



T.C.  
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

BİR OFİS MOBİLYASI ÜRETİM SİSTEMİNİN SİMÜLASYON İLE  
ANALİZİ VE OPTİMİZASYONU

Hazırlayan  
Alperen M. YİĞİT

İşletme Ana Bilim Dalı  
Doktora Tezi

Danışman  
Prof. Dr. Osman KARKACIER

İkinci Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Adem GÖLEÇ

TOKAT – 2012

BİR OFİS MOBİLYASI ÜRETİM SİSTEMİNİN SİMÜLASYON İLE  
ANALİZİ VE OPTİMİZASYONU

Tezin Kabul Ediliş Tarihi: 29/06/2012

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

Başkan : Prof. Dr. Osman Korkacier

Üye : Prof. Dr. Kadir Ardıç

Üye : Yard. Doç. Dr. Adem Güleç

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erdel ÇANIKILMAZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yücel BİROL

İmzası



Bu tez, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun 30/06/2012 tarih ve 01/06 sayılı oturumunda belirlenen jüri tarafından kabul edilmiştir.

Enstitü Müdürü: ..... Prof. Dr. Ali AÇIKEL  
Enstitü Müdürü

  
Mühür  
İmza

T.C.  
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu belge ile, bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak toplanıp sunulduğunu, bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçlara atıf yaptığımı ve kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

(04/08/2012)

Tezi Hazırlayan Öğrencinin

Adı ve Soyadı

Alperen Mustafa YİĞİT

İmzası



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması için bana her türlü desteğini veren, önemli fikirleri ile beni yönlendiren değerli danıőmanın sayın Prof. Dr. Osman KARKACIER hocama teőekkürlerimi bir borç bilirim.

Aynı zamanda lisans eğitimi aldığım dönemden beri kendisinden çok değerli bilgiler aldığım, bu çalışmada da beni kırmayarak ikinci danıőmanım olmasıyla çok mutlu olduğum, bıkmadan ve sabırla hiçbir zaman desteğini esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Adem GLE'e çok teşekkür ederim.

Bu çalışmanın uygulamasını yaptığım ve akademik kariyerimden önce üç yıl büyük mutlulukla çalıőtıęım mobilya firmasının sahiplerine, yöneticilerine ve çalıőanlarına saęlamıő oldukları imknlar ve destekler için teşekkür ederim.

Son olarak bu çalışmanın tamamlanmasında bana sürekli destek olan, yoğun çalışma dönemlerimde bana sabır gösteren sevgilim eşime, biricik kızıma ve aile büyüklerimize çok teşekkür ederim.

*Eşime ve “minik” kızıma...*



## ÖZET

Değişen müşteri ihtiyaçları, teslim zamanlarının kısalması ve küreselleşme ile birlikte üretim sistemleri gittikçe karmaşık hale gelmektedir. Bu yüzden gerçek sistem üzerinde çalışmak oldukça maliyetli ve zaman alıcı olabilmektedir. Modelleme bu noktada karşımıza çıkmaktadır. Gerçek sistem yerine onun temsili bir modeli üzerinde çalışmanın birçok avantajı vardır. Teknoloji ve bilişim sistemlerindeki gelişmelerle modellemeyi simülasyon yolu ile bilgisayar ortamında yapmak, üretim sistemlerini analiz etmede sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı bir ofis mobilya işletmesinin üretim sistemini bilimsel yöntemlerle analiz etmek ve mevcut üretimin simülasyon yazılımı sayesinde modellemesini yapmaktır. Ayrıca simülasyon yazılımı sayesinde sistemin verimliliğini ölçmek ve verimliliği artıracak öneriler sunmak da amaçlanmıştır. İşletmenin mevcut üretim sistemini yansıtan simülasyon modeli oluşturulduktan sonra örnek bir talep oluşturulmuş ve modele eklenmiştir. Simülasyon yazılımı ile bilgisayar ortamında bu talebin üretilmesini görsel olarak izlemek mümkün hale getirilmiştir.

Buna göre sistemde kenar bantlama makinelerinin bulunduğu istasyonun darboğaz oluşturduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda CNC işlem merkezlerinin iş yükü de kapasitelerinin çok altında kalmıştır. Mevcut durumun verimliliğini artırmak için ilk önce bir adet kenar bantlama makinesinin sisteme eklenmesi önerilmiş ve simülasyon tekrar yapılmıştır. Bu çözüm örnek talebin toplam üretim süresini %28 kısaltmış ve makinelerin kullanım oranlarını %40'lara varan oranlarda yükseltmiştir. Ancak bu öneri darboğaz problemini tam olarak çözmemiş ve ikinci öneride bulunulmuştur. Bu öneri sisteme bir kenar bantlama makinesi daha eklenmesidir. Buna göre simülasyon tekrar

yapıldığında darboğaz problemi ortadan kalkmıştır. Birinci öneride elde edilmiş olan zaman tasarrufu bu öneriyle birlikte %30'a çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Simülasyon, Optimizasyon, Üretim Sistemleri, Ofis Mobilyaları



## ABSTRACT

Production systems are becoming increasingly complex due to changes in customer needs, reductions in delivery time and the globalization. Therefore, studying on the real system can be very costly and time consuming. Modeling appears at this point. Studying on a model representation rather than the actual system has a lot of advantages. With the developments in technology and information systems establishing a model via simulation in a computer environment being frequently used for the analysis of production systems.

The purpose of this study is analyzing the production system in office furniture manufacturing company and modeling current production system by simulation software. It is also aimed that measuring the effectiveness of current system and presenting recommendations to increase productivity with simulation software. After establishing the simulation model that reflects the current production system, a sample demand is created and added to model. Then it has become possible to observe production of this demand visually in computer environment with simulation software.

With analyzing the system, it is determined that the station of edge-banding machines is the bottleneck. Also workloads of CNC processing centers have remained below than their capacities. To improve the efficiency of the current situation, adding a edge-banding machine was proposed and the simulation was done again. With this solution, total production time has shortened by 28% and machine utilization rates have increased up to 40%. However, this suggestion did not solve the bottleneck problem and a second proposal has been submitted. This suggestion is the addition another edge banding machine to the system. With running simulation according to the suggestion,



the bottleneck problem has been eliminated. Time saving which has obtained with first suggestion of solution has increased to 30% with the second suggestion of solution.

**Key words:** Simulation, Optimization, Production Systems, Office Furniture



## İÇİNDEKİLER

Etik Sözleşme .....	i
Teşekkür.....	ii
İthaf.....	iii
Özet.....	iv
Abstract.....	vi
İçindekiler .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
GİRİŞ.....	1
1. BÖLÜM : ÜRETİM SİSTEMLERİ .....	4
1.1. Üretim Sistemlerinin Tanımı.....	4
1.2. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması .....	7
1.2.1. Kesikli Üretim Sistemi.....	7
1.2.1.1. Siparişe Dayalı Üretim Sistemi .....	8
1.2.1.2. Parti Üretim.....	9
1.2.2. Sürekli Üretim Sistemi.....	10
1.2.2.1. Kitle Tipi Üretim Sistemi .....	11
1.2.2.2. Akış Tipi Üretim Sistemi .....	11
1.2.3. Proje Tipi Üretim Sistemi .....	12
1.2.4. İleri Üretim Sistemleri .....	13
1.2.4.1. Tam Zamanında Üretim Sistemi .....	13
1.2.4.2. Yalın Üretim .....	15
1.2.4.3. Grup Teknolojisi ve Hücreli Üretim Sistemleri.....	17
1.2.4.4. Esnek Üretim .....	18
1.2.4.5. Modüler Üretim Sistemi .....	20
2. BÖLÜM: SİSTEM MODELLEME .....	23
2.1. Modellemenin Tanımı.....	23
2.2. Modellerin Sınıflandırılması .....	24
2.2.1. Fiziksel Model .....	24
2.2.2. Matematiksel Model .....	24
2.2.2.1. Analitik Çözüm .....	24

2.2.2.2.	<i>Simülasyon</i> .....	25
2.3.	Modelleme Süreci .....	26
2.3.1.	Problem Formülasyonu .....	27
2.3.2.	Model Kurma .....	27
2.3.3.	Geçerlilik .....	27
2.3.4.	Güvenilirlik .....	27
3.	BÖLÜM : SİMÜLASYON .....	28
3.1.	Tanımı .....	28
3.2.	Simülasyonun Kullanım Alanları.....	29
3.3.	Simülasyonun Tarihçesi .....	30
3.4.	Simülasyonun Avantajları .....	31
3.5.	Simülasyonun Dezavantajları.....	34
3.6.	Simülasyon Süreci.....	34
3.6.1.	Problemin Tanımlanması .....	36
3.6.2.	Bilgisayar Modelinin Formüle Edilmesi.....	36
3.6.3.	Modelinin Doğrulanması ve Geçerliliğinin Test Edilmesi .....	37
3.6.4.	Deneyin Tasarlanması.....	39
3.6.5.	Gerekli Verinin Toplanması .....	40
3.6.6.	Simülasyonun Çalıştırılması .....	42
3.6.7.	İstatistiksel Sonucun Değerlendirilmesi .....	42
3.6.8.	Modelin Analiz Edilmesi ve Raporlanması .....	42
3.7.	Simülasyon Modelleri .....	43
3.7.1.	Statik Modeller .....	44
3.7.1.1.	<i>Monte-Carlo Simülasyonu</i> .....	44
3.7.2.	Dinamik Modeller .....	44
3.7.3.	Deterministik Modeller .....	44
3.7.4.	Stokastik Modeller .....	45
3.7.5.	Sürekli Simülasyon .....	45
3.7.6.	Kesikli Olay Simülasyonu .....	46
3.8.	Simülasyon Yazılımları.....	47
3.9.	İmalat Sistemlerinde Simülasyon.....	50
4.	BÖLÜM : PROMODEL İLE SİSTEM MODELLEME .....	57

4.1.	Modelleme Öğeleri.....	57
4.2.	Ek Modelleme Öğeleri .....	64
4.3.	ProModel'in Diğer Öğeleri .....	67
5.	BÖLÜM : LİTERATÜR ÖZETİ.....	69
5.1.	Yerli Çalışmalar .....	69
5.2.	Yabancı Çalışmalar .....	71
6.	BÖLÜM : BİR OFİS MOBİLYASI ÜRETİM SİSTEMİNİN SİMÜLASYON İLE ANALİZİ VE OPTİMİZASYONU .....	74
6.1.	Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtılması .....	74
6.2.	Mevcut Durum .....	75
6.3.	Simülasyon İçin Kullanılan Ürünler ve Parçalar .....	77
6.3.1.	Modelde Kullanılan Parçaların İzlediği Rotalar .....	83
6.4.	Modelde Yer Alan Makinelere Ait Süreler .....	85
6.4.1.	Duruş Süreleri .....	86
6.5.	Modelde Yer Alan Parçaların İşlem Süreleri .....	87
6.6.	Maliyetler .....	94
6.7.	Simülasyon Modeli .....	95
6.8.	Mevcut Durumun Analizi .....	98
6.9.	Mevcut Durumun Değerlendirilmesi .....	109
6.10.	Mevcut Durum İçin Çözüm Önerileri .....	111
6.10.1.	Birinci Öneri .....	111
6.10.2.	Birinci Önerinin Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	123
6.10.3.	İkinci Öneri .....	123
6.10.4.	İkinci Önerinin Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	135
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER .....	148
	KAYNAKÇA.....	158
	EKLER.....	169
	ÖZGEÇMİŞ .....	186

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> İmalat Sistemlerinin Evrimi .....	6
<b>Tablo 2:</b> Geleneksel Üretim Sistemi ve Tam Zamanlı Üretim Sisteminin Karşılaştırılması .....	15
<b>Tablo 3:</b> İleri İmalat Tekniklerinin Karşılaştırılması .....	22
<b>Tablo 4:</b> 2 <sup>3</sup> Faktöriyel Deney İçin Tasarım Matrisi .....	40
<b>Tablo 5:</b> Simülasyon Yazılımlarının Karşılaştırılması .....	49
<b>Tablo 6:</b> Simülasyon Modeli İçin Yazılım Seçme Kriterlerinden Bazıları.....	50
<b>Tablo 7:</b> Ürün Reçeteleri.....	79
<b>Tablo 8:</b> Sisteme Giren Ürünler ve Temsili Talep Miktarları.....	80
<b>Tablo 9:</b> Sisteme Giren Yonga Levhalar ve Dönüşükleri Parça Adetleri.....	81
<b>Tablo 10:</b> Ürünleri Oluşturan Parçalar ve İzledikleri Rotalar.....	83
<b>Tablo 11:</b> Kesim Makinelerinin Hazırlık ve Testere Değişim Süreleri .....	86
<b>Tablo 12:</b> Kenar Bantlama Makinelerinin Durma ve Sorun Giderme Süresi .....	86
<b>Tablo 13:</b> CNC İşlem Merkezlerinin Hazırlık Süresi .....	87
<b>Tablo 14:</b> Ürünlerin Tek Seferde Yarı Mamul Stok Alanında Hazırlanan Parti Büyüklüğü.....	88
<b>Tablo 15:</b> Parçalara Ait İşlem Sürelerinin Ortalamaları ve Standart Sapmaları .....	90
<b>Tablo 16:</b> Lokasyonların Operasyon Maliyetleri .....	94
<b>Tablo 17:</b> Kaynakların Maliyetleri.....	95
<b>Tablo 18:</b> Yonga Levha Maliyeti .....	95
<b>Tablo 19:</b> Modeldeki Lokasyonlar ve Kaynaklar .....	96
<b>Tablo 20:</b> Mevcut Durumun Simülasyonun 20 kez Çalıştırılmasında Elde Edilen Süreler ve Ortalamalar .....	98
<b>Tablo 21:</b> Mevcut Durumda Üretim Bölümlerinin ve Makinelerin Kullanım Miktarları ile Oranları .....	100
<b>Tablo 22:</b> Mevcut Durumda Çoklu Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları .....	101
<b>Tablo 23:</b> Mevcut Durumda Tekli Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları .....	102
<b>Tablo 24:</b> Mevcut Durumda Kaynakların Kullanım Oranlarını .....	103
<b>Tablo 25:</b> Mevcut Durumda Kaynakların Toplam Süre İçinde Kullanım, Dolaşım ve Boş Bekleme Oranları.....	105
<b>Tablo 26:</b> Mevcut Durumda Ürünlerin Ortalama Çıkış Süreleri (1 adet için).....	106
<b>Tablo 27:</b> Mevcut Durumda Oluşan Lokasyon Maliyetleri .....	107
<b>Tablo 28:</b> Mevcut Durumda Kaynakların Maliyetleri .....	108
<b>Tablo 29:</b> Mevcut Durumda Ürünlerin Toplam Maliyetleri .....	109
<b>Tablo 30:</b> Birinci Öneri Sonrasında Oluşan Üretim Bölümlerinin ve Makinelerinin Kullanım Miktarları ve Oranları .....	116
<b>Tablo 31:</b> Birinci Öneriden Sonra Çoklu Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları .....	117
<b>Tablo 32:</b> Birinci Öneriden Sonra Tekli Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları .....	117
<b>Tablo 33:</b> Birinci Öneriden Sonra Kaynak Kullanımları .....	118
<b>Tablo 34:</b> Birinci Öneriden Sonra Kaynakların Toplam Süre İçinde Kullanım, Dolanma ve Boş Bekleme Oranları .....	119

<b>Tablo 35:</b> Birinci Öneriden Sonra Sisteme Girilen Ürünlerin Ortalama Çıkış Süreleri .....	120
<b>Tablo 36:</b> Birinci Öneriden Sonra Oluşan Lokasyon Maliyetleri ve Yüzdeleri .....	120
<b>Tablo 37:</b> Birinci Öneriden Sonra Oluşan Kaynakların Maliyetleri .....	121
<b>Tablo 38:</b> Birinci Öneriden Sonra Oluşan Ürünlerin Toplam Maliyetleri.....	122
<b>Tablo 39:</b> İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Üretim Bölümlerinin ve Makinelerin Kullanım Miktarları ile Oranlar .....	128
<b>Tablo 40:</b> İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Çoklu Kapasiteye Sahip İstasyonların Kullanım Oranları .....	129
<b>Tablo 41:</b> İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Tekli Kapasiteye Sahip İstasyonların Kullanım Oranları .....	129
<b>Tablo 42:</b> İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Kaynak Kullanımları.....	129
<b>Tablo 43:</b> İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Kaynakların Toplam Süre İçinde Kullanım, Dolanma ve Boş Bekleme Oranları .....	131
<b>Tablo 44:</b> İkinci Öneri Sonrasında Sisteme Girilen Ürünlerin Her Bir Adeti İçin Ortalama Çıkış Süreleri .....	132
<b>Tablo 45:</b> İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Lokasyon Maliyetleri ve Yüzdeleri .....	132
<b>Tablo 46:</b> İkinci Öneri Sonrasında Üretimde Kullanılan Kaynakların Son Durumda Oluşan Maliyetleri .....	133
<b>Tablo 47:</b> İkinci Öneri Sonucu Oluşan Ürünlerin Toplam Maliyetleri.....	134
<b>Tablo 48:</b> Her Üç Duruma Ait Elde Edilen Bilgiler .....	153

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1:</b> Üretim Sistemi Modeli.....	4
<b>Şekil 2:</b> Üretim Miktarı veya Akışına Göre Üretim Sistemleri.....	7
<b>Şekil 3:</b> Kesikli Üretim Sisteminde Ürün-Kaynak Sıralaması .....	8
<b>Şekil 4:</b> Sürekli Üretim Sistemi Modeli .....	11
<b>Şekil 5:</b> Akış Tipi Üretim Sistemindeki Aşamalar, Kaynaklar (K), Görevler (G) ve Ürünler (Ü) .....	12
<b>Şekil 6:</b> Bir Sistemi İnceleme Yöntemleri.....	23
<b>Şekil 7:</b> Bir Simülasyon Modeli .....	25
<b>Şekil 8:</b> Simülasyon ile Analitik Modellemenin Karşılaştırılması .....	26
<b>Şekil 9:</b> Modelleme Süreci .....	26
<b>Şekil 10:</b> Simülasyon Süreci.....	35
<b>Şekil 11:</b> Modelleme ve Simülasyon Sürecinde Doğrulama ve Geçerleme.....	39
<b>Şekil 12:</b> Veri Toplama Yöntemleri .....	41
<b>Şekil 13:</b> Deterministik Simülasyon.....	44
<b>Şekil 14:</b> Stokastik Simülasyon.....	45
<b>Şekil 15:</b> Sürekli Simülasyon .....	46
<b>Şekil 16:</b> Kesikli Olay Simülasyonu .....	47
<b>Şekil 17:</b> Lokasyon Ögesinin Ana Menüde Görünümü .....	58
<b>Şekil 18:</b> Varlık Ögesinin Ana Menüde Görünümü .....	59
<b>Şekil 19:</b> Yol Ağı Ögesinin Ana Menüde Görünümü .....	60
<b>Şekil 20:</b> Kaynaklar Ögesinin Ana Menüde Görünümü .....	61
<b>Şekil 21:</b> İşleme Ögesinin Ana Menüde Görünümü .....	62
<b>Şekil 22:</b> Gelişler Ögesinin Ana Menüde Görünümü .....	63
<b>Şekil 23:</b> Vardiyalar Ögesinin Ana Menüde Görünümü .....	64
<b>Şekil 24:</b> Ek Modelleme Öğelerinin Ana Menüde Görünümü.....	65
<b>Şekil 25:</b> Mevcut Durumun Simülasyon Görüntüsü .....	97
<b>Şekil 26:</b> Mevcut Durumda Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 Alanlarındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi .....	110
<b>Şekil 27:</b> Birinci Öneri Doğrultusunda Geliştirilen Modelin Simülasyon Görüntüsü .	113
<b>Şekil 28:</b> Birinci Öneriden Sonra Ara Stok-1 Alanlarındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi.....	114
<b>Şekil 29:</b> Birinci Öneriden Sonra Ara Stok-2 Alanlarındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi.....	115

<b>Şekil 30:</b> İkinci Öneri Doğrultusunda Geliştirilen Modelin Simülasyon Görüntüsü ...	125
<b>Şekil 31:</b> İkinci Öneriden Sonra Ara Stok-1 Alanlarındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi.....	126
<b>Şekil 32:</b> İkinci Öneriden Sonra Ara Stok-2 Alanlarındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi.....	127
<b>Şekil 33:</b> Ara Stok-3 Alanındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi .....	135
<b>Şekil 34:</b> Ara Stok-4 Alanındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi .....	137
<b>Şekil 35:</b> Mevcut Durumdaki ve Sunulan Öneriler Neticesindeki Lokasyonların Kullanım Oranları .....	137
<b>Şekil 36:</b> Mevcut Durum İçin Çoklu Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları .....	138
<b>Şekil 37:</b> Birinci Öneriden Sonraki Durum İçin Çoklu Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları .....	139
<b>Şekil 38:</b> İkinci Öneriden Sonraki Durum İçin Çoklu Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları .....	139
<b>Şekil 39:</b> Mevcut Durum İçin Tekli Kapasiteye Sahip İstasyonların Kullanım Oranları .....	140
<b>Şekil 40:</b> Birinci Öneriden Sonraki Durum İçin Tekli Kapasiteye Sahip İstasyonların Kullanım Oranları .....	140
<b>Şekil 41:</b> İkinci Öneriden Sonraki Durum İçin Tekli Kapasiteye Sahip İstasyonların Kullanım Oranları .....	141
<b>Şekil 42:</b> İşletmenin Kullandığı İşgücü Kaynağının Öneriler Karşısındaki Değişimi .	142
<b>Şekil 43:</b> Mevcut ve Önerilen Durumlardaki Bir Ürünün Çıkması İçin Geçen Ortalama Süre .....	143
<b>Şekil 44:</b> Mevcut ve Önerilen Durumlara Ait Kaynakların Maliyetleri.....	144
<b>Şekil 45:</b> Mevcut ve Önerilen Durumlara Ait Kaynakların Toplam Maliyeti .....	145
<b>Şekil 46:</b> Mevcut ve Önerilen Durumlara Ait Her Bir Ürün Çeşidinin Toplam Üretim Maliyetleri.....	146
<b>Şekil 47:</b> Mevcut ve Önerilen Durumlara Ait Ürünlerin Toplam Maliyetleri .....	147



## GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler, artan talepler ve hızlı değişen tüketici ihtiyaçları işletmelerin üretim sistemlerini her geçen gün daha da karmaşık hale getirmektedir. İşletmeler, müşterilerine daha iyi hizmet sunmak için ürünlerinin kaliteleri ile birlikte çeşitlerini ve üretim hızlarını da artırmaya çalışmaktadırlar.

Artan talep, çeşitlilik ve hız işletmelerin üretim alanlarının büyümelerine, insan ve makine yatırımlarının artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte artık müşteriler üreticilerden sürekli yeni ve inovatif ürünler talep etmektedir. Gittikçe üretim sahasında daha fazla makinenin, insanın ve üretim ekipmanlarının bulunduğu, müşteri tercihlerinin çabuk değişebildiği, rakiplerin daha fazla fiyat ve ürün baskısı oluşturduğu bir ortamda üretim sistemleri de pek çok zor problem ile karşı karşıya kalmaktadır.

Karşılaşılan bu problemlerin çözülmesi için pek çok teknik kullanılmakla birlikte, bunlardan birisi de modelleme yaklaşımıdır. Esasen modelleme yaklaşımı çok eskiden beri kullanılan bir tekniktir. Modelleme yaklaşımı fiziksel modelleme ve matematiksel modelleme olarak iki ana grupta değerlendirilebilir. Matematiksel modelleme tekniğinin teknolojinin gelişmesi ile birlikte görsel olarak bilgisayar ortamına aktarılmasına simülasyon denilmektedir.

Gerçek hayattaki problemlerin karmaşıklığı, fiziksel modellemenin pek çok durumda uygulanmasını zor veya imkansız kılmaktadır. Bununla birlikte bir problemin çözümü için parametreler üzerinde değişikliklerin çabuk ve nispeten daha kolay olması, fiziksel modellemeye göre modelin daha ekonomik oluşturulabilmesi gibi avantajlardan dolayı simülasyon tekniği gittikçe daha fazla kullanılmaktadır.

Simülasyonun başlıca kullanım alanları AR-GE faaliyetleri, tasarım, eğitim, karar destek sistemleri ve eğlence sektörüdür. Bu çalışmada ise mevcut bir üretim

sisteminin modellenerek simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Böylece mevcut sistemin çalışma koşulları irdelenebilecektir.

Çalışmada oluşturulan model Amasya'da ofis mobilyaları üreten bir işletmenin üretim sahasıdır. Modelin oluşturulmasında kullanılan simülasyon yazılımı ProModel 4.22'dir. Bu yazılım sayesinde hem üretim sahasını oluşturan öğeler tanımlanarak, üretimde gerçekleşen süreler modele eklenebilmekte, hem de bütün öğeler görsel olarak bilgisayar ekranından takip edilebilmektedir.

Oluşturulan model sayesinde üretim süreleri tespit edilerek müşterilerin siparişlerinin ne kadar süre içinde tamamlanacağı öngörülebilmektedir. Ayrıca modele eklenen malzeme, işçilik ve diğer üretim giderlerinin maliyetleri sayesinde toplam işçilik ve üretim maliyetleri de hesaplanabilmektedir. Bu sayede gelecek dönemlerdeki tahmini üretim miktarları karşılığında ne kadarlık bir maliyetle karşılaşılacağı bulunabilecektir. Elde edilen model mevcut sistemi mümkün olduğunca doğru tanımlayacak şekilde oluşturulmuştur. Modele eklenen bütün varlıklar, işlem süreleri ve maliyetler, tek tek kontrol edilmiş, modelin elde ettiği sonuçlar gerçek sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Buna göre çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, genel olarak üretim sistemlerinden bahsedilmiş ve bu sistemler sınıflandırılmıştır. Ayrıca işletmeler tarafından günümüzde daha çok uygulanmaya başlayan ileri üretim sistemlerinden de bahsedilmiştir.

İkinci bölümde ise modellemenin tanımı yapılarak, sınıflandırmalar açıklanmıştır. Ayrıca modelleme sürecini oluşturan safhalardan kısaca bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde ise simülasyonun tanımı, tarihçesi, avantaj ve dezavantajları yer almaktadır. Bununla birlikte simülasyon süreçleri adım adım anlatılmıştır. Bölümün

son kısmında ise simülasyon modelleri ve simülasyon programlarına dair bilgiler verilerek, imalat sistemlerinde simülasyonun nasıl olduğu aktarılmıştır.

Dördüncü bölümde, çalışmada kullanılan ProModel yazılımı anlatılmıştır. Modellemeyi oluşturan öğeler ve kullanım amaçları aktarılmıştır.

Beşinci bölümde, ProModel yazılımı kullanarak simülasyon yapılan yerli ve yabancı çalışmaların derlendiği literatür özeti kısmı bulunmaktadır.

Altıncı bölümde, uygulamanın yapıldığı işletme tanıtılarak mevcut durum anlatılmıştır. Simülasyon modelinde kullanılan ürünler, onları oluşturan parçalar, işlem süreleri, iş akışları gibi bilgiler verilmiştir. Ayrıca ürünlerin maliyetlerini oluşturan kalemler de açıklanmıştır. İlk olarak mevcut durumu tanımlayan simülasyon modeli açıklanmış ve elde edilen sonuçlar tablolar ile belirtilmiştir. Daha sonra mevcut model sayesinde gerçekte karşılaşılan üretim problemlerine dair iki adet öneride bulunulmuştur. Her bir önerinin mevcut sistemde yaptığı değişikliği tespit etmek için model tekrar oluşturulmuş ve önerilerin neticeleri simülasyon modeli ile tekrar elde edilmiştir. Her bir öneriden elde edilen bulgular mevcut durumla karşılaştırılmış ve iyileşmeler tespit edilmiştir.

Sonuç bölümünde ise mevcut durumu tanımlayan simülasyon modeli ile önerilen modeller değerlendirilmiştir. Mevcut model sayesinde görülen problemlerin çözümüne ait önerilerde bulunulmuştur. Önerilen durumların işletmede ne gibi değişikliklere yol açabileceği tartışılmıştır.

## 1. BÖLÜM : ÜRETİM SİSTEMLERİ

Bu bölümde üretim sistemlerinin tanımına ve sınıflandırılmasına yer verilmiştir.

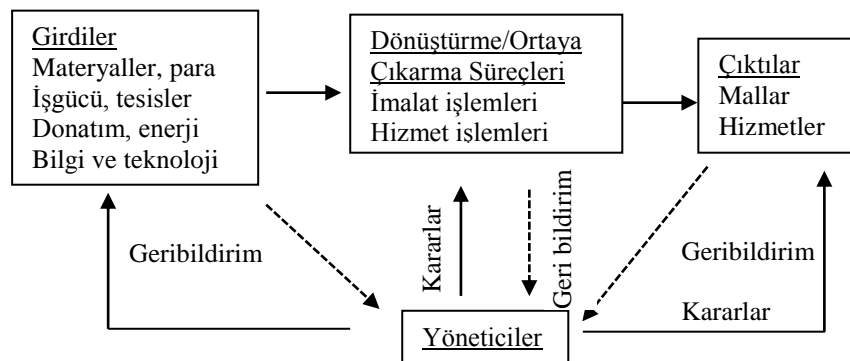
### 1.1. Üretim Sistemlerinin Tanımı

Sistem kavramını literatürdeki pek çok tanımın ışığında “ortak bir amaca hizmet etmek için ortak plana bağlı ve çoğunlukla ayrı bölümlerin oluşturduğu karmaşık yanları ve sorunları olan bütün” olarak tanımlamak doğru olacaktır (Demir ve Gümüšoğlu, 2003, s.130).

Bir başka tanıma göre sistemi,

- Belirli parçalardan (alt birimlerden, alt sistemlerden) oluşan,
- Bu parçalar arasında belirli ilişkileri olan,
- Bu parçaların aynı zamanda dış çevre ile ilişkisi olan bir bütün olarak tanımlamak mümkündür (Koçel, 2003, s.240).

Üretim sistemi, işletmelerin belirlenen amaçlarına ulaşabilmeleri için, sistem içinden ve dışından sağlanan girdilerin en uygun bileşeninin bulunarak fiziksel bir çıktıya dönüştürülmesi süreci şeklinde tanımlanabilir. Üretim sistemi, işletme sistemi içerisinde yer alan bir alt sistemdir ve işgücü, malzeme, bilgi, enerji, teknoloji ve sermaye gibi girdilerin belirli bir değişim sürecine tabi tutularak mal veya hizmetlere dönüştürüldüğü bir faaliyetler bütünü olarak ifade edilebilir (Tekin, 2003, s.25).



Şekil 1: Üretim Sistemi Modeli (Kaynak: Doğan, 1991, s.277)

Üretim sistemlerinin çıktıları farklı olsa da, sistemi oluşturan işlemler birbirinin benzeridir ve sistem içinde sürekli olarak bir malzeme ve hizmet akışı gözlemlenir. İşletme sisteminin bir alt sistemi olan üretim sisteminin başarısı, diğer alt sistemlerde oluşturulan bilgilerin doğru ve sağlıklı bir şekilde üretim sistemine iletilmesine, üretim elemanlarının üretim alt sistemleri olarak bir araya getirilerek işletme amacına yönelik olarak örgütlenmesi, çalıştırılması ve kontrol edilmesine bağlıdır (Demir ve Gümüsoğlu, 1998, s.68).

Tablo 1 imalat sistemlerinin geçmişten günümüze geçirdiği evrimi özetlemektedir.

**Tablo 1: İmalat Sistemlerinin Evrimi**

	1960'lar	1970'ler	1980'ler	1990'lar	2000'ler
İmalat stratejilerini iten güç	Maliyet Yüksek hacim Maliyeti minimizasyonu İstikrarlılık Ürün odaklılık	Pazar Fonksiyonel entegrasyon Kapalı çevrim Otomasyon Çeşitlendirme	Ürün kalitesi Süreç kontrolü Malzeme hızı Dünya sınıfında imalat Genel giderleri azaltma	Pazara giriş zamanı Yeni ürün sunma Tepkisellik Üretim ölçümleri Yeniden yapılanma	Hizmet ve değer Müşteri odaklılık Bilgi paylaşımı Küresel bütünleşme Çevresel güvenlik Sanal kuruluşlar Zeki imalat sistemleri
Stratejiyi destekleyen sistemler	Üretim ve stok kontrol sistemleri Sayısal Kontrol	Malzeme ihtiyaç planlaması Ana üretim çizelgelemesi  Bilgisayarlı sayısal kontrol İtme sistemleri	İmalat kaynak planlaması  Tam zamanında üretim  İstatistiksel kalite kontrolü Bilgisayar destekli tasarım ve imalat simülasyonu  Çekme sistemleri	Hızlı prototip üretme  Bilgisayar bütünleşik imalat Ademi merkezîyetçilik İş basitleştirme  Toplam kalite yönetimi  Kendi kendini yöneten işgücü Faaliyet tabanlı maliyetlendirme	Esnek ve hızlı otomatik sistemler  Sürekli kıyaslama sistemleri Toplum katılımı  Sürekli altyapı iyileştirmeleri Ergonomi Güvenli sistemler

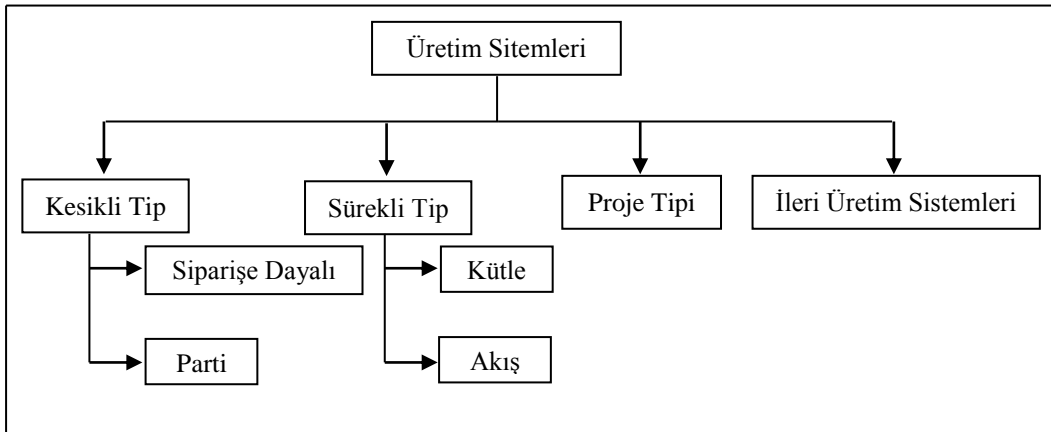
Kaynak: Papadopoulos, O'Kelly, Vidalis ve Spinellis, 2009, s.11

## 1.2. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Üretim sistemleri de baz alınan kriterlere göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Örneğin ürün miktarı bazında imalat sistemlerini bazı araştırmacılar, proje imalatı, kesikli (intermittent) imalat ve sürekli (continuous) imalat olmak üzere üç grup altında, bazı araştırmacılar ise yinelemeli (repetitive) imalat ve atölye (job shop) tipi imalat olmak üzere iki grup altında incelemektedirler (Finch ve Cox, 1988, s.124).

Ancak bunların içinde en genel olanı ve en çok kabul göreni aşağıda yapılan sınıflandırmadır (Yamak, 1993, s.27-30). Buna göre üretim sistemleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. Kesikli Tip
2. Sürekli Tip
3. Proje Tipi
4. İleri Üretim Sistemleri

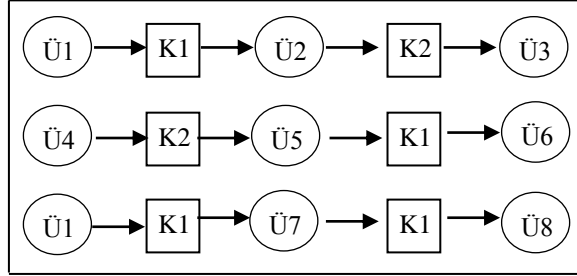


**Şekil 2:** Üretim Miktarı veya Akışına Göre Üretim Sistemleri

### 1.2.1. Kesikli Üretim Sistemi

Kesikli üretim sistemlerinde, bir ya da birkaç birimlik siparişe göre üretim söz konusu olabileceği gibi, bir ürünün belirli büyüklükteki partiler halinde üretilmesi de

mümkündür. Kesikli üretim sistemi, siparişe göre (atölye tipi) üretim ve parti üretim olmak üzere iki alt gruba ayrılabilir (Davis vd., 1999, s.19).



**Şekil 3:** Kesikli Üretim Sisteminde Ürün-Kaynak Sıralaması (Kaynak: Lang, 2010, s.18)

Kesikli üretim sisteminin özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Heizer ve Barry, 1999, s.223):

- Az sayıda, yüksek çeşitlilikte ürünler,
- Genel amaçlı makineler,
- Partiler halinde girdi ve çıktı,
- İşleme (fonksiyon) göre bölümlere ayırma,
- Kaliteli üretim ve kalifiyeli işgücü,
- Düzensiz talep,
- Bölümler arası taşıma,
- Düşük ürün stokları, yüksek ara stoklar

#### **1.2.1.1. Siparişe Dayalı Üretim Sistemi**

Siparişe dayalı üretim yüksek düzeyde ürün çeşitliliğini kapsayan ve üretim miktarının düşük olduğu belirli siparişleri karşılamak üzere yapılan üretim tipidir. Kısıtlı ürün portföyünün üretilmesine odaklanılmıştır. Sipariş tipi üretim sistemini uygulayan işletmeler aşağıda belirtilen durumlarla karşı karşıya kalmaktadırlar (Tekin, 1993, s.33).



