulu Semi Finish, KDÇT: Kaba Dış Çap Tornalama, İÇT: İç Çap Tornalama, TDÇT: Temiz Dış Çap Tornalama

Ürünlere ait müşteri talepleri stokastiktir. Aşağıdaki çizelgede son 3 yıla ait ortalama üretime göre olasılıkları verilmiştir.

**Çizelge 4.5. Ürün Talepleri**

Genel Ürün Tipleri	Ürün Talepleri	Boyutlarına Göre Ürün Tipleri	Ürünlerin Geliş Olasılıkları
<b>KURU TİP</b>	% 36.70	KKSF	1570 * BETA (0.232, 1.28)
		OKSF	1240 * BETA (0.271, 1.46)
		OKFF	WEIB (0.0773, 0.178)
		BKSF	WEIB (0.0253, 0.199)
		BKFF	796 * BETA (0.251, 1.71)
<b>SULU TİP</b>	% 59.80	KSFF	2050 * BETA (0.542, 1.5)
		OSFF	605 * BETA (0.14, 1.67)
		BSFF	965 * BETA (0.824, 1.6)
		DSFF	EXPO (10.7)
		DSSF	WEIB (0.0325, 0.199)
<b>HAVA SOĞUTMALI (PETEKLİ) TİP</b>	% 3.50	PETEKLİ	WEIB (0.287, 0.178)

KKSF: Küçük Kuru Semi Finish, OKSF: Orta Kuru Semi Finish, OKFF: Orta Kuru Full Finish, BKSF: Büyük Kuru Semi Finish, BKFF: Büyük Kuru Full Finish, KSFF: Küçük Sulu Full Finish, OSFF: Orta Sulu Full Finish, BSFF: Büyük Sulu Full Finish, DSFF: Dev Sulu Full Finish, DSSF: Dev Sulu Semi Finish,

Üretim sistemi matematiksel modellemeyle çözülemeyecek kadar karmaşıktır. Çünkü operasyon süreleri deterministik olsa bile ürün talepleri stokastiktir. Bu nedenle stokastik sistemlerin çözümlerinde sıklıkla kullanılan simülasyon yöntemi tercih edilmiştir.

Simülasyon bizlere gerçek bir sistemin bilgisayar ortamında taklit edilip, çalışan sistemi durdurmadan sistemde iyileştirilebilecek noktaları görmemize olanak sağlar. Ayrıca yapılması planlanan değişikliklerin sistemdeki olası etkilerini önceden görmemize yarar. Simülasyon için geliştirilmiş birçok paket program mevcuttur. Bu çalışmada simülasyon modelleme için Arena paket programı kullanılmıştır. Arena'nın

tercih edilmesinin nedeni Siman dilini kullanması, imalat sistemleri için özel modelleme bileşenleri içermesi ve esnek olmasıdır.

## 5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez kapsamında optimal üretim adedi için her bir hücrede kaç makine olması gerektiği tespit edilmiştir. Bu amaçla tüm makine adedi kombinasyonları için Arena modeli hazırlanmıştır.

Bu makine kombinasyonlarından bazıları aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Çizelgede her bir üretim hücresinde bulunması gereken makineler verilmiştir. Taşlama, Freze, Matkap gibi makineler sadece tek bir ürün tipinin üretiminde kullanıldığı için sadece ilgili hücreye atanmıştır. Ancak İç Çap Tornalama, Temiz Dış Çap Tornalama ve Honlama makineleri hem her hücrede bulunmalıdır hem de bu makinelerin sayısı hücre sayısından fazladır. Modelin amacı hücrelere atanacak bu makine adetlerinin belirlenmesidir. Arena Modeli toplamda 1260 farklı makine kombinasyonu ve her bir kombinasyon için 5 tekrar olacak şekilde çalıştırılmıştır.