- Düzensiz bir talep olması,
- Genel amaçlı makinelerin kullanılması,
- Az miktarda çok çeşitli mamulün üretilmesi,
- Girdi ve çıktıkların partiler halinde olması,
- Fonksiyonel bölümlere ayırmanın olması,
- Bölümler arası taşıma işleminin olması,
- Nitelikli işgücü ile kaliteli üretimin yapılması,
- Yüksek miktarda ara stokların ve düşük miktarda mamul stoklarının olması.

Birçok işi yapabilen işlevsel ve genel amaçlı makinelerin ve kalifiye işgücünün kullandığı siparişe göre üretim sisteminde her siparişte farklı ürün üretildiği için makine ve işgücü verimlilikleri düşük olmaktadır. Ayrıca, müşteri talebine uygun olarak her sipariş için farklı planlama yapıldığı ve kalite kontrol işlemleri her siparişte farklılıklar gösterdiği için üretim oldukça yüksek maliyetlerle gerçekleştirilir (Tekin, 1999, s.331).

#### ***1.2.1.2. Parti Üretim***

Parti üretim, özel bir siparişi veya sürekli bir talebi karşılamak amacı ile belli bir mamul grubunun belirli miktarlardan oluşan partiler halinde üretilmesidir. Bu sistem, siparişe göre üretim sistemine kıyasla, üründe standardizasyon yönünde bir adım daha ilerdedir, ancak ürünün, sürekli üretim sistemindeki gibi standardize edilmiş olduğunu söylemek mümkün değildir. Parti üretim yapan bir tesiste, geniş sayılabilecek bir ürün hattında yer alan ürünlere, tekrarlamalı olarak ve belli miktarlarda talep vardır. Üretim faktörlerini paylaşan ürün çeşidi, siparişe göre üretim sistemlerindeki ürün çeşidinin altındadır. Ancak, ürün hattındaki ürünlerden herhangi birine olan talep, sadece o ürünün üretimine yönelik bir sistem kurulmasını gerektirecek kadar yüksek değildir. Sonuç olarak, parti üretim sistemlerinde oldukça çeşitli ürünlerin, değişik miktarlarda

ve genellikle orta büyüklükteki partiler halinde üretildiğini söylemek mümkündür. Bu nedenle sistem, çeşitli üretime olanak sağlayacak esnekliğe sahip olmalıdır (Üreten, 2006, s.19).

### ***1.2.2. Sürekli Üretim Sistemi***

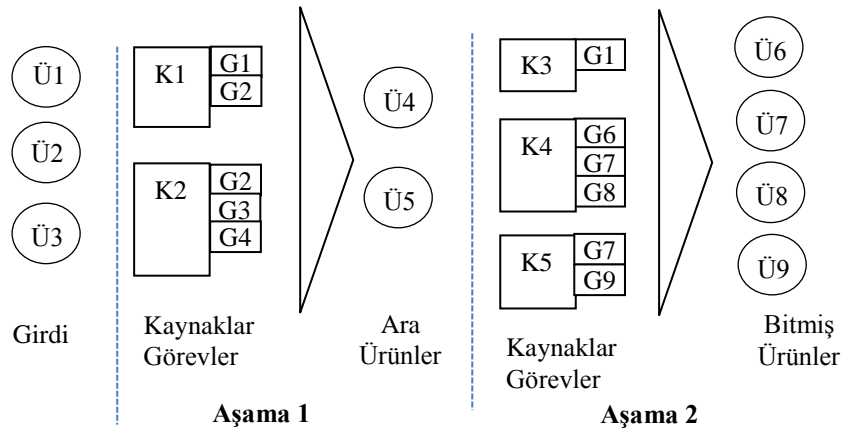
Eldeki makine ve tesisler yalnız belirli bir mamulün üretimi için kullanılır. Söz konusu mamulün talep düzeyi ve üretim miktarları çok yüksektir. Sipariş ve parti üretimlerinde üretim hızının talepten biraz yukarıda olmasına izin verilebilir. Yani bir miktar stoklama yapılabilir. Sürekli üretimde ise ancak talep hacminin üretimi her an yakından izlemesi koşulu ile faaliyetleri sürdürmek mümkündür. Bu durum sürekli üretim sisteminin çeşidine göre de değişmektedir (Kobu, 2008, s.37).

Sürekli üretim sistemlerinin başlıca özellikleri ise şöyle sıralanabilir:

- Az sayıda fakat çok miktarda mamulün üretilmesi, (Tekin, 2000, s.33).
- Düzenli talep,
- Süreklilik,
- Serilik,
- Bölümlere ayırmak,
- Özel amaçlı makinelerin kullanılması,
- İşlemler arası taşıma,
- Fazla nitelikli olmayan işgücü kullanımı,
- Yüksek mamul stokları, düşük ara stoklar.

Mevcut makina ve tesislerin sadece belirli bir ürüne tahsis edilmesi ile yapılan bir üretim olmaktadır. Sürekli üretim 'kütle' üretimi ve 'akış (proses)' üretimi olarak iki alt gruba ayrılmaktadır (Tekin, 2005, s.36).





**Şekil 5:** Akış Tipi Üretim Sistemindeki Aşamalar, Kaynaklar (K), Görevler (G) ve Ürünler (Ü) (Kaynak: Lang, 2010, s.18)

### 1.2.3. Proje Tipi Üretim Sistemi

Proje tipi üretim sisteminde girdiler çok sayıda ve çok çeşitli olup, işlem faaliyetleri ise genellikle tek bir işlem merkezinde toplanmış ve bir tek amaca yönelmiş birimlerden oluşur. Bu üretim sistemi, tek bir ürünün yapımını veya özel durumlarda aynı üründen sınırlı sayıda üretilmesini hedefler. Dolayısıyla, proje tipi üretim sistemi bir kerelik görev olarak görülebilir. Bu nedenle, rutin dışı işler proje kapsamına girmektedir (Yamak, 1999, s.37). Bir elektrik santralinin inşa edilmesi, tersanede gemi yapımı, çok katlı bir bina inşaatı, büyük bir yolcu uçağının montajı, film yapımı... proje üretimi grubuna girer. Proje tipi üretim sisteminin temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kobu, 2008, s.38).

- Tek çeşit, az sayıda sabit bir mamulün üretilmesi,
- Üretime çok sayıda seri girdinin olması,
- Üretimin özel talebe bağlı olarak yapılması,
- Teknik uzmanlaşmanın yüksek olduğu kalifiye işgücünün kullanılması,
- Üretimle ilgili birçok faaliyetin bir arada yürütülür olmasıdır.

#### **1.2.4. İleri Üretim Sistemleri**

İleri imalat teknolojileri, özellikle bilgisayarların üretim sürecine uygulanmaları sonucu gelişmiş ve günümüzde hem üretim hem de yönetim alanında yaygınlık kazanmıştır. Özellikle değişen piyasa şartlarının zorlamasıyla, geleneksel montaj hattı uygulamaları hızla yerini bilgisayar kontrollü üretim teknolojilerine bırakmaktadır. Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemelerin üretim sürecindeki yansımaları işletmelerde; bilgisayar destekli tasarım ve mühendislik, bilgisayar destekli üretim, esnek üretim sistemleri, sanayi robotları ve nihayetinde bilgisayar bütünleşik üretim şeklinde ortaya çıkmaktadır. Yine, söz konusu teknolojilerin işletmelerde başarıyla uygulanabilmesi yönetim felsefelerinde radikal bazı değişiklikleri de gerektirdiğinden, üretim sürecinde teknoloji kullanımı yanında yönetim alanında da bazı teknolojilerin geliştirildiği görülmektedir (Akın, 2001, s.163).

##### **1.2.4.1. Tam Zamanında Üretim Sistemi**

Literatürde “Just-In-Time (JIT)” olarak ifade edilen “tam zamanında” felsefesinin ortaya çıkışında Japonların İkinci Dünya Savaşı sonrası, içinde bulunduğu ekonomik şartlar rol oynamıştır. Bu dönemde sınırlı olan doğal kaynakların yanı sıra, iş gücü ve sermaye kaynaklarının da yetersiz oluşu Japonları, ekonomik varlıklarını sürdürebilmeleri için sınırlı kaynakları mümkün olan en düşük maliyetle kullanma yollarını aramaya yöneltmiştir. Sonuçta, herhangi bir faaliyete başlamadan önce en etkin, verimli ve minimum maliyetli olan yolların geliştirilmesi olan “tam zamanında” felsefesi ortaya çıkmıştır (Hernandez, 1989, s.5).

TZÜ sistemi dört temel görüşü içermektedir. Bunlar; değer katmayan tüm faaliyetlerin ortadan kaldırılması, yüksek düzeyde kalite, sürekli iyileştirme, değer katan

tüm faaliyetlerin basitleştirilmesine ve ön plana çıkarılmasına önem vermedir (Erden, 1999, s.37).

TZÜ sisteminin üç temel özelliği bulunmaktadır (Horngren ve Foster, 1999, s.753):

1. Üretim hattı, talebe göre çekme esası ile çalışır. Her bir iş istasyonundaki faaliyete, bir sonraki istasyonların talebine göre izin verilir.
2. Bu sistemde, her bir birimin toplam üretim süresi minimize edilmeye çalışılmaktadır. Toplam gerekli süre, bir mamulün oluşumunda birinci safhadaki hammadde girişinden, nihai mamul olarak üretim hattından çıkışı arasında geçen süredir.
3. Üretim hattı, parçaların eksik veya kusurlu olduğunun tespiti halinde durdurulur. Bu imalatı durdurma durumu, kusurlu birimlere neden olan sorunları düzeltme ile ilgili bir zorunluluktan kaynaklanmaktadır. Her bir işçi (kusurlu hammadde parçaları gibi) imalatın duraksamasının potansiyel kaynaklarını minimize etmek için gayret sarf etmektedir.

TZÜ ve geleneksel üretim sistemlerinin ana hatlarıyla mukayesesi Tablo 2'de yapılmaktadır. (Karcioğlu, 1993, s.129).

**Tablo 2:** Geleneksel Üretim Sistemi ve Tam Zamanlı Üretim Sisteminin Karşılaştırılması

GELENEKSEL ÜRETİM SİSTEMİ	TZÜ
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Yiğın üretim</li> <li>▪ Fazla miktarda stok</li> <li>▪ İmalatta durma ve yeniden faaliyete geçme süresine maruz kalınması</li> <li>▪ Bir veya iki maliyet havuzundan geçerek genel üretim maliyetlerinin dağıtılması</li> <li>▪ Üretim faaliyeti bittikten sonra kalite kontrol</li> <li>▪ Normal ve anormal artıkların bulunması</li> <li>▪ Tek yönlü tecrübesi olan işçilerin çalıştırılması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Makine tesislerindeki (gruplarındaki) daha küçük parçalar üzerinde dikkatlerin toplanması</li> <li>▪ Azaltılmış stok</li> <li>▪ İmalatta durma ve yeniden faaliyete geçme süresinin minimize edilmesi</li> <li>▪ Üretimin az masrafla gerçekleştirilmesi için gerektiği kadar birkaç maliyet havuzu ile genel üretim maliyetlerinin dağıtılması</li> <li>▪ Sürekli kalite kontrol</li> <li>▪ Artıkların tümünün anormal olması</li> <li>▪ Çok yönlü tecrübesi olan işçilerin çalıştırılması</li> </ul>

#### 1.2.4.2. Yalın Üretim

Yalın üretim, “üretimin girdilerinde ve çıktılarındaki fazlalık olan israfı engellemek için geliştirilen ve bu amaca uygun birçok süreçten oluşan bir üretim şeklidir. Yalınlık, yığın üretimin önemli bir dezavantajı olan kaynakların boşa harcanması durumundan kaçınmaktır. Yalın üretim felsefesi altında, üretim için gerekli olmayan her şeyin süreçten çıkarılması, bunun yerine kabul edilebilir bir standart oluşturarak hem kalite hem de sayı itibarıyla sürekli gelişimin sağlanması gerekliliği yatmaktadır (Sengenberger, 1994, s.3).

Yalın üretim en az girdi ile en kısa sürede, ucuz ve hatasız üretimi, müşteri beklentilerine yanıt verebilecek şekilde israfsız, üretim faktörlerini esnek bir şekilde potansiyellerin tümünü kullanarak gerçekleştirilmesidir (Özkoç, 2004, s.122). Yalın üretim uygulamalarının üç temel amacı vardır (Adhkrishnan ve Balasubramanian, 2008, s.94);

- Ürün veya hizmet üretirken yararlanılan sermaye ve malzeme ihtiyacını azaltma,
- İmalat hızını ve esnekliğini artırma,
- İlk seferde istenilen kalitede ürün yapmayı sağlama.

Yalın üretimi karakterize eden altı başarı faktörü vardır. Bunlar; proje yöneticisi, ekip çalışması, bilgi kültürü, tedarikçilerle entegrasyon, eşzamanlı mühendislik ve tüketici oryantasyonudur. Bunlardan ekip çalışması, proje yöneticisi ve tüketicilerle entegrasyon, yalın üretim kavramını daha az rekabetçi alternatif olan Tayloristik yapılandırılmış üretim kavramından ayıran faktörlerdir (Karlsson ve Ahlstrom, 1996, s.119).

Sisteme yük getiren tüm israflardan arınmayı hedef alan yalın üretim sisteminin avantajları aşağıda verilmiştir (Çoruh, 2010, s.14):

- Ürün teslim süresi kısadır.
- Hammadde, yarı mamul ve mamul stokları azdır.
- Kaynak kullanımının etkinliği yüksektir.
- Üretim maliyetleri düşüktür.
- İşletme sermayesi ihtiyacı azdır.
- Kalitenin izlenebilirliği yüksektir.
- Tahmin yerine kesin siparişe üretim yapılır.
- Sistem sürekli kendini yeniler.

Yalın üretim sisteminin pek çok avantajı bulunmasına rağmen bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. Sistemin taşıdığı dezavantajlar şunlardır:

- Üretimin sürekli değişimi karmaşıklığa yol açmaktadır.
- Tedarikçilerden son kullanıcıya kadar olan sürecin planlanması ve kontrolü zordur.
- Çalışanların esnekliğe yatkın olmamaları uygulamaları güçleştirmektedir.



### ***1.2.4.3. Grup Teknolojisi ve Hücresel Üretim Sistemleri***

Günümüzde grup teknolojisi olarak bahsettiğimiz kavramdan ilk bahsedilen yazılı kaynak R. E. Flanders'a (1924) aittir. Flanders, benzer makinelerin bir arada bulunmasının iş akışını yavaşlatan hareketler yüzünden olumsuzluk yarattığını gözlemlemiştir. Bunun yerine, tesislerin ürünlere göre yerleştirilip, ürünün işi tamamen bitene kadar aynı bölümde kalmasını önermiştir (Suresh ve Kay, 1998, s.1).

Grup Teknolojisi (GT), en genel tanımıyla işletmelerin verimliliğinin artırılmasını amaçlayan, bu amaçla işletmelerde üretilen ürünlerin tasarlanması ve ürünlerin kendi içlerindeki benzer yönlerinden yararlanarak bu ürünleri gruplandırılan bir üretim tekniğidir (Hyler ve Wemmerlöv, 1987, s.3).

Hücresel üretim, GT'nin bir uygulama çeşididir (Won, 2000, s.229) Hücresel Üretim Sistemi, parçaların, parça aileleri biçiminde ve makinelerin, makine hücreleri biçiminde gruplandığı bir üretim sistemidir. Parça tasarımı ve üretim özelliği benzerliği kümelemeyi başarabilmek için kullanılmaktadır (Shankar ve Vrat, 1998, s.97).

HÜS'ler atölye tarzı üretim sistemi ile karşılaştırıldıklarında pek çok avantajlarının olduğu görülmektedir. Bu yararlar/avantajlar aşağıdaki biçimde sıralanabilmektedir (Atalay, Birbil, Demir ve Yıldırım, 1998, s.56-57):

- Hazırlık zamanlarının azalması,
- Süreç içi envanterlerin azalması,
- Malzeme taşımada kolaylık,
- Malzeme aktarma maliyetlerinin azalması,
- Geçiş zamanlarının azalması,
- İnsan ilişkilerinin iyileşmesi,

- Kaliteden direkt işçinin sorumlu olması nedeniyle kusurlu üretim miktarının azalması,
- Kapasite planlama, malzeme planlama ve kontrollerin basitleştirilmesidir.

Yukarıda sıralanan avantajlarının yanı sıra HÜS'lerin dezavantajları da mevcuttur ve aşağıdaki biçimde sıralanabilir:

- Atölye tarzı üretim sisteminin sağladığı esneklik düzeyinin her zaman sağlanamaması,
- Makine sayılarındaki artış ve hücre dışı elemanların elenmesi ile makine kullanımının azalması,
- Hücrelerin makine duruşlarına karşı duyarlı olmaları nedeniyle, düzenli bakım eylemlerinin istenilen boyutta düzenli olmaması; aksine, çok daha düzenli yapılması gerekmektedir.

#### **1.2.4.4. Esnek Üretim**

Esnek Üretim Sistemleri (EÜS), yoğun otomasyon ve teknoloji ağırlıklı üretimin yapıldığı, üretim faktörlerinin hızla üretime yönlendirilebildiği ve tüketicilere zamanında ulaştırılarak nakde çevrilebildiği, insanların bu ortama uyum gösterdiği ve değişikliklere hızla cevap verebildiği üretim süreci olarak tanımlanabilir ve genel özellikleri aşağıdaki biçimde sıralanabilir (Tekin ve Atamak, 1997, s.245):

- EÜS, ürün çeşidinin fazla olduğu işletmelerde kullanılabilir.
- EÜS, aynı gruptan olup farklılık gösteren parçaları üretmek amacıyla kullanılmaktadır.
- Genel amaçlı makine ve tezgâhı içermektedir. Farklı parçaları üretmek için makine/teçhizatta küçük çaplı değişiklikler yapılabilir.
- Mamul, yarı mamul ve hammadde otomatik bantlarla, malzeme ve taşıyıcılarla

hareket edebilmektedir.

- Genel amaçlı makine/teçhizat ve malzeme taşıma sistemini kontrol eden ana bir bilgisayar vardır.
- Farklı parçaların üretilmesi, makineler üzerinde gerçekleşen otomatik değişikliklerle mümkün olabilmektedir.
- Üretimde personel müdahalesi asgariye indirilmiştir.
- Fabrikaya hammadde girişinden mamul çıkışına kadar kalite kontrol, tasarım, üretim gibi tüm işlemler otomasyona dayalı olarak bilgisayarla gerçekleştirilmektedir.

Esnek imalat sistemleri kavramsal olarak otomatik fabrika tanımına en yakın olan sistemlerdir. Esnek imalat sistemleri günümüzde otomatik hale gelmiş endüstrilerde bilgisayarla bütünleşik üretimin (CIM) bir parçası olarak ortaya çıkmaktadır.

Esnek imalat sistemlerinin geleneksel üretim sistemlerine göre birçok avantajı vardır. Bunlardan bazıları şunlardır (Çoruh, 2010, s.17):

- Müşteri isteklerine hızlı cevap verebilme özelliğine sahiptir.
- Genel amaçlı makinalar ve tezgâhlar kullanılır.
- Bilgisayar teknolojilerinden yararlanır.
- Üretimde ürün çeşitliliğine olanak sağlar.
- Makine kullanımı arttığı için işçilik maliyetleri azalır.
- Farklı parçaların üretimine geçiş süreci kısaldır.
- İleri teknoloji nedeniyle üretim zamanı azalır.
- Sürekli ve yüksek ürün kalitesi sağlar.
- Sermayeden daha fazla yararlanma olanağı sağlar.

Esnek imalat sisteminin pek çok avantajı bulunmasına rağmen bir takım dezavantajlar taşıdığı unutulmamalıdır. Esnek imalat sistemlerinin taşıdığı dezavantajlar şunlardır:

- Malzeme taşıma sistemindeki veya merkezi bilgisayardaki aksaklıklar bütün sistemin bozulmasına neden olur.
- Maliyet faktörü sistemin hızla yaygınlaşmasını önler.
- Yazılım, donanım ve programlama hatalarına rastlanır.
- Sistem ekipmanlarının dolaysız kuruluş maliyeti yanında birçok ek maliyet de ortaya çıkmaktadır.
- Kısa sürede demode olma riski vardır.
- İstihdamı olumsuz etkiler.
- Beklenmeyen durumların ortaya çıkma riski vardır.

#### **1.2.4.5. Modüler Üretim Sistemi**

Modüler üretim, genel olarak tüketicilerin istek ve beklentilerini en uygun şekilde karşılamayı hedefleyen, bunun için üretim ve örgüt yapısına esneklik kazandırmak amacıyla kapsamlı değişiklikler öngören bir üretim sistemidir. Modülerlik geniş anlamda, karmaşık işlemleri daha basit kısımlara bölmek suretiyle karmaşık mamulleri ve süreçleri etkin bir şekilde organize etmede kullanılan bir yaklaşımdır (Mikkola, 2001, s.2).

Başka bir ifadeyle modülerlik; montaj ya da üretim işlemlerinin ayrı ayrı fonksiyonlarının küçük bölümlerde yeniden oluşturulması anlamına gelmektedir (Çimen, Taşkın ve Yabanova, 2007, s.44). Modüler tasarımda amaç, ayrı ayrı hizmet verebilen, işleme tabi tutulabilen, toplanabilen, birbirinden bağımsız parçaları üreterek ve bunları birleştirerek müşterilerin nihai taleplerini karşılamaktır. Söz konusu parçalar,

ürünün işlevleriyle etkileşimli ve ürünle fiziksel olarak bağlantılıdır. Ayrıca modüler tasarım, ürün stratejileri geliştirmek, yaşam dönemi mühendisliği ve yığın özgülleştirme için de hayati öneme sahiptir (Kreng ve Lee, 2004, s.261).

Modüler üretim sisteminin işletmelere sağladığı avantajlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir (Çoruh, 2010, s.16):

- Üretilen bütün ürünlerde sürekli kalite sağlanır.
- Üretim maliyetleri tahmin edilebilir.
- Üretim maliyetleri ve stok maliyetleri düşer.
- Üretim hızı artar ve üretiminde esneklik sağlanır.
- Üretim geciktirilmeden üretim kapasitesi değiştirilebilir.
- Sık sık yeni ürünler pazara sunularak pazar payı korunur.
- Lojistik performans artar.
- Tedarikçi sayısı azalır ve tedarikçilerin katılımı sağlanır.

Modüler üretim sisteminin avantajlarının yanı sıra dezavantajları da mevcuttur.

Bu dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Rogers ve Bottaci, 1997, s.150):

- Makine çeşitliliği sistemin tasarımını ve kontrolünü zorlaştırır.
- Makine modüllerinin oluşturulmasında bir standart yoktur.
- Makine çeşitliliği makinelerin yapılandırılmasını zorlaştırır.
- Radikal üretim kararlarının alınmasına neden olur.
- Üretimdeki değişimler nedeniyle karmaşıklık yaşanır.

Tablo 3'te ileri imalat tekniklerinin çeşitli boyutlar altında karşılaştırılmaları yer almaktadır.

**Tablo 3:** İleri İmalat Tekniklerinin Karşılaştırılması

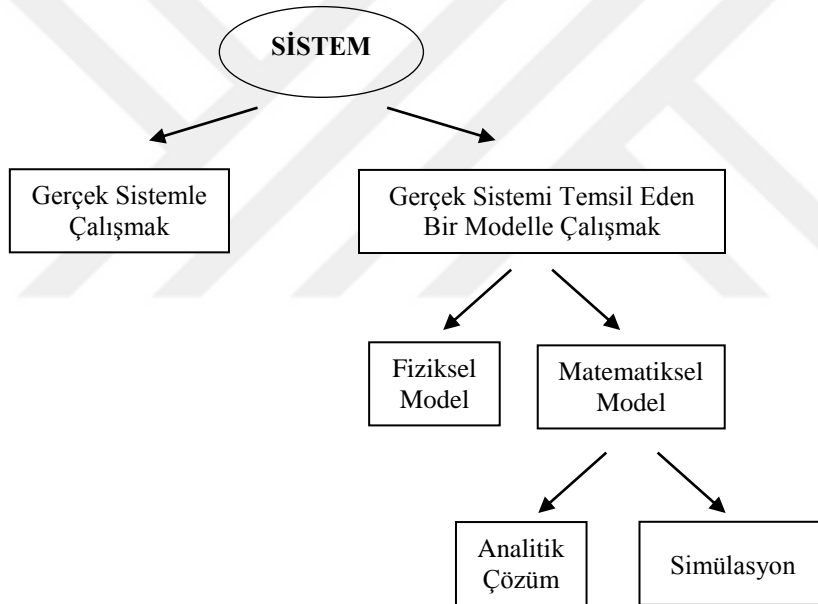
Özellikler	Tam Zamanında Üretim Sistemi	Yalın üretim Sistemi	Hücreyel İmalat Sistemi	Esnek Üretim Sistemi	Modüler Üretim Sistemi
Kısaltılmış adı	TZÜ	YÜS	HİS	EİS	MÜS
İngilizce adı	Just In Time	Lean Production System	Cellular Manufacturing System	Flexible Manufacturing Systems	Modular Production System
Sistemin doğuşu	1980	1940	1950	1960	1996
Sistemin öncüsü	Ohno	Ohno	Mitrafanov	Williamson	-
Öncülerin milliyeti	Japon	Japon	Rus	İngiliz	Alman
Müşteri isteklerine duyarlılık	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Üretim hazırlık süreleri	Kısa	Kısa	Kısa	Kısa	Kısa
Ürün çeşitliliği	Az	Fazla	Fazla	Fazla	Fazla
Üretim adetleri	Çok	Az	Az	Az	Az
Ürün teslim süresi	Kısa	Kısa	Kısa	Kısa	Kısa
Üretimde esneklik	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Üretimin planlanması	Zor	Kolay	Kolay	Zor	Zor
Üretimin kontrolü	Kolay	Kolay	Kolay	Zor	Zor
Makine özelliği	Genel amaçlı	Genel amaçlı	Genel amaçlı	Genel amaçlı	Genel amaçlı
Teknoloji düzeyi	Orta	Orta	Orta	İleri	Orta
Stok özelliği	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Üretim maliyeti	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Malzeme taşıma maliyetleri	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük
İşgören niteliği	Kalifiye	Kalifiye	Kalifiye	Vasıfsız	Kalifiye
İşgörenlerin yaratıcılığı	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek
Tedarikçilerle iletişim	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek

Kaynak: (Çoruh,2010, s.18) ve yazar

## 2. BÖLÜM: SİSTEM MODELLEME

### 2.1. Modellemenin Tanımı

Model, ele aldığı konunun tüm görünümünü belirlemekten çok konu ile ilgili ve özelliği olan ilişkileri gösterir. Model gerçek olayın bir temsilcisi ve özeti durumundadır. Bir sistemin veya sürecin temsilcisi olarak tanımlanabilen model ilgi amacına etki eden sistemin elemanlarını birleştirir. Model sistemin veya sürecin tam bir kopyası değil, fakat bazı ayrıntıları bünyesinde bulundurduğundan sürecin kendisi yerine model kullanılabilir (Öztürk, 2004, s.19).



**Şekil 6:** Bir Sistemi İnceleme Yöntemleri (Kaynak: Law ve Kelton, 2000, s.4)

Başka bir tanıma göre model gerçek sistemlerin idealize edilmiş bir temsilidir. Diğer bir deyişle model sistem veya sistemlerin soyutlanmış şeklidir. İnceleme konusu gerçek bir sistem ise modelin amacı, sistemin performansını geliştirmek çabası ile sistemin davranışlarını analiz etmektir. İnceleme konusunun uygulamaya konulmak üzere düşünülen (hayali) bir sistem olması halinde modelin amacı, sistem bileşenleri arasında fonksiyonel ilişkileri içeren sistemin ideal yapısını tanımlamaktır. Dikkat

edilecek olursa sistemin belirli bir amacı veya amaçları gerçeklemeye çalışan bileşenler bütünü olduğu görülür (Taha'dan aktaran Halaç, 2001, s.17-18).

## **2.2. Modellerin Sınıflandırılması**

Modelleri fiziksel ve matematiksel model olarak 2'ye ayırmak mümkündür.

### **2.2.1. Fiziksel Model**

Fiziksel bir nesnenin basitleştirilmiş veya küçük ölçekli temsilidir (Örneğin bir uçak maketi)

### **2.2.2. Matematiksel Model**

Matematiksel model matematiksel değişkenler arasındaki bir dizi eşitlik veya ilişkidir (Örneğin bir fabrikadaki iş akışını tanımlayan bir dizi eşitlik) (Altiok ve Melamed, 2007, s.2).

#### **2.2.2.1. Analitik Çözüm**

Analitik çözüm matematik süreci ile elde edilir. Örneğin bir endüstriyel sistemi ifade etmek üzere:

$$y=f(x)$$

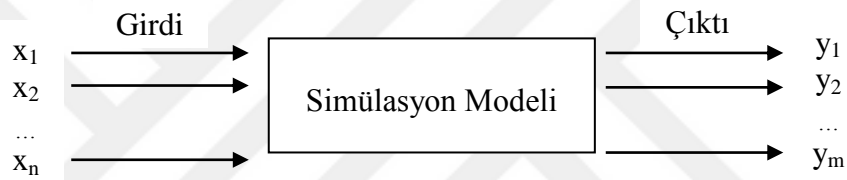
şeklinde matematik bir model kurulabilir. Bu genel bağıntıda y değerleri x bağımsız değişkenine bağlıdır. X değişkenini kontrol ederek y'ye istenilen değer verilir. Diferansiyel hesap aracılığı ile y'yi optimum (yani maksimum veya minimum) yapan x değerleri bulunur. Bu şekilde problem çözmeye analitik yöntemle problem çözme denir (Halaç, 2001, s.22).



### 2.2.2.2. Simülasyon

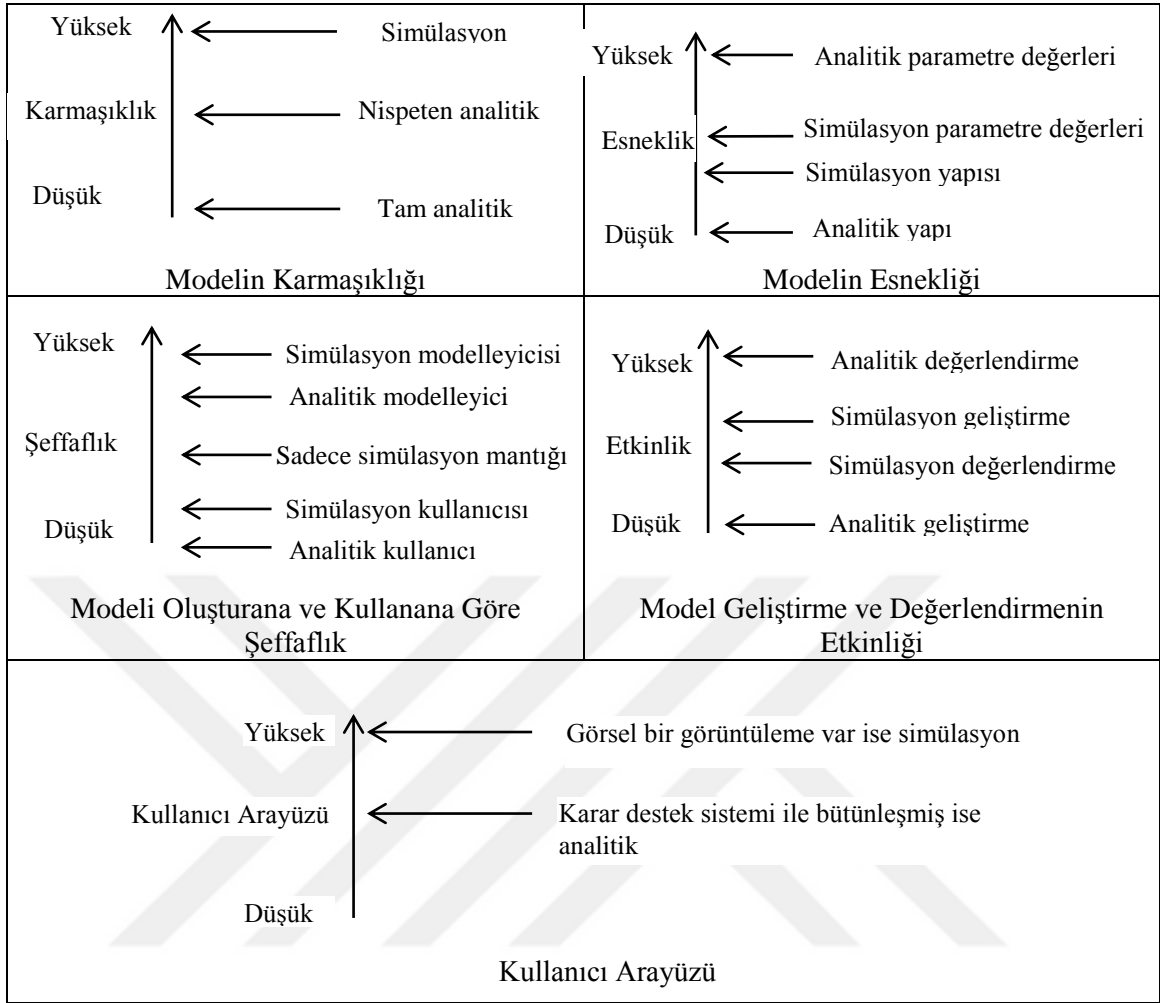
Matematik modellemede kaydedilen tüm ilerlemelere rağmen gerçek durumların çoğunda sistemin matematiksel gösterimi mümkün olmamaktadır. Gerçek hayattaki sistemlerin karmaşıklığı göz önünde bulundurulduğunda kullanılabilir en uygun yaklaşımlardan biri simülasyondur. Simülasyon gerçek sistemi küçük birimler halinde inceler ve bu birimleri birlikte hareket ettirecek mantıksal ilişkileri kullanarak sistemin mevcut davranışını taklit eder (Taha, 2000, s.4).

Genel bir simülasyon modeli  $n$  girdi değişkenleri ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) ile  $m$  çıktı değişkenlerini ( $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$ ) veya ( $y_1, y_2, \dots, y_m$ ) içerir (Carson ve Maria, 1997).



**Şekil 7:** Bir Simülasyon Modeli

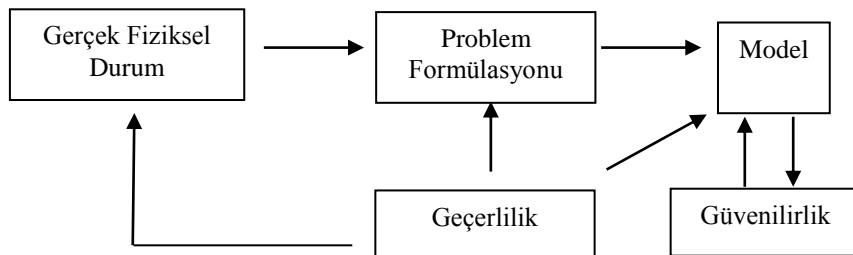
Simülasyon yöntemi ile analitik yöntem arasında aşağıdaki şekillerde de görüldüğü üzere çeşitli boyutlarda farklılıklar vardır.



**Şekil 8:** Simülasyon ile Analitik Modellemenin Karşılaştırılması (Kaynak: Papadopoulos vd., 2009, s.19-20 )

### 2.3. Modelleme Süreci

Modelleme süreci, gerçek fiziksel durumdan model oluşturulmasına kadar izlenen bir süreci ifade eder. Bu süreç aşağıdaki şekilde gösterilebilir:



**Şekil 9:** Modelleme Süreci (Kaynak: Papadopoulos vd, 2009, s.13)

### **2.3.1. Problem Formülasyonu**

Problem formülasyonu modelleme sürecinin genellikle en zor kısmıdır. Bu bölümde tasarım değişkenleri, kısıtlar, amaç fonksiyonları ve tasarım modelleri seçilir.

### **2.3.2. Model Kurma**

Model kurma aşamasında problem, matematiksel ilişkiler halinde ifade edilir. Başka bir deyişle, problem matematik diline tercüme edilir. Model doğrusal programlama gibi standart bir matematik model halinde ifade edilebiliyorsa, mevcut algoritmalar yardımıyla çözüme ulaşılır. Model analitik bir çözüme ulaşmak için çok karmaşık matematiksel ilişkiler içeriyorsa sezgisel yöntemler veya simülasyon yöntemi kullanılabilir (Taha, 2000, s.6).

### **2.3.3. Geçerlilik**

Bu aşamada geliştirilmiş olan modelle sistemin çalıştırılması karşılaştırılır ve modelin beklenen davranışları sergileyip sergilemeyeceği incelenir. Biçimsel olarak düşünüldüğünde, modelin geçerliliğini anlamak üzere ilk akla gelen şey, sistemin geçmişteki çıktıları ile modelin çıktıları karşılaştırarak kontrol etmektir. Modelin geçerli olması halinde, benzer girdi koşulları altında geçmişteki performansların yeniden elde edilmesi mümkün olacaktır (Taha, 2000, s.6).

### **2.3.4. Güvenilirlik**

Güvenilirlik bir kavramın, özelliğin ya da nesnenin aynı yöntemi kullanmak suretiyle bağımsız fakat karşılaştırılabilir ölçümlerinin benzerliği anlamına gelmektedir.

### 3. BÖLÜM : SİMÜLASYON

Bu bölümde simülasyon kavramı detaylıca ele alınacaktır. Önce kavramın tanımına ve ortaya çıkışına, sonrasında simülasyon yöntemi kullanmanın avantaj ve dezavantajlarına, son olarak da kullanım alanlarına ve sürecine yer verilmektedir. Simülasyon modelleri de ayrıca ele alınmıştır.

#### 3.1. Tanımı

Simülasyon gerçek dünya ile ilgili birçok problemin çözülmesi için geliştirilmiş vazgeçilmez bir problem çözme yöntemidir. Sistem davranışının tarif ve analiz edilmesi için kullanılan bu yöntem, gerçek sisteme koşulsal sorular sorarak sistem tasarımında yardımcı olur. Hem gerçek sistemler hem de kavramsal sistemlerin simülasyon ile modellenmesi mümkündür (Banks, 1998, s.5).

Simülasyon, özde deneysel nitelikli matematiksel modelleştirme tekniği olarak, sistemin davranışını inceleme ve tanımlama, sistemdeki değişmelerin etkilerini belirleme ve böylece gelecekteki davranışları tahmin etme amacı taşıyan deneysel ve uygulamalı bir metodolojidir (Sarıaslan, 1997, s.266).

Bir sistemin simülasyonu, bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir. Bu model temsil ettiği sistem üzerinde yapılması çok pahalı olan veya mümkün gözükmeyen işlemlerin yapılmasına olanak verir, bu işlemlerin etkisi altındaki model incelenir. Bu inceleme ile gerçek sistemin veya ona ait olan alt sistemlerin davranışları ile ilgili özellikler, tepkiler öngörülür (Erkut, 1992, s.1).

Benzetim olarak da isimlendirilen simülasyon, gerçekte var olan görevlerin, ilişkilerin, fenomenlerin, ekipmanların, davranışların ya da bazı bilişsel aktivitelerin taklit edilmesi olarak tanımlanmaktadır (Patrick'ten aktaran Mıdık ve Kartal, 2010, s.390).

### 3.2. Simülasyonun Kullanım Alanları

Günümüzde modelleme ve simülasyon teknolojilerinin başlıca kullanım alanları şu şekilde özetlenebilir (Mevlütöğlü, 2010, s.23):

**Araştırma ve Geliştirme:** Yeni tasarım ve teknolojilerin sanal ortamda modellenmesi, ortam ve diğer sistemlerle etkileşimlerinin incelenmesi (Örnek: Sanal tasarım odaları).

**Tasarım:** Konsept tasarım, tasarım optimizasyonu, sanal prototipleme (Örnek: Sistem Entegrasyon Laboratuvarları).

**Eğitim:** Bir sistemi kullanacak operatör ya da ekibin kullanıma yönelik olarak eğitimi (Örnek: Uçak veya helikopter simülatörleri).

**Karar Destek:** Tedarik, süreç optimizasyonu ve strateji geliştirme gibi süreçlerde destek olmak üzere senaryo ve süreç simülasyonu (Örnek: 3D sanal kum sandığı uygulamaları).

**Eğlence:** Görsel, işitsel vb. teknolojiler ile birlikte etkileşimli eğlence araç ve ortamları hazırlanması (Örnek: Hareketli platform üzerinde 3D sinema salonu uygulamaları).

Simülasyon aşağıda verilen amaçlardan birisini veya bir kaçını gerçekleştirmek için kullanılır.

- **Değerlendirme:** Belirlenen kriterlere göre önerilen sistemin ne kadar iyi çalıştığının gösterilmesi,
- **Karşılaştırma:** Önerilen sistem tasarımlarının veya politikaların karşılaştırılması,
- **Tahmin:** Önerilen koşullar altında sistemin performansının tahmin edilmesi,
- **Duyarlılık Analizi:** Sistemin performansı üzerinde hangi faktörlerin etkili olduğunu belirlenmesi,

- **Optimizasyon:** En iyi performans değerini veren faktör düzeylerinin bir kombinasyonunun belirlenmesi,
- **Darboğaz Analizi:** Bir sistemde darboğazların belirlenmesi amacıyla simülasyon kullanılır (Pedgen'den aktaran Özden, 2005, s.3).

### 3.3. Simülasyonun Tarihçesi

Simülasyonun tarihi geçmişı 5000 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. WEICH olarak bilinen ilk simülasyonlar Çin savaş oyunlarından gelmektedir. Bu oyunlar daha sonra ordu ve donanma stratejilerinin gelişimini sağlamak amacıyla da kullanılmıştır. 1800'lü yıllardan itibaren ordu planlarının düzenlenmesi simülasyon yardımı ile olmuştur.

Simülasyon tarihindeki ikinci önemli adım 1929 yılında Edward Link tarafından geliştirilen ilk uçak simülatörü ile atılmıştır. 1949'da ücretli eğlence sürüşleri için tasarlanan Link'in simülatörü ordu ve ticari havacılık alanında eğitim ve değerlendirmelerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Simülasyon, 1950 ve 1960'lı yılların sonlarına doğru, genellikle büyük sermaye yatırımları gerektiren şirketlerin kullandığı, çok pahalı ve özel alanlarda kullanılan bir araç olmuştur.

Simülasyonun asıl gelişimi 1970'li yılların sonlarında olmuştur. İşlem hızı yüksek bilgisayarların maliyeti oldukça düşmüş ve simülasyon çok farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda, bu süreç içerisinde simülasyon (benzetim) üniversitelerde endüstri mühendisliği, yöneylem araştırması ve işletme derslerinin standartlaşan bir bölümü haline gelmiştir (Kuş, 2000, s.1)

Günümüzde inşaattan moleküler biyolojiye, havacılık ve otomobil sektöründen tıp uygulamalarına kadar hayatın her alanında simülasyon uygulamalarını görmek mümkündür.

### 3.4. Simülasyonun Avantajları

Simülasyon yöntemi kullanmanın üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir:

- Stokastik bileşenlere sahip karmaşık gerçek dünya sistemlerinden çoğu analitik olarak çözülebilecek modellerce doğru olarak ifade edilemez (Law ve Kelton, 1982, s.8). Simülasyon modelleri, her türlü düzeydeki ayrıntıyı dahil edecek esnekliğe sahiptir. Ayrıca analitik modeller gerçek sistemi çeşitli varsayımlar altında kısmi olarak modellerken simülasyon tüm sistemi modelleyebilir.
- Uzun zaman alan sistemler ya da süreçler için zaman üzerinde oynamak gerekebilir. Bu durumda simülasyon, zaman üzerinde tam bir denetim sağlayabilecek bir yaklaşımdır. Çünkü olay istenildiği gibi hızlandırılıp, yavaşlatılabilir (Erkut,1992, s.4).
- Görsel bir teknik olduğu için modeli ve sonuçlarını anlamayı kolaylaştırır.
- Simülasyon, değişik şartlar altında sistemin nasıl olacağı hakkında çok az veriye sahip olduğumuz veya hiç bir veriye sahip olmadığımız yeni durumlar üzerinde deney yapma amacı ile kullanılabilir (Öztürk, 2004, s.117).

Bunlardan farklı olarak simülasyon ile modellemenin şu avantajları vardır (Özden, 2008, s.5).

- Yapılması öngörülen deneylerden elde edilecek verilerin, gerçek sistem yerine simülasyon modelinden toplanması daha az maliyetlidir ve zamandan

tasarruf sağlar. Veri çoğu kez gerçek hayatta olduğundan daha ucuza elde edilir.

- Girdi-çıkıtlı modelleri olarak tanımlanabilen simülasyon modelleri sistem yöneticileri ve kullanıcıları için analitik modellere göre daha anlaşılırdır.
- Simülasyon modelleri gerçek sistemin özelliklerini istenilen ayrıntıda yansıtabilmektedir. Böylece analitik yaklaşımla çözüm yaparken gereğinden fazla varsayım yapılması zorunluluğu ortadan kalkar.
- Simülasyon modeli üzerinde yapılan deneylerle, sistemin performansını etkileyen değişkenler ortaya çıkartılır ve bunlar kontrol altına alınabilir. Diğer taraftan değişik politikaların sonuçları incelenebilir.
- Analitik modeller genellikle kısıtlı sayıda performans ölçüsünü hesaplayabilmektedir. Simülasyon yaklaşımıyla istenilen performans ölçülerinin tamamı hesaplanabilir.
- Simülasyonda deneylerin parametreleri tam olarak kontrol altına alınabilir.
- Sistem işleyişini etkileyen önemli değişkenlerin ortaya çıkartılması ve darboğazların belirlenmesi simülasyon modeli üzerinde yapılacak deneylerle mümkündür.
- Mevcut sistem üzerinde hiçbir değişiklik yapmadan önerilen yeni politikalar ve işletme stratejileri sınanabilir. Bu koşullar altında verimliliğin ne yönde değişeceği önceden görülür.
- Yeni yapılacak teknolojik yatırımların sonuçları simülasyon modeliyle incelenerek bu yatırımların uygunluğu araştırılır. Daha sağlıklı kararlar alınmasına yardımcı olur.



- Kullanıcı simülasyon modelini çalıştırırken zamanı tam kontrol edebilir. Arzu edilen süre içinde sistem incelenebilir. Özellikle bilgisayar simülasyonunda zaman akışı hızlandırılabilir, yavaşlatılabilir veya istenildiğinde durdurulup tekrar başlatılabilir. Çok uzun gerçek zaman dilimleri bilgisayarla çok kısa süreler olarak araştırmacının görüşü içine gelir.
- Sistem analistinin denetiminde kontrollü deney yapmayı sağlar.
- İstenildiği zaman istenildiği kadar deney yapılarak çok yönlü karşılaştırmalara olanak sağlanır.
- Modeldeki koşulların etkilerini, yönlerini değiştirerek ve/veya sabit tutarak diğer değişkenlerin kendi aralarında ve birlikte etkileşimlerini hesaplama olanağı sağlar. Bir sistemdeki etkileşimleri etüt etme ve bunlar üzerinde deney yapma olanağı verir.
- Modele değişken eklemek ve çıkarmak mümkün olduğundan duyarlılık analizi yapılabilir. Veri toplamak için gerçek sistemi zorlamak gerekmediğinden, gerçek sistem güvensizliklere ve etkilenmelere karşı korunmuş olur. Sistem verilerinin ayrıntılı olmadığı durumlarda da elverişlidir.
- Yeni girişimlerin dışsal faktörlerden korunması ve iç etkinliklerin optimal planlaması açısından başlangıçta veri toplamayı sağladığından yöneticilerin, karar vericilerin başvurabileceği yararlı bir tekniktir.
- Model kurulduktan sonra farklı durumların analizi için istenildiği kadar kullanılabilir. Simüle edilen sistemin ayrıntılı incelenmesi ile sistemin daha iyi anlaşılması, problemlerin ve eksikliklerin giderilmesi ve daha etkin fiziksel ve işletimsel sistemin geliştirilmesine yardımcı olur.

- Analitik çözümlerin doğruluğunun araştırılmasında kullanılabilir. Karar vericileri daha geniş düşünmeye zorlar.

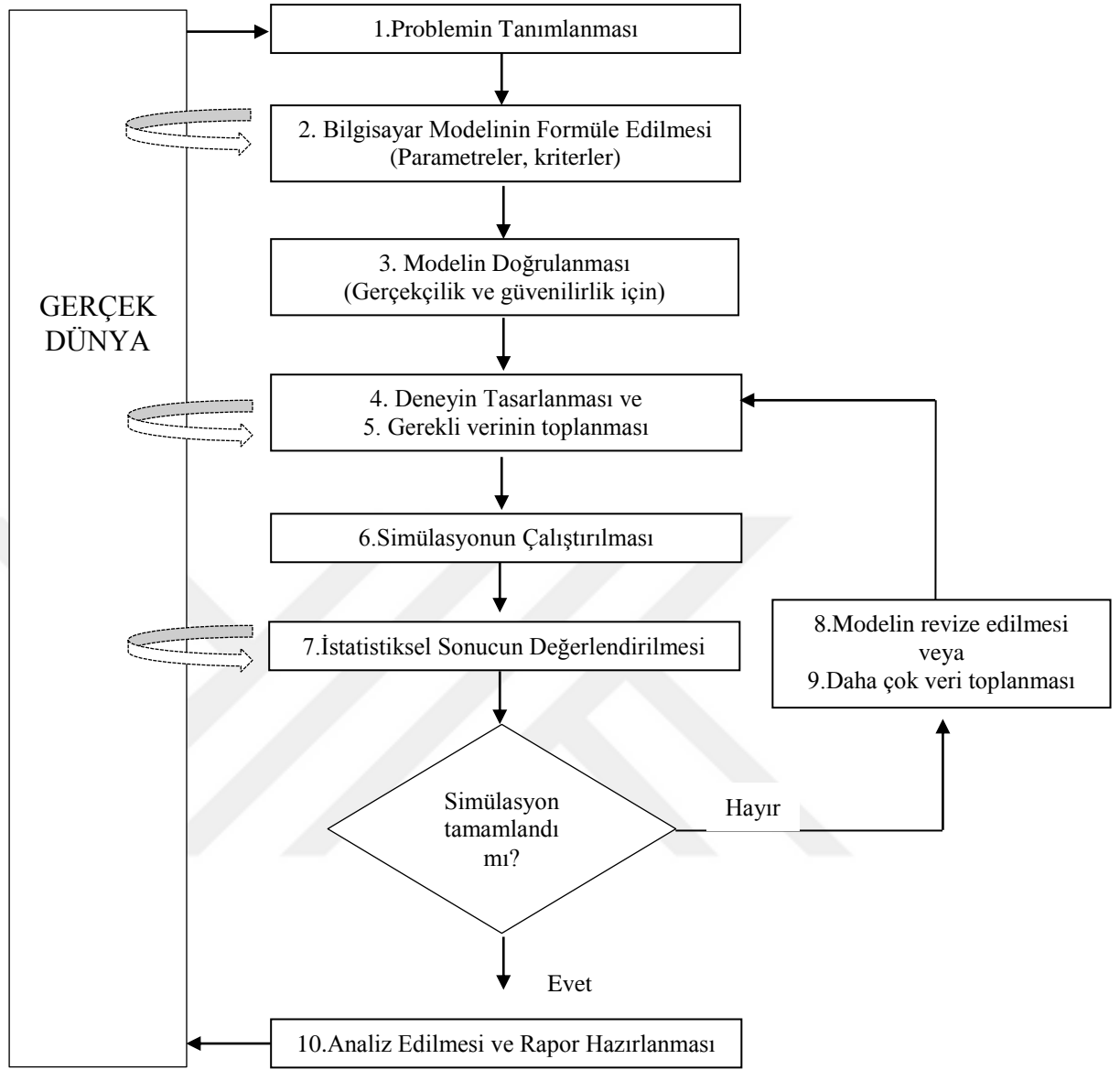
### 3.5. Simülasyonun Dezavantajları

Birçok avantajının yanı sıra yöntemin çeşitli dezavantajları da vardır. Bunlar:

- Her alternatifin simüle edilmesi imkânsız olabilir. Dolayısıyla seçilen alternatifler arasından en iyi sonuç bulunabilir ama simüle edilmeyen alternatifler arasından daha iyi bir sonucun çıkıp çıkmayacağını bilmenin yolu yoktur (Lapin,1994,s.861).
- Simülasyon ile modelleme yapmak maliyetli ve zaman alıcı bir yöntemdir (Shah, Gor ve Soni, 2007, s.487).
- Simülasyon ile elde edilen sonuç yönetsel bakış açısına göre değişiklik gösterir (Shah vd., s.488).
- Bir sistemi simülasyon ile modellemek için çok sayıda veri elde etmek gereklidir. Bu ise her analizin simülasyona uygun olmaması demektir (Robinson, 2004, s.10).
- Simülasyon ile modelleme, istatistik, proje yönetimi gibi alanlarda bilgi sahibi olmanın yanında bilgisayar ve yazılım bilgisine de sahip olma zorunluluğu yüzünden, uzmanlık gerektirir (Robinson, 2004, s.10).
- Bilgisayar kullanılarak yapılmış analizlere olan aşırı güven sonuçların doğruluğunun sorgulanmamasına neden olabilir (Robinson, 2004, s.11).
- Deterministik problemlere uygulanmaz (Monks, 1996, s.160).

### 3.6. Simülasyon Süreci

Simülasyon süreci genel olarak aşağıdaki adımlarda gerçekleşir:



Şekil 10: Simülasyon Süreci (Kaynak: Monks, 1996, s.160)

### **3.6.1. Problemin Tanımlanması**

Simülasyon sürecinin belki de en önemli fakat genellikle göz ardı edilen aşaması problemin tanımlanması aşamasıdır. Problem tanımı gerçeklerin bir ifadesidir. Bu sorunun tanımı nedenleri veya çözümleri hakkında herhangi bir varsayım içermemektedir. Simülasyona yabancı olanlar genellikle modelin bir kez inşa edildikten sonra simüle edilen sistemle ilgili her soruya cevap vereceği yanılgısına düşerler. Diğer benzer bilgisayar programları gibi simülasyon da ne için tasarlandıysa ona cevap verebilecek niteliktedir. Zaten her şeyi tasarıma koymak pek de mümkün olmayacaktır. Bu yüzden problemin amaca uygun olarak detaylı bir şekilde tanımlanması önemlidir (Banks ve Gibson, 1996, s.1).

Problem tanımlama aşaması genel olarak aşağıdaki işlemlerden oluşur (Robinson, 2004, s.52).

- Problemin ne olduğunu anlama,
- Modelleme hedeflerini belirleme,
- Kavramsal modeli tasarlama: girdiler, çıktılar ve model içeriği,
- Modeli geliştirmek için gerekli verilerin toplanması ve analiz edilmesidir.

### **3.6.2. Bilgisayar Modelinin Formüle Edilmesi**

Bu aşamada üzerinde çalışılan sistemin ve problemin sınırları tespit edilir. Araştırmanın genel amacı ve ele alınması gereken spesifik konuları tanımlanır. Performans ölçütleri için nicel kriterler belirlenir. Kısaca bu aşamada model yapıları belirlenir ve sistemin performansına dair hipotezler oluşturulur. Bu aşamada aynı zamanda çalışmanın zaman boyutu (Model sermaye yatırımı gibi anlık bir karar için mi yoksa hava trafik çizelgelemesi gibi düzenli bir karar verme süreci için mi

oluşturuluyor?) belirlenir. Problem mümkün olduğu kadar tam ve net belirlenmelidir (Maria,1997, s.8).

### **3.6.3. Modelinin Doğrulanması ve Geçerliliğinin Test Edilmesi**

Modelin doğru kurulmasıyla ilgili olan model doğrulama, belirli bir formdan başka bir forma dönüştürülen modelin yeterli bir doğruluk ve dikkatle gerçekleştirilmesi işlemidir. Formüle edilen problemin belirli bir modele dönüştürülmesi veya tanımlanan modelin bilgisayar programının doğruluğuna ilişkin yapılan çalışmalar doğrulamanın kapsamına girer. Bir modelin doğruluğunu kanıtlamak modelin temsil ettiği sistemin tam ve doğru bir kopyası olduğunu garanti etmek anlamına gelir. Ayrıca doğrulama faaliyeti, modelin sistemle ilgili belirlemelere uygun olarak kurulmasını, yapısındaki ve algoritmasındaki hataların giderilmesini kapsar (Özden, 2005, s.17).

Simülasyon modelinin doğruluğunu artıracak çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlar (Banks, 1998, s.22-23):

1. Programlamanın ilkelerini izlemek (yukarıdan aşağı tasarım yapmak ve modeli alt modeller halinde oluşturmak),
2. Modelin her aşamasını dokümante etmek,
3. Bilgisayar kodlarını birden fazla insana kontrol ettirmek,
4. Girdi verilerinin değerlerinin doğru kullanıldığını kontrol etmek,
5. Girdi değerlerinin çeşitliliğine göre makul çıktılar elde edilmesini sağlamak,
6. Çalışma esnasında sürekli kontrolü sağlayan bir modül veya hata ayıklayıcı kullanmak,
7. Animasyonu mantık hataları görmek için detaylıca izlemektir.

**Model Geçerliliği:** Modelin geçerliliği, modelin kullanım alanı içinde çalışmanın amaçları ile yeterli doğrulukta tutarlı olduğunu kanıtlamak için gerçekleştirilir.

Geçerliliğin sınanması sayesinde, gerçek sistem ile onun temsilcisi olan model arasındaki uyum araştırılır (Özden, 2005, s.17).

Modelin geçerliliği artırmak için şu yöntemlere başvurulabilir (Maria, 1997, s.9):

- Gerçek sistem performansı ile bilinen şartlar altında modelin performansını karşılaştırmak,
- İstatistiksel sonuç çıkarma testleri yapmak ve modeli sistem uzmanları tarafından inceletmek,
- Güvenilirliği değerlendirmek,
- Büyük simülasyon çalışmalarında simülasyon analisti tarafından yapılan çalışmanın yönetim ve sistem uzmanlarından önce deneyimli danışmanlar önünde savunulması,

Bu yöntemler sadece modelin varsayımlarının, eksiksiz, doğru ve tutarlı olmasını sağlamaz aynı zamanda modele olan güveni artırır.

Modelleme ve simülasyon sürecinde doğrulama ve geçерleme ana hatlarıyla Şekil 11'deki gibi gösterilebilir:



Bu yapılanışlar modelin yapısını etkiler ve buna  $2^k$  faktöriyel tasarım denir. Her bir faktörün seviyesi “+” ve “-“ olarak belirlendiğinde  $2^k$  kadar model yapılanışından oluşan bir tasarım matrisi elde edilir. Örneği  $k=3$  olduğunda  $2^3=8$  adet yapılanıştan oluşan bir matris aşağıdaki gibi olacaktır:

**Tablo 4:**  $2^3$  Faktöriyel Deney İçin Tasarım Matrisi

Çalıştırma (i)	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Sonuç
1	-	-	-	$R_1$
2	+	-	-	$R_2$
3	-	+	-	$R_3$
4	+	+	-	$R_4$
5	-	-	+	$R_5$
6	+	-	+	$R_6$
7	-	+	+	$R_7$
8	+	+	+	$R_8$

Böyle bir tasarımın sonucu çeşitli şekillerde kullanılabilir. Örneğin Faktör 2'nin ana etkisi, sonuçların ortalamasını  $2^{k-1}=4$ 'e bölerek bulunabilir.

$$\text{Faktör 2'nin Ana Etkisi} = (-R_1 - R_2 + R_3 + R_4 - R_5 - R_6 + R_7 + R_8)/4$$

Diğer faktörlerin etkisi de benzer şekilde hesaplanabilir. Bunun yanı sıra faktörler arasındaki etkileşimi hesaplamak da mümkündür. Örneğin Faktör 1 ile Faktör 3 arasındaki etkileşim:

$$(+R_1 - R_2 + R_3 - R_4 - R_5 + R_6 - R_7 + R_8)/4 \text{ (Kelton, 2000, s. 35)}$$

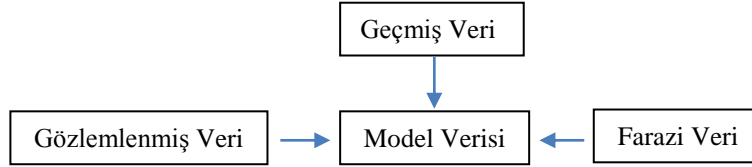
### 3.6.5. Gerekli Verinin Toplanması

Veri toplama simülasyon sürecindeki en önemli ve en zor aşamalardan biridir. Modelin gerçek durumu temsil gücü buna bağlıdır (Jones & Tamiz, 2010, s.139).

Simülasyon modelini oluşturacak veriler, modelin yapısına ve model çıktılarının doğasına dayanır. Örneğin bir banka işleminin modellenmesinde tipik olarak müşteri geliş aralıkları ve hizmet zamanları ile ilgili veriler toplanmaktadır.



Simülasyonun doğasına uygun olarak model verisi, geçmiş veriler incelenerek, sistemdeki işlemleri gözlemleyerek ve verilere dair varsayımlar için kıyaslama yaparak toplanmaktadır. Model geliştirmedeki bu 3 tip veri toplama yöntemi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



**Şekil 12:** Veri Toplama Yöntemleri

Geçmiş veri belirli bir süre işlem yapmış sistemlerin modellenmesi için sık sık kullanılmaktadır. Geçmiş verilere örnek olarak fiili üretim verisi, bakım verisi, stok kayıtları, müşteri geri bildirimleri ve aylık ya da yıllık işlem performansı raporları verilebilir. Geçmiş verileri analiz etmede tanımlayıcı istatistikler ve dağılımlar önemli rol oynar.

Yeterli bir zaman periyodu için geçmiş veri bulmak mümkün değilse sistemin gerçek performansı gözlemlenerek uygun veri toplanabilir. Kronometre kullanılarak yapılan zaman ölçümleri gerçek veri toplamak için sık sık kullanılmaktadır. Gözleme yöntemi, veri toplamak için standart bir form kullanımı ile birlikte, zaman etütleri yaparak sistem davranışının izlenmesi ile başlar. Bu aşamada izlenen sistem ögesinin hem işlevleri hem de kullanılacak veriler için işlem süreleri takip edilir. Toplanan veriler istatistiki olarak anlamlı ve tüm sistemi temsil edecek şekilde olmalıdır. Uygun örneklem büyüklüğü ile yeterli sayıda gözleme yapmak oldukça önemlidir.

Son olarak eğer geçmiş veri yoksa ve zaman etüdü yaparak veri toplamak mümkün değilse simülasyon verileri kıyaslama ile veya varsayım altında oluşturulabilir.

Tahmin yöntemleri, karşılaştırma metotları ve istatistik modelleri gerekli veriyi sağlamak için kullanılabilir. Bu durum genellikle yeni bir sistem üzerinde çalışma gerekliliğinde ortaya çıkar. Modelin geçerliliği daha çok analistin doğru veri tahmini yapabilecek bilgi ve yeteneğine bağlıdır. Benzer bir işletmenin yada benzer bir imalat sürecinin verileri modelde başlangıç noktası olarak kullanılabilir. Sonrasında istatistik dağılım yöntemleri ile veriler modelde kullanılmaya hazır hale getirilmektedir (El-Haik & Al-Aomar, 2006, s.148-49).

### ***3.6.6. Simülasyonun Çalıştırılması***

Uygulama aşamasının başarısı, kendisinden önceki aşamaların ne kadar başarılı olduğuna bağlıdır. Eğer modelin kullanıcısı, modelin kuruluş sürecine doğrudan katılmışsa ve modelin yapısını anlayabilmişse, iyi bir uygulama olasılığı artmıştır (Banks vd., 1996, s.17).

### ***3.6.7. İstatistiksel Sonucun Değerlendirilmesi***

Birçok simülasyonda çeşitli şekillerde ortaya çıkmış rastlantısal durumlar vardır. Örneğin bir imalat sistemi simülasyonunda bir iş istasyonundaki işlem süreleri rassal olabilir ve işlerin geliş zamanları önceden bilinemeyebilir. Benzer bir şekilde bir banka simülasyonunda müşterilerin geliş zamanı rassaldır ve işlem yapacağı süre önceden bilinemez. Simülasyondaki bu rassal bileşenler sonuçların da rassal olmasına yol açar. Bu yüzden sonuçları analiz etmek için istatistiksel teknikleri kullanılması gerekir (Nakayama, 2002, s.23).

### ***3.6.8. Modelin Analiz Edilmesi ve Raporlanması***

Her bir yapılanma için istenilen performans ölçütlerinin sayısal tahminleri (Örneğin: Ortalama, güven aralığı) hesaplanır. Sistem performansı hakkındaki

hipotezler test edilir. Çıktı verilerinin gösterimi için grafiklerden (Örneğin: Pasta grafikleri, histogramlar) yararlanılabilir. Sonrasında veriler dokümanite edilir.

Dokümantasyon birçok nedenden dolayı gereklidir. Bu nedenler:

- Simülasyon modelinin aynı veya farklı bir analist tarafından tekrar kullanılması durumunda simülasyon modelinin nasıl işlediğinin anlaşılmasına yardımcı olur.
- Simülasyon modeline olan güveni artırır.
- Simülasyon modelinde değişiklikler yapılacaksa yeterli dokümantasyon bu değişiklik işlemlerini kolaylaştırır (Banks, 1998, s.18).

### 3.7. Simülasyon Modelleri

Simülasyon modelleri çeşitli şekilde sınıflandırılabilir.

- *Statik ve Dinamik Modeller:* Statik modeller sistemi bir andaki veya dönemdeki durumuyla ele alır zaman boyutu içermez. Dinamik modeller bunun tersine zamana bağlı olarak gelişen sistemler için kullanılır.
- *Deterministik ve Stokastik Modeller:* Eğer simülasyon modeli sadece deterministik (rassal olmayan) bileşenlere sahipse, model deterministik olarak adlandırılır. Deterministik modellerde değişkenler arasındaki tüm matematiksel ve mantıksal ilişkiler baştan sabittir ve belirsizlik yoktur. Stokastik modellerde ise en az bir rassal değişken vardır. Birçok kuyruk ve stok sistemleri stokastik modelle temsil edilir.
- *Sürekli ve Kesikli Modeller:* Zaman içerisinde kesikli veya sayılabilir noktalarda sistemin temel değişkenlerinin değerleri değişime uğruyorsa bu sistemler kesikli sistemler olarak tanımlanmaktadır. Sürekli modellerde ise durum değişkenleri zaman üzerinde sürekli değişir (Rubinstein vd., 2008, s.84).

### 3.7.1. Statik Modeller

Statik simülasyon modeli, zamanın belirli bir noktasında bir sistemin temsil edilmesidir (İşyar, 1997, s.9). En sık kullanılan statik simülasyon modeli Monte-Carlo simülasyonudur.

#### 3.7.1.1. Monte-Carlo Simülasyonu

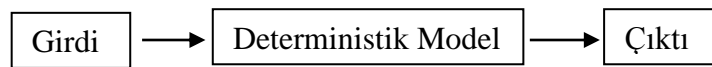
Monte Carlo yöntemi, ismini şans oyunları ile tanınan, ünlü Monte Carlo şehrinde almıştır. (Stevenson, 2002, s.856). Bu simülasyon modeli ilk defa 1940 yılı sonlarında iki Amerikalı matematikçi tarafından kullanıldı. Nükleer fizik alanında bir problem üzerinde çalışan bu bilim adamları, analitik çözümün çok karışık, pahalı ve deney yolu ile tehlikeli olacağını düşünerek problemi, rulet masasında kullanılan bahis sistemine benzer bir metotla çözmüşlerdir (Taş, 2009, s.14).

### 3.7.2. Dinamik Modeller

Sistemin zaman boyutundaki gelişmesini gösteren simülasyon modeline dinamik simülasyon modeli, bu modelle yapılan simülasyona da dinamik simülasyon denir. Bu modellerdeki değişkenler veya varlıklar zaman içerisinde değişim ve etkileşimler gösterirler. Sipariş sistemleri, kuyruk sistemleri, stok sistemleri dinamik simülasyon modelleriyle ifade edilebilir (Özden, 2005, s.8).

### 3.7.3. Deterministik Modeller

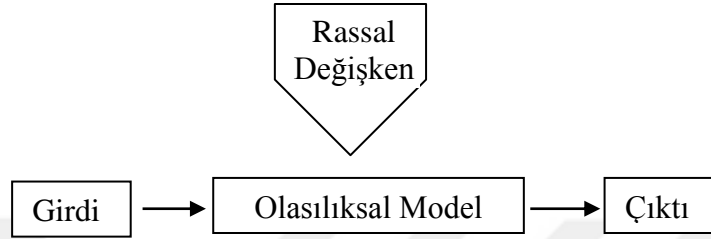
Rassal değişken içermeyen modellerle yapılan simülasyon deterministiktir. Deterministik simülasyon modellerinde hiçbir rassal özellik yoktur. Bu nedenle, simülasyon sonuçları her denemede aynı sayısal değeri verir (Özden, 2005, s.9).



Şekil 13: Deterministik Simülasyon

### 3.7.4. Stokastik Modeller

Stokastik simülasyon modelinde bir ya da daha fazla sayıda rassal değişken bulunur. Rassal değişkenler üretilerek çalıştırılan olasılıksal simülasyon modellerinde deney sonuçları da rassal olur. Ölçülmek istenen performans göstergeleri için ise tahmini değerler elde edilir.

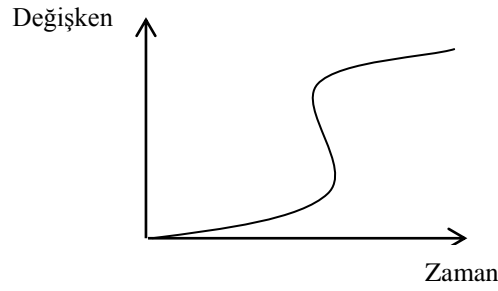


Şekil 14: Stokastik Simülasyon

### 3.7.5. Sürekli Simülasyon

Sistem simülasyonu güncel verilerin karmaşık problemlerde yararlı olduğu ve bir model doğrultusunda işlevsel çevrenin bir kopyası ile ilerleme sağlayan bir süreçtir. Buna göre sürekli sistem simülasyonu, durum değişkenlerinin değerinin zamana göre sürekli değişen bir sistemin modellenmesine ilişkindir. Yani burada zaman unsuru söz konusudur. Bu simülasyon türü, sistem analizlerinin alternatif yönetim faaliyetlerine yanıt vermesine ve kararlar için sağlam bir temel sağlanmasına olanak vermektedir (Thierauf ve Klekamp, 1975, s.455).

Bir başka ifade ile de, davranışları zamanla birlikte sürekli değişim gösteren sistemlerle ilgilenmektedir. Sürekli sistemlerin simülasyonu genelde, sistemin farklı elemanları arasındaki etkileşimin birtakım diferansiyel denklemlerle ifade edildiği modellerdir. Dünya nüfusundaki hareketliliğin araştırılması buna tipik bir örnek olarak verilebilir (Taha, 2000, s.671).



**Şekil 15:** Sürekli Simülasyon (Kaynak: Özden, 2005, s.9)

### 3.7.6. Kesikli Olay Simülasyonu

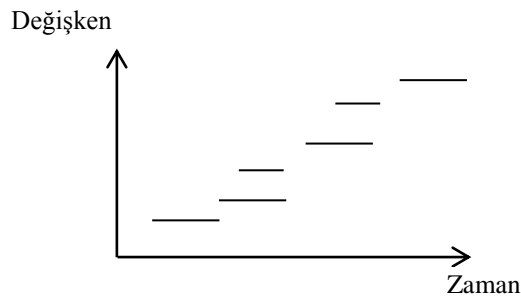
Kesikli olay simülasyonu durum değişkeninin anlık olarak zaman içinde değiştiği sistemlerin modellenmesi ile ilgilidir. (Daha matematiksel ifadelerle, bu sistemin zamanın sayılabilir noktalarında değiştiği söylenebilir). Zaman içindeki noktalar olayların gerçekleştiği noktalardır. Olay, sistemin durumunu değiştiren anlık oluşumlardır (Law ve Kelton, 2000, s.6).

Sistemin durumu sadece bir müşterinin sisteme girdiği yada sistemden çıktığı anda değişir. Sistemde zaman içinde meydana gelen değişimler modelde olay unsurunu ortaya çıkarır. Bu olaylar kesikli noktalarda meydana geldiği için kesikli olay simülasyonu yöntemi ortaya çıkmıştır (Taha, 2000, s.671).

Simülasyon modellerinin gerçek sistemler üzerinde çok çeşitli uygulamaları olsa da kesikli olay simülasyon modellerinin hepsinin ortak bileşenleri vardır. Bu bileşenler programlamayı kolaylaştırır, modelin hatalarının ayıklanmasını sağlar ve gelecekteki değişimlerin geliştirilmesine yardımcı olur (Law ve Kelton, 2000, s.9).

- Sistem Durumu: Belirli bir zamanda sistemi tanımlamak için gerekli durum değişkenlerini toplanmasını ifade eder.
- Simülasyon Saati: Simüle edilen zamanın mevcut değerini veren değişkendir
- Olay Listesi: Her bir olayın meydana geleceği zaman dilimini içeren listedir.
- İstatistiksel Sayaçlar: Sistem performansı ile ilgili istatistiksel bilgileri saklamak için kullanılan değişkenlerdir.

- Başlangıç Yordamı: Simülasyon modelini sıfırdan başlatmak için bir alt programdır.
- Zamanlama Yordamı: Olay listesinde gerçekleşecek bir sonraki olayı belirler ve simülasyon zamanını olayı gerçekleştiği zamana ilerleten bir alt programdır.
- Olay Yordamı: Olayların belirli bir türü gerçekleştiğinde sistem durumunu güncelleyen bir alt programdır. (Her olay tipi için bir olay yordamı vardır.)
- Kütüphane Yordamı: Simülasyon modelinin bir parçası olarak belirlenmiş olasılık dağılımlarından rasgele gözlemler oluşturan alt programlar dizisidir.
- Raporlayıcı: Performansın arzulanan ölçülerinden (istatistiksel sayaçlardan) tahminler hesaplayan ve simülasyon bittiğinde rapor oluşturan alt programdır.
- Ana Program: Bir sonraki olayı belirleme için zamanlama yordamını uyararak ve ilgili olay yordamını kontrol ederek sistem durumunu güncelleyen bir alt programdır. Ana program ayrıca simülasyon bittiğinde raporlayıcının uyarılmasını kontrol eder.



**Şekil 16:** Kesikli Olay Simülasyonu

### 3.8. Simülasyon Yazılımları

Simülasyon modelleri için 3 tür yazılım alternatifi mevcuttur. Bunlar (Robinson, 2004, s.40-41):

- Elektronik Tablolar: Excel gibi bazı hesaplama programları basit simülasyon modelleri için kullanılabilir. Ancak basit bir modelle de çalışılacak olsa modelleyicinin bir takım programlama yeteneklerine sahip olması gerekmektedir. Örneğin Excel için Visual Basic dilini veya makroları kullanmak gerekebilir. Bu yöntemle modelin basit bir görüntüsü elde edilebilse de animasyon oluşturmak çok zordur.
- Programlama Dilleri: Simülasyon modelleri Visual Basic, C++ ve Java gibi genel amaçlı programlama dilleri kullanılarak geliştirilebilir. Bu yöntem modelleyicinin programlama kabiliyetine bağlıdır ve oldukça zaman alıcı olabilir. C++ gibi modern programlama dilleri simülasyon modeli için yarar sağlayacak nesne yönelimli yaklaşımları da içerebilir. Bu dillerin içinde en sık kullanılanı Java programlama dilidir. Programlayıcının simülasyon paket programı yerine genel amaçlı bir programla dili kullanmasının çeşitli sebepleri olabilir. Bunlar:
  - Programlayıcının genel amaçlı programla diline daha alışkın olması (Programı öğrenmek için zaman harcamak istemeyebilir veya isteksiz olabilir),
  - Programlama dili kullanmanın modelleyiciye esneklik sağlayarak özgürlük tanınması,
  - Genel amaçlı programlama dillerine ulaşmanın hem hız hem de maliyet açısından daha avantajlı olması,
  - Özel bir bilgisayar donanımı gerektirmemesidir (McHaney, 1991, s.19).