**Çizelge 5.1.** Hücrelere Atanacak Makine Kombinasyonları

SULU TİP ÜRETİM HÜCRESİ					KURU TİP ÜRETİM HÜCRESİ					HAVA SOĞUTMALI (PETEKLİ) ÜRETİM HÜCRESİ				
KDÇT	İÇT	TDÇT	Fre.	Hon.	KDÇT	İÇT	TDÇT	Hon.	Taş.	KDÇT	İÇT	TDÇT	Matkap	Hon.
1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	7	5	1	2
1	1	5	2	2	1	3	1	1	2	1	5	1	1	1
1	2	1	2	2	1	6	1	1	2	1	1	5	1	1
1	2	1	2	1	1	6	2	1	2	1	1	4	1	2
1	3	3	2	1	1	4	1	2	2	1	2	3	1	1
1	4	4	2	2	1	3	1	1	2	1	2	2	1	1
1	5	1	2	1	1	1	4	2	2	1	3	2	1	1
1	5	1	2	2	1	1	4	1	2	1	3	2	1	1
1	6	1	2	1	1	2	3	1	2	1	1	3	1	2
1	7	5	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1

KDÇT: Kaba Dış Çap Tornalama, İÇT: İç Çap Tornalama, TDÇT: Temiz Dış Çap Tornalama, Fre.: Freze, Hon.: Honlama, Taş.:Taşlama

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuçlar

Tüm makine kombinasyonlarından elde edilen 6300 sonuç Minitab programında analiz edilmiştir.

Aşağıdaki çizelgede varyans analizi verilmiştir. A, B, ve C faktörleri İç Çap Tornalama Makineleri olup toplamda 9 adettir. D, E ve F faktörleri Temiz Dış Çap Tornalama Makinelerini göstermektedir ve 7 adettir. G, H ve I faktörleri ise Honlama Makineleri olup 4 adettir.

Varyans analizine göre hesaplanan bütün faktörlerin yani A, B, D, E, G, H faktörlerinin kendi içlerinde anlamlı bir farklılıkları olduğu görülmektedir. C, F ve I faktörleri ise diğer faktörlere bağlı olduğu için analizde yer almamaktadır.

Hesaplanan faktörlerdeki P değeri % 95 güvenlik düzeyinde 0.05'in altına düştüğünde, bu faktörler için yapılan denemelerin birbirleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu söylenebilir. Örneğin A faktörü 1'den 7'ye kadar değer alabilmektedir ve bu değerlerden en az bir tanesi diğerlerinden anlamlı seviyede farklıdır.

Faktörlerin tek tek etkilerinin yanında 2'li ve 3'lü etkileşimlerine de bakılmıştır. Örneğin A\*D faktörünün P değeri 0.05'den küçük olduğu için A ve D faktörlerinin birlikte değişimleri sonuç üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir yorumu yapılabilir. İkili etkileşimlerin tamamına bakıldığında aynı hücre içerisinde bulunacak makinelerin sayısının birlikte değişimlerinin sonuç üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.1. Varyans Analizi

Faktörler	Serbestlik Derecesi	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
A	6	2.37001E+12	3.95001E+11	1,071.73	0.000
B	6	1.78233E+13	2.97055E+12	8,059.80	0.000
D	4	1.54110E+12	3.85275E+11	1,045.34	0.000
E	4	1.31069E+13	3.27673E+12	8,890.52	0.000
G	1	2.70809E+12	2.70809E+12	7,347.67	0.000
H	1	5,083,679,967	5,083,679,967	13.79	0.000
A*D	24	9.31721E+11	38,821,704,628	105.33	0.000
A*E	24	416,971,132	17,373,797	0.05	1.000
A*G	6	1.42791E+12	2.37985E+11	645.71	0.000
A*H	6	154,765,652	25,794,275	0.07	0.999
B*D	24	1,044,575,298	43,523,971	0.12	1.000
B*E	24	8.68990E+12	3.62079E+11	982.40	0.000
B*G	6	2,084,340,442	347390074	0.94	0.463
B*H	6	4,509,568,354	751594726	2.04	0.057
D*G	4	1.64617E+12	4.11542E+11	1116.61	0.000
D*H	4	12,514,669,071	3,128,667,268	8.49	0.000
E*G	4	11,031,160,086	2,757,790,022	7.48	0.000
E*H	4	29,733,483,613	7,433,370,903	20.17	0.000
A*D*G	24	9.10350E+11	37,931,260,374	102.92	0.000
A*D*H	24	241,486,572	10,061,941	0.03	1.000
A*E*G	24	217,969,727	9,082,072	0.02	1.000
A*E*H	24	256,467,089	10,686,129	0.03	1.000
B*D*G	24	55,761,742,716	2,323,405,946	6.30	0.000
B*D*H	24	54,403,379,475	2,266,807,478	6.15	0.000
B*E*G	24	45,357,348,793	1,889,889,533	5.13	0.000
B*E*H	24	56,619,890,841	2,359,162,118	6.40	0.000
Hata	5,949	2.19259E+12	368,564,061		
LoF	909	3.51673E+11	386,878,658	1.06	0.126
Net Hata	5,040	1.84091E+12	365,260,892		
Toplam	6,299	1.33439E+14			

Model analiz edildiğinde ANOVA'nın 98.14% güvenlik düzeyinde gerçekleştirildiği görülmektedir.

ANOVA sonrasında faktörlerin hangi seviyeleri arasında anlamı bir farklılık olduğunu tespit etmek için Post-Hoc yani karşılaştırma testleri yapılmıştır. Bu grup içi karşılaştırmalar için Tukey testi kullanılmıştır.

Aşağıdaki çizelgede A faktörü için gruplandırma sonuçları verilmiştir.



**Çizelge 6.2.** A Faktörü İçin Gruplandırma

A	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar			
3	1,125	751,972	A			
4	900	750,397	A	B		
5	675	748,956	A	B		
6	450	746,208	A	B		
7	225	742,313		B		
2	1,350	733,751			C	
1	1,575	654,948				D

Çizelge 6.2.'ye bakıldığında A faktörünün alabileceği değerler, gözlem sayıları ve ortalama değerler görülmektedir. Gruplar başlığı altındaki tüm grupların kendi içerisinde anlamlı bir farklılığı yoktur. Yani A faktörünün 3, 4, 5, 6 değerlerinden herhangi biri diğerlerinden istatistiksel olarak farklı değildir. Aynı şekilde 4, 5, 6, 7 olması da sonuçta anlamlı bir etki oluşturmamaktadır. Burada faktör değeri 4, 5 ve 6'nın hem A hem de B grubunda olmasından dolayı bu iki grup arasında da anlamlı bir fark yoktur. Ancak A faktörünün 2 ve 1 olduğu seviyeler diğerlerinden anlamlı bir şekilde ayrılmış olup daha olumsuz sonuç vermektedir.

Dolayısıyla A faktörünün 3, 4, 5, 6 ve 7 olduğu seviyelerde anlamlı bir farklılık yoktur. Yani A faktörü bu değerlerden herhangi birini alabilmektedir.

Aşağıda B faktörü için gruplandırmalar verilmiştir.

**Çizelge 6.3.** B Faktörü İçin Gruplandırma

B	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar			
4	900	795,825	A			
5	675	793,001	A			
6	450	791,681	A			
7	225	788,542	A			
3	1,125	774,567		B		
2	1,350	662,476			C	
1	1,575	522,454				D

Çizelge 6.3.'e bakıldığında B faktörünün 4, 5, 6 ve 7 olduğu durumlar 3, 2, ve 1 olduğu durumlardan anlamlı seviyede farklıdır.

D faktörü için gruplandırmalar Çizelge 6.4.'te verilmiştir.

**Çizelge 6.4.** D Faktörü İçin Gruplandırma

D	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar		
2	1,680	750,111	A		
3	1,260	749,064	A		
4	840	746,615	A	B	
5	420	741,211		B	
1	2,100	676,246			C

Sonuçlara bakıldığında D faktörünün 2, 3, 4 ve 5 olduğu durumlar 1 olduğu duruma göre anlamlı seviyede farklıdır.

Aşağıda E faktörü için gruplandırmalar verilmiştir.

**Çizelge 6.5.** E Faktörü İçin Gruplandırma

E	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar			
3	1,260	797,986	A			
4	840	794,824	A	B		
5	420	789,561		B		
2	1,680	721,149			C	
1	2,100	559,726				D

Çizelge 6.5.'e göre E faktörünün 3, 4 ve 5 olduğu durumlar 2 ve 1 olduğu durumlara göre anlamlı seviyede farklıdır.