- Uzman Simülasyon Yazılımları: Bir çok uzman simülasyon yazılımı vardır. Law ve Kelton (2000) uzman simülasyon paketlerini ikiye ayırmıştır. Genel amaçlı simülasyon paketleri bir çok farklı simülasyon için kullanılabilir. Uygulama yönelimli simülasyon paketleri ise örneğin medikal, üretim çizelgeleme gibi sadece bir uygulamaya odaklanmışlardır. İlgili veriler toplanabilirse bu tür simülasyon paketlerinin kullanımı daha kolay olmaktadır. Bu paketlere örnek olarak Arena, AutoMod, Awe Sim, Enterprise Dynamics, Extend, Flexsim, GPSS/H, Micro Saint, Promodel (MedModel, ServiceModel), Quest, ShowFlow, Sigma, Simprocess, Simul8, SLX, Visual Simulation Environment ve Witness verilebilir.

**Tablo 5:** Simülasyon Yazılımlarının Karşılaştırılması

<b>Kriter</b>	<b>Elektronik Tablolar</b>	<b>Programlama Dili</b>	<b>Uzman Simülasyon Yazılımı</b>
Uygulama Aralığı	Düşük	Yüksek	Orta
Modelleme Esnekliği	Düşük	Yüksek	Orta
Model Oluşturma Süresi	Orta	Uzun	Kısa
Kullanım Kolaylığı	Orta	Düşük	Yüksek
Model Doğrulama Kolaylığı	Orta	Düşük	Yüksek
Çalışma Hızı	Düşük	Yüksek	Orta
Yazılımı Kabiliyetleri Elde Etme Süresi	Kısa (Makro kullanımı için orta)	Uzun	Orta
Fiyat	Düşük	Düşük	Yüksek

Kaynak: Robinson, 2004, s.42

Yukarıdaki tabloda verilmiş özelliklere göre kullanılacak yöntem belirlenir. Bunun yanı sıra simülasyon yazılımı seçiminde başka kriterleri de göz önüne almak gereklidir. Bunlar:

**Tablo 6:** Simülasyon Modeli İçin Yazılım Seçme Kriterlerinden Bazıları

<b>Donanım/Yazılım Gereklilikleri</b>	<b>Uygulama</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gerekli donanım platformu</li> <li>▪ Gerekli işletim sistemi</li> <li>▪ Yazılım korunumu</li> <li>▪ Ağ lisanslarının olması</li> <li>▪ İnternet ortamında kullanım özelliği</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Muhtemel çalışma hızı</li> <li>▪ Çalışma kontrolü (Adım adım, parça bazında gibi)</li> <li>▪ Etkileşim yeteneği</li> <li>▪ Rasgele sayı akışları miktarı</li> <li>▪ Rasgele sayı akışlarının kontrolü</li> <li>▪ Çoklu kopyalama imkânı olması</li> <li>▪ Çalışmanın parçalarını düzenleme kolaylığı</li> <li>▪ Isınma, çalışma uzunluğu ve çoklu kopyalamalar için öneri sağlaması</li> <li>▪ En iyileycinin olması</li> <li>▪ Ağdaki diğer bilgisayarlarda da programın çalışması</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Model Kodlama ve Test Etme</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Model geliştirme kolaylığı</li> <li>▪ Modelin küçük adımlarla oluşturulması ve çalıştırılması</li> <li>▪ Yanlışlıkları ayıklama yardımcılarının olması (sentaks kontrolü, tutarlılık kontrolü gibi)</li> <li>▪ Maksimum model büyüklüğü</li> <li>▪ Nesnelerin maksimum ölçüleri (örneğin diziler)</li> <li>▪ Modelin belgelenmesi özelliği</li> <li>▪ Yardım özelliği olması</li> <li>▪ Yazılım sihirbazının olması</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Destek</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Yardım menüsünün olması</li> <li>▪ Danışmanlık desteğinin olması</li> <li>▪ Verilen eğitim türü</li> <li>▪ Yazılımın güncellenme frekansı</li> <li>▪ Bir sonraki güncellenmenin ne olduğu</li> <li>▪ Yabancı dil versiyonu ve desteği</li> <li>▪ Dokümantasyon kalitesi</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Görsel Özellikler</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Görüntünün simülasyonun çalışmasıyla eş zamanlı olarak ilerlemesi</li> <li>▪ Görüntünün hızı ayarlanabilir olması</li> <li>▪ Kullanıcı simgelerinin olması</li> <li>▪ Simge kitaplığının bulunması</li> <li>▪ Döndürme ve yaklaştırma özelliğinin olması</li> <li>▪ Görüntü üzerinde nesnelerin yerleştirilmesi özelliği</li> <li>▪ Animasyonun akıcılığı</li> <li>▪ 3 boyutlu animasyon özelliği</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Köken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Programı satan işletmenin büyüklüğü</li> <li>▪ Program paketinin piyasa olma süresi</li> <li>▪ Programla benzer uygulamaların da modellenebilir olması</li> <li>▪ Kullanıcı sayısı</li> <li>▪ Program ve kullanımı hakkında bir literatürün olması</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Girdi Verisi ve Analiz Özellikleri</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dağılımı uydurma özelliği</li> <li>▪ Deneysel dağılımlarda örnekleme yapma özelliği</li> <li>▪ Uygun istatistiksel dağılımların olması</li> <li>▪ Başka bir yazılımdan veri alma özelliği</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Maliyet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Satın alma fiyatı</li> <li>▪ Bakım/destek ücreti</li> <li>▪ Eğitim maliyeti</li> <li>▪ Yazılım öğrenmek için gerekli zaman</li> <li>▪ Lisans maliyeti</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Raporlama ve Çıktı Analizi Özellikleri</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Model için standart raporların olması</li> <li>▪ Grafiksek raporlama özelliği olması</li> <li>▪ Özelleştirilmiş rapor elde etme imkânı</li> <li>▪ Başka bir yazılıma sonuçları iletme özelliği</li> <li>▪ Sonuçların istatistiksel analizini yapma imkânı</li> </ul>	

Kaynak: Robinson, 2004, s.45

### 3.9. İmalat Sistemlerinde Simülasyon

Gerçek sistem üzerinde deneme yapmak özellikle üretim sistemlerinde çok zordur. Üretim sistemlerinde kullanılan makine teçhizatın yüksek maliyeti ve sistemi durdurma ihtiyacı göz önüne getirildiğinde bu zorluğun nedeni daha rahat anlaşılır. Bu

nedenle sistemin modeli üzerinde denemeler yapmak daha avantajlıdır. Analitik çözümlerin sistemdeki rassal yapıları temsil edemiyor oluşu ve sistem elemanları ile bu elemanlar arasındaki ilişkilerin fazla olduğu sistemlerde analitik çözümlerin çok zor oluşu, simülasyon yönteminin tercih sebeplerindendir. Ayrıca üretim sistemlerinin stokastik sistemler olması, karmaşık ve otomatik olması üretim sistemlerinin analizinde simülasyonu zorunlu kılar (Law ve Kelton, 2000).

İmalat sistemlerinde simülasyon çok çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Bunlardan bazıları şu şekildedir (Harrell, Ghosh ve Bowden, 2004, s.316-328):

- **Yöntem Analizi:** Yöntem analizi bir malzemeyi işleme veya depolama sürecindeki alternatif yolları araştırır. Örneğin bir montaj işleminde bir faaliyet çeşitli paralel istasyonlarda yapılabileceği gibi tek bir montaj hattında farklı aşamalardan geçerek de yapılabilir. Üretim sabit bir maliyetle önceden belirlenmiş bir hızda yapılabilir veya iş görenin hızına göre ayarlanabilir. İşletme amaçlarının uygun otomasyon seviyesi de belirlenmesi zor bir süreçtir. Bu tarz alternatif metotlar arasındaki göreceli performans simülasyon yöntemi ile çok kolay belirlenmektedir.
- **Tesis Tasarımı:** İmalat sistemlerinin yoğun ekipman doğası nedeniyle tesis tasarımı, ürünün ve kaynakların tesisi içindeki akışının düzenlenmesi açısından çok önemlidir. İyi bir tesis tasarımı ile taşıma süreleri azalırken taşıma ve depolama maliyetleri de düşer. Tesis tasarımı yeni bir işletme için yararlı olduğu kadar mevcut bir işletme için de yarar sağlayacaktır. Simülasyon etkin olmayan malzeme akışlarını belirlenmesini ve malzeme akışlarını optimum süre ve maliyette gerçekleştirecek tesis yerleşiminin bulunmasını sağlar.

- **Parti Büyüklüğünün Belirlenmesi:** Parti büyüklüğünün belirlenmesi stok maliyetleri ile ölçek ekonomisinden yararlanmayı sağlayacak büyük partiler arasında dengeye dayanmaktadır. Daha büyük partilerde üretmek genellikle daha düşük hazırlık ve işleme maliyeti sağlar. Simülasyon programlarında parti büyüklüğünü belirlemek için kullanılacak birçok komut yer almaktadır.
- **Üretim Kontrol:** Üretim kontrol iş istasyonları arasındaki malzeme akışını yönetir. Simülasyon malzeme akışı kontrolü için en etkin ve en verimli yöntemi planlamaya yardım eder. Üretim kontrol sistemleri, çeken sistemler (pull systems) ve iten sistemler (push systems) olmak üzere iki temel grupta sınıflandırılabilir. Diğer taraftan tam zamanında üretim sistemi çeken sistemlerdir. Çeken sistemler, sonraki süreçlerin önceki süreçlerden sadece tükettikleri miktarlarda ve zamanda parça talep ettikleri ve çektikleri istemlerdir. Kısaca, itme ve çekme sistemleri arasındaki farklılıklar şu şekilde özetlenebilir. Bir çekme sisteminde, kanban her aşamada üretimi tetiklemek için kullanılır. Diğer taraftan, bir itme sisteminde her bir iş istasyonu, bir ana üretim planınca belirlenen iş siparişlerine uygun olarak üretim yaparlar. Asıl farklılık, kısa dönem çizelgeleme ve üretim kontrolünde yatar, uzun dönem ve orta dönem planlama her ikisi için de benzerdir (Orbak ve Bilgin, 2005, s.290).
- **Stok Kontrol:** Stok kontrol üretim faaliyetlerini desteklemek için envanter ile ilgili planlama, çizelgeleme ve sevk etme işlemlerini içerir. Stok maliyetlerinin yüksekliği dolayısıyla iyi bir stok kontrol sistemi geliştirmek

ve devamlılığını sağlamak oldukça kritik öneme sahiptir. Stok kontrol işlemlerinin genel amaçları şu şekildedir:

- Müşteri taleplerine hızlı cevap vermek,
- Envanter tedarikinden kaynaklanan sipariş ve hazırlık maliyetlerini minimize etmek,
- Stok bulundurma ve taşıma maliyetlerini düşürmek için eldeki stok miktarını minimize etmek.

Simülasyon yöntemi ile stok miktarındaki artışlar ve düşüşler detaylı bir şekilde görülerek kullanıcının en iyi stok politikasını bulmasına yardımcı olur.

Stok kontrolünde analitik modeller yerine simülasyon modellerinin kullanılmasının çeşitli avantajları vardır (Browne, 1994, s.18-19):

- Gerçek talep düzenleri (sezonluk, haftalık veya saatlik) gözlemlenerek kullanıldığı için özel durumlara (tatiller, promosyonlar v.b.) göre değişiklikleri modellenemediğinden *doğruluk oranı yüksektir.*
- Gerçek bir durumu modelin sınırlarına uymak için zorlamaktansa duruma uygun model geliştirilebildiği için *daha esnektir.*
- Karmaşık formüller yerine temel neden-sonuç ilişkilerini tanımlayacak basit aritmetik ifadeler kullanıldığı için *modellemesi daha kolaydır.*

- Basitliğin sonucu olarak modelin, sonuçlarının *anlaşılması daha kolaydır*. Böylece programcıyla teknik olmayan personel arasındaki iletişim kolay olmaktadır.
- *Yöneticilerin kullanımına daha uygundur*. Yöneticiler simülasyonla sistemin ani değişikliklere nasıl cevap vereceğini görebilirler. Ayrıca simülasyon programındaki tablolar ve grafikler de yöneticileri tatmin etmeye yardımcı olur.
- *Simülasyon modelinin sonuçları daha bilgilendiricidir*. Stok koşullarının zaman içindeki dinamikleri ile tedarik özetini, talep miktarını, stoktaki eksiklerini gösterir.
- **Tedarik Zinciri Yönetimi:** Tedarik zinciri yönetimi, malzeme ve ürünlerin, temel hammadde arzından nihai ürün aşamasına kadar (olası geri dönüşüm ve yeniden kullanım dahil) yönetimini kapsayan; firmaların tedarikçilerinin proseslerinden, rekabet avantajlarını destekleyecek teknoloji ve yeteneklerinden nasıl yararlanacağı üzerine odaklanan ve geleneksel işletme içi faaliyetleri, optimizasyon ve etkinlik ortak gayesi ile ticari ortaklıklar kurarak yayan bir yönetim felsefesidir (Tan vd., 1998, s.2).

Tedarik zinciri yönetiminde simülasyon modeli kullanmanın yararları şu şekildedir (Chang ve Makatsoris, 2001, s.27):

- Grafiklerle ve animasyonlarla tüm tedarik zinciri sürecini ve özelliklerini anlamaya yardım eder.
- Olasılık dağılımı kullanarak sistem dinamiklerinin kavranmasıyla kullanıcı, belirli alanlardaki beklenmeyen olayları modelleyebilir ve bu olayların tedarik zinciri üzerindeki etkisini anlayabilir.

- Planlama sürecindeki değişikliklerin riskini büyük ölçüde azaltabilir. Eğer olsaydı (what if) simülasyonu ile kullanıcı planı değiştirmeden çeşitli alternatifleri test edebilir.
- **Üretim Çizelgeleme:** Üretim çizelgeleme yapılacak işlerin başlangıç ve bitiş zamanlarını belirler. Üretim çizelgelemede simülasyonun kullanımına simülasyon tabanlı çizelgeleme denilmektedir. Bazı çizelgeleme türleri statiktir ve zamanın en başından belirlenmiştir. Bazı çizelgeleme türleri ise dinamik olarak gerçekleşir. Örneğin bir makinede işlem görmek için bekleyen bir dizi işin sıralanması gibi. Simülasyon her iki türdeki kararlar için de faydalıdır ve modelleyici tarafından belirlenen her çizelgeleme kuralını değerlendirebilir. Simülasyon çalıştırıldığında her makinedeki her işin başlangıç ve bitiş zamanını gösteren bir rapor oluşturur. Simülasyon tabanlı çizelgeleme için geliştirilen modeller şu özellikleri taşır.
  - Model başlangıçtaki durumu baz alır.
  - İşlem zamanları genellikle beklenen zamanlara dayanır.
  - Olağan üstü durumlar (makinelere bozulması gibi) göz ardı edilir.
  - Simülasyon sadece gerekli üretim karşılanana kadar çalıştırılır.
- **Gerçek Zamanlı Kontrol:** Gerçek üretim anında simülasyon bir sonraki görevin seçimi ve dinamik rota belirleme kararları gibi faaliyetler içeren gerçek zamanlı analizler yaparak imalat hücreleri ile entegre halinde çalışır. Başlangıçta model imalat hücresinin simüle edilmiş versiyonu üzerinde çalışırken sonrasında simüle edilmiş hücre bileşenlerinin yerini gerçek hücre bileşenleri alır. Hücre yönetiminde simülasyon kullanmanın üç yararı vardır.

- Simülâtörde kullanılan mantığın kontrol için yeniden kodlanmasına gerek yoktur.
- Animasyon yeteneği işlemlerin yerleşim üzerinde izlenmesine olanak sağlar
- Performansın seçilmiş ölçütleri üzerinde istenen istatistikleri sağlar.





## 4. BÖLÜM : PROMODEL İLE SİSTEM MODELLEME

ProModel, özellikle üretim sistemlerinin benzetiminde kullanılan, kesikli ve sürekli olay modellemesi yapabilen, kullanımı ve öğrenmesi kolay, bütün Microsoft Windows platformlarında çalışan bir benzetim (simülasyon) yazılımıdır.

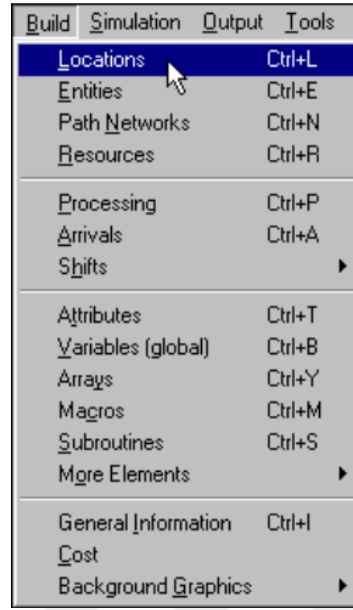
Daha çok kesikli üretim sistemlerinin modellenmesini amaçlayan bir kesikli olay simülatörü olan ProModel, mühendisler ve yöneticilere gerçek sistemi oluşturmak için gerekli zamanı ve kaynakları sarf etmeden önce fikirlerini test etmek için bir fırsat sağlar. ProModel kaynak kullanımı, üretim kapasitesi, verimlilik ve stok düzeyleri gibi konular üzerinde durmaktadır. ProModel bir üretim sisteminin kaynak kullanımı, sistem kapasitesi ve üretim çizelgelemesi gibi önemli unsurlarının modellenebilmesini, en iyi sonucu elde etmek için farklı stratejilerin ve tasarımların deneyimlenmesini mümkün kılmaktadır (ProModel Tutorial,s.7)

ProModeli ait modelleme öğeleri modellenen sistemin fiziksel veya mantıksal birleşenlerini temsil etmeyi sağlar.

### 4.1. Modelleme Öğeleri

#### ▪ Lokasyonlar (Locations)

Lokasyonlar sistemdeki parçaların işlendiği, depolandığı veya bir sonraki rota tespiti için karar verildiği sabit yerlerdir (örneğin makineler, kuyuklar, stok alanları, iş istasyonları, depolar gibi). Lokasyonlar tek bir yerle (örneğin tek bir makine) veya çok birimli yerlerle (örneğin bir grup benzer makine) ilgili olabilir (Harrell vd., 2004, s.177).

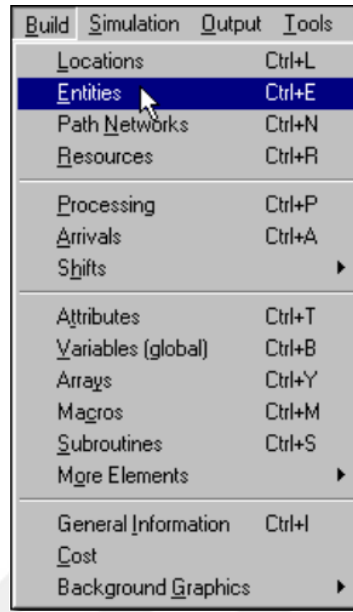


**Şekil 17:** Lokasyon Öğesinin Ana Menüde Görünümü

Lokasyonların birden fazla kapasitesi olabilir ve vardiya değişimleri, kullanım süresi (takım aşınması), kullanım sıklığı (her n döngüsünden sonra bir dağıtıcı değiştirmek), malzeme değişimi (makine hazırlık zamanı) gibi periyodik duruşlara veya kullanıcı tarafından tanımlanmış herhangi bir koşula göre belirlenebilir. Lokasyonlar girdi veya çıktı kurallarına (FIFO, LIFO veya kullanıcı tanımlı) göre de atanabilir. Birden fazla kapasitesi olan lokasyonlarda girdi kuralları işleme girecek bir sonraki varlığı belirlemek için kullanılırken çıktı kuralları varlıkları sıralamak için kullanılır (Harrell ve Price, 2003, s.176).

- **Varlıklar (Entities)**

Parçalar veya varlıklar sistemde işlem gören birimleri ifade eder. Bunların içinde hammaddeler, yarı mamuller veya bitmiş ürünler olabilir. Aynı tür veya farklı tür varlıklar tek bir varlık oluşturacak şekilde birleştirilebilir, iki ya da daha çok varlığa bölünebilir veya bir ya da daha fazla yeni varlık türüne dönüştürülebilir (Benson, 1997, s.589).

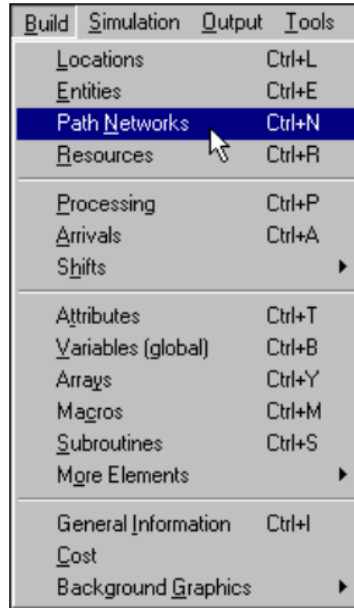


**Şekil 18:** Varlık Ögesinin Ana Menüde Görünümü

Varlıkların karar verme sürecinde test edilebilen veya özel istatistikleri elde etmek için kullanılan özellikleri olabilir. Varlığın grafiği animasyon esnasındaki fiziksel değişimleri gösteren bir işlemin sonucu olarak değiştirilebilir (Harrell ve Price, 2003, s.177).

- **Yol Ağı (Path Network)**

Yol ağları opsiyoneldir ve sistem içinde hareket edebilecek varlıklar ve kaynaklar için olası yolları belirler. Yol ağları yol parçalarını birbirine bağlayan düğümlerden oluşur. Çoklu yol ağları aynı ağı paylaşabilen bir ya da daha fazla kaynak veya varlık için tanımlanabilir. Yol ağı boyunca hareket mesafe, hız veya zaman cinsinden tanımlanabilir. Yol mesafeleri kullanıcı tarafından belirlenen tesis ölçeği üzerinde otomatik olarak hesaplanmaktadır.



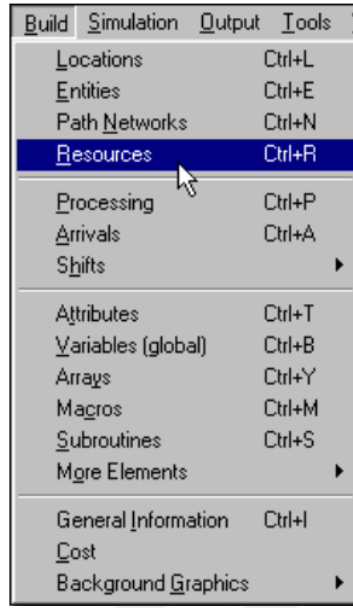
**Şekil 19:** Yol Ağı Ögesinin Ana Menüde Görünümü

Geçişli, geçişsiz ve vinç olmak üzere üç tip yol ağı vardır. Geçişli ağlar varlıkların ve kaynakların birbirini geçebilecek şekilde hareket etmekte özgür olduğu açık ağlar için kullanılır. Geçişsiz ağlar tek sıralı yollardan oluşur. Vinç ağları vinç köprüleri için işletim zarflarını ve arayüz noktalarını tanımlar (Harrell ve Price, 2003, s.177).

▪ **Kaynaklar (Resources)**

Bu bölümde simülasyon süresince kullanılacak kaynaklar tanımlanır. Bir kişi, bir alet, bir araç veya başka bir nesne kaynak olarak tanımlanabilir. Kaynaklar şu amaçlar için kullanılabilir (Harrell ve Price, 2003, s.177):

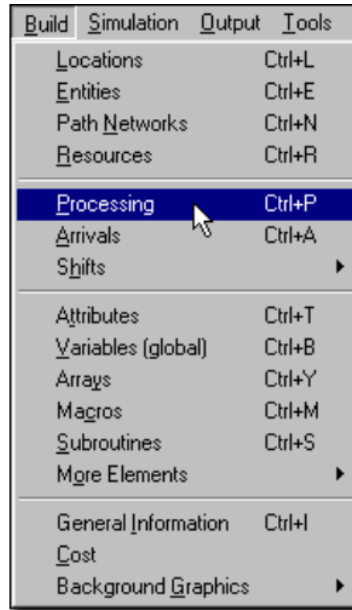
- Rotalanmış yerler arasında malzeme taşınması,
- Herhangi bir lokasyonda malzemelerin işleme tabi tutulmasını gerçekleştirmek,
- Bir lokasyona veya bozulmuş bir kaynağa bakım yapmak.



**Şekil 20:** Kaynaklar Ögesinin Ana Menüde Görünümü

- **İşleme/Rotalama (Processing/Routing)**

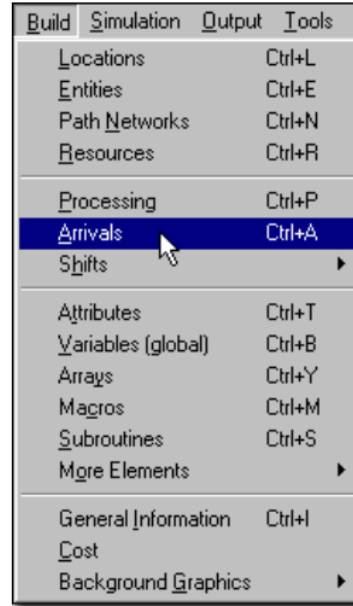
Bu öge varlıkların rota dâhilinde yer alan lokasyonlar arasındaki işlem sırasını ve akış mantığını tanımlar. Bu öge ile lokasyonlardaki işlem ya da hizmet zamanı, kaynak ihtiyacını, işlem yapma mantığını, girdi/çıkı ilişkilerini, rotalandırma koşullarını ve hareket zamanını veya gerekliliklerini tanımlamak mümkündür (Harrell ve Price, 2003, s.177).



**Şekil 21:** İşleme Öğesinin Ana Menüde Görünümü

- **Gelişler (Arrivals)**

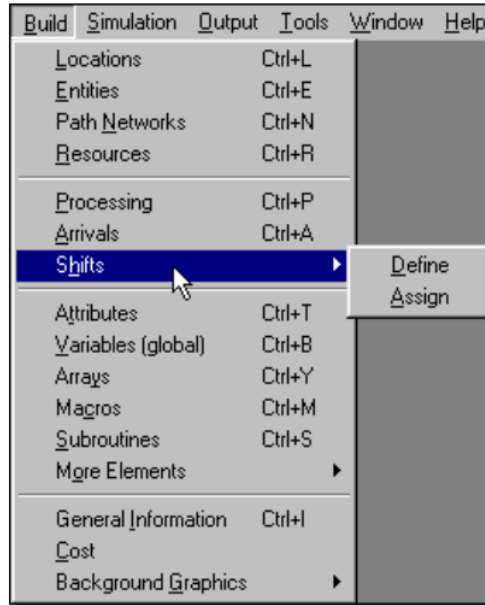
Deterministik, koşulsal veya stokastik gelişler bu öğe kullanılarak modellenebilir. Bağımsız çizelgelenen gelişler tekrar edilen işlemlere göre simüle edilebilir ve üretim çizelgeleri bağımsız gelişleri kullanarak modellenebilir. Üretim çizelgesi veya geliş verileri gibi dışardan alınan dosyalar gelişler öğesi ile ProModel'e dâhil edilebilir. Geliş zamanlarını ve sayılarını tanımlamak için yerleşik dağılımlar, kullanıcı tarafından belirlenmiş dağılımlar veya elektronik tablo verileri kullanılabilir.



**Şekil 22:** Gelişler Ögesinin Ana Menüde Görünümü

- **Vardiyalar/İş Çizelgeleri (Shifts /Work Schedules)**

ProModel'in vardiya ögesi ile özel çalışmalarını ve molalarını tanımlamak mümkündür. Çalışma ve mola çizelgeleri zaman/gün ve gün/hafta bazında grafik olarak tanımlanır. Daha sonra kaynaklar ve lokasyonlar belirli bir vardiya çizelgesine atanır. Bunun yanı sıra kullanıcı ortaya çıkan değişikliklere göre vardiya ve molaların mantığını değiştirebilir.

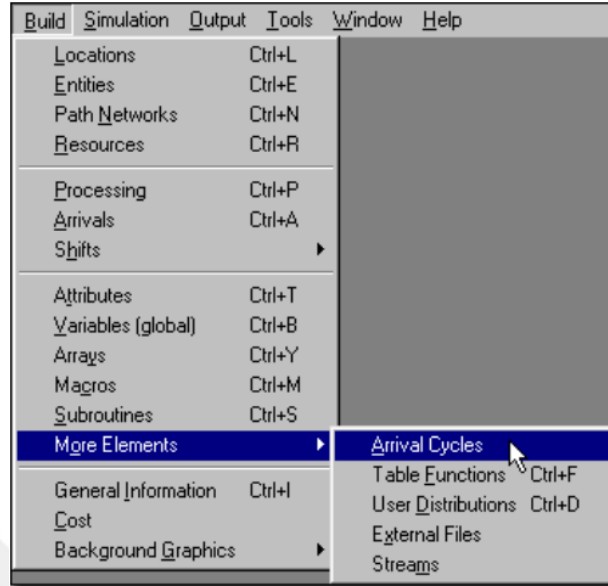


Şekil 23: Vardiyalar Ögesinin Ana Menüde Görünümü

#### 4.2. Ek Modelleme Öğeleri

ProModel özel bir kararı veya işlem mantığını tanımlamak için ek modelleme öğelerini kullanma imkânı vermektedir. Bu öğeler değişkenler, nitelikler, fonksiyonlar, kullanıcı tanımlı dağılımlar ve maliyetlendirme gibi öğelerdir. Kullanıcı tarafından tanımlanabilen bu öğelere 80 karaktere kadar bir uzunlukta isim verilebilir.





Şekil 24: Ek Modelleme Öğelerinin Ana Menüde Görünümü

- **Değişkenler (Variables)**

Değişkenler karar vermede ve istatistiki rapor oluşturmada kullanılmaktadır. Bir değişkenin değeri zaman içinde izlenir ve zaman serisi grafiği veya histogram olarak simülasyon sonunda görüntülenebilir. Değişkenler tamsayı veya reel sayı ile ifade edilebilir. Yerel değişkenler model mantığını tanımlarken kolaylık sağlar (Harrell ve Price, 2003, s.178).

- **Nitelikler (Attributes)**

Nitelikler bir varlık ya da yere atanan değerlerdir. Nitelikler belirli varlıklar ya da lokasyonlar hakkında sayısal bilgiler içerir. Nitelikler kullanıcı tarafından reel veya tam sayı olabilen alfa numerik isimler ve sayısal değerler olarak atanır. Bu öğe ortalama önceliği, varlık hızı, konveyör hızı veya varlık model numarası gibi bilgileri içermektedir (Harrell ve Price, 2003, s.177).

Varlık ve lokasyon nitelikleri varlık hızı geliş mantığı, işlem mantığı, hareket mantığı, lokasyon kuralı olarak gelen varlıkların seçimi için minimum veya maksimum nitelikler, rotalama sayısı, hedef önceliğini belirleme, duruş zamanı mantığı gibi nitelikleri kapsamaktadır (Promodel Tutorial,s.225-26).

- **Diziler (Arrays)**

Çoklu değerleri temsil eden değişkenlerden oluşan bir matris olup tek ya da çok boyutlu olabilir. ProModel ile Excel tablolarından dizi olarak doğrudan veri alınabilir. Böylece veri doğruluğu artırılmış olmakta, ayrıca verilerin güncel tutulması da kolaylaşmaktadır (Harrell ve Price, 2003, s.178).

- **Makrolar (Macros)**

Bir makro bir defa için oluşturulan ve mantıksal bir durumun (işleme, çizelgeleme veya duruş zamanları gibi) bir parçası olarak birden fazla kullanılan karmaşık bir ifade ya da ifade dizisidir. Makrolar modelde aynı mantığını tekrarlanıyorsa oldukça yararlıdır (Harrell ve Price, 2003, s.178).

- **Altyordam (Subroutines)**

Altyordam çağrıldığında model mantığı için veri sağlayan ve tamamlandığında isteğe bağlı olarak değerlerin geri bildirimini alılabildiği kullanıcı tanımlı bloklardır. Model içinde çeşitli yerlerde yapılan karmaşık işlemleri tek bir altyordamla tanımlamak daha uygun olacaktır (Harrell ve Price, 2003, s.178).

- **Geliş Çevrimleri, Tablo Fonksiyonları ve Kullanıcı Tanımlı Dağılımlar**

Kullanıcı, isteği doğrultusunda geliş çevrimlerini, tablo fonksiyonlarını ve dağılımları tanımlayabilir (Harrell ve Price, 2003, s.178).

- **Harici Dosyalar (External Files)**

ProModel'in en çok fayda sağlayan özelliklerinden biri olan bu öge harici dosyalardan veri almayı veya verileri hariç dosyaya yazma imkânını tanır. Örneğin işlem zamanları Excel dosyasından kolayca alınıp programa tanıtılabilir (Harrell ve Price, 2003, s.178).

- **Akışlar (Streams)**

Bir akış rasgele sayıların bağımsız çevrimlerinin sıralamasıdır. Akışlar dağılımlar ile bağlantılı olarak kullanılır. Modelde 100'e kadar akış kullanılabilir. Bir akış seçilmiş dağılımdan örnekleme yapmak için kullanılan 0-1 arasında rasgele sayı üretir. Akışın varsayılan değeri 1'dir ve eğer çoklu tekrarlar varsa tekrarlar arasında sıfırlanmaz. Akışın varsayılan değerini değiştirmek veya yinelemeler arasında sıfırlanmasını sağlamak da mümkündür (ProModel User Guide,s.266).

### 4.3. ProModel'in Diğer Öğeleri

- **Maliyetlendirme**

Bu özellik ile kullanıcı sistem hakkındaki kararlarını, maliyetleri baz alarak verebilir. Kullanıcı modelin çalışması esnasında lokasyonlarla (bir lokasyonda işlem yapma maliyeti) varlıklarla (işlem görülen her lokasyonun, kullanılan kaynağın ve varlığın başlangıç maliyeti) ve kaynaklarla (kaynağı kullanma veya kullanmama maliyeti) ilgili tüm maliyetleri izleyebilir. Buna ek olarak çalışma sonunda otomatik oluşturulan genel istatistik raporu maliyet istatistiklerini de içermektedir (Harrell ve Price, 2003, s.178).

- **Grafikler**

ProModel'de grafikler gerçekçi olup oluşturulması kolaydır. Görsel olarak gerçekçi bir animasyon mühendislerle yöneticiler arasındaki iletişime olumlu katkı yapar. Programın içinde çok çeşitli grafikler mevcuttur. Grafikler üzerinde değişiklikler yapmak (renk, ölçek vs.) mümkündür. Program başka grafik paketlerinden çizimleri de kullanma imkânı da tanımaktadır (Harrell ve Price, 2003, s.178).

- **Senaryolar ve Çalıştırma Ara yüzü**

Çalıştırma ara yüzü doğrudan model verisini değiştirmeden seçilmiş model parametreleri (kapasiteler, işlem zamanları gibi) üzerinde değişiklik yapmayı kolaylaştırır. Aynı zamanda öngörülen senaryoların tanımlanması ve simüle edilme imkânını sağlar (Harrell ve Price, 2003, s.178-79).

- **Simülasyonun Çalıştırılması ve Animasyon**

Model istenilen zaman kadar ya da tüm varlıkların işlemi bitene kadar çalıştırılabilir. Çoklu tekrarlanmalar ayrıca belirtilebilir. Modeller animasyonla veya animasyon olmadan çalıştırılabilir. Animasyon her farklı büyüklüğünde iyi bir çözünürlük sağlar. Programın animasyon ekranı görsel bir ekran olduğu için hızı bilgisayarın işlemcisine bağlıdır (Harrell ve Price, 2003, s.179).

- **Çıktı Raporları**

Kullanıcılar her bir kaynak, lokasyon, varlık veya değişken için istedikleri istatistikleri seçerek çıktı raporlarını özelleştirebilirler. İstatistikler bir Excel tablosu veya otomatik olarak dönüştürülmüş olan Access veri tabanı tablosu halinde saklanabilir. Raporlar diğer programlarda kullanılabilir ve çıktısı alınabilir (Harrell ve Price, 2003, s.179).

## 5. BÖLÜM : LİTERATÜR ÖZETİ

İmalat sistemlerini modellemek için çeşitli simülasyon programlarından yararlanıldığı görülmektedir. Ancak çalışmanın bu kısmında sadece mevcut çalışmada da kullanılan ProModel programı ile yapılmış çalışmalara yer verilecektir.

### 5.1. Yerli Çalışmalar

Uner vd. (2005) lastik imalat fabrikasında yaptıkları çalışmada, akış tipi bir üretim sisteminde yüksek seviyede iş gücü kullanarak, fazla miktarda ara-stokla taşıma yapan forkliftler yerine otomatik konveyör sistemleriyle tek yönlü, operatörsüz taşıma yapabilen bir sisteme geçişi, ProModel 2002 simülasyon paket programı kullanarak analiz etmişler ve alternatif tasarımların performans kriterlerine göre istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılması yapmışlardır.

Yörür (2005) tedarik zinciri yönetiminin ürün teslim zamanları üzerinde yaptığı etkiyi gösterebilmek amacı ile bir tedarik zinciri ağı tasarlanmıştır. Tasarlanan tedarik zinciri temel olarak bir fabrika, üç ana depo ve bir müşteriden oluşmaktadır. Zincir bilgisayar ortamında ProModel 4.22 benzetim programı ile modellenerek iki şekilde ele alınmıştır. Sonrasında bu iki alternatif karşılaştırılmıştır.

Denizhan (2006) alçak gerilim şalt cihazları üreticilerinden biri olan bir işletmede elektrik ürünlerinden iki adetini kapsayan çalışmada ProModel ile benzetim yaparak ara stokları ve çevrim süresini azaltarak teslim tarihi performansını artırmak için önerilerde bulunmuştur.

Karaca (2007) bir panel mobilya imalatı gerçekleştiren fabrika için imalat hattının ProModel 6.0 simülasyon diliyle mevcut sistemin modellenmesi gerçekleştirilmiştir. İmalat hattındaki iş istasyonlarının kapasite kullanımı, boş kalma

oranları, bekleme zamanları vb. istatistikler elde edilerek kritik iş istasyonları ve makineler tespit edilerek mevcut sistem analiz edilmiş ayrıca muhtemel değişikliklerin sistem üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Gürler ve Güler'in (2009) yaptıkları çalışmada Manisa Organize Sanayi Bölgesinde Kurulu bulunan ve otomotiv ana sanayi için aktarma organları üreten bir yan sanayi firmasında işletmelerin amaçlarına uygun teknoloji seçimine katkıda bulunmak ve teknolojinin süreçlere ne gibi katkı sağlayacağını öngörümünü sağlamak için ProModel 7.0 programı kullanılmıştır.

Aksaraylı vd.'nin (2009) İzmir'de hizmet veren bir eğitim ve araştırma hastanesi üroloji kliniğinde yaptıkları çalışmada ProModel bilgisayar programı aracılığıyla güçlü bir karar destek aracı olan benzetim modellemesi ile bir model tasarımı geliştirilmiştir.

Çalışmada hastaların bekleme zamanlarına negatif etkileri olan kritik faktörleri belirlemek ve en iyi modeli elde etmek için alternatif senaryolar geliştirilmiştir. Alternatif modellerinin ayrıntılı analizi sonunda, hastanenin sınırlı yatak sayısının temel faktör olduğu sonucuna varılmıştır.

Güler (2010) tekstil makineleri için yedek parça üreten bir işletmede değişim mühendisliği uygulamalarındaki başarısızlığın nedenlerini görmede bir öngörü sağlanması amacıyla ProModel 7.0 simülasyon programını kullanmıştır. Çalışmanın yapıldığı işletmenin süreçleri ile ilgili karar alternatifleri analiz edilerek öneriler geliştirilmiştir.

Çörekçioğlu ve Sezen (2011) Tefaş A.Ş. otomotiv yan sanayi işletmesinin pres sac üretim sisteminde yaptıkları çalışmada ProModel 4.22 simülasyon programı

kullanarak üretim sistemini modellemişler, gerçek ve alternatif sistem arasındaki farkları karşılaştırarak yorumlayıp çıkan sonuçlara göre önerilerde bulunmuşlardır.

Karabay ve Kurumer (2011) bir hazır giyim işletmesinde yaptıkları çalışmalarında, sipariş üzerine en fazla kullanılan kumaş türleri için sürekli sipariş modeli önermişlerdir. Önerinin çalışma şekli ProModel 7.5 simülasyon programı ile test edilmiştir. Denemeler sonucunda önerilen sistemle kumaş tedarik süresinde istatistiksel olarak önemli bir düşüş sağlanmıştır. Taşıma ve sipariş verme maliyetlerinde sağlanan azalma ile önerilen sistemin toplam maliyetinin mevcut çalışma sisteminin maliyetinden daha düşük olduğu görülmüştür.

Aksaraylı ve Akbel (2011), bir makine yedek parça üreticisinde yaptıkları çalışmanın amacı imalat sistemindeki kullanım oranlarını artırmak ve dar boğazları tespit ederek üretim maliyetlerini düşürmek böylece imalat süreçlerini optimize etmektir. Bu amaçla fabrikanın üretim hattını modellemek için ProModel simülasyon programından yararlanılmıştır. Simülasyon modelinin kullanılmasıyla sistemdeki parametrelerin (çevrim süreleri, parti büyüklükleri gibi) etkileri test edilerek öneriler geliştirilmesine yardımcı olunmuştur.

## **5.2. Yabancı Çalışmalar**

Dewsnup ve Bollenbach (1995) çalışmalarında Promodel ile AGV sistemlerinin modellenmesini tartışmışlardır. Minimum çaba ile iyi sonuçlara ulaşmak için kullanılması gereken ve dikkat edilmesi gereken metot ve teknikleri sunmuşlardır.

Choi, Kumar ve Houshyar (2002) çalışmalarında motor blokları üreten bir fabrikada darboğazı bularak, makine performanslarını hesaplayarak, çevrim zamanlarını bularak etkili bir üretim kontrol sistemi geliştirmek istediklerini ve bu geliştirme

sürecinde ProModel programını kullandıklarını anlatmışlardır. Gerçek sistemden alınan veriler ışığında sistemin darboğazı ve makine performansları ProModel ile hesaplanmış ve daha iyi bir sistem geliştirmek için değişik senaryolarla sistem çalıştırılmıştır.

Qui vd. (2002) yarı iletken levha üreten bir işletmede yaptıkları çalışmada levha üretimini ProModel yazılımı yardımıyla modelleyerek farklı girdi değişkenlerinin çevrim zamanı, işlem süreleri ve kullanım oranları gibi seçilmiş parametreler üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Girdi değişkenleri olarak geliş dağılımları, parti büyüklükleri, duruş zamanları alınmıştır.

Ramesh vd. (2009) çalışmalarında yalın imalat özellikleri ile tek parça yalın hat için önerilerde bulunmuşlardır. Bir pompa imalat işletmesinde yapılan çalışmada tesisi iyileştirmek için ProModel ile birlikte VISIO 2007 de kullanılmıştır. Çalışma sonunda mevcut akıştaki boşluklar belirlenmiş ve tek parça yalın hatlı bir tasarım önerilmiştir.

Selveraj'ın (2009) yaptığı çalışmanın amacı genişletilmiş kanban kontrol sistemlerinde üç farklı talep sıklığında ve ana işlem süresini sabit tutarak optimum sayıda kanban belirlemektir. Üç imalat aşamalı tek bir hatta akış tipi üretim olduğu varsayılmıştır. İmalat sistemi bir ağ diyagramı olarak kesikli bir simülasyon yazılımı olan ProModel kullanılarak modellenmiştir. Üç farklı talep geliş oranı olan genişletilmiş kanban kontrol sistemlerindeki optimum kanban sayısı belirlenmiştir.

Kim vd. (2010) amacı bir simülasyon yaklaşımı kullanılarak geleneksel çift uçlu kuyruk modellerini genişletmek olan bir çalışma yapmışlardır. Geleneksel çift uçlu kuyruk modelleri bir tedarik kuyruğunun bir talep kuyruğunu anlık eşleştirme yoluyla karşılaşması gerektiğini varsaymaktadır. Ayrıca gelişler arası sürenin üssel bir dağılımda oldukları ve sisteme gelişlerinin bir kerelik oldukları varsayılmaktadır. Gerçek



sistemlere pek uygun olmayan geleneksel sisteme çeşitli önerilerle katkıda bulunulmuştur. Gerçekleşen performans ölçütlerinin duyarlılık analizleri ProModel ve SimRunner ile yapılmıştır.

Al-Tahat vd. (2012) kanban kontrollü bir seri üretim hattında malzeme akışını kontrol ve senkronize etme yöntemleri üzerinde durmuştur. Üretim hattı bir kuyruk modeli olarak tanımlanmış daha sonra ağ, tek aşamalı alt üretim hatlarına ayrılarak dinamik programlama ile analiz edilmiştir. Sonuçların geçerliliği ProModel 6.0 ile simüle edilmiş ve çalışma sonunda üretim aşamaları müşteri talebi ile senkronize edilmiştir.

## **6. BÖLÜM : BİR OFİS MOBİLYASI ÜRETİM SİSTEMİNİN SİMÜLASYON İLE ANALİZİ VE OPTİMİZASYONU**

Bu bölümde öncelikle uygulama yapılan işletmenin kısa bir tanıtımına ve sonrasında ise mevcut durumun değerlendirilmesine ve tespit edilen problemlere yönelik senaryolara yer verilmiştir.

### **6.1. Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtılması**

Bu çalışma Amasya'nın Merzifon ilçesinin Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren bir tesiste yapılmıştır. İşletme ofis mobilyaları alanında panel mobilya üretimi yapmaktadır. 1985 yılında Amasya'da kurulan fabrika sahası daha sonra yatırımlarına devam ederek 2010 yılında Merzifon ilçesine taşınmıştır. Mevcut tesis toplamda 10.000 m<sup>2</sup>'si kapalı olmak üzere 20.000 m<sup>2</sup> alan üzerine kuruludur. İşletme üretmiş olduğu ürünleri kendi mağazaları ve bayiler aracılığı ile satmaktadır. İşletme aynı zamanda otel, hastane gibi alanların ihtiyaçlarını karşılamak için proje bazlı çalışmalar da yapmaktadır. Devlet Malzeme Ofisi'ne de kayıtlı olan işletme buradan resmi kurumların siparişlerini de almaktadır. Son yıllarda yapmış olduğu yatırımlarla ihracata da ağırlık veren işletme Hindistan, Libya, B.A.E. ve Suriye gibi ülkelere ihracat yapmaktadır.

Toplamda 105 çalışanı ile faaliyetleri sürdüren işletmenin üretim bölümü haftada 5 gün 08:00-18:00 saatleri arasında çalışmaktadır. İşletme stok miktarlarını düşük tutmak amacıyla müşterilerden gelen siparişleri belirli periyotlarda toplayarak üretim yapmaktadır. Gelen siparişlerin adet ve özelliğine göre 3-7 iş günü içerisinde üretilerek sevkiyatlarının yapılması planlanmaktadır. Üretilen ürünlerin hemen hemen hepsi demonte olarak paketlenmektedir. Bu şekilde paketleme ürünlerin paket hacimlerini küçültmekte ve nakliyede maliyetleri düşürmektedir.

## 6.2. Mevcut Durum

Genel olarak tesiste prosese göre yerleşim mevcuttur. Ancak aynı işi yapan makineler bir arada tutulurken oluşan bu gruplar belli bir iş akışı göz önünde bulundurularak sıralanmıştır. Böylece hem esneklik sağlanmaya çalışılmış hem de taşıma maliyelerinin azaltılması öngörülmüştür. Üretimde kullanılan temel malzeme plakalar halinde satın alınan yonga levhalardır. En çok kullanılan diğer temel malzemeler ise kenar bandı (PVC), metal olan masa ayak ve perdeleri, dolap ve masa camlarıdır. Bunların dışında parasal olarak yüksek meblağlar tutmayan bağlantı elemanları, aksesuarlar, kilit, karton ve strafor köpük de kullanılmaktadır.

Fabrikanın kullandığı temel malzeme olan plaka halindeki melamin kaplı yonga levhaları kesmek için 2 adet çoklu kesim makinesi mevcuttur. Kesilen parçaların kenar yüzeylerinin işlenmesi için de 2 adet kenar bantlama makinesi vardır. Kesim makinelerinde istenilen ebatlarda kesilen parçalara, bazı ürünleri oluşturmak için eğrisel şekiller vermek gereklidir. Bunun için 2 adet CNC işlem merkezi bulunmaktadır. Ayrıca delik delme işlemlerini gerçekleştiren 2 adet de çoklu delik makinesi vardır. Bunun dışında kesilen parçaların istiflendiği büyük bir ara stok alanı, 5 adet işlem istasyonu ve paketleme lokasyonu vardır. Sistemde panel ofis mobilyasını oluşturan parçalar, makineler ve lokasyonlar arasında rulolu konveyörler ve paletler vasıtasıyla taşınmaktadır.

Üretim yapılan sistemde bulunan iş lokasyonlarında yapılan faaliyetler ve iş akışlarını kısaca açıklayacak olursak;

**Kesim Bölümü:** Bu bölümde melamin kaplı yonga levhaların istenilen ölçülerde kesilmesini sağlayan iki adet makine bulunmaktadır. Levhalar stok alanından bu makinelere forklift yardımıyla getirilmektedir. Makinenin bir tanesinde asansör sistemi

mevcuttur. Forklift getirdiği levhaları makinenin arka tarafında bulunan bu asansöre bırakarak makineye levha yüklemesini gerçekleştirmiş olur. Diğer makinede ise asansör yoktur ve levhaların yüklenmesi çalışanlar tarafından elleri ile gerçekleştirilir. Her iki makinenin markası da MACMAZZA'dır. Asansörlü makinenin kesim kapasitesi günde (tek vardiya) 900-1200 m<sup>2</sup>, diğer makinenin ise 800-1000 m<sup>2</sup>'dir.

***Kenar Yüzeyi İşleme Bölümü:*** Bu bölümde, kesim bölümünde istenilen ölçülere getirilen parçaların kenarlarına gerekli işlemlerin yapıldığı 2 adet makine bulunmaktadır. Bu makineler parçaların kenar yüzeylerine PVC kenar bandını özel tutkal ile yapıştırmaktadır. Kenar bantları parçanın kalınlığına ve kullanım yerine göre farklı enlerde ve kalınlıklarda olabilmektedir. Bu makineler aynı zamanda parçalara gerekli durumlarda kanal da açabilmektedir. HOMAG markalı makinenin kapasitesi 800-1000 m<sup>2</sup> iken IDM markalı makinenin kapasitesi 700-900 m<sup>2</sup>'dir.

***CNC İşlem Merkezi Bölümü:*** Bu bölüme gelen parçalara CNC işlem merkezleri aracılığı ile eğrisel şekiller verilir. İşlem merkezlerindeki bilgisayarlarda istenilen ürünün teknik resimleri mevcuttur. Bu resimler tanımlandıktan sonra kesim aparatları parçalara uygun açılarda yaklaşarak istenilen şekli verir. Daha sonra işlem merkezinde bulunan başka bir istasyon da parçanın kenarlarına PVC kenar bandını yapıştırmaktadır.

***Delme İşlemi Bölümü:*** Bu bölümde istenilen ölçülere kesilen ve gerekli kenar yüzeyi işlemleri yapılan parçaların monte edilebilmeleri için delme işlemlerinin yapıldığı 2 adet makine bulunmaktadır. Bu makinelerden biri 800-1000 m<sup>2</sup> işlem kapasitesine sahipken, diğeri 700-900 m<sup>2</sup> işlem kapasitesine sahiptir.

***Ara Stok Lokasyonu:*** Bu alanda makinelerde bütün işlemleri biten montaja hazır parçalar stoklanmaktadır. Montaj masalarının bulunduğu işlem istasyonlarına parçalar

bir ürünü oluşturacak şekilde gruplanarak gitmektedir. Bütün parçalar aynı anda hazır olup işlem istasyonlarına gidemeyeceği için makinelerde işi biten parçalar bu alanda bekletilmektedir. Bu arada bu bölümde çalışanlar gelen siparişlere göre montaj masalarının ihtiyaç duyduğu parçaları toparlayarak bir araya getirirler. Ürünü oluşturabilecek bütün parçalar geldiğinde belli parti büyüklüklerinde hazırlanarak montaj masalarına transfer edilirler.

***İşlem İstasyonu:*** Bu alanda 5 adet montaj masası ve bu masalarda çalışan ustalar bulunmaktadır. Bu bölümdeki ustalar, gelen siparişlere göre planlamanın kendilerinden istediği ürünleri hazırlamaktan sorumludurlar. Ürünlerin hazırlanması parçaların kontrolü, bazı bağlantı elemanlarının takılması, partiden alınan parçalardan örnek bir numunenin kurulması ve kontrolü gibi işlemleri içermektedir. Bu işlemler bittikten sonra ürünleri oluşturan parçalar sayıları kontrol edilerek üst üste konur ve konveyör vasıtasıyla paketleme birimine gönderilir. Komodin ve benzeri ürünler hariç diğer tüm ürünler demonte olarak paketleme birimine gönderilmektedir.

***Paketleme Bölümü:*** Bu bölümde çalışanlar ilk önce konveyörden gelen parçaları alarak temizlerler. Daha sonra paketleme kurallarına göre parçaları üst üste koyarak kartonların içerisine yerleştirirler. Bu bölümde paketlerin içerisine gerekli montaj elemanları, aksesuarlar, montaj kılavuzları ve garanti belgeleri de ilave edilmektedir. Bu bölümde aynı zamanda paketlenen ürünler tartılır ve gerekli etiketler paketlerin üzerine yapıştırılır.

### **6.3. Simülasyon İçin Kullanılan Ürünler ve Parçalar**

Fabrikada çeşitli tiplerde ofis mobilyaları üretilmektedir. Ancak bu çalışmada genel olarak en çok üretilen 15 model seçilmiştir. Seçilen modellerin teknik resimleri Ek A'da yer almaktadır. Söz konusu ürünler belirli modellerdeki masa, etajer, sehpa,

dolap ve komodin tipleridir. Üretimde kullanılan melamin kaplı yonga levhaların ölçüsü 3,66x1,83 m.'dir. İmalatı yapılacak ürüne göre bu yonga levhanın kalınlığı değişmektedir. Masa üretimi için 30 mm kalınlığında yonga levha kullanılırken, dolap ve komodin üretimi için 18 mm kalınlıkta olanlar kullanılır. Ayrıca dolap ve komodinlerin arka yüzeylerini kapatmak için 8 mm kalınlığındaki yonga levhalar da kullanılmaktadır. Aşağıdaki tabloda seçilen ürünleri oluşturan parçaların ölçüleri ve kullanım miktarları belirtilmiştir.



**Tablo 7: Ürün Reçeteleri**

<b>Komodin-1</b>				<b>Etejer-1</b>			
Parça	Adet	Ölçü (cm)	L/P <sup>1</sup>	Parça	Adet	Ölçü (cm)	L/P
Yan	2	64*48	15	Üst	1	90*55	12
Üst	1	48*37	28	Ayak	2	60*45	24
Alt	1	48*40	28	Dikme	2	12*45	80
Arkalık	1	62*39	20	Perde	1	75*30	24
Alınlık	3	21*40	68	Klavye	1	73*40	20
Çekmece Altı	3	40*34	45				
<b>Sehpa-1</b>				<b>PC Masası</b>			
Üst	1	50*50	21	Üst	1	90*60	12
Ayak	2	35*40	40	Ayak	2	71*50	15
<b>Komodin-2</b>				Orta Tabla	1	71*50	15
Yan	2	48*43	28	Alt Tabla	1	27*50	36
Üst	1	41*45	32	Klavye	1	54*35	30
Alt	1	43*40	32	Perde	1	57*35	30
Arkalık	1	48*39	28				
Alınlık	3	16*40	88				
Çekmece Altı	3	40*34	45				
<b>Yan Kol</b>				<b>Masa-2</b>			
Tabla	1	80*50	12	Üst	1	160*60	6
<b>Komodin-3</b>				Ayak	2	70*60	15
Yan	2	48*43	28	Fon	1	161*25	14
Üst	1	41*45	32	Perde	1	145*40	8
Alt	1	43*40	32	<b>Masa-3</b>			
Arkalık	1	48*39	28	Üst	1	201*91	2
Alınlık	3	16*40	88	Üst Altı	1	201*91	2
Çekmece Altı	3	40*34	45	Ayak	2	70*60	15
<b>Masa-1</b>				Perde	1	153*45	8
Üst	1	180*90	4	Çıta	4	70*15	60
Ayak	2	60*80	12	<b>Sehpa-3</b>			
Dikme	2	12*80	60	Üst	1	61*51	18
Perde	1	164*25	14	Üst Altı	1	61*51	18
Perde çıta	1	164*12	28	Ayak	2	40*35	45
<b>Sehpa-2</b>				Orta Tabla	1	47*35	35
Üst	1	60*50	18	<b>Masa-4</b>			
Ayak	2	30*40	48	Üst	1	160*80	4
				Ayak	2	70*60	15
				Perde	1	145*40	8
<b>Etejer-2</b>				<b>Dolap</b>			
Üst	1	100*60	9	Üst	1	80*38	16
Üst Altı	1	100*60	9	Alt Tabla	1	80*35	20
Ayak	2	70*45	20	Raf	4	77*33	20
Perde	1	73*45	20	Yan	2	175*35	10
Çıta	4	70*15	60	Arkalık	1	177*79	4
Klavye	1	71*35	25	Kapak	2	72*40	20

Ofis mobilyası imalat sisteminin simülasyonu için taleplere ilişkin verilere gereksinim vardır. Ancak çalışmanın yapıldığı ofis mobilyası fabrikasından bu bilgilerin

<sup>1</sup> L/P: Bir yonga levhadan çıkan ilgili parça adeti

işletme için önemli bilgiler olduğu gerekçesiyle gerçek talepler elde edilememiştir. Yapılan üretim sahası incelemeleri ve üretim planlama departmanının vermiş olduğu bilgiler doğrultusunda tahmini talep miktarları oluşturularak sisteme eklenmiştir. Buna göre oluşturulan modelde aşağıda belirtilen miktarlarda ürünlerin sisteme girmesi sağlanmıştır. Burada sisteme gelişlerin aynı miktarlarda 2 sefer gerçekleştiği varsayılmıştır. Birinci seferdeki ürünler ile ikinci seferdeki ürünlerin renkleri farklı olabilir. Bu da daha gerçekçi bir modelleme oluşmasını sağlamaktadır.

**Tablo 8:** Sisteme Giren Ürünler ve Temsili Talep Miktarları

Sıra	Ürün	Adet	Toplam Adet
1	Komodın-1	60	120
2	Sehpa-1	40	80
3	Yan Kol	24	48
4	Komodın-2	60	120
5	Masa-1	40	80
6	Etejer-1	40	80
7	Komodın-3	60	120
8	Sehpa-2	40	80
9	PC Masası	60	120
10	Masa-2	24	48
11	Masa-3	30	60
12	Sehpa-3	30	60
13	Etejer-2	30	60
14	Masa-4	30	60
15	Dolap	20	40

Simülasyon modelinde sistemin temel girdisi yonga levhalardır. Sistemde genel olarak şu şekilde bir akış bulunmaktadır. İlk önce plaka halindeki yonga levhalar planlama departmanının vermiş olduğu bilgiler doğrultusunda gerekli olan miktarlar tespit edilerek sunta stok alanından alınır ve kesim makinelerine getirilir. Burada yonga levha istenilen parçalara kesildikten sonra oluşan bu parçalar kenar bantlama, CNC ve delik makinelerine gerekli sıra içerisinde sevk edilir. Bütün gerekli makine işlemleri yapılarak oluşturulan parçalar ara stok alanında toplanırlar. Daha sonra istenilen ürünlere ait ilgili parçalar bir araya getirilir ve montaj masalarına gönderilir. Bu masalarda çalışan ustalar tarafından ürünlerin gerekli işlemleri ve kontrolleri yapılarak



paketleme bölümüne sevk edilir. Bu bölümde temizlik ve paketleme işleri yapıldıktan sonra paketlenen ürünler bitmiş ürün stok alanına gönderilir. Bu şekilde üretim tamamlanmış olur.

Kurulan modelde ürünleri oluşturan her bir parça ve o parçaların elde edildikleri yonga levhalar sistemde tanımlanmıştır. Tanımlanan yonga levhalar üretimde ihtiyaç duyulan miktar kadarıyla forklift aracılığı ile alınır ve çoklu kesim makinelerine getirilir. Tanımlanan her bir yonga levha burada kesilerek ürünleri oluşturan parçalara dönüşür. Oluşturulan sistemde parçalar sonraki hatlara yonga levhaları tanımlayan isimler ile değil yeni isimler ile devam ederler. Aşağıdaki tabloda sisteme giren yonga levhalar ve bunların dönüştükleri parçalar, miktarları ile birlikte verilmiştir.

**Tablo 9: Sisteme Giren Yonga Levhalar ve Dönüştükleri Parça Adetleri**

Yonga Levhaların Sistemde Tanımları	Sisteme Giren Yonga Levha Miktarı (Adet)	Yonga Levhanın Dönüreceği Parçalar	Dönüşen Parçaların Miktarları (Adet)
S1	16	Komodın-1 Yan	240
S2	4	Komodın-1 Üst	120
S3	4	Komodın-1 Alt	120
S4	6	Komodın-1 Arkalık	120
S5	6	Komodın-1 Alınlık	360
S6	8	Komodın-1 Çekmece Altı	360
S7	4	Sehpa-1 Üst	80
S8	4	Sehpa-1 Ayak	160
S9	4	Yan Kol	48
S10	4	Komodın-2 Üst	120
S11	4	Komodın-2 Alt	120
S12	8	Komodın-2 Yan	240
S13	4	Komodın-2 Arka	120
S14	4	Komodın-2 Alınlık	360
S15	8	Komodın-2 Çekmece Altı	360
S16	20	Masa-1 Üst	80
S17	14	Masa-1 Ayak	160
S18	6	Masa-1 Perde	80
S19	6	Masa-1 Dikme ve Çita	240
S20	8	Etejer-1 Üst	80
S21	8	Etejer-1 Ayak	160
S22	4	Etejer-1 Perde	80
S23	4	Etejer-1 Klavye	80

Tablo 9 Devam

S24	2	Etejer-1 Dikme	160
S25	4	Komodini-3 Üst	120
S26	8	Komodini-3 Yan	240
S27	4	Komodini-3 Arka	120
S28	4	Komodini-3 Alınlık	360
S29	8	Komodini-3 Çekmece Altı	360
S30	4	Komodini-3 Altı	120
S31	4	Sehpa-2 Üst	80
S32	4	Sehpa-2 Ayak	160
S33	10	Pc masası Üst	120
S34	16	Pc masası Ayak	240
S35	8	Pc masası Orta Tabla	120
S36	4	Pc masası Alt Tabla	120
S37	4	Pc masası Klavye	120
S38	4	Pc masası Perde	120
S39	8	Masa-2 Üst	48
S40	4	Masa-2 Fon	48
S41	8	Masa-2 Ayak	96
S42	6	Masa-2 Perde	48
S43	30	Masa-3 Üst	60
S44	30	Masa-3 Üstün Altı	60
S45	8	Masa-3 Ayak	120
S46	8	Masa-3 Perde	60
S47	4	Masa-3 Çita	240
S48	4	Sehpa-3 Üst	60
S49	4	Sehpa-3 Üst Alt	60
S50	4	Sehpa-3 Ayak	120
S51	2	Sehpa-3 Orta	60
S52	8	Etejer-2 Üst	60
S53	8	Etejer-2 Üst Alt	60
S54	6	Etejer-2 Ayak	120
S55	4	Etejer-2 Perde	60
S56	4	Etejer-2 Çita	240
S57	4	Etejer-2 Klavye	60
S58	16	Masa-3 Üst	60
S59	8	Masa-3 Ayak	120
S60	8	Masa-3 Perde	60
S61	4	Dolap Üst	40
S62	2	Dolap Alt	40
S63	8	Dolap Raf	160
S64	4	Dolap Kapak	80
S65	8	Dolap Yan	80
S66	10	Dolap Arkalık	80

Oluşturulan talep miktarları için gereken parça sayılarını sağlamak amacıyla ne kadar melamin kaplı yonga levhaya ihtiyaç olduğu aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$YLM = \frac{TM \times KM}{\text{ÇPA}}$$

Formülde;

YLM : Sisteme giren yonga levha miktarını,

TM : Ürünün talep miktarını,

KM : Bir ürün için kullanılan parça miktarını,

ÇPA : Bir adet yonga levhadan çıkan parça adedini tanımlamaktadır.

### **6.3.1. Modelde Kullanılan Parçaların İzlediği Rotalar**

Ofis mobilyasında kullanılan parçaların izledikleri yollar pek çoğu için aynıdır. Ancak bazı parçalara eğrisel şekil verilecek ise o parçalar CNC işlem merkezine gelmektedir. Ayrıca bazı parçalar kenar bandı ve delik işlemi gerektirmemektedir. Buna göre sistemde kullanılan parçaların yarı mamul stok alanına gelinceye kadar izledikleri rotalar aşağıdaki tabloda topluca gösterilmiştir.

**Tablo 10:** Ürünleri Oluşturan Parçalar ve İzledikleri Rotalar

<b>Parçalar</b>	<b>İzledikleri Rota</b>
Komodın-1 Yan	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Komodın-1 Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Komodın-1 Alt	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Komodın-1 Arkalık	Kesim – YM Stok
Komodın-1 Alınlık	Kesim – Kenar Bandı – YM Stok
Komodın-1 Çekmece Altı	Kesim – YM Stok
Sehpa-1 Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Sehpa-1 Ayak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Yan Kol	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Komodın-2 Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Komodın-2 Alt	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok

Tablo 10 Devam

Komodin-2 Yan	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Komodin-2 Arkalık	Kesim – YM Stok
Komodin-2 Alınlık	Kesim – Kenar Bandı – YM Stok
Komodin-2 Çekmece Altı	Kesim – YM Stok
Masa-1 Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-1 Ayak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-1 Perde	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-1 Dikme ve Çita	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Etejer-1 Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Etejer-1 Ayak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Etejer-1 Perde	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Etejer-1 Klavye	Kesim – Kenar Bandı – YM Stok
Etejer-1 Dikme	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Komodin-3 Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Komodin-3 Yan	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Komodin-3 Arkalık	Kesim – YM Stok
Komodin-3 Alınlık	Kesim – Kenar Bandı – YM Stok
Komodin-3 Çekmece Altı	Kesim – YM Stok
Komodin-3 Alt	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Sehpa-2 Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Sehpa-2 Ayak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Pc masası Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Pc masası Ayak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Pc masası Orta Tabla	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Pc masası Alt Tabla	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Pc masası Klavye	Kesim – Kenar Bandı – YM Stok
Pc masası Perde	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-2 Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-2 Fon	Kesim – CNC İşlem – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-2 Ayak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-2 Perde	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-3 Üst	Kesim – CNC İşlem – YM Stok
Masa-3 Üstün Altı	Kesim – CNC İşlem – YM Stok
Masa-3 Ayak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-3 Perde	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-3 Çita	Kesim – Kenar Bandı – YM Stok
Sehpa-3 Üst	Kesim – CNC İşlem – YM Stok
Sehpa-3 Üst Alt	Kesim – CNC İşlem – YM Stok

Tablo 10 Devam

Sehpa-3 Ayak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Sehpa-3 Orta	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Etejer-2 Üst	Kesim – Kenar Bandı – YM Stok
Etejer-2 Üst Alt	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Etejer-2 Ayak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Etejer-2 Perde	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Etejer-2 Çıta	Kesim – Kenar Bandı – YM Stok
Etejer-2 Klavye	Kesim – Kenar Bandı – YM Stok
Masa-3 Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-3 Ayak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Masa-3 Perde	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Dolap Üst	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Dolap Alt	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Dolap Raf	Kesim – Kenar Bandı – YM Stok
Dolap Kapak	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Dolap Yan	Kesim – Kenar Bandı – Delik İşlemi – YM Stok
Dolap Arkalık	Kesim – YM Stok

#### 6.4. Modelde Yer Alan Makinelere Ait Süreler

Simülasyon modelinde kullanılan yonga levhaların sunta stok alanında sürekli var olduğu varsayılmıştır. Aynı zamanda makineler arasında bulunan bazı konveyörler sistem için bir kısıt oluşturmadıklarından göz ardı edilmiştir. Makine arıza süreleri, dijital ortamda makinelerdeki bilgisayarlar vasıtasıyla kayıt altına alınmakta ve depolanmaktadır. Dolayısı ile bu verilere fabrikadaki veri tabanından ulaşılmıştır. Yine olabilen arızaların tespiti ve sorunun çözülmesi için gereken süreler makine bakım sorumluları tarafından tutulan verilerden alınmış ve gözlemler sırasında da oluşan benzer durumlar ölçülmüştür. Her bir parçanın makinelerde geçirdikleri süreler ölçülmüş ve simülasyon yazılımının içinde bulunan Stat Fit modülü ile istatistiksel dağılımlardan normal dağılıma uygunluğu incelenmiştir. Böylece ölçülen süreler normal

dağılımda uygun karşılığı gelecek şekilde tespit edilmiş ve sisteme süreler o şekilde girilmiştir.

#### 6.4.1. Duruş Süreleri

Kesim makinelerinin hazırlık süreleri bir tür parçadan başka bir tür parçaya geçişte oluşan sürelerdir. Bu makinelerde ayrıca her 20 yonga levha kesildikten sonra testere değişimi yapılmaktadır. Aşağıdaki tabloda bu makinelerdeki hazırlık süreleri ile testere değişim süreleri verilmiştir.

**Tablo 11:** Kesim Makinelerinin Hazırlık ve Testere Değişim Süreleri

	Hazırlık Süresi (dk)	Testere Değişim Süresi (dk)
Kesim Makineleri	N(0.58;0.04)	N(8.37;0.89)

Kenar Bantlama Makineleri için durmalar genellikle kenar bandının parça ile aynı anda işlenememesinden kaynaklanmaktadır. Makinedeki sensörlerin toz gibi faktörlerden etkilenmesinden dolayı bu tip kısa süreli çözülebilen arızalar oluşmaktadır. Bu tip duruşların ne zaman olacağı belirsizdir. Hazırlık zamanı bu lokasyonlarda çok küçük zamanlar olduğundan bu çalışmada göz ardı edilmiştir. Buna göre bu makinelerdeki durmalar ve sorun gidermeye yönelik süreler aşağıdaki gibidir.

**Tablo 12:** Kenar Bantlama Makinelerinin Durma ve Sorun Giderme Süresi

	Durmalar (dk)	Sorun Giderme Süresi (dk)
Kenar Bantlama Makineleri	U(7,90)	N(0.41;0.05)

CNC İşlem Merkezleri için durmalar hazırlık süreleridir. Bu tip durmalar parçalar arasında gerçekleşir. Makinenin uygun programının seçilmesi, bir önceki parçadan kalan freze parçalarının uzaklaştırılması gibi işlemler bu aşamada

yapılmaktadır. İki durma arasındaki süre parçaların işlem sürelerine bağlıdır. Buna göre bu makinelerdeki hazırlık süreleri aşağıdaki gibidir.

**Tablo 13:** CNC İşlem Merkezlerinin Hazırlık Süresi

	Hazırlık Süresi (dk)
CNC İşlem Merkezleri	N(2.67;0.31)

Delik makineleri ise belirgin bir arıza yapmadıklarından ve hazırlık süreleri çok küçük zamanlar olduğundan bu bölümde duruşlar ile ilgili herhangi bir süre belirtilmemiştir.

Bütün bu duruşlar ile ilgili elde edilen ölçümlere dair gözlem süreleri EK B'de verilmiştir.

### **6.5. Modelde Yer Alan Parçaların İşlem Süreleri**

Kesim makinelerde işlem süreleri bu makinelere gelen yonga levhalardan alınacak parçaların büyüklük ve adetlerine göre değişmektedir. Bu yüzden her yonga levhanın işlem süresi farklı olmaktadır. Aynı zamanda bu lokasyonda yonga levhalar parçalara dönüştüğünden sisteme girilen süreler talep miktarını karşılayacak parça sayısının tamamı içindir. Örneğin bir masa için 60 adet masa ayağına ihtiyaç varsa verilen süreler tüm bu masa ayağının kesilme süresidir.

Kenar bantlama makinelerinde ise süreler her bir parçanın işlem süresidir. Yine CNC işlem merkezlerindeki ve delik delme makinelerindeki süreler her bir parçanın işlem süresidir.

Yarı mamul stok alanındaki işlem süreleri ise ürünlere ait parçaların uygun parti büyüklüklerine göre bir araya getirilmesi ve işlem istasyonlarında bulunan montaj

masalarına aktarıma sürecidir. Gelen talepler veya planlanan ürünler tek seferde montaj masalarına gelmemektedir. Talepler buradaki çalışanlar tarafından önceden belirlenmiş parti büyüklüklerine bölünerek parti parti montaj masalarına aktarılır. Böylece aynı tip ürünler başka montaj masalarına da aktarılabilen ve iş yükü dengelenmektedir. Ayrıca üretimin gözle takibi de daha kolay olabilmektedir. Buna göre işletmenin belirlemiş olduğu ürünlere göre yarı mamul stok alanında hazırlanan parti büyüklüğü aşağıdaki gibidir.

**Tablo 14:** Ürünlerin Tek Seferde Yarı Mamul Stok Alanında Hazırlanan Parti Büyüklüğü

Sıra	Ürün	Tek Seferde Hazırlanan Parti Büyüklüğü (adet)
1	Komodın-1	10
2	Sehpa-1	20
3	Yan Kol	24
4	Komodın-2	10
5	Masa-1	10
6	Etejer-1	10
7	Komodın-3	10
8	Sehpa-2	20
9	PC Masası	20
10	Masa-2	12
11	Masa-3	10
12	Sehpa-3	10
13	Etejer-2	10
14	Masa-4	10
15	Dolap	10

Yarı mamul stok alanındaki süreler her bir partinin hazırlanması için gereken sürelerdir. Ne kadar çok ürün talep edilirse parti sayıları artacağından toplam işlem süresi de artacaktır.

İşlem merkezlerindeki montaj masaları kendilerine gelen partileri ürün ürün hazırlamaktadır. Buradaki süreler her bir ürün için ihtiyaç duyulan sürelerdir. Paketleme birimine ürünler montaja hazır halde gönderilir. Komodin hariç diğer ürünler müşterilere demonte olarak yollanır. Bu yüzden genel olarak komodinlerin bu istasyonda süreleri daha uzun olmaktadır.



Paketleme biriminde ise süreler ürün bazlıdır. Buraya parçalar bir ürünü oluşturacak şekilde üst üste konularak getirilir. Bu birimdeki süreler ürünü oluşturacak tüm parçaların temizlenmesi, düzgün şekilde bir arada tutularak paketlenmesi, yardımcı elemanların ve gerekli belgelerin paketlere konulması gibi süreçleri kapsamaktadır.

Buna göre elde edilen tüm işlem süreleri aşağıdaki tabloda bulunmaktadır. Tablodaki numaralar herhangi bir parçanın veya bir bölümdeki yapılan işin karşılığıdır. Bu tanımlanan karşılıklar Ek C’de verilmiştir. Aynı zamanda işlemlerin sürelerine dair yapılan tüm ölçümler Ek D’dedir.