Çizelge 6.6. ve 6.7.'de ise G ve H faktörü için gruplandırmalar verilmiştir.

**Çizelge 6.6.** G Faktörü İçin Gruplandırma

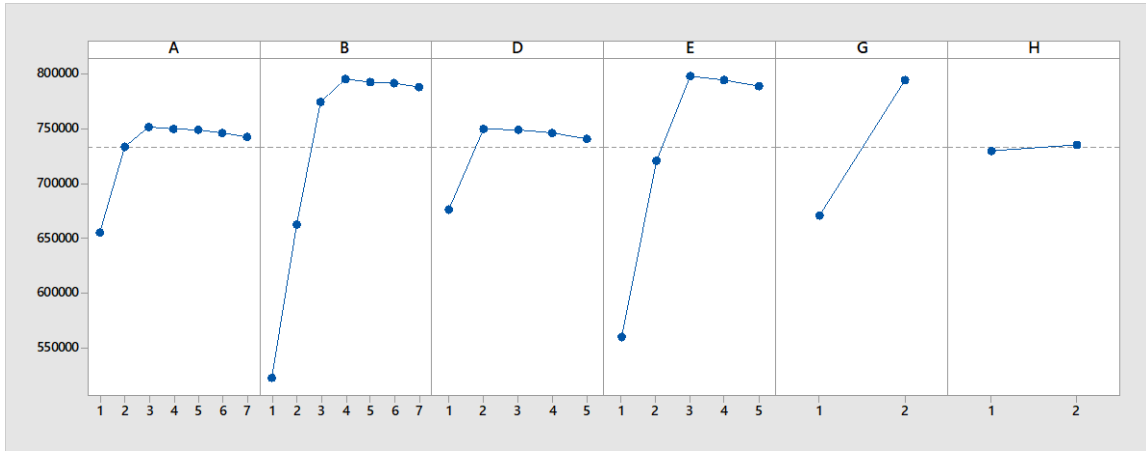
G	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar	
2	2,100	794,434	A	
1	4,200	670,865		B

**Çizelge 6.7.** H Faktörü İçin Gruplandırma

H	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar	
2	2,100	735,326	A	
1	4,200	729,972		B

Bu sonuçlara göre G ve H faktörünün 2 olduğu durum 1 olduğu duruma göre anlamlı seviyede farklıdır.

Şekil 6.1.'de faktör içi değişimlerin sonuç üzerindeki etkileri grafiksel olarak görülmektedir.



Şekil 6.1. Faktörlerdeki Değişimin Sonuca Etkisi

A, B, D, E, G ve H faktörlerinin alabileceği değerler belirlendikten sonra toplam makine adetlerinden çıkararak C, F ve I faktörlerinin değerleri de kolaylıkla hesaplanacaktır. Faktörlerin alabileceği değerlere bakıldığında A, B, D ve E faktörlerinde toplam makine adedine uygun sonuçlar alınmıştır. Ancak G ve H'nin her ikisinin de değerinin 2 olması olanaksızdır. Eğer G'ye ve H'ye 2 değerini verirsek 3. hücrenin faktörü olan I ise 0 değerini almak durumunda kalır. Bu da sistemimiz için imkânsızdır. Bu nedenle G ya da H faktöründen birisinin değeri 1 olmak zorundadır. Bu noktada 1 olması gereken faktörü belirlemek için faktörlerin 2'li kombinasyonlarına bakılmıştır.

Aşağıdaki çizelgede A\*G arasındaki etkileşimi gösteren gruplandırma tablosu verilmiştir. A\*G karşılaştırmasına bakıldığında A'nın 3, 4, 5 ve 6'dan birini aldığı durumlarda G'nin 2 olması diğer makine kombinasyonlarına göre anlamlı olarak farklı olup daha iyi sonuçlar vermektedir.

**Çizelge 6.8.** A\*G Faktörü İçin Tukey'in İkili Karşılaştırmaları

A*G	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar			
3 2	375	827,689	A			
4 2	300	825,652	A			
5 2	225	824,410	A			
6 2	150	821,161	A			
7 2	75	817,053	A			
2 2	450	789,601		B		
2 1	900	677,902			C	
3 1	750	676,255			C	D
4 1	600	675,142			C	D
5 1	450	673,503			C	D
6 1	300	671,256			C	D
7 1	150	667,572				D
1 2	525	655,472				E
1 1	1,050	654,423				E

Aşağıdaki çizelgede ise A\*H arasındaki etkileşime ait gruplandırma tablosu verilmiştir.