**Tablo 15:** Parçalara Ait İşlem Sürelerinin Ortalamaları ve Standart Sapmaları

No	İşlem Süreleri (dk)						
	Kesim	Bantlama	CNC	Delik	Yarı Mamul	Montaj	Paket
1	N(11.26,1.08)	N(0.80,0.05)		N(0.13,0.01)			
2	N(7.82,0.77)	N(0.40,0.03)		N(0.14,0.01)			
3	N(7.98,0.84)	N(0.39,0.03)		N(0.12,0.01)			
4	N(3.92,0.31)						
5	N(13.22,1.00)	N(0.89,0.08)					
6	N(5.00,0.53)						
7					N(5.14,0.45)		
8						N(10.36,1.19)	
9							N(4.77,0.71)
10	N(10.61,0.95)	N(0.52,0.03)		N(0.11,0.01)			
11	N(9.03,0.79)	N(0.81,0.06)		N(0.13,0.01)			
12					N(4.02,0.38)		
13						N(2.55,0.29)	
14							N(2.92,0.36)
15	N(6.28,0.68)	N(0.81,0.04)			N(1.51,0.12)	N(1.55,0.17)	N(2.44,0.37)
16	N(7.61,0.64)	N(0.71,0.04)		N(0.12,0.01)			
17	N(8.93,0.71)	N(0.81,0.05)		N(0.15,0.01)			
18	N(6.83,0.64)						
19	N(7.38,0.58)	N(0.91,0.06)					
20	N(5.31,0.49)						
21	N(8.12,0.85)	N(0.40,0.02)		N(0.10,0.01)			
22					N(5.03,0.45)		
23						N(10.06,1.15)	
24							N(5.12,0.65)
25	N(15.93,1.69)	N(1.43,0.09)		N(0.12,0.01)			
26	N(11.69,1.35)	N(1.10,0.08)		N(0.20,0.02)			
27	N(7.68,0.81)	N(0.71,0.04)		N(0.12,0.01)			
28	N(14.66,1.34)	N(0.30,0.02)		N(0.24,0.02)			
29					N(6.14,0.55)		
30						N(7.90,0.93)	

31							N(7.16,0.97)
32	N(9.60,0.85)	N(0.91,0.07)		N(0.12,0.01)			
33	N(10.29,1.10)	N(0.81,0.06)		N(0.25,0.02)			
34	N(6.58,0.58)	N(0.60,0.05)		N(0.15,0.01)			
35	N(6.70,0.61)	N(0.60,0.04)					
36	N(7.82,0.69)	N(0.39,0.03)		N(0.30,0.02)			
37					N(4.86,0.48)		
38						N(6.86,0.99)	
39							N(4.41,0.59)
40	N(7.58,0.74)	N(0.69,0.06)		N(0.12,0.01)			
41	N(9.26,0.73)	N(0.80,0.06)		N(0.15,0.01)			
42	N(6.61,0.71)						
43	N(7.03,0.74)	N(0.91,0.06)					
44	N(5.30,0.65)						
45	N(7.67,0.94)	N(0.40,0.03)		N(0.10,0.01)			
46					N(4.93,0.35)		
47						N(11.09,1.18)	
48							N(5.00,0.62)
49	N(6.43,0.69)	N(0.61,0.03)		N(0.10,0.01)			
50	N(10.33,0.86)	N(0.80,0.07)		N(0.12,0.01)			
51					N(3.97,0.29)		
52						N(1.96,0.22)	
53							N(3.14,0.37)
54	N(11.83,1.18)	N(1.18,0.08)		N(0.15,0.01)			
55	N(20.62,2.37)	N(0.90,0.05)		N(0.14,0.01)			
56	N(10.66,1.08)	N(0.60,0.04)		N(0.18,0.01)			
57	N(8.87,0.90)	N(0.61,0.04)		N(0.14,0.01)			
58	N(9.40,0.88)	N(0.60,0.05)					
59	N(8.91,0.82)	N(0.60,0.04)		N(0.14,0.01)			
60					N(8.13,0.72)		
61						N(3.02,0.26)	
62							N(4.91,0.61)
63	N(12.86,1.19)	N(1.20,0.09)		N(0.95,0.08)			
64	N(8.37,0.63)		N(2.02,0.25)	N(0.35,0.03)			

65	N(9.76,1.10)	N(1.09,0.09)		N(0.22,0.02)			
66	N(7.62,0.74)	N(0.73,0.05)		N(0.24,0.02)			
67					N(6.06,0.63)		
68						N(3.79,0.33)	
69							N(5.49,0.57)
70	N(25.03,2.69)		N(4.00,0.40)				
71	N(25.35,3.02)		N(4.94,0.52)				
72	N(9.23,0.86)	N(1.06,0.07)		N(0.14,0.01)			
73	N(7.95,0.84)	N(0.90,0.06)		N(0.24,0.02)			
74	N(16.07,1.34)	N(0.48,0.03)					
75					N(8.79,0.86)		
76						N(9.98,0.99)	
77							N(6.10,0.88)
78	N(5.47,0.64)		N(2.50,0.24)				
79	N(5.71,0.51)		N(3.03,0.37)				
80	N(8.99,0.75)	N(0.80,0.05)		N(0.15,0.01)			
81	N(6.55,0.53)	N(0.70,0.05)		N(0.16,0.01)			
82					N(3.98,0.31)		
83						N(2.50,0.30)	
84							N(3.02,0.37)
85	N(6.62,0.74)	N(1.40,0.08)					
86	N(6.88,0.70)	N(1.39,0.08)		N(0.14,0.01)			
87	N(7.67,0.68)	N(0.82,0.04)		N(0.14,0.01)			
88	N(6.86,0.64)	N(0.70,0.06)		N(0.16,0.02)			
89	N(12.12,1.49)	N(0.50,0.03)					
90	N(6.73,0.56)	N(0.60,0.04)					
91					N(5.90,0.50)		
92						N(7.12,0.69)	
93							N(3.91,0.52)
94	N(18.22,1.97)	N(1.51,0.10)		N(0.20,0.01)			
95	N(9.51,1.10)	N(1.08,0.09)		N(0.16,0.01)			
96	N(7.43,0.88)	N(0.70,0.06)		N(0.18,0.01)			
97					N(4.85,0.49)		
98						N(2.96,0.28)	



## 6.6. Maliyetler

Oluşturulan modele maliyetler de eklenmiştir. Yazılımda maliyetler saatlik veya parça başı olarak oluşturulabilmektedir. İşletmeden alınan yonga levha, işçilik, enerji, yardımcı malzeme, aksesuar gibi maliyetler aşağıdaki tablo oluşturularak simülasyon yazılımına eklenmiştir. Böylece mevcut durumun belirlenen ürünleri ne kadarlık bir maliyetle ürettiği tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın amaçlarından biri de mevcut durumun iyileştirilmesidir. Maliyet kalemleri sisteme entegre edildiğinden mevcut durum değiştiğinde maliyetler de değişecektir. Böylece çalışma sisteminin değişimi karşılığında maliyet değişimi ölçülecek ve etkinlik hakkında karar verilebilecektir. Sistemde maliyetler yerler (locations), kaynaklar (resources), varlıklar (entities) olarak üç aşamalı oluşturulmaktadır.

Aşağıdaki tabloda mevcut simülasyon modelindeki lokasyonların operasyon maliyetleri verilmiştir.

**Tablo 16:** Lokasyonların Operasyon Maliyetleri

Yerin Adı	Maliyeti
Kesim-1	5.5 TL/saat
Kesim-2	5.5 TL/saat
Bantlama-1	110 TL/saat
Bantlama-2	110 TL/saat
CNC-1	40 TL/saat
CNC-2	40 TL/saat
Delik-1	1 TL/saat
Delik-2	1 TL/saat
Ara Stok	0.1 TL/saat
Montaj-1-2-3-4-5	2 TL/saat
Paketleme	140 TL/saat

Modelde kullanılan kaynakların maliyeti ise standart saatlik ücret olarak tanımlanacağı gibi kullanım başına maliyet olarak da tanımlanabilir. Aşağıdaki tabloda mevcut simülasyon modelindeki kaynakların maliyetleri verilmiştir.

**Tablo 17:** Kaynakların Maliyetleri

<b>Kaynaklar</b>	<b>Maliyeti</b>
Forklift	2 TL/kullanım
Kesim Operatörü	6 TL/saat
Bantlama Operatörü	7 TL/saat
Delik Operatörü	8 TL/saat
CNC Operatörü	8.5 TL/saat
Ara Stok Operatörü	6 TL/saat
Usta 1-2-3-4-5	9 TL/saat
Paketleme Sorumlusu	5 TL/saat

Sistemdeki mobilyaların üretiminde kullanılan temel malzeme yonga levhadır. Dolayısıyla modelde varlıklar olarak tanımlananlar yonga levhalardır. Ürünler parçalardan, parçalar da yonga levhalardan elde edilir. Sisteme giren her bir yonga levha önce parçalara dönüşür. Parçalar da bir araya gelerek ürünü oluşturur. Modele yonga levhaların maliyetlerini girmek yeterlidir. Çünkü her levha kendisinin dönüşeceği parçalara göre farklı tanımlanmıştır. Model yazılırken bu kurallar gözetildiğinden simülasyon yazılımı ürünlerin maliyetini hesaplayabilmektedir. Fabrikada 3 farklı kalınlıkta yonga levha kullanılmaktadır. Bunların tabaka başına maliyetlerini gösteren tablo aşağıdaki gibidir.

**Tablo 18:** Yonga Levha Maliyeti

<b>Yonga Levha</b>	<b>Maliyeti</b>
8mm	55.5 TL/adet
18mm	70.2 TL/adet
30mm	104.3 TL/adet

### 6.7. Simülasyon Modeli

Model oluşturulurken örnek talepler, ürün ağaçları, iş akışları, duruşlar ve işlem süreleri göz önüne alınmıştır. Aynı zamanda mevcut sistemde bulunan işçi sayıları, makineler ve yerleşim düzeni de simülasyon modeline entegre edilmiştir. Modelin kurulumu ProModel 4.22 yazılımı ile sağlanmıştır.

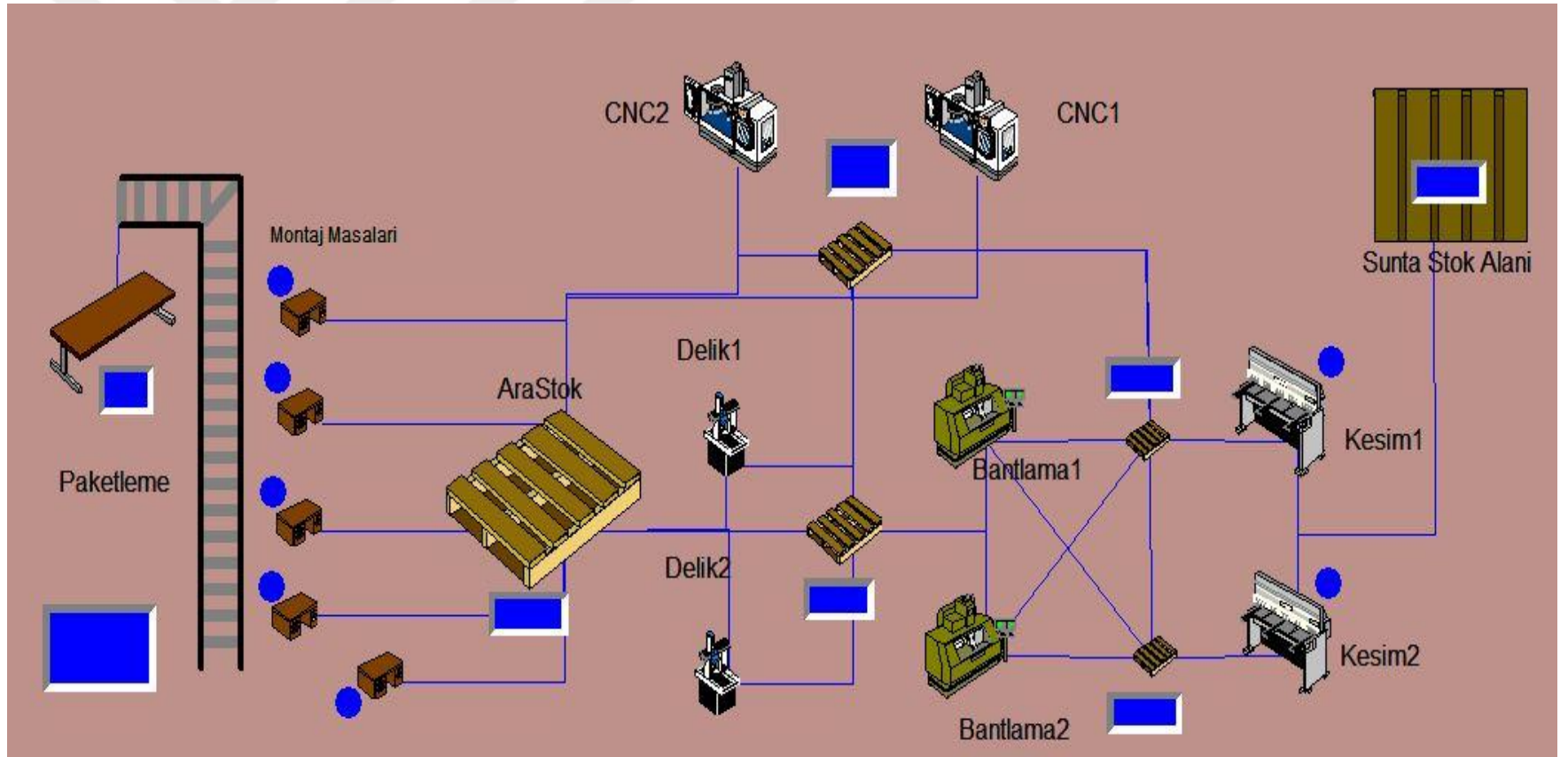
Simülasyon modelinde oluşturulan yerler (locations) ve bu yerlerde olan kaynaklar (Resources) şu şekildedir.

**Tablo 19:** Modeldeki Lokasyonlar ve Kaynaklar

Yerin Adı	Tanımı	O Yerde Olan Kaynaklar (Resources)
Girdi	Yonga Levhaların Stoklandığı yer	1 adet Forklift
Kesim-1	Kesme Makinesi-1	2 Kesim Operatörü
Kesim-2	Kesme Makinesi-2	2 Kesim Operatörü
Ara-1	Kesme Makinesi-1'den çıkan parçaların beklediği alan	
Ara-2	Kesme Makinesi-2'den çıkan parçaların beklediği alan	
Bantlama-1	Kenar Bantlama Makinesi-1	2 Bantlama Operatörü
Bantlama-2	Kenar Bantlama Makinesi-2	2 Bantlama Operatörü
Ara-3	Kenar Bantlama Makinelerinden çıkan parçaların beklediği alan	
CNC-1	CNC İşlem Merkezi-1	2 CNC Operatörü
CNC-2	CNC İşlem Merkezi-2	2 CNC Operatörü
Ara-4	CNC İşlem Merkezlerini bekleyen parçaların beklediği alan	
Delik-1	Delik Makinesi-1	2 Delik Operatörü
Delik-2	Delik Makinesi-2	2 Delik Operatörü
Ara Stok	Montaja Hazır olan parçaların bekletildiği alan	2 Parça hazırlamaktan sorumlu Ara Stok çalışanı
Montaj-1-2-3-4-5	İşlem istasyonundaki montaj masaları	Her masada 1 Mobilya Ustası
Paketleme	Temizlik ve paketleme işlemlerinin yapıldığı alan	4 Paketleme Sorumlusu

Buna göre mevcut durumun, tüm bu yukarıda belirtilen nitelikleri modele girildikten sonra simülasyon yazılımındaki görünüşü aşağıdaki gibidir.





Şekil 25: Mevcut Durumun Simülasyon Modeli

### 6.8. Mevcut Durumun Analizi

Simülasyon modeli oluşturulduktan sonra sistemin çalışması test edilmiştir. Üretimde kullanılan parçalardan örnekler seçilerek modele aktarılmış ve akışa uygun olarak modelde hareket edip etmediği kontrol edilmiştir. Gerekli kontrollerden sonra bütün parçalar modele aktarılmıştır. Aynı zamanda üretimde kullanılan kaynakların hareketleri incelenmiş ve sisteme entegre edilmiştir. Mevcut işlem süreleri ve durmalar da sisteme eklenerek model tamamlanmıştır.

Simülasyon yazılımı seçilen 15 farklı ürün için toplamda 1176 adet ürünün üretimini simüle etmiştir. Sistemdeki süreler çeşitli dağılımlara sahip olduğu için her bir çalıştırma farklı sonuç verecektir. Bu yüzden toplam imalat süresini mümkün olduğunca doğru belirlemek için simülasyon 20 kez tekrarlatılmıştır. Oluşan değerler bu 20 kez çalışmanın sonucunda elde edilen ortalamalardır.

**Tablo 20:** Mevcut Durumun Simülasyonun 20 kez Çalıştırılmasında Elde Edilen Süreler ve Ortalamalar

Ölçümler	Lokasyon	Toplam Süre (Saat)	Toplam Varlık	Her Varlık için Ort. Harcanan Süre (dk)	Ortalama varlık sayısı	Lokasyonda herhangi bir anda max. Varlık sayısı	Kullanım Oranı (%)
1	Kesim1	63,16	66	22,19	0,38	1	38,65
2	Kesim1	62,88	62	23,71	0,38	1	38,97
3	Kesim1	59,98	64	22,83	0,4	1	40,61
4	Kesim1	60,18	69	20,98	0,4	1	40,09
5	Kesim1	59,36	69	21,15	0,4	1	40,98
6	Kesim1	62,56	64	22,81	0,38	1	38,9
7	Kesim1	60,37	65	22,2	0,39	1	39,84
8	Kesim1	68,6	64	22,96	0,35	1	35,71
9	Kesim1	60,49	64	23,04	0,4	1	40,63
10	Kesim1	60,26	64	22,83	0,4	1	40,41
11	Kesim1	64,88	62	23,61	0,37	1	37,6
12	Kesim1	59,58	64	22,93	0,41	1	41,06
13	Kesim1	60,7	69	21,34	0,4	1	40,43
14	Kesim1	59,21	68	21,29	0,4	1	40,75
15	Kesim1	60,1	69	21,3	0,4	1	40,77
16	Kesim1	59,49	65	22,37	0,4	1	40,73
17	Kesim1	60,59	63	23,26	0,4	1	40,32

Tablo 20 devam

18	Kesim1	60,51	63	23,14	0,4	1	40,17
19	Kesim1	59,61	63	23,24	0,4	1	40,94
20	Kesim1	59,17	64	22,96	0,41	1	41,39
Ortalama	Kesim1	61,08	65,05	22,51	0,39	1	39,95
Stn. Sap.	Kesim1	2,32	2,41	0,85	0,01	0	1,38

Yukarıdaki tablo mevcut durumun simülasyon ölçümlerinin 20 kez tekrarlatıldığını gösteren bir örnektir. Bu örnek tabloda da görüldüğü gibi simülasyon 20 kez çalıştırıldığında her seferde farklı tamamlanma süreleri, farklı varlık sayıları ve farklı kullanım oranları ortaya çıkmıştır. Bunun olması doğaldır. Çünkü işlem süreleri sisteme belli dağılımlara uygun şekilde girilmiştir. İki adet kesim makinesi olmasından dolayı her çalıştırmada Kesim-1 makinesine farklı miktarlarda girdi girebilmektedir. Bütün bunlar kullanım oranlarında da değişikliklere neden olmaktadır. Bu sebepten dolayı çalışmanın tüm aşamalarında simülasyonlar 20 kez tekrarlatılmış ve ortalamaları alınmıştır.

Simülasyon sonuçlarında siparişlerin ortalama tamamlanma sürelerine ve standart sapma oranlarına bakacak olursak dağılımın düzgün olduğunu ve ortalamalardan büyük sapmaların olmadığını görmekteyiz.

Simülasyon sonucunda üretim bölümlerinin ve makinelerin kullanım miktarları ve oranlar aşağıdaki gibidir.

**Tablo 21:** Mevcut Durumda Üretim Bölümlerinin ve Makinelerin Kullanım Miktarları ile Oranları

Lokasyon	Toplam Süre (Saat)	Toplam Varlık	Her Varlık için Ort. Harcanan Süre (dk)	Ortalama varlık sayısı	Lokasyonda herhangi bir anda max. Varlık sayısı	Kullanım Oranı (%)
Girdi	61,08	468	777,04	99,34	458	19,87
Kesim1	61,08	65,05	22,51	0,39	1	39,95
Kesim2	61,08	66,95	21,84	0,39	1	39,90
Ara.01	61,08	4409	628,21	758,44	1771,15	15,17
Ara.02	61,08	4399	689,65	824,41	1870,4	16,49
Bantlama1	61,08	3553,6	2,78	2,70	5	54,08
Bantlama2	61,08	3486,4	2,88	2,74	5	54,84
CNC1	61,08	165,65	3,46	0,15	1	15,66
CNC2	61,08	122,35	3,58	0,11	1	11,99
Ara.03	61,08	6394	17,51	30,60	235,35	0,61
Ara.04	61,08	298	35,38	2,88	33	0,36
Delik1	61,08	2968,6	0,16	0,13	1	13,55
Delik2	61,08	2031,4	0,17	0,09	1	9,44
AraStok	61,08	6810	376,27	698,62	1221,85	6,99
Montaj1	61,08	18	104,61	0,51	1	51,44
Montaj2	61,08	18	104,82	0,51	1	51,55
Montaj3	61,08	31,4	57,1	0,48	1	48,96
Montaj4	61,08	26,6	62,04	0,45	1	45,06
Montaj5	61,08	6	59,04	0,09	1	9,68
Konveyör	61,08	1176	0,77	0,24	6,3	0,90
Paketleme	61,08	1176	5,58	1,80	13,8	9,00

Yukarıdaki tabloya baktığımızda toplam süre sütunu verilen işin tamamlandığı süreyi göstermektedir. Buna göre 20 kez tekrarlanan simülasyon sonucunda bu iş ortalama 61,08 saatte tamamlanmıştır. İşletmenin günde bir vardiya ve 8 saat çalıştığı varsayılırsa tanımlanan bu işin bitmesi 7 gün 5 saat sürmüştür.

Toplam varlık sütununa baktığımızda bu sütun o lokasyona giren toplam varlıkları göstermektedir. Buna göre ürünlerin üretilmesi için toplam 468 adet yonga levha sisteme girmiştir. Diğer lokasyonlardaki adetlerin farklı olmasının nedeni o lokasyonlara yonga levhaların gerek parçalara dönüşerek girmesi, gerekse parçaların gruplanarak girmesidir. Paketleme kısmında görülen 1176 sayısı çıkan ürün adetini göstermektedir.

Üçüncü sütun ise lokasyonlarda her bir varlığın ortalama geçirdiği süreyi göstermektedir. Bu sütundaki büyük değerler o lokasyonda parçaların fazla süre geçirdiğini göstermektedir. Değerler, o lokasyon makine istasyonu ise varlığın işlem süresini, ara stok alanı ise bekleme süresini belirtir.

Dördüncü sütun simülasyonun herhangi bir anında o lokasyondaki ortalama varlık sayısını tanımlamaktadır.

Beşinci sütun ise simülasyon süresince o lokasyonda en fazla bulunan varlık sayılarını belirtir. Bu değer beklem alanlarında yüksek olması durumunda sistemde darboğaz noktalarını işaret etmektedir.

Altıncı sütun bizlere lokasyonların kapasite kullanım oranlarını göstermektedir. Bu sütundaki düşük değerler verimsiz alanları işaret eder. Yüksek değerler ise sistemdeki sıkışan alanları tanımlayabilir.

Aşağıdaki tabloda ise çoklu kapasiteye sahip lokasyonların kullanım oranları verilmiştir.

**Tablo 22:** Mevcut Durumda Çoklu Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları

Lokasyon İsmi	Toplam Süre (Saat)	Boş (%)	Kısmen Dolu (%)	Dolu (%)	Duruşlar (%)
Bantlama1	61,08	15,24	61,96	22,8	0,85
Bantlama2	61,08	14,1	62,5	23,39	0,86
AraStok	61,08	2,97	97,03	0	0
Konveyor	61,08	82,02	17,98	0	0
Paketleme	61,08	35,22	64,36	0,42	0
Girdi	61,08	57,69	42,31	0	0
Ara1	61,08	12,27	87,73	0	0
Ara2	61,08	10,86	89,14	0	0
Ara3	61,08	31,2	68,8	0	0
Ara4	61,08	82,1	17,9	0	0

Buradaki ikinci sütundaki (Boş %) düşük değerler o lokasyonun çok kullanıldığını gösterirken, yüksek değerler ise o lokasyonun kullanılmadığını belirtir.

Aşağıdaki tabloda ise tekli kapasiteye sahip lokasyonların kullanım oranları mevcuttur.

**Tablo 23:** Mevcut Durumda Tekli Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları

Lokasyon İsmi	Toplam Süre (Saat)	İşlem (%)	Hazırlık (%)	Boş (%)	Bekleme (%)	Duruş (%)
Kesim1	61,08	16,61	1,02	59,36	22,32	0,69
Kesim2	61,08	16,95	1,04	59,43	21,91	0,66
CNC2	61,08	11,35	0,65	88,01	0	0
CNC1	61,08	15	0,65	84,34	0	0
Delik1	61,08	13,55	0	86,45	0	0
Delik2	61,08	9,44	0	90,56	0	0
Montaj1	61,08	51,44	0	48,56	0	0
Montaj2	61,08	51,55	0	48,45	0	0
Montaj3	61,08	48,96	0	51,04	0	0
Montaj4	61,08	45,06	0	54,94	0	0
Montaj5	61,08	9,68	0	90,32	0	0

Bu tablodaki değerler lokasyondaki işlem, hazırlık, boş durma, bekleme ve arıza gibi duruşların süresinin toplam süre içindeki yüzde değerini verir. Buna göre Kesim, CNC işlem ve delik makinelerinin gelen siparişlere göre işlem süresinin düşük olması bu makinelerin kapasitelerinin yüksek olduğunu gösterir.

Aşağıdaki tablo ise modelde yer alan kaynakların kullanım oranlarını göstermektedir.

**Tablo 24:** Mevcut Durumda Kaynakların Kullanım Oranlarını

Kaynak İsmi	Birimler	Toplam Süre (Saat)	Her kullanımda ort. Süre (dk)	Kullanım için ort. Dolaşım süresi (dk)	Yerleştirmek için ort. Dolaşım süresi (dk)	Kullanım (%)
Forklift	1	61,08	1,03	0,02	0,51	3,82
Kesim ope1.1	1	61,08	0,32	0,18	0,19	30,94
Kesim ope1.2	1	61,08	0,32	0,18	0,19	30,99
Kesim ope1	2	122,17	0,32	0,18	0,19	30,96
Kesim ope2.1	1	61,08	0,32	0,17	0,18	30,73
Kesim ope2.2	1	61,08	0,32	0,17	0,18	30,73
Kesim ope2	2	122,17	0,32	0,17	0,18	30,73
Bant ope1.1	1	61,08	0,43	0,16	0,29	87,04
Bant ope1.2	1	61,08	0,43	0,16	0,29	87
Bant ope1	2	122,17	0,43	0,16	0,29	87,02
Bant ope2.1	1	61,08	0,44	0,17	0,32	88,33
Bant ope2.2	1	61,08	0,44	0,17	0,32	88,34
Bant ope2	2	122,17	0,44	0,17	0,32	88,34
Delik ope1.1	1	61,08	0,24	0,06	0,28	35,95
Delik ope1.2	1	61,08	0,21	0,08	0,28	38,22
Delik ope1	2	122,17	0,22	0,07	0,28	37,09
Delik ope2.1	1	61,08	0,32	0,1	0,37	33,97
Delik ope2.2	1	61,08	0,25	0,11	0,37	32,07
Delik ope2	2	122,17	0,28	0,1	0,37	33,02
CNC ope1.1	1	61,08	1,26	0,08	0,23	9,41
CNC ope1.2	1	61,08	1,22	0,07	0,23	8,89
CNC ope1	2	122,17	1,24	0,08	0,23	9,15
CNC ope2.1	1	61,08	1,68	0,3	0,84	10,56
CNC ope2.2	1	61,08	1,66	0,29	0,85	9,94
CNC ope2	2	122,17	1,67	0,29	0,84	10,25
Ara stok operator.1	1	61,08	2,99	0,1	0,42	13,84
Ara stok operator.2	1	61,08	2,21	0,03	0,39	3,6
Ara stok operator	2	122,17	2,79	0,08	0,4	8,72
Usta1	1	61,08	10,46	0	0	51,44
Usta2	1	61,08	10,48	0	0	51,55
Usta3	1	61,08	4,54	0	0	48,96
Usta4	1	61,08	4,96	0	0	45,06
Usta5	1	61,08	4,02	0	0	9,68
Paket isci.1	1	61,08	2,34	0,05	0	39,57
Paket isci.2	1	61,08	3,91	0,01	0	47,89
Paket isci.3	1	61,08	4,18	0,01	0	39,53
Paket isci.4	1	61,08	4,29	0,01	0	27,19
Paket işçi	4	244,35	3,44	0,03	0	38,54

Yukarıdaki tabloda her bir işlem için o kaynağın kullanılış ve hareket süreleri verilmiştir. En son sütunda ise kaynakların kullanım oranları mevcuttur. Buna göre kenar bandı işlemini yapmaktan sorumlu operatörlerin kullanım oranları yüksektir.

Burada bir darboğaz mevcuttur. Bunun dışında forklift, CNC işlem merkezinde çalışan operatörler ve ara stokta çalışan işçiler ise fazla kullanılamamaktadır. Bu çalışanların iş yükleri düşüktür.

Aşağıdaki tabloda kaynakların toplam süre içinde kullanım, dolanma ve boş bekleme oranları verilmiştir.





**Tablo 25:** Mevcut Durumda Kaynakların Toplam Süre İçinde Kullanım, Dolaşım ve Boş Bekleme Oranları

Kaynak İsmi	Toplam Süre (Saat)	İşlem (%)	İşlem için Dolaşım (%)	Yerleştirmek için Dolaşım (%)	Boş (%)
Forklift	61,08	3,73	0,09	1,78	94,4
Kesim ope1.1	61,08	19,78	11,16	0,34	68,72
Kesim ope1.2	61,08	19,83	11,16	0,34	68,67
Kesim ope1	122,17	19,8	11,16	0,34	68,7
Kesim ope2.1	61,08	19,78	10,96	0,34	68,92
Kesim ope2.2	61,08	19,77	10,96	0,34	68,93
Kesim ope2	122,17	19,77	10,96	0,34	68,93
Bant ope1.1	61,08	62,58	24,46	0,52	12,44
Bant ope1.2	61,08	62,6	24,4	0,54	12,47
Bant ope1	122,17	62,59	24,43	0,53	12,45
Bant ope2.1	61,08	62,89	25,44	0,53	11,13
Bant ope2.2	61,08	62,98	25,36	0,52	11,14
Bant ope2	122,17	62,93	25,4	0,53	11,14
Delik ope1.1	61,08	27,94	8,01	15,87	48,17
Delik ope1.2	61,08	27,25	10,97	6,79	54,99
Delik ope1	122,17	27,6	9,49	11,33	51,58
Delik ope2.1	61,08	25,77	8,2	15,07	50,96
Delik ope2.2	61,08	22,24	9,83	5,46	62,46
Delik ope2	122,17	24,01	9,02	10,27	56,71
CNC ope1.1	61,08	8,81	0,6	0,53	90,07
CNC ope1.2	61,08	8,35	0,54	0,55	90,56
CNC ope1	122,17	8,58	0,57	0,54	90,31
CNC ope2.1	61,08	8,94	1,62	1,49	87,95
CNC ope2.2	61,08	8,46	1,48	1,52	88,54
CNC ope2	122,17	8,7	1,55	1,5	88,25
Ara stok operator.1	61,08	13,39	0,45	0,65	85,51
Ara stok operator.2	61,08	3,54	0,06	0,37	96,03
Ara stok operator	122,17	8,47	0,25	0,51	90,77
Usta1	61,08	51,44	0	0	48,56
Usta2	61,08	51,55	0	0	48,45
Usta3	61,08	48,96	0	0	51,04
Usta4	61,08	45,06	0	0	54,94
Usta5	61,08	9,68	0	0	90,32
Paket isci.1	61,08	38,59	0,97	0	60,43
Paket isci.2	61,08	47,65	0,24	0	52,11
Paket isci.3	61,08	39,38	0,15	0	60,47
Paket isci.4	61,08	27,09	0,11	0	72,81
Paket isci	244,35	38,18	0,37	0	61,46

Yukarıdaki tabloya göre kenar bandı yapmaktan sorumlu operatörlerin çalışma sürelerinin toplam süre içindeki payının yüksek olduğu görülmektedir. Bu makinelerin

simülasyonda işlemlerini bitirdikten sonra kendinden sonraki departmanların işleri bitirmesi için boş beklediğini de göz önüne alırsak bu operatörlerin ve makinelerin darboğaz oluşturduğu rahatça söylenebilir. CNC işlem merkezindeki operatörlerin ise iş yükleri çok azdır. Bu operatörlerin iş sürelerinin de düşük olması bu merkezlere yeterince iş verilemediğini göstermektedir. Aynı zamanda ara stokta çalışanlar ile 5. Montaj masasında çalışan ustanın da iş yüklerinin düşük olduğu söylenebilir.

Sıradaki tabloda ise sisteme girilen ürünlerin her bir adeti için ortalama çıkış süreleri verilmiştir. Bu süreler sisteme verilen ürünlerin miktarına, verilmiş sırasına göre değişkenlik gösterecektir. Dolayısıyla bu tabloyu genellemek ve her durumda aynı sürelerde sistemden çıkış beklemek yanlış olacaktır.

**Tablo 26:** Mevcut Durumda Ürünlerin Ortalama Çıkış Süreleri (1 adet için)

Ürünler	Toplam Miktar	Bir Ürünün Ortalama Çıkış Süresi (dk)
Komodın-1	120	19,38
Sehpa-1	80	34,47
Yan Kol	48	57,33
Komodın-2	120	27,59
Masa-1	80	37,46
Etejer-1	80	40,99
Komodın-3	120	30,45
Sehpa-2	80	28,78
PC Masası	120	26,54
Masa-2	48	69,21
Masa-3	60	59,38
Sehpa-3	60	44,01
Etejer-2	60	60,66
Masa-4	60	46,86
Dolap	40	84,11

Aşağıdaki tabloda modelin simülasyonu sonucunda ulaşılan lokasyon maliyetleri ve yüzdeleri verilmiştir.

**Tablo 27:** Mevcut Durumda Oluşan Lokasyon Maliyetleri

Lokasyon İsmi	İşlem Maliyeti	İşlem Maliyeti (%)	Kaynakların Maliyeti	Kaynakların Maliyeti (%)	Toplam Maliyet	Toplam Maliyet (%)
Girdi	0	0	0	0	0	0
Kesim1	59,13	0,25	60,78	2,28	119,92	0,45
Kesim2	60,39	0,25	62,06	2,33	122,45	0,46
Ara1	0	0	0	0	0	0
Ara2	0	0	0	0	0	0
Bantlama1	5044,7	20,99	321,02	12,05	5365,73	20,1
Bantlama2	5007,55	20,84	318,66	11,96	5326,21	19,95
CNC1	382,08	1,59	77,8	2,92	459,89	1,72
CNC2	292,69	1,22	58,84	2,21	351,53	1,32
Ara3	0	0	0	0	0	0
Ara4	0	0	0	0	0	0
Delik1	8,26	0,03	66,15	2,48	74,41	0,28
Delik2	5,75	0,02	46,07	1,73	51,83	0,19
AraStok	0,93	0	56,36	2,12	57,3	0,21
Montaj1	62,76	0,26	282,46	10,6	345,23	1,29
Montaj2	62,89	0,26	283,03	10,62	345,93	1,3
Montaj3	59,74	0,25	268,85	10,09	328,59	1,23
Montaj4	54,97	0,23	247,4	9,29	302,38	1,13
Montaj5	11,8	0,05	53,13	1,99	64,94	0,24
Konveyör	0	0	0	0	0	0
Paketleme	12917,47	53,75	461,33	17,32	13378,81	50,12
Toplam	24031,21	100	2664,01	100	26695,22	100

İşlem maliyetlerinin kenar bantlama ve paketleme lokasyonlarında yüksek çıkmasının nedeni üretimde kullanılan temel varlık olan yonga levha dışındaki PVC bant, aksesuar, montaj elemanları, karton gibi malzemelerin bu birimlerde tüketilmesidir.

Aşağıdaki tabloda ise üretimde kullanılan kaynakların maliyetleri açıklanmıştır.