**Çizelge 6.9.** A\*H Faktörü İçin Tukey'in İkili Karşılaştırmaları

A*H	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar					
3 2	375	754,995	A					
4 2	300	753,160	A	B				
5 2	225	751,046	A	B	C			
3 1	750	748,949	A	B	C			
6 2	150	748,500	A	B	C	D		
4 1	600	747,634	A	B	C			
5 1	450	746,867	A	B	C			
7 2	75	744,879	A	B	C	D	E	
6 1	300	743,917		B	C	D		
7 1	150	739,746			C	D	E	
2 2	450	736,748				D	E	
2 1	900	730,755					E	
1 2	525	657,955						F
1 1	1,050	651,940						G

A\*H çizelgesine bakıldığında grupların birbirleriyle iç içe geçmiş olduğu görülmektedir. Bu çizelgeye göre A'nın aldığı değerlere karşılık H değerinin 1 veya 2 olmasının sonuç üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.



B\*H etkileşim çizelgesinde de A\*H etkileşiminde olduğu gibi grupların iç içe geçmiş olduğu görülmektedir. B faktörü 4, 5, 7 ve 6 değerlerini alırken H faktörünün hem 1 hem de 2 değerini almasının sonuç üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur. Yani her iki değeri de alabilmektedir.

Çizelge 6.12.'de D\*G etkileşimine ait gruplandırmalar verilmiştir.

**Çizelge 6.12.** D\*G Faktörü İçin Tukey'in İkili Karşılaştırmaları

D*G	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar				
3 2	420	826,657	A				
4 2	280	825,718	A				
5 2	140	822,783	A				
2 2	560	820,545	A				
2 1	1,120	679,677		B			
1 2	700	676,467		B	C		
1 1	1,400	676,025		B	C		
3 1	840	671,470			C	D	
4 1	560	667,511				D	
5 1	280	659,640					E

Çizelge 6.12.'e bakıldığında D faktörünün 3, 4, 5 ve 2 olduğu durumlarda G faktörünün de 2 olması anlamlı olarak olumlu sonuçlar vermektedir.

Aşağıdaki çizelgede ise D faktörünün H faktörü ile etkileşimine ait gruplandırmalar verilmiştir.

**Çizelge 6.13.** D\*H Faktörü İçin Tukey'in İkili Karşılaştırmaları

D*H	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar				
2 1	1120	753,029	A				
3 2	420	752,467	A	B			
4 2	280	750,968	A	B	C		
5 2	140	747,270	A	B	C	D	
2 2	560	747,193	A	B	C		
3 1	840	745,660		B	C		
4 1	560	742,261			C	D	
5 1	280	735,153				D	
1 2	700	678,733					E
1 1	1,400	673,759					E

Diğerlerinde olduğu gibi bu etkileşimde de gruplar iç içe geçmiş olup H faktörünün 1 veya 2 olmasının sonuçlar üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.

Son olarak aşağıdaki Çizelge 6.14. ve 6.15.'da ise E faktörünün G ve H faktörleri ile etkileşimleri verilmiştir.

**Çizelge 6.14.** E\*G Faktörü İçin Tukey'in İkili Karşılaştırmaları

E*G	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar							
3 2	420	861,364	A							
4 2	280	858,587	A							
5 2	140	852,436	A							
2 2	560	783,257		B						
3 1	840	734,608			C					
4 1	560	731,061			C	D				
5 1	280	726,686				D				
2 1	1,120	659,041					E			
1 2	700	616,526						F		
1 1	1,400	502,927								G

**Çizelge 6.15.** E\*H Faktörü İçin Tukey'in İkili Karşılaştırmaları

E*H	Gözlem Sayısı	Ortalama	Gruplar							
3 2	420	804,455	A							
4 2	280	802,168	A							
5 2	140	793,408	A	B						
3 1	840	791,517		B						
4 1	560	787,481		B						
5 1	280	785,714		B						
2 2	560	721,748				C				
2 1	1,120	720,551				C				
1 1	1,400	564,600					D			
1 2	700	554,853								E

E\*G etkileşimine bakıldığında E faktörünün 3, 4 ve 5 değerini aldığı durumlarda G faktörünün 2 değerini alması gerekmektedir. E\*H etkileşiminde ise E faktörü 3, 4 ve 5 değerlerini alırken H faktörünün 1 veya 2 değerini alması sonuçlar üzerinde anlamlı bir etkiye sahip değildir. Yani H değeri hem 1 hem de 2 değerini alabilmektedir.

## 6.2. Öneriler

Sulu Tip, Kuru Tip ve Petekli Tip ürünlerin üretileceği hücrelere atanabilecek makine adetleri A, B, C, D, E, F, G, H ve I faktörleri olarak analiz edilmiştir.

Bu analiz sonuçlarına göre;

- Sulu Tip Üretim Hücresinde bulunan İç Çap Tornalama Makineleri için; 3 – 4 – 5 – 6
- Kuru Tip Üretim Hücresinde bulunan İç Çap Tornalama Makineleri için; 4 – 5 – 6 – 7
- Petekli Tip Üretim Hücresinde bulunan İç Çap Tornalama Makineleri için; diğer iki hücrenin aldığı değere göre toplam 9 adet makineye tamamlanacak şekilde belirlenecektir.
- Sulu Tip Üretim Hücresinde bulunan Temiz Dış Çap Tornalama Makineleri için; 2 – 3 – 4 – 5
- Kuru Tip Üretim Hücresinde bulunan Temiz Dış Çap Tornalama Makineleri için; 3 – 4 – 5
- Petekli Tip Üretim Hücresinde bulunan Temiz Dış Çap Tornalama Makineleri için; diğer iki hücrenin aldığı değere göre 7 adet makineye tamamlanacak şekilde belirlenecektir.
- Sulu Tip Üretim Hücresinde bulunan Honlama Makineleri için; 2
- Kuru Tip Üretim Hücresinde bulunan Honlama Makineleri için; ; 1 – 2
- Petekli Tip Üretim Hücresinde bulunan Honlama Makineleri için ise diğer iki hücrenin aldığı değerlere bağlı olarak 4 adet makineye tamamlanacak şekilde belirlenecektir.

**Çizelge 6.16.** Faktör Değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H	I
3	4	2	2	3	2	2	1	1

Yukardaki çizelgede faktörlere atanan değerler verilmiştir. Bu değerlere göre oluşturulan üretim hücrelerinde yıllık üretim adetleri diğer kombinasyonlardan anlamlı seviyede farklıdır.



Aşağıdaki çizelgede ise hücreler için önerilen makine adetleri verilmiştir.

**Çizelge 6.17.** Hücrelerdeki Makine Adetleri

SULU TİP ÜRETİM HÜCRESİ					KURU TİP ÜRETİM HÜCRESİ					HAVA SOĞUTMALI (PETEKLİ) ÜRETİM HÜCRESİ				
KDÇT	İÇT	TDÇT	Fre.	Hon.	KDÇT	İÇT	TDÇT	Hon.	Taş.	KDÇT	İÇT	TDÇT	Matkap	Hon.
1	3	2	2	2	1	4	3	1	2	1	2	2	1	1

Çizelge 6.18.' de görüldüğü üzere sulu tip ürünlerin üretim hücrelerine 10 adet, kuru tip ürünlerin üretim hücrelerine 11 adet ve petekli tip ürünlerin üretim hücrelerine de 7 adet makine yerleştirilmesi uygundur.