**Tablo 28:** Mevcut Durumda Kaynakların Maliyetleri

Kaynak İsmi	Birimler	Kullanmama Maliyeti	Kullanmama Maliyeti (%)	Kullanma Maliyeti	Kullanma Maliyeti (%)	Toplam Maliyet	Toplam Maliyet (%)
Forklift	1	0	0	264	5,54	264	2,17
Kesim ope1.1	1	253,25	3,42	113,28	2,38	366,53	3,01
Kesim ope1.2	1	253,09	3,42	113,44	2,38	366,53	3,01
Kesim ope1	2	506,34	6,84	226,72	4,76	733,06	6,02
Kesim ope2.1	1	254,05	3,43	112,47	2,36	366,53	3,01
Kesim ope2.2	1	254,06	3,43	112,46	2,36	366,53	3,01
Kesim ope2	2	508,12	6,86	224,94	4,72	733,06	6,02
Bant ope1.1	1	56,37	0,74	371,25	7,79	427,62	3,51
Bant ope1.2	1	56,55	0,74	371,07	7,78	427,62	3,51
Bant ope1	2	112,92	1,49	742,32	15,57	855,24	7,02
Bant ope2.1	1	49,91	0,67	377,7	7,92	427,62	3,51
Bant ope2.2	1	49,87	0,67	377,75	7,92	427,62	3,51
Bant ope2	2	99,78	1,35	755,45	15,84	855,24	7,02
Delik ope1.1	1	313,21	4,23	175,5	3,68	488,71	4,01
Delik ope1.2	1	302,18	4,08	186,53	3,91	488,71	4,01
Delik ope1	2	615,39	8,31	362,03	7,59	977,42	8,03
Delik ope2.1	1	322,86	4,36	165,85	3,48	488,71	4,01
Delik ope2.2	1	332,22	4,48	156,48	3,28	488,71	4,01
Delik ope2	2	655,08	8,84	322,33	6,76	977,42	8,03
CNC ope1.1	1	470,46	6,36	48,78	1,02	519,25	4,26
CNC ope1.2	1	473,15	6,39	46,1	0,97	519,25	4,26
CNC ope1	2	943,62	12,75	94,88	1,99	1038,51	8,53
CNC ope2.1	1	464,48	6,28	54,76	1,15	519,25	4,26
CNC ope2.2	1	467,7	6,32	51,54	1,08	519,25	4,26
CNC ope2	2	932,19	12,6	106,31	2,23	1038,51	8,53
Ara stok operator.1	1	315,85	4,27	50,68	1,06	366,53	3,01
Ara stok operator.2	1	353,38	4,77	13,15	0,28	366,53	3,01
Ara stok operator	2	669,23	9,04	63,83	1,34	733,06	6,02
Usta1	1	267,33	3,61	282,46	5,92	549,8	4,52
Usta2	1	266,76	3,6	283,03	5,94	549,8	4,52
Usta3	1	280,95	3,79	268,85	5,64	549,8	4,52
Usta4	1	302,39	4,08	247,4	5,19	549,8	4,52
Usta5	1	496,66	6,71	53,13	1,11	549,8	4,52
Paket isci.1	1	184,73	2,49	120,71	2,53	305,44	2,51
Paket isci.2	1	159,3	2,15	146,14	3,07	305,44	2,51
Paket isci.3	1	184,85	2,5	120,58	2,53	305,44	2,51
Paket isci.4	1	222,59	3	82,85	1,74	305,44	2,51
Paket isci	4	751,48	10,14	470,29	9,86	1221,78	10,03
Toplam		7408,3	100	4768,05	100	12176,36	100

Tabloda görüldüğü gibi özellikle CNC işlem merkezinde çalışan operatörlerin işletmeye maliyeti yüksektir. Oluşan bu maliyetin karşılığında bu merkezlere gelen iş

yükü çok düşüktür. Dolayısıyla bu operatörleri kullanmamanın da maliyetleri yüksek çıkmaktadır. Paketleme biriminin de işçilik maliyetleri toplam işçilik maliyetinin %10'unu aşmaktadır. Bu birimin yaptığı işe bakarsak ürüne fazla katma değer yaratan işler olmadığı görülür. Özellikle bu birimde çalışanların kendilerine gelen parçaların temizlenmesinde çok zaman harcadıkları gözlenmiştir.

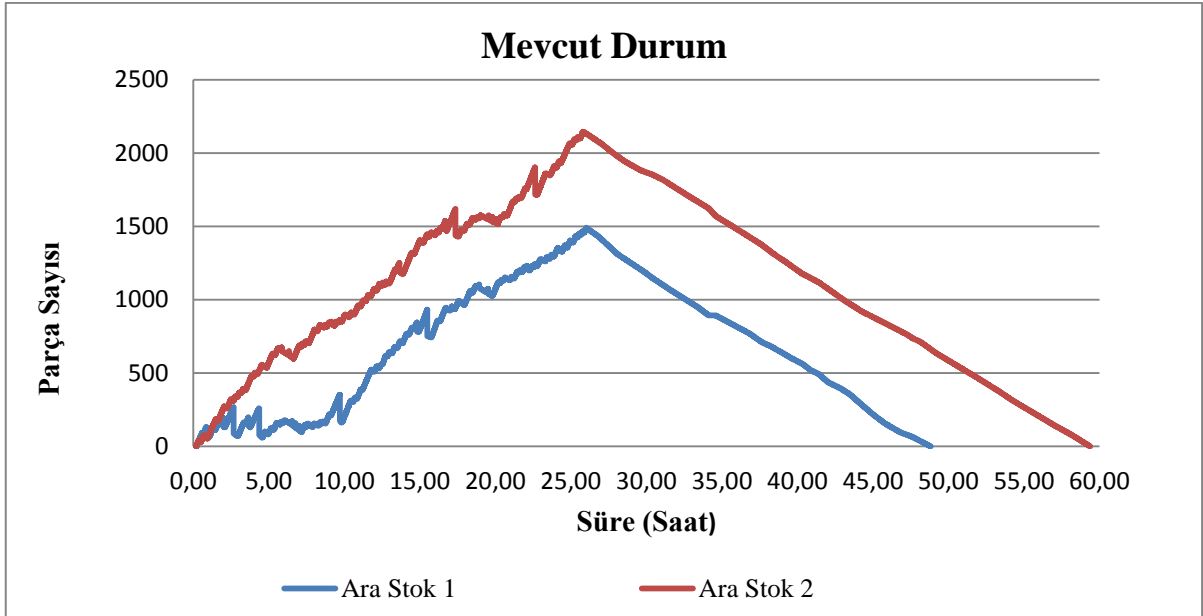
Aşağıdaki tabloda ise ürünlerin toplam maliyetleri verilmiştir.

**Tablo 29:** Mevcut Durumda Ürünlerin Toplam Maliyetleri

Ürünler	Toplam Adet	Toplam Maliyet	Toplam Maliyet (%)	Birim Maliyet
Komodın-1	120	5950,29	9,05	49,59
Sehpa-1	80	1865,49	2,84	23,32
Yan Kol	48	808,35	1,23	16,84
Komodın-2	120	5463,65	8,31	45,53
Masa-1	80	7137,63	10,85	89,22
Etejer-1	80	4320,62	6,57	54,01
Komodın-3	120	5445,04	8,28	45,38
Sehpa-2	80	1914,16	2,91	23,93
PC Masası	120	6300,42	9,58	52,50
Masa-2	48	3774,05	5,74	78,63
Masa-3	60	7855,18	11,95	130,92
Sehpa-3	60	2129,28	3,24	35,49
Etejer-2	60	4150,63	6,31	69,18
Masa-4	60	4423,14	6,73	73,72
Dolap	40	4221,3	6,42	105,53
Toplam	1176	65759,31	100	55,92

### 6.9. Mevcut Durumun Değerlendirilmesi

Oluşturulan simülasyon modelinin sonuçları incelendiğinde kesim makinelerinin kapasitelerinin kenar bantlama makinelerine göre yüksek olduğu görülmektedir. Bantlama makineleri kendilerine gelen işleri yetiştiremediğinden kesilen parçaların Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 olarak adlandırılan alanda beklediği görülmektedir. Simülasyon süresince buralarda parçalar yığılmaya devam etmektedir. Aşağıdaki grafikte mevcut durumda bu alanlardaki parça sayılarının zamana göre değişimi görülmektedir.



**Şekil 26:** Mevcut Durumda Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 Alanlarındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi

Grafikte de görüldüğü üzere bu alanlarda sürekli parça sayısında bir artış yaşanmaktadır. Yaklaşık 25. Saatten sonra parça sayısındaki azalmanın sebebi modele ürün girişinin durmasıdır. Yani o saatten sonra kesim makinelerinden parça çıkmamaktadır. Fakat gerçek hayatta ise üretimde süreklilik vardır. İşletme özellikle siparişlerin yoğun olduğu dönemde bu yığılmaları görmekte ve çözüm olarak kenar bantlama makineleri için geçici süreli fazla mesai veya vardiyayı devreye sokmaktadır. Siparişlerin yoğun olmadığı dönemlerde ise kesim makinelerine işler aralıklı olarak verilmekte ve kesim süreleri uzamaktadır. Bazı durumlarda ise tek kesim makinesi ile işler gerçekleştirilmekte ve diğer kesim makinesindeki çalışanlar rotasyona tabi tutulmaktadır. Kenar bantlama makinelerinin verimliliği incelendiğinde bu makinelerin en üst seviyede kullanılmaya gayret edildiği tespit edilmiştir. Makinelerin hızlarının limiti vardır. Hız arttıkça kenar bandının yapılmasında arıza çıkabilmekte ve kalite

problemleri yaşanmaktadır. Bu bölümde personel sayısını artırmak çözüm değildir. Çünkü darboğaz makinelerin hızıdır.

Diğer bir tespit ise CNC işlem merkezlerinin kullanım oranlarıdır. Önceki tablolarda da görüleceği üzere bu birimlere çok iş düşmemektedir. Bu birimlerde çalışanların nitelikli operatörler olması gerektiğinden maliyetleri de yüksektir. Gelen bazı standart dışı özel ürünler için bu makineler işletme için faydalıdır. Fakat bu işlerin hem miktarları düşük hem de ne zaman gelecekleri belirsizdir. Bu yüzden işletme bu birimde çalışanlar için de yer yer geçici rotasyon uygulamaktadır.

## **6.10. Mevcut Durum İçin Çözüm Önerileri**

Mevcut durumun analizinden sonra tespit edilen sorunlara dair çözüm önerileri aşağıdaki gibidir.

### **6.10.1. Birinci Öneri**

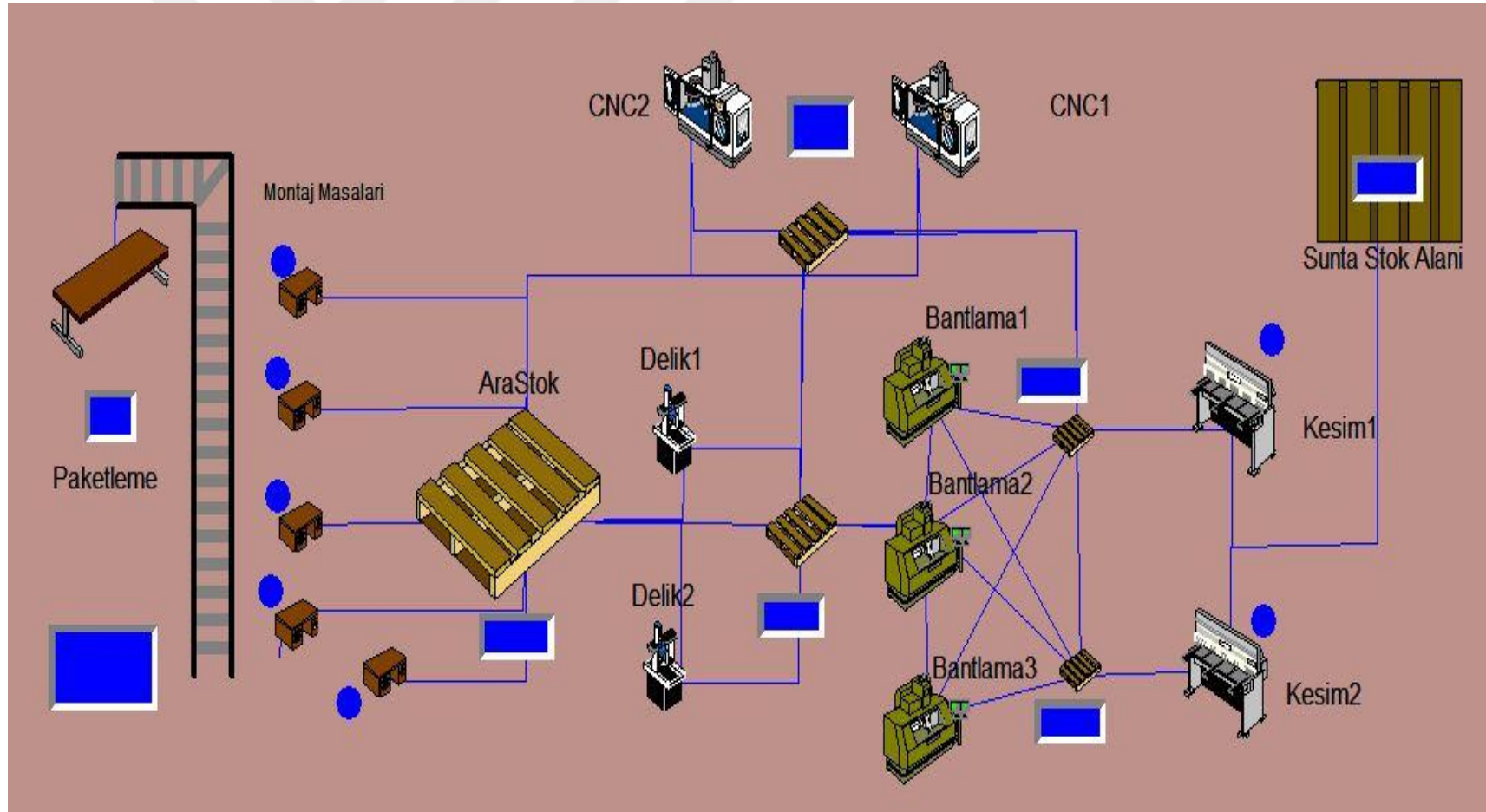
İşletmenin üretiminde darboğaz olan kenar bantlama makineleri için çözüm olarak ilk önce aynı kapasiteli bir adet kenar bantlama makinesinin alınması önerilmiştir. Bu sayede kesim makinelerinden gelen parçaların 3 adet kenar bantlama makinesinden bantlanarak geçeceği ve yığılmaların azalacağı öngörülmüştür.

Simülasyon programları sayesinde ortaya konulan fikirleri bilgisayar ortamında test etmek mümkündür. İşletmenin yeni makine almak gibi maliyetli bir yatırıma girmeden önce, makinenin alınması durumunda neler olacağını simülasyon yazılımı sayesinde görmesi hedeflenmiştir. Bu yüzden oluşturulan mevcut modele bir adet kenar bantlama makinesi ilave edilmiştir. Bütün akışlar tekrar düzenlenmiş ve 3. Makinenin modelde çalışması sağlanmıştır. Ayrıca sağlıklı bir üretim maliyeti hesaplamak için bu makineye ait operasyon maliyetleri ile 2 adet operatör ve bunların işgücü maliyetleri de

modele ilave edilmiştir. Buna göre oluşturulan yeni modelin yazılımdaki görüntüsü aşağıdaki gibidir.

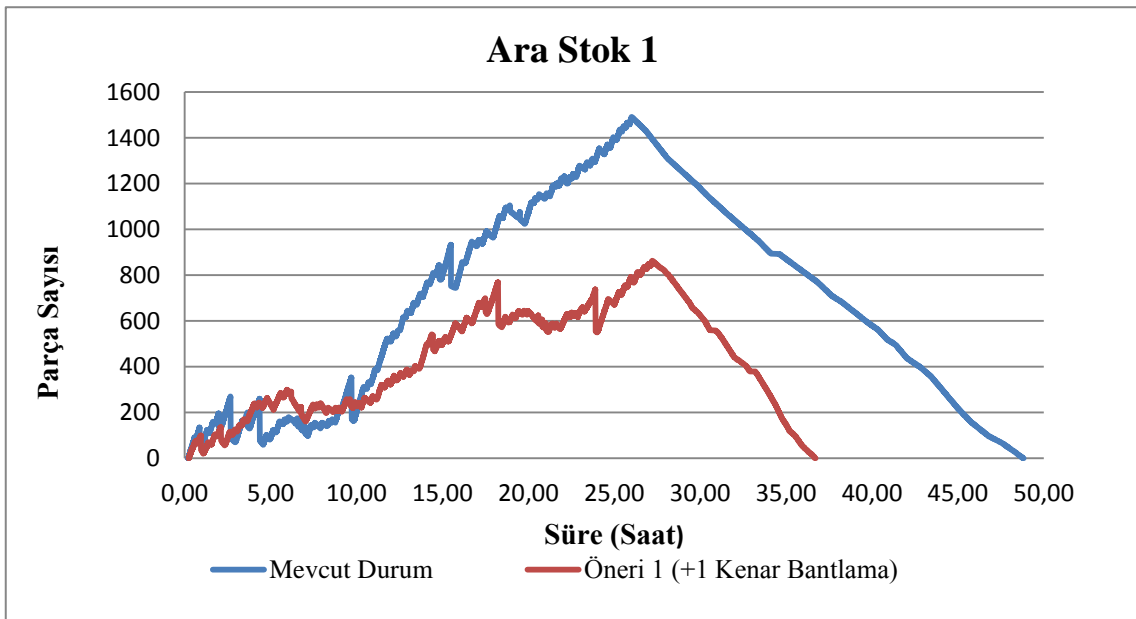




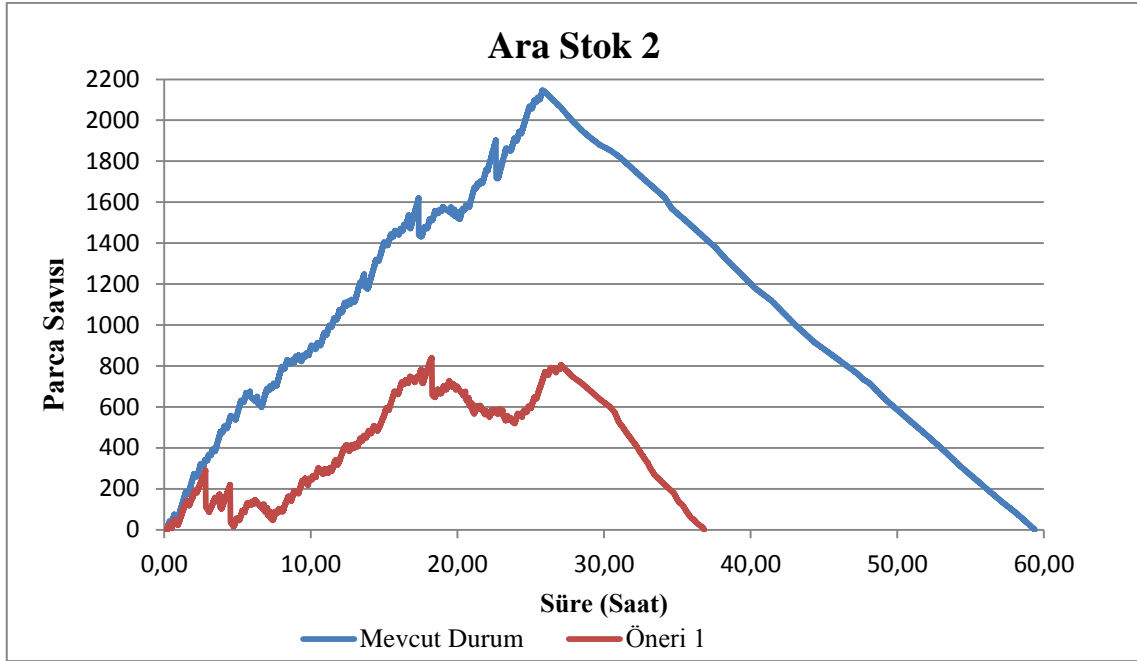


Şekil 27: Birinci Öneri Doğrultusunda Geliştirilen Modelin Simülasyon Modeli

Mevcut sistemde olduğu gibi bunda da toplam imalat süresini mümkün olduğunca doğru belirlemek için simülasyon 20 kez tekrarlatılmıştır. Oluşan değerler bu 20 kez çalışmanın sonucunda elde edilen ortalamalardır. Buna göre yeni durumda kesim makinelerinden çıkan parçaların kenar bantlama makinelerini beklediği Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 alanlarındaki parça sayılarının zamana göre değişimi aşağıdaki gibidir.



**Şekil 28:** Birinci Öneriden Sonra Ara Stok-1 Alanlarındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi



**Şekil 29:** Birinci Öneriden Sonra Ara Stok-2 Alanlarındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi

Yukarıdaki tablolardan da görüleceği üzere ara stok alanlarındaki yığılmalarda ciddi düşüşler meydana gelmiştir. Fakat yığılmaların kesin olarak çözüldüğü söylenemez. Dikkat edilirse kesim makineleri çalışmaya devam ettikçe az da olsa birikme devam etmektedir. Simülasyonun yaklaşık 25. saatinden sonra kesim makinelerinden sonra parçaların gelmesi durduğundan o saatten sonra ara stok bölgesindeki parça sayıları hızlıca azalmaktadır.

Sisteme bir adet kenar bantlama makinesi ilave edildikten sonra üretim bölümlerinin ve makinelerin kullanım miktarları ve oranlar aşağıdaki gibidir.

**Tablo 30:** Birinci Öneri Sonrasında Oluşan Üretim Bölümlerinin ve Makinelerinin Kullanım Miktarları ve Oranları

Lokasyon	Toplam Süre (Saat)	Toplam Varlık	Her Varlık için Ort. Harcanan Süre (dk)	Ortalama varlık sayısı	Lokasyonda Herhangi bir anda max. Varlık Sayısı	Kullanım Oranı (%)
Girdi	44,04	468	814,55	144,27	458	28,85
Kesim1	44,04	65,2	23,55	0,58	1	58,01
Kesim2	44,04	66,8	22,92	0,57	1	57,85
Ara1	44,04	4361,2	220,42	363,8	925	7,28
Ara2	44,04	4446,8	217,28	365,89	875,45	7,32
Bantlama1	44,04	2385,3	2,8	2,53	5	50,68
Bantlama2	44,04	2573	2,64	2,57	5	51,5
Bantlama3	44,04	2081,7	3,19	2,51	5	50,34
CNC1	44,04	165,55	3,46	0,21	1	21,73
CNC2	44,04	122,45	3,57	0,16	1	16,59
Ara3	44,04	6394	22,86	55,33	229,95	1,11
Ara4	44,04	298	35,66	4,02	33	0,5
Delik1	44,04	2863,8	0,16	0,18	1	18,14
Delik2	44,04	2136,2	0,16	0,13	1	13,7
AraStok	44,04	6810	250,36	645,17	1321,15	6,45
Montaj1	44,04	18	105,06	0,71	1	71,57
Montaj2	44,04	18	105,29	0,71	1	71,73
Montaj3	44,04	30,3	57,89	0,66	1	66,35
Montaj4	44,04	27,7	60,85	0,63	1	63,75
Montaj5	44,04	6	59,11	0,13	1	13,42
Konveyör	44,04	1176	3,15	1,4	25,55	5,07
Paketleme	44,04	1176	7,64	3,4	20	17,02

Oluşturulan modele aynı miktarda ürün üretilmesi istendiğinde mevcut durumda 61,08 saat süren üretim, makine ilavesinden sonra 44,04 saat sürmektedir. Bununla birlikte makine lokasyonlarının ve montaj masalarının kullanım oranlarında da yükselişler olmuştur.

Çoklu kapasiteye sahip lokasyonların kullanım oranları ise aşağıdaki gibidir.

**Tablo 31:** Birinci Öneriden Sonra Çoklu Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları

Lokasyon İsmi	Toplam Süre (Saat)	Boş (%)	Kısmen Dolu (%)	Dolu (%)	Duruşlar (%)
Bantlama1	44,04	20,28	60,77	18,95	0,86
Bantlama2	44,04	18,97	66,29	14,74	0,87
Bantlama3	44,04	18,68	67,06	14,26	0,86
AraStok	44,04	3,5	96,5	0	0
Konveyör	44,04	69,79	30,21	0	0
Paketleme	44,04	25,72	70,02	4,25	0
Girdi	44,04	38,64	61,36	0	0
Ara1	44,04	17,46	82,54	0	0
Ara2	44,04	16,65	83,35	0	0
Ara3	44,04	21,2	78,8	0	0
Ara4	44,04	75,08	24,92	0	0

Tekli kapasiteye sahip lokasyonların kullanım oranları ise şu şekilde gerçekleşmiştir.

**Tablo 32:** Birinci Öneriden Sonra Tekli Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları

Lokasyon İsmi	Toplam Süre (Saat)	İşlem (%)	Hazırlık (%)	Boş (%)	Bekleme (%)	Duruş (%)
Kesim1	44,04	22,83	1,41	41,06	33,78	0,93
Kesim2	44,04	23,43	1,45	41,19	32,98	0,96
CNC2	44,04	15,68	0,9	83,41	0	0
CNC1	44,04	20,83	0,9	78,27	0	0
Delik1	44,04	18,14	0	81,86	0	0
Delik2	44,04	13,7	0	86,3	0	0
Montaj1	44,04	71,57	0	28,43	0	0
Montaj2	44,04	71,73	0	28,27	0	0
Montaj3	44,04	66,34	0	33,65	0	0
Montaj4	44,04	63,74	0	36,25	0	0
Montaj5	44,04	13,41	0	86,58	0	0

Yukarıdaki tabloya bakılacak olursa lokasyonların boş kalma yüzdelerinde mevcut duruma göre bir azalma olduğu görülmektedir. Kenar bantlama makinesinin sayısının artırılması, süreci hızlandırdığından üretim hızlanmakta ve verim artmaktadır. Kaynak kullanımlarını gösteren tabloya aşağıdaki gibidir.

**Tablo 33:** Birinci Öneriden Sonra Kaynak Kullanımları

Kaynak İsmi	Birimler	Toplam Süre (Saat)	Her kullanımda ort. Süre (dk)	Kullanım için ort. Dolaşım Süresi (dk)	Yerleştirmek için ort. Dolaşım Süresi (dk)	Kullanım (%)
Forklift	1	44,04	1,07	0,02	0,53	5,52
Kesim ope1.1	1	44,04	0,34	0,2	0,21	45,71
Kesim ope1.2	1	44,04	0,34	0,2	0,21	45,71
Kesim ope1	2	88,08	0,34	0,2	0,21	45,71
Kesim ope2.1	1	44,04	0,33	0,19	0,2	45,2
Kesim ope2.2	1	44,04	0,33	0,19	0,2	45,21
Kesim ope2	2	88,08	0,33	0,19	0,2	45,2
Bant ope1.1	1	44,04	0,43	0,17	0,31	81,49
Bant ope1.2	1	44,04	0,43	0,17	0,31	81,53
Bant ope1	2	88,08	0,43	0,17	0,31	81,51
Bant ope2.1	1	44,04	0,4	0,15	0,19	82,74
Bant ope2.2	1	44,04	0,4	0,15	0,19	82,73
Bant ope2	2	88,08	0,4	0,15	0,19	82,73
Bant ope3.1	1	44,04	0,49	0,2	0,38	83,01
Bant ope3.2	1	44,04	0,49	0,2	0,38	82,99
Bant ope3	2	88,08	0,49	0,2	0,38	83
Delik ope1.1	1	44,04	0,23	0,07	0,28	50,49
Delik ope1.2	1	44,04	0,22	0,07	0,28	49,3
Delik ope1	2	88,08	0,22	0,07	0,28	49,9
Delik ope2.1	1	44,04	0,3	0,1	0,37	47,17
Delik ope2.2	1	44,04	0,27	0,11	0,37	48,53
Delik ope2	2	88,08	0,28	0,1	0,37	47,85
CNC ope1.1	1	44,04	1,27	0,08	0,23	13,07
CNC ope1.2	1	44,04	1,23	0,08	0,23	12,31
CNC ope1	2	88,08	1,25	0,08	0,23	12,69
CNC ope2.1	1	44,04	1,67	0,31	0,85	14,71
CNC ope2.2	1	44,04	1,66	0,29	0,86	13,88
CNC ope2	2	88,08	1,67	0,3	0,85	14,29
Ara stok operator.1	1	44,04	2,75	0,09	0,42	16,82
Ara stok operator.2	1	44,04	2,87	0,05	0,41	7,28
Ara stok operator	2	88,08	2,78	0,08	0,42	12,05
Usta1	1	44,04	10,5	0	0	71,57
Usta2	1	44,04	10,52	0	0	71,73
Usta3	1	44,04	4,63	0	0	66,34
Usta4	1	44,04	4,81	0	0	63,74
Usta5	1	44,04	4,02	0	0	13,41
Paket isci.1	1	44,04	2,54	0,03	0	53,37
Paket isci.2	1	44,04	3,66	0,01	0	58,63
Paket isci.3	1	44,04	4,01	0,01	0	54,52
Paket isci.4	1	44,04	4,05	0,01	0	46,1
Paket isci	4	176,17	3,43	0,02	0	53,15

Kenar bantlama makinelerinin sayısının artırılması çalışanların da kullanım oranlarını artırmıştır. Özellikle delik işlemlerinden sorumlu operatörler ile montaj masalarında çalışan ustaların kullanım oranları yükselmiştir.

Aşağıdaki tabloda ise yeni durumdan sonra kaynakların toplam süre içinde kullanım, dolanma ve boş bekleme oranları verilmiştir.

**Tablo 34:** Birinci Öneriden Sonra Kaynakların Toplam Süre İçinde Kullanım, Dolanma ve Boş Bekleme Oranları

Kaynak İsmi	Toplam Süre (Saat)	İşlem (%)	İşlem için Dolaşım (%)	Yerleştirmek için Dolaşım (%)	Boş (%)
Forklift	44,04	5,39	0,14	2,55	91,92
Kesim ope1.1	44,04	28,82	16,89	0,52	53,77
Kesim ope1.2	44,04	28,82	16,89	0,52	53,77
Kesim ope1	88,08	28,82	16,89	0,52	53,77
Kesim ope2.1	44,04	28,71	16,49	0,51	54,29
Kesim ope2.2	44,04	28,72	16,49	0,51	54,28
Kesim ope2	88,08	28,71	16,49	0,51	54,29
Bant ope1.1	44,04	58,64	22,84	0,59	17,92
Bant ope1.2	44,04	58,51	23,02	0,56	17,91
Bant ope1	88,08	58,58	22,93	0,57	17,92
Bant ope2.1	44,04	59,85	22,89	0,32	16,94
Bant ope2.2	44,04	60,11	22,61	0,33	16,95
Bant ope2	88,08	59,98	22,75	0,32	16,94
Bant ope3.1	44,04	58,75	24,26	0,57	16,42
Bant ope3.2	44,04	58,77	24,21	0,57	16,44
Bant ope3	88,08	58,76	24,24	0,57	16,43
Delik ope1.1	44,04	37,75	12,74	16,66	32,85
Delik ope1.2	44,04	36,68	12,62	14,27	36,43
Delik ope1	88,08	37,22	12,68	15,46	34,64
Delik ope2.1	44,04	35,26	11,91	17,9	34,94
Delik ope2.2	44,04	34,41	14,13	12,03	39,44
Delik ope2	88,08	34,83	13,02	14,96	37,19
CNC ope1.1	44,04	12,27	0,8	0,72	86,21
CNC ope1.2	44,04	11,55	0,76	0,76	86,94
CNC ope1	88,08	11,91	0,78	0,74	86,58
CNC ope2.1	44,04	12,4	2,31	2,09	83,2
CNC ope2.2	44,04	11,82	2,06	2,12	84
CNC ope2	88,08	12,11	2,18	2,11	83,6
Ara stok operator.1	44,04	16,29	0,54	1,03	82,15
Ara stok operator.2	44,04	7,13	0,15	0,45	92,27
Ara stok operator	88,08	11,71	0,34	0,74	87,21
Usta1	44,04	71,57	0	0	28,43
Usta2	44,04	71,73	0	0	28,27

Tablo 34 Devam

Usta3	44,04	66,34	0	0	33,66
Usta4	44,04	63,74	0	0	36,26
Usta5	44,04	13,41	0	0	86,59
Paket isci.1	44,04	52,54	0,83	0	46,63
Paket isci.2	44,04	58,32	0,31	0	41,37
Paket isci.3	44,04	54,32	0,2	0	45,48
Paket isci.4	44,04	45,94	0,16	0	53,9
Paket isci	176,17	52,78	0,37	0	46,85

Aşağıdaki tabloda ise modele eklenen kenar bantlama makinesi sonrasında sisteme girilen ürünlerin her bir adeti için ortalama çıkış süreleri verilmiştir.

Tablo 35: Birinci Öneriden Sonra Sisteme Girilen Ürünlerin Ortalama Çıkış Süreleri

Ürünler	Toplam Miktar	Bir Ürünün Ortalama Çıkış Süresi (dk)
Komodın-1	120	15,92
Sehpa-1	80	23,9
Yan Kol	48	39,9
Komodın-2	120	19,28
Masa-1	80	26,35
Etejer-1	80	28,1
Komodın-3	120	21,92
Sehpa-2	80	20,06
PC Masası	120	19,92
Masa-2	48	50,42
Masa-3	60	42,74
Sehpa-3	60	29,29
Etejer-2	60	43,99
Masa-4	60	30,8
Dolap	40	60,12

Aşağıdaki tabloda oluşturulan yeni modelin simülasyonu sonucunda ulaşılan lokasyon maliyetleri ve yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 36: Birinci Öneriden Sonra Oluşan Lokasyon Maliyetleri ve Yüzdeleri

Lokasyon İsmi	İşlem Maliyeti	İşlem Maliyeti (%)	Kaynakların Maliyeti	Kaynakların Maliyeti (%)	Toplam Maliyet	Toplam Maliyet (%)
Girdi	0	0	0	0	0	0
Kesim1	58,67	0,24	60,29	2,26	118,97	0,44
Kesim2	60,25	0,25	61,91	2,32	122,17	0,45
Ara1	0	0	0	0	0	0
Ara2	0	0	0	0	0	0
Bantlama1	3396,1	13,97	216,11	8,11	3612,22	13,39
Bantlama2	3601,9	14,81	229,21	8,6	3831,11	14,2
Bantlama3	3331,92	13,7	194,36	7,29	3526,28	13,07



Tablo 36 Devam

CNC1	382,82	1,57	77,96	2,93	460,78	1,71
CNC2	292,16	1,2	58,69	2,2	350,86	1,3
Ara3	0	0	0	0	0	0
Ara4	0	0	0	0	0	0
Delik1	7,98	0,03	63,91	2,4	71,9	0,27
Delik2	6,03	0,02	48,27	1,81	54,31	0,2
AraStok	0,93	0	56,13	2,11	57,07	0,21
Montaj1	63,03	0,26	283,66	10,64	346,7	1,29
Montaj2	63,17	0,26	284,28	10,67	347,45	1,29
Montaj3	58,43	0,24	262,94	9,87	321,38	1,19
Montaj4	56,14	0,23	252,63	9,48	308,78	1,14
Montaj5	11,81	0,05	53,16	1,99	64,98	0,24
Konveyör	0	0	0	0	0	0
Paketleme	12924,34	53,15	461,58	17,32	13385,93	49,61
Toplam	24315,78	100	2665,18	100	26980,97	100

Aşağıdaki tabloda ise üretimde kullanılan kaynakların yeni durumda oluşan maliyetleri açıklanmıştır.

Tablo 37: Birinci Öneriden Sonra Oluşan Kaynakların Maliyetleri

Kaynak İsmi	Birim	Kullanmama Maliyeti	Kullanmama Maliyeti (%)	Kullanma Maliyeti	Kullanma Maliyeti (%)	Toplam Maliyet	Toplam Maliyet (%)
Forklift	1	0	0	264	5,47	264	2,79
Kesim ope1.1	1	143,46	3,09	120,79	2,5	264,26	2,79
Kesim ope1.2	1	143,46	3,09	120,79	2,5	264,26	2,79
Kesim ope1	2	286,93	6,18	241,58	5	528,52	5,58
Kesim ope2.1	1	144,84	3,12	119,41	2,47	264,26	2,79
Kesim ope2.2	1	144,8	3,12	119,45	2,47	264,26	2,79
Kesim ope2	2	289,64	6,24	238,87	4,95	528,52	5,58
Bant ope1.1	1	57,09	1,23	251,2	5,2	308,3	3,26
Bant ope1.2	1	56,96	1,23	251,34	5,21	308,3	3,26
Bant ope1	2	114,05	2,46	502,55	10,41	616,6	6,51
Bant ope2.1	1	53,23	1,15	255,06	5,28	308,3	3,26
Bant ope2.2	1	53,27	1,15	255,03	5,28	308,3	3,26
Bant ope2	2	106,5	2,29	510,09	10,57	616,6	6,51
Bant ope3.1	1	52,41	1,13	255,89	5,3	308,3	3,26
Bant ope3.2	1	52,46	1,13	255,83	5,3	308,3	3,26
Bant ope3	2	104,87	2,26	511,72	10,6	616,6	6,51
Delik ope1.1	1	174,48	3,76	177,86	3,68	352,34	3,72
Delik ope1.2	1	178,62	3,85	173,72	3,6	352,34	3,72
Delik ope1	2	353,1	7,61	351,58	7,28	704,69	7,44
Delik ope2.1	1	186,19	4,01	166,14	3,44	352,34	3,72
Delik ope2.2	1	181,35	3,91	170,99	3,54	352,34	3,72
Delik ope2	2	367,55	7,92	337,14	6,98	704,69	7,44
CNC ope1.1	1	325,44	7,01	48,92	1,01	374,36	3,95
CNC ope1.2	1	328,29	7,08	46,07	0,95	374,36	3,95

Tablo 37 Devam

CNC ope1	2	653,74	14,09	94,99	1,97	748,73	7,91
CNC ope2.1	1	319,31	6,88	55,05	1,14	374,36	3,95
CNC ope2.2	1	322,42	6,95	51,94	1,08	374,36	3,95
CNC ope2	2	641,74	13,83	106,99	2,22	748,73	7,91
Ara stok operator.1	1	219,8	4,74	44,45	0,92	264,26	2,79
Ara stok operator.2	1	245,03	5,28	19,22	0,4	264,26	2,79
Ara stok operatör	2	464,84	10,02	63,67	1,32	528,52	5,58
Usta1	1	112,72	2,43	283,66	5,88	396,39	4,19
Usta2	1	112,1	2,41	284,28	5,89	396,39	4,19
Usta3	1	133,44	2,87	262,94	5,45	396,39	4,19
Usta4	1	143,75	3,1	252,63	5,23	396,39	4,19
Usta5	1	343,22	7,4	53,16	1,1	396,39	4,19
Paket isci.1	1	102,7	2,21	117,51	2,43	220,21	2,33
Paket isci.2	1	91,11	1,96	129,1	2,67	220,21	2,33
Paket isci.3	1	100,16	2,16	120,05	2,49	220,21	2,33
Paket isci.4	1	118,72	2,56	101,48	2,1	220,21	2,33
Paket işçi	4	412,71	8,89	468,15	9,7	880,86	9,3
Toplam		4640,97	100	4828,09	100	9469,06	100

Aşağıdaki tabloda ise yeni durumda oluşan ürünlerin toplam maliyetleri verilmiştir.