## KAYNAKLAR

- Adil, G. K., D. Rajamani ve D. Strong. "Cell Formation Considering Alternate Routeings", *International Journal of Production Research*: Cilt No: 34, Sayı No: 5, 1361–1380, 1996.
- Askin, R. G. and Zhou, M., "Formation of Independent Flow-Line Cells Based on Operation Requirement and Machine Capabilities", *IIE Transactions*, 30: 319-329 (1998).
- Askin, Ronald G. ve Charles R. Standridge, *Modeling and Analysis of Manufacturing Systems*. United States of America: John Wiley and Sons, Inc., 1993.
- Başaran, Bülent. *Hücreyel Üretim: Hücrelerin Oluşturulmasında Kullanılan Yöntemlerin Analizi Ve Bir Vinç Atölyesinde Uygulama*, 2005.
- Beyhan, Barış. *Hücreyel Üretim Sistemlerinde Çifte Kaynak Kısıtları Altında Sistem Performansını İyileştirme*, 2006.
- Black, J.T. ve Hunter, S.L., (2003). *Lean Manufacturing Systems and Cell Design*, Society of Manufacturing Engineers (SME), Dearborn, MI.
- Chaneski, W. S. "Cellular Manufacturing Can Help You", *Modern Machine Shop*, 71: 52-53 (1998).
- Demir, M. Hulûsi ve Şevkinaz Gümüšoğlu. *Üretim Yönetimi (İşlemler Yönetimi)*. Genişletilmiş 6. Bası. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A. Ş., 2003.
- Durmuşoğlu, M.B., Altunterim, B. ve Akhun, M. Bir kesici takım üretim sisteminde tam zamanında üretime geçiş, 1994.
- Flynn, B.B., Jacobs, F.R. *A Simulation Comparison Of Group Technology With Traditional Job Shop Manufacturing*, 1986.
- Gallagher, C. C. ve W. A. Knight. *Group Technology Production Methods in Manufacture*. NY: John Wiley & Sons, 1986.
- Groover, Mikell P. *Automation, Production Systems, and Computer –Integrated Manufacturing*. NJ: Prentice – Hall, Inc., 2001.
- Hitomi, Katsundo. *Manufacturing Systems Engineering - A Unified Approach to Manufacturing Technology, Production Management and Industrial Economics*. Second Edition. Great Britain: Taylor & Francis Ltd., 1996.

- Kher, V.H. ve Jensen, J.B. Shop performance implications of using cells, partial cells, and remainder cells, 2002.
- Offodile, O. Felix, Abraham Mehrez ve John Grznar. "Cellular Manufacturing: A Taxonomic Review Framework", *Journal of Manufacturing*: Cilt No 13, Sayı No 3: 196-220, 1994.
- Olexa, R. "When Cells Makes Sense", *Manufacturing Engineering*, 128: 45-51 (2002).
- Öztürk, Öznur. Tasarlanan Hücresel Üretim Sisteminin Mevcut Üretim Sistemi İle Karşılaştırılması: Ford Otosan Fabrikası Şanzıman Üretim Bölümü İçin Bir Uygulama, 2007.
- Selim, M. Hassan, Ronald G. Aksin ve Asoo J. Vakharia. "Cell Formation in Group Technology: Review, Evaluation and Directions For Future Research", *Computers and Industrial Engineering*: Cilt No: 34, Sayı No: 1, 3-20, 1998.
- Serdaroğlu Okur, Ayperi. Yalın Üretim 2000'li Yıllara Doğru Türkiye Sanayi İçin Yapılanma Modeli. İstanbul: Söz Yayın Oyun Ajans Ltd., 1997.
- Shambu, G. ve Suresh, N.C. Performance of hybrid cellular manufacturing systems: A computer simulation investigation, 2000.
- Suresh, N.C. ve John M. Kay. "Group Technology And Cellular Manufacturing State-Of-the-Art Synthesis Of Research And Practice", Kluwer Academic Publishers, 1998.
- Sahin, Mehmet. Üretim Yönetimi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi – İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 2005.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Emine Akhüseyin  
**Uyruğu** : TC  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Konya, 14.08.1990  
**Telefon** : 0537 984 00 86  
**Faks** : -  
**E-Posta** : emineceylan0@hotmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Selçuklu Anadolu Lisesi – Selçuklu – Konya			2008
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi – Selçuklu – Konya			2012

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013-2018	Yenmak Otomotiv	Kalite Yöneticisi

### UZMANLIK ALANI

**Kalite Yönetim – IATF 16949 – TS 16949 – ISO 9001 – ISO 14001 – APQP – PPAP – FMEA – SPC – MSA**

### YABANCI DİLLER

**İngilizce**