Tablo 38: Birinci Öneriden Sonra Oluşan Ürünlerin Toplam Maliyetleri

Ürünler	Toplam Adet	Toplam Maliyet	Toplam Maliyet (%)	Birim Maliyet
Komodın-1	120	5982,9	9,05	49,86
Sehpa-1	80	1880,77	2,84	23,51
Yan Kol	48	812,78	1,23	16,93
Komodın-2	120	5510,73	8,33	45,92
Masa-1	80	7168,84	10,84	89,61
Etejer-1	80	4342,57	6,57	54,28
Komodın-3	120	5493,08	8,31	45,78
Sehpa-2	80	1945,66	2,94	24,32
PC Masası	120	6310,85	9,54	52,59
Masa-2	48	3777,02	5,71	78,69
Masa-3	60	7872,24	11,91	131,20
Sehpa-3	60	2128,92	3,22	35,48
Etejer-2	60	4184,56	6,33	69,74
Masa-4	60	4458,56	6,74	74,31
Dolap	40	4253,56	6,43	106,34
Toplam	1176	66123,11	100	56,23

### **6.10.2. Birinci Önerinin Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

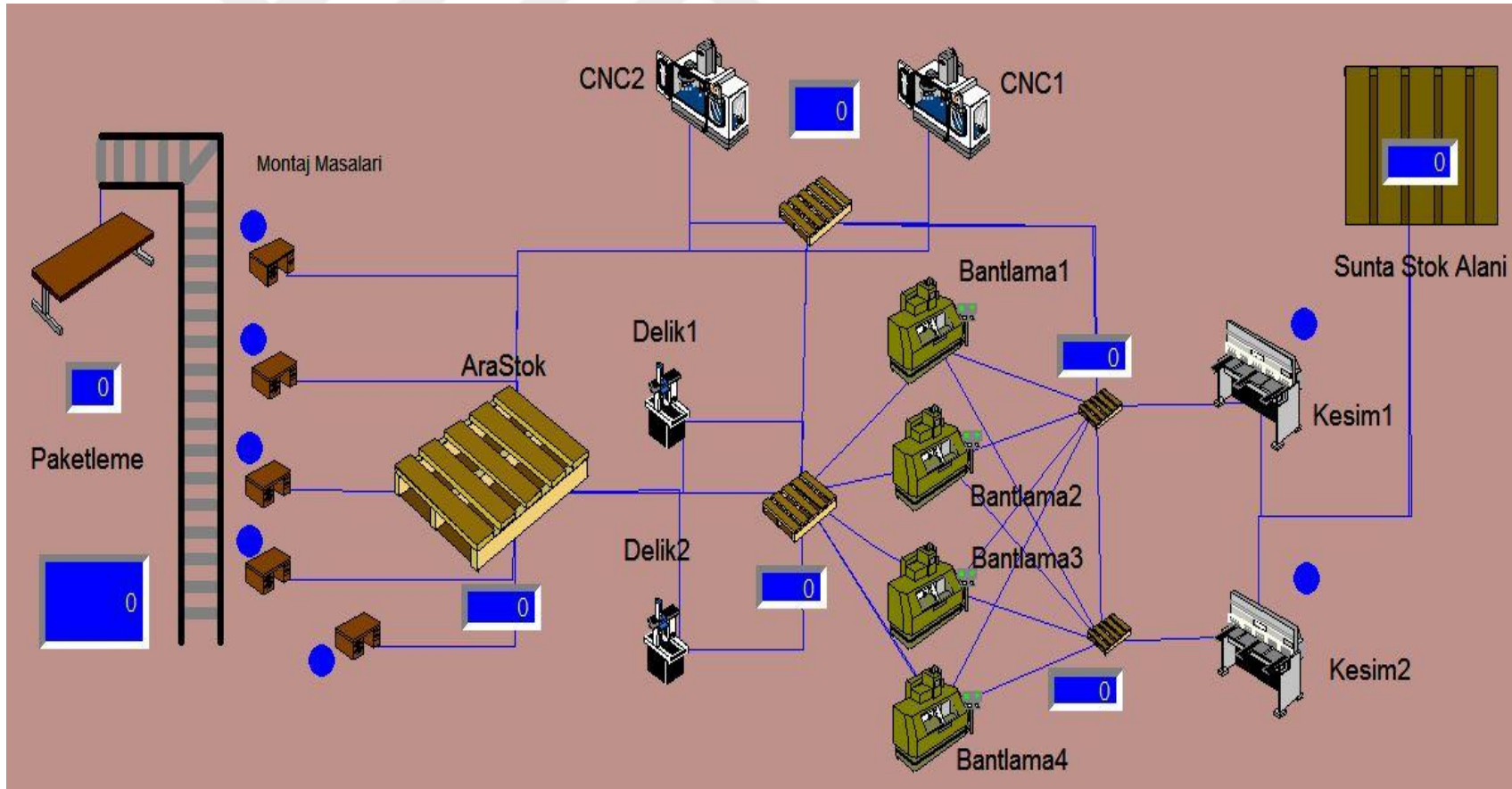
Mevcut durumda karşılaşılan Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 alanlarındaki parça yığılmaları kenar bantlama makinelerinin yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu yüzden çözüm olarak bu lokasyona bir adet kenar bantlama makinesi daha ilave edildiğinde üretim süresinde kısalma görülmüştür. Sisteme verilen işin bitiş süresi yaklaşık %28 kısalmıştır. Bu da kenar bantlama lokasyonunun bir darboğaz olduğunu göstermektedir. Ancak sisteme yeni makine ilave edildikten sonra Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 alanlarındaki yığılmanın büyük ölçüde azalmış olmasına rağmen tamamen çözülmediği görülmektedir. Sisteme sürekli iş verilmesi durumunda yığılma yavaş bir şekilde artmaya devam etmektedir. Bu, sistemdeki kesim makinelerinin hızının hala kenar bantlama makinelerinden yüksek olduğunu gösterir. Yine de sadece bir adet kenar bantlama makinesinin eklenmesi ile örnek verilen iş yükünün %28 daha kısa sürede tamamlanması önemlidir. Ayrıca kenar bantlama lokasyonundan sonraki lokasyonların da kullanım oranları artmıştır. Mevcut duruma göre bu lokasyonlardaki kullanım oranlarında %40'ları bulan artışlar yaşanmıştır. Bununla birlikte boş bekleme sürelerinde de ciddi düşüşler kaydedilmiştir.

### **6.10.3. İkinci Öneri**

Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 alanlarındaki parça yığılmalarının çözümü için sisteme bir adet daha kenar bantlama makinesi ilave edilebilir. Böylece kenar bantlama makinelerinin sayısı dörde çıkarılmış olur. Buradaki amaç mümkün olduğunca ürün akışlarının olduğu hatlarda dengeli bir güç seviyesi ayarlamaktır. Daha önce de açıklandığı gibi bu makinenin modele eklenmesi sırasında da bütün akışlar tekrar ayarlanmıştır. Sisteme 2 adet daha kenar bantlama operatörü eklenmiştir. Makinenin

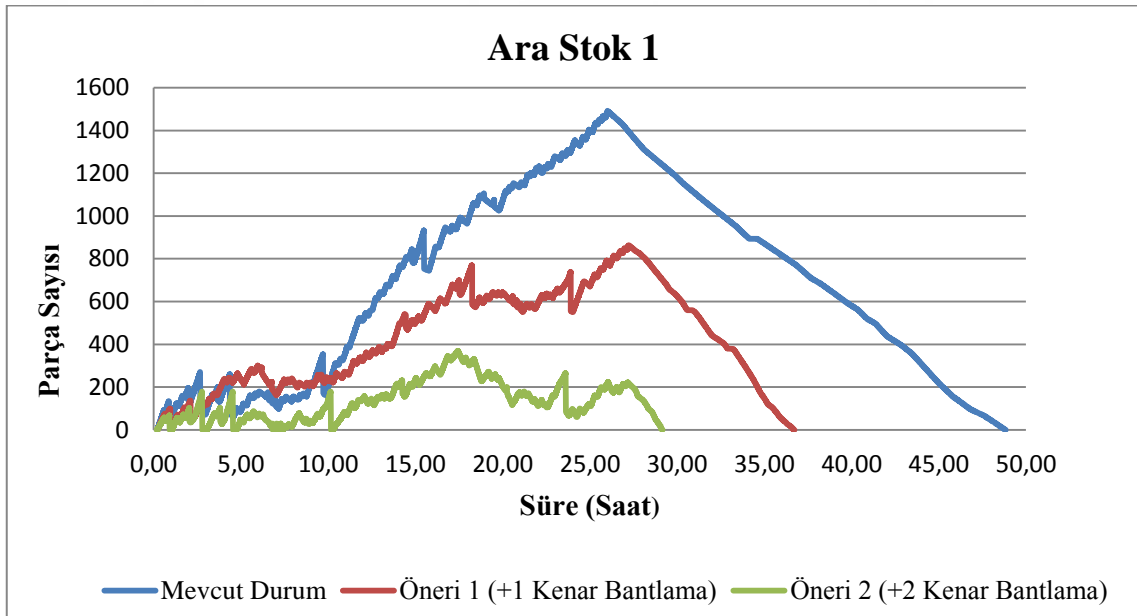
operasyon maliyetleri ve işgücü maliyetleri sisteme aktarılmıştır. Oluşturulan 4 kenar bantlamalı sistemin simülasyon modelindeki görüntüsü aşağıdaki gibidir.



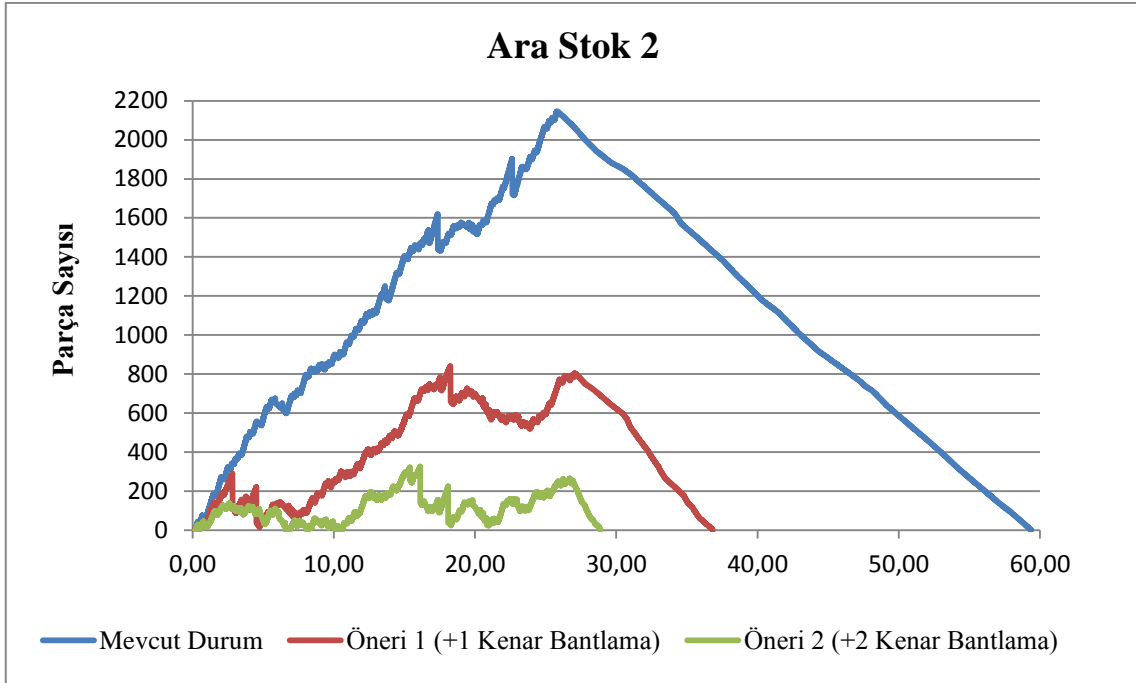


Şekil 30: İkinci Öneri Doğrultusunda Geliştirilen Modelin Simülasyon Modeli

Oluşturulan modelin simülasyonu bundan öncekilerde olduğu gibi imalat süresini mümkün olduğunca doğru belirlemek için 20 kez tekrarlatılmıştır. Oluşan değerler bu 20 kez çalışmanın sonucunda elde edilen ortalamalardır. Buna göre toplamda dört adet kenar bantlama makinesinin olduğu bu modelin simülasyonu neticesinde, kesim makinelerinden çıkan parçaların kenar bantlama makinelerini beklediği Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 alanlarındaki parça sayılarının zamana göre değişimi aşağıdaki gibidir.



**Şekil 31:** İkinci Öneriden Sonra Ara Stok-1 Alanlarındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi



**Şekil 32:** İkinci Öneriden Sonra Ara Stok-2 Alanlarındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi

Yukarıdaki grafikler incelendiğinde, dört adet kenar bantlama makinesine sahip modelde artık Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 alanlarında parça yığılmalarının olmadığı görülmektedir. Belli miktarlarda parça sayısının ve dalgalanmanın olması normaldir. Çünkü kesim makinelerinden parçalar çok sayıda ve tek seferde çıkmaktadır. Ayrıca her parça için gereken kenar bandı ihtiyacı birbirinden farklı olabilmektedir. Burada önemli olan nokta sisteme iş yükü verildiğinde kesim makinelerinden çıkan parçaların zaman içerisinde birikmemesidir. Yapılan ürünlere ve parti büyüklüğüne göre 2 adet kesim makinesinin hızı 4 adet kenar bantlama makinesi ile dengeli çalışmaktadır. Buna göre mevcut sisteme 2 adet kenar bantlama makinesi ilave edildikten sonra üretim bölümlerinin ve makinelerin kullanım miktarları ve oranlar aşağıdaki gibidir.

**Tablo 39:** İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Üretim Bölümlerinin ve Makinelerin Kullanım Miktarları ile Oranlar

Lokasyon	Toplam Süre (Saat)	Toplam Varlık	Her Varlık için Ort. Harcanan Süre (dk)	Ortalama varlık sayısı	Lokasyonda Herhangi Bir Anda max. Varlık Sayısı	Kullanım Oranı (%)
Girdi	42,53	468	816,68	149,76	458	29,95
Kesim1	42,53	65	23,62	0,6	1	60,09
Kesim2	42,53	67	22,88	0,59	1	60
Ara1	42,53	4361,3	39,87	68,16	283,2	1,36
Ara2	42,53	4446,7	44,23	76,94	335,1	1,54
Bantlama1	42,53	1865,45	2,65	1,94	5	38,83
Bantlama2	42,53	1876,15	2,69	1,98	5	39,61
Bantlama3	42,53	1929,25	2,78	2,1	5	42,08
Bantlama4	42,53	1369,15	3,67	1,96	5	39,39
CNC1	42,53	163,95	3,46	0,22	1	22,29
CNC2	42,53	124,05	3,57	0,17	1	17,36
Ara3	42,53	6394	50,31	126,06	391	2,52
Ara4	42,53	298	35,44	4,13	33	0,52
Delik1	42,53	2835,85	0,16	0,18	1	18,61
Delik2	42,53	2164,15	0,16	0,14	1	14,35
AraStok	42,53	681	229,55	612,55	1476,65	6,13
Montaj1	42,53	18	105,21	0,74	1	74,2
Montaj2	42,53	18	104,97	0,74	1	74,04
Montaj3	42,53	29,4	58,96	0,67	1	67,89
Montaj4	42,53	28,6	59,75	0,66	1	66,93
Montaj5	42,53	6	58,7	0,13	1	13,8
Konveyör	42,53	1176	2,57	1,18	19,25	4,28
Paketleme	42,53	1176	5,91	2,72	16	9,08

Mevcut duruma göre sisteme 2 adet kenar bantlama makinesi ilave edildiğinde örnek talep miktarı için üretim süresi 42,53 saat olmaktadır. Hatırlanacağı üzere 1 adet kenar bantlama makinesi eklendiğinde üretim süresi 61,08 saatten 44,04 saate düşmüştü. 2 makine ilave yapıldığında toplam üretim süresinin çok da fazla değişmediğini görmekteyiz. Toplam imalat süresindeki kısalma %3'ler mertebesindedir.

Bu noktada artık başka lokasyonların darboğaz oluşturmaya başladığı anlaşılmaktadır. Çoklu kapasiteye sahip lokasyonların kullanım oranları ise aşağıdaki gibidir.



**Tablo 40:** İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Çoklu Kapasiteye Sahip İstasyonların Kullanım Oranları

Lokasyon İsmi	Toplam Süre (Saat)	Boş (%)	Kısmen Dolu (%)	Dolu (%)	Duruşlar (%)
Bantlama1	42,53	39,32	46,67	14,01	0,87
Bantlama2	42,53	38,07	49,49	12,44	0,87
Bantlama3	42,53	34,92	49,32	15,76	0,86
Bantlama4	42,53	34,39	59,09	6,52	0,84
AraStok	42,53	5,14	94,86	0	0
Konveyör	42,53	68,19	31,81	0	0
Paketleme	42,53	25,72	74,28	0	0
Girdi	42,53	36,35	63,65	0	0
Ara1	42,53	35,22	64,78	0	0
Ara2	42,53	34,24	65,76	0	0
Ara3	42,53	30,13	69,87	0	0
Ara4	42,53	74,23	25,77	0	0

Tekli kapasiteye sahip lokasyonların kullanım oranları ise şu şekilde gerçekleşmiştir.

**Tablo 41:** İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Tekli Kapasiteye Sahip İstasyonların Kullanım Oranları

Lokasyon İsmi	Toplam Süre (Saat)	İşlem (%)	Hazırlık (%)	Boş (%)	Bekleme (%)	Duruş (%)
Kesim1	42,53	23,65	1,46	38,93	34,99	0,98
Kesim2	42,53	24,36	1,5	39,02	34,14	0,99
CNC2	42,53	16,42	0,95	82,64	0	0
CNC1	42,53	21,34	0,95	77,71	0	0
Delik1	42,53	18,61	0	81,39	0	0
Delik2	42,53	14,35	0	85,65	0	0
Montaj1	42,53	74,2	0	25,79	0	0
Montaj2	42,53	74,04	0	25,96	0	0
Montaj3	42,53	67,89	0	32,11	0	0
Montaj4	42,53	66,93	0	33,07	0	0
Montaj5	42,53	13,8	0	86,2	0	0

Kaynak kullanımını gösteren tablo aşağıdaki gibidir.

**Tablo 42:** İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Kaynak Kullanımları

Kaynak İsmi	Birim	Toplam Süre (Saat)	Her kullanımda ort. Süre (dk)	Kullanım için ort. Dolaşım Süresi (dk)	Yerleştirmek için ort. Dolaşım Süresi (dk)	Kullanım (%)
Forklift	1	42,53	1,09	0,02	0,54	5,81
Kesim ope1.1	1	42,53	0,34	0,2	0,21	47,32
Kesim ope1.2	1	42,53	0,34	0,2	0,21	47,37
Kesim ope1	2	85,07	0,34	0,2	0,21	47,35
Kesim ope2.1	1	42,53	0,33	0,19	0,2	46,84

Tablo 42 Devam

Kesim ope2.2	1	42,53	0,33	0,19	0,2	46,86
Kesim ope2	2	85,07	0,33	0,19	0,2	46,85
Bant ope1.1	1	42,53	0,41	0,15	0,25	62,13
Bant ope1.2	1	42,53	0,41	0,15	0,25	62,09
Bant ope1	2	85,07	0,41	0,15	0,25	62,11
Bant ope2.1	1	42,53	0,41	0,15	0,23	63,6
Bant ope2.2	1	42,53	0,41	0,15	0,22	63,53
Bant ope2	2	85,07	0,41	0,15	0,23	63,56
Bant ope3.1	1	42,53	0,42	0,15	0,24	66,66
Bant ope3.2	1	42,53	0,43	0,15	0,24	66,65
Bant ope3	2	85,07	0,42	0,15	0,24	66,66
Bant ope4.1	1	42,53	0,57	0,25	0,64	66,76
Bant ope4.2	1	42,53	0,57	0,25	0,64	66,75
Bant ope4	2	85,07	0,57	0,25	0,64	66,75
Delik ope1.1	1	42,53	0,22	0,07	0,29	50,76
Delik ope1.2	1	42,53	0,22	0,07	0,29	50,55
Delik ope1	2	85,07	0,22	0,07	0,29	50,66
Delik ope2.1	1	42,53	0,29	0,1	0,37	49,79
Delik ope2.2	1	42,53	0,28	0,11	0,37	51,08
Delik ope2	2	85,07	0,28	0,1	0,37	50,43
CNC ope1.1	1	42,53	1,28	0,09	0,24	13,54
CNC ope1.2	1	42,53	1,24	0,08	0,24	12,8
CNC ope1	2	85,07	1,26	0,08	0,24	13,17
CNC ope2.1	1	42,53	1,65	0,29	0,82	15,09
CNC ope2.2	1	42,53	1,64	0,28	0,83	14,38
CNC ope2	2	85,07	1,64	0,29	0,82	14,74
Ara stok operator.1	1	42,53	2,47	0,09	0,39	16,13
Ara stok operator.2	1	42,53	3,56	0,06	0,37	8,77
Ara stok operator	2	85,07	2,77	0,08	0,39	12,45
Usta1	1	42,53	10,52	0	0	74,2
Usta2	1	42,53	10,49	0	0	74,04
Usta3	1	42,53	4,73	0	0	67,89
Usta4	1	42,53	4,72	0	0	66,93
Usta5	1	42,53	4	0	0	13,8
Paket isci.1	1	42,53	3,11	0,03	0	60,48
Paket isci.2	1	42,53	3,48	0,02	0	58,96
Paket isci.3	1	42,53	3,63	0,02	0	53,03
Paket isci.4	1	42,53	3,66	0,02	0	48,61
Paket işçi	4	170,14	3,44	0,03	0	55,27

Yukarıdaki tabloda kaynakların kullanım oranlarına bakacak olursak, 3 adet kenar bantlamalı sisteme göre bantlama operatörleri hariç diğer çalışanların kullanım oranları küçük oranlarda artmıştır. Dört adet kenar bantlamalı sistemde kenar bantlamalı operatörlerin kullanımı üç kenar bantlamalı sisteme göre düşmüştür. Sisteme 4. Kenar

bantlama makinesini eklemek sistemin verimliliği üzerine fazla olumlu katkı yapmamıştır.

Aşağıdaki tabloda ise elde edilen son durumdan sonra kaynakların toplam süre içinde kullanım, dolanma ve boş bekleme oranları verilmiştir.

**Tablo 43:** İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Kaynakların Toplam Süre İçinde Kullanım, Dolanma ve Boş Bekleme Oranları

Kaynak İsmi	Toplam Süre (Saat)	İşlem (%)	İşlem için Dolaşım (%)	Yerleştirmek için Dolaşım (%)	Boş (%)
Forklift	42,53	5,69	0,12	2,72	91,47
Kesim ope1.1	42,53	29,83	17,49	0,54	52,14
Kesim ope1.2	42,53	29,88	17,49	0,54	52,09
Kesim ope1	85,07	29,86	17,49	0,54	52,12
Kesim ope2.1	42,53	29,77	17,07	0,53	52,63
Kesim ope2.2	42,53	29,79	17,07	0,53	52,61
Kesim ope2	85,07	29,78	17,07	0,53	52,62
Bant ope1.1	42,53	45,21	16,92	0,38	37,49
Bant ope1.2	42,53	45,19	16,9	0,39	37,52
Bant ope1	85,07	45,2	16,91	0,38	37,51
Bant ope2.1	42,53	46,16	17,44	0,35	36,06
Bant ope2.2	42,53	46,34	17,19	0,33	36,14
Bant ope2	85,07	46,25	17,31	0,34	36,1
Bant ope3.1	42,53	48,52	18,15	0,32	33,02
Bant ope3.2	42,53	48,76	17,89	0,32	33,03
Bant ope3	85,07	48,64	18,02	0,32	33,02
Bant ope4.1	42,53	46,59	20,17	0,39	32,85
Bant ope4.2	42,53	46,42	20,32	0,39	32,87
Bant ope4	85,07	46,51	20,25	0,39	32,86
Delik ope1.1	42,53	38,07	12,7	16,01	33,23
Delik ope1.2	42,53	37,92	12,64	16,03	33,42
Delik ope1	85,07	37,99	12,67	16,02	33,32
Delik ope2.1	42,53	36,59	13,2	16,39	33,83
Delik ope2.2	42,53	36,72	14,36	15,01	33,91
Delik ope2	85,07	36,65	13,78	15,7	33,87
CNC ope1.1	42,53	12,63	0,9	0,79	85,67
CNC ope1.2	42,53	11,99	0,81	0,83	86,37
CNC ope1	85,07	12,31	0,86	0,81	86,02
CNC ope2.1	42,53	12,79	2,3	2,13	82,78
CNC ope2.2	42,53	12,25	2,13	2,15	83,47
CNC ope2	85,07	12,52	2,21	2,14	83,12
Ara stok operator.1	42,53	15,53	0,6	1,09	82,77
Ara stok operator.2	42,53	8,62	0,15	0,26	90,97
Ara stok operator	85,07	12,08	0,38	0,67	86,87

Tablo 43 Devam

Usta1	42,53	74,2	0	0	25,8
Usta2	42,53	74,04	0	0	25,96
Usta3	42,53	67,89	0	0	32,11
Usta4	42,53	66,93	0	0	33,07
Usta5	42,53	13,8	0	0	86,2
Paket isci.1	42,53	59,76	0,72	0	39,52
Paket isci.2	42,53	58,46	0,5	0	41,04
Paket isci.3	42,53	52,64	0,39	0	46,97
Paket isci.4	42,53	48,27	0,34	0	51,39
Paket işçi	170,14	54,78	0,49	0	44,73

Aşağıdaki tabloda ise modelin son hali sonrasında sisteme girilen ürünlerin her bir adeti için ortalama çıkış süreleri verilmiştir.

**Tablo 44:** İkinci Öneri Sonrasında Sisteme Girilen Ürünlerin Her Bir Adeti İçin Ortalama Çıkış Süreleri

Ürünler	Toplam Miktar	Bir ürünün ortalama çıkış süresi (dk)
Komodın-1	120	16,03
Sehpa-1	80	20,74
Yan Kol	48	31,79
Komodın-2	120	18,47
Masa-1	80	22,78
Etejer-1	80	25,89
Komodın-3	120	21,26
Sehpa-2	80	19,11
PC Masası	120	16,83
Masa-2	48	43,86
Masa-3	60	37,93
Sehpa-3	60	26,75
Etejer-2	60	39,17
Masa-4	60	26,63
Dolap	40	49,08
Toplam paket	1176	2,17

Aşağıdaki tabloda oluşturulan son modelin simülasyonu sonucunda ulaşılan lokasyon maliyetleri ve yüzdeleri verilmiştir.

**Tablo 45:** İkinci Öneri Sonrasında Oluşan Lokasyon Maliyetleri ve Yüzdeleri

Lokasyon İsmi	İşlem Maliyeti	İşlem Maliyeti (%)	Kaynakların Maliyeti	Kaynakların Maliyeti (%)	Toplam Maliyet	Toplam Maliyet (%)
Girdi	0	0	0	0	0	0
Kesim1	58,73	0,24	60,36	2,26	119,1	0,44
Kesim2	60,5	0,25	62,17	2,33	122,67	0,45
Ara1	0	0	0	0	0	0

Tablo 45 Devam

Ara2	0	0	0	0	0	0
Bantlama1	2610,28	10,66	166,1	6,23	2776,39	10,23
Bantlama2	2633,81	10,76	167,6	6,29	2801,41	10,32
Bantlama3	3063,17	12,51	178,68	6,7	3241,86	11,94
Bantlama4	2182,52	8,91	127,31	4,78	2309,83	8,51
CNC1	379,19	1,55	77,14	2,89	456,33	1,68
CNC2	295,43	1,21	59,34	2,23	354,78	1,31
Ara3	0	0	0	0	0	0
Ara4	0	0	0	0	0	0
Delik1	7,91	0,03	63,33	2,38	71,25	0,26
Delik2	6,1	0,02	48,83	1,83	54,93	0,2
AraStok	0,93	0	56,26	2,11	57,2	0,21
Montaj1	63,12	0,26	284,06	10,66	347,19	1,28
Montaj2	62,98	0,26	283,43	10,63	346,41	1,28
Montaj3	57,75	0,24	259,89	9,75	317,65	1,17
Montaj4	56,93	0,23	256,22	9,61	313,15	1,15
Montaj5	11,74	0,05	52,83	1,98	64,57	0,24
Konveyor	0	0	0	0	0	0
Paketleme	12933,24	52,82	461,9	17,33	13395,15	49,34
Toplam	24484,42	100	2665,53	100	27149,95	100

Aşağıdaki tabloda ise üretimde kullanılan kaynakların son durumda oluşan maliyetleri verilmiştir.

**Tablo 46:** İkinci Öneri Sonrasında Üretimde Kullanılan Kaynakların Son Durumda Oluşan Maliyetleri

Kaynak İsmi	Birim	Kullanmama Maliyeti	Kullanmama Maliyeti (%)	Kullanma Maliyeti	Kullanma Maliyeti (%)	Toplam Maliyet	Toplam Maliyet (%)
Forklift	1	0	0	264	5,45	264	2,71
Kesim ope1.1	1	134,43	2,74	120,77	2,49	255,21	2,62
Kesim ope1.2	1	134,32	2,74	120,89	2,49	255,21	2,62
Kesim ope1	2	268,75	5,48	241,66	4,99	510,42	5,24
Kesim ope2.1	1	135,67	2,77	119,53	2,47	255,21	2,62
Kesim ope2.2	1	135,63	2,77	119,57	2,47	255,21	2,62
Kesim ope2	2	271,31	5,53	239,1	4,93	510,42	5,24
Bant ope1.1	1	112,76	2,3	184,98	3,82	297,74	3,05
Bant ope1.2	1	112,88	2,3	184,86	3,81	297,74	3,05
Bant ope1	2	225,64	4,6	369,84	7,63	595,49	6,11
Bant ope2.1	1	108,4	2,21	189,34	3,91	297,74	3,05
Bant ope2.2	1	108,6	2,22	189,14	3,9	297,74	3,05
Bant ope2	2	217	4,43	378,48	7,81	595,49	6,11
Bant ope3.1	1	99,27	2,03	198,47	4,09	297,74	3,05
Bant ope3.2	1	99,29	2,03	198,45	4,09	297,74	3,05
Bant ope3	2	198,56	4,05	396,92	8,19	595,49	6,11
Bant ope4.1	1	98,98	2,02	198,76	4,1	297,74	3,05
Bant ope4.2	1	99,01	2,02	198,72	4,1	297,74	3,05
Bant ope4	2	197,99	4,04	397,49	8,2	595,49	6,11
Delik ope1.1	1	167,55	3,42	172,72	3,56	340,28	3,49

Tablo 46 Devam

Delik ope1.2	1	168,24	3,43	172,03	3,55	340,28	3,49
Delik ope1	2	335,8	6,85	344,76	7,11	680,56	6,98
Delik ope2.1	1	170,85	3,49	169,42	3,5	340,28	3,49
Delik ope2.2	1	166,48	3,4	173,8	3,59	340,28	3,49
Delik ope2	2	337,33	6,88	343,22	7,08	680,56	6,98
CNC ope1.1	1	312,6	6,38	48,95	1,01	361,55	3,71
CNC ope1.2	1	315,27	6,43	46,27	0,95	361,55	3,71
CNC ope1	2	627,87	12,81	95,22	1,96	723,1	7,42
CNC ope2.1	1	306,98	6,26	54,56	1,13	361,55	3,71
CNC ope2.2	1	309,55	6,32	51,99	1,07	361,55	3,71
CNC ope2	2	616,54	12,58	106,56	2,2	723,1	7,42
Ara stok operator.1	1	214,04	4,37	41,16	0,85	255,21	2,62
Ara stok operator.2	1	232,82	4,75	22,38	0,46	255,21	2,62
Ara stok operator	2	446,87	9,12	63,55	1,31	510,42	5,24
Usta1	1	98,74	2,01	284,06	5,86	382,81	3,93
Usta2	1	99,38	2,03	283,43	5,85	382,81	3,93
Usta3	1	122,91	2,51	259,89	5,36	382,81	3,93
Usta4	1	126,59	2,58	256,22	5,29	382,81	3,93
Usta5	1	329,98	6,73	52,83	1,09	382,81	3,93
Paket isci.1	1	84,04	1,71	128,63	2,65	212,67	2,18
Paket isci.2	1	87,28	1,78	125,39	2,59	212,67	2,18
Paket isci.3	1	99,89	2,04	112,78	2,33	212,67	2,18
Paket isci.4	1	109,29	2,23	103,38	2,13	212,67	2,18
Paket işçi	4	380,51	7,76	470,18	9,7	850,7	8,73
Toplam		4901,87	100	4847,51	100	9749,38	100

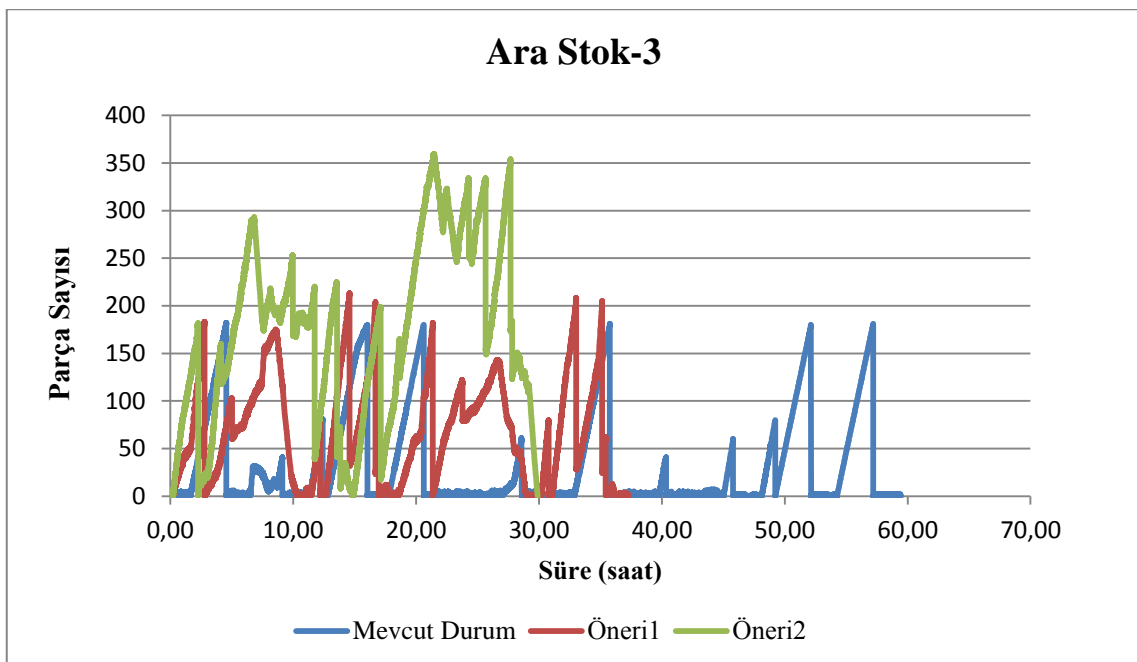
Aşağıdaki tabloda ise son durumda oluşan ürünlerin toplam maliyetleri verilmiştir.

Tablo 47: İkinci Öneri Sonucu Oluşan Ürünlerin Toplam Maliyetleri

Ürünler	Toplam Adet	Toplam Maliyet	Toplam Maliyet (%)	Birim Maliyet
Komodın-1	120	6015,21	9,07	50,13
Sehpa-1	80	1876,52	2,83	23,46
Yan Kol	48	811,38	1,22	16,90
Komodın-2	120	5542,51	8,36	46,19
Masa-1	80	7178,41	10,82	89,73
Etejer-1	80	4352,45	6,56	54,41
Komodın-3	120	5527,98	8,33	46,07
Sehpa-2	80	1954,5	2,95	24,43
PC Masası	120	6338,7	9,56	52,82
Masa-2	48	3790,25	5,71	78,96
Masa-3	60	7877,09	11,88	131,28
Sehpa-3	60	2132,7	3,22	35,55
Etejer-2	60	4193,53	6,32	69,89
Masa-4	60	4429,71	6,68	73,83
Dolap	40	4301,82	6,49	107,55
Toplam	1176	66322,81	100	56,40

#### 6.10.4. İkinci Önerinin Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Üretimin sağlıklı bir şekilde yürümesi için hatlarda bulunan makinelerin benzer oranlarda güçlere sahip olması önemlidir. Buna göre modelimizde oluşturduğumuz 4 kenar bantlamalı sistem, 2 kesim makinesinden çıkan parçaları işlemek için yeterli güce sahiptir. Elde edilen modelin diğer lokasyonlardaki değişimlerini de incelemek gerekir. Örneğin kenar bantlama işlemi yapıldıktan sonra delik işlemini bekleyen parçaların bulunduğu Ara Stok-3 alanındaki değişim aşağıdaki gibi olmuştur.



**Şekil 33:** Ara Stok-3 Alanındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi

Grafik incelendiğinde Ara Stok-3 lokasyonunda mevcut durumda çok fazla parçanın beklemediği görülmüştür. Hatta grafikte çoğu zaman çizginin sıfır seviyelerinde olması bu alanda bazı durumlarda hiç parçanın olmadığını göstermektedir. Bu aslında beklenen bir neticedir. Çünkü mevcut durumda hattın en yavaş bölümü kenar bantlama lokasyonudur. Delik makineleri daha hızlı olduklarından çoğu zaman parça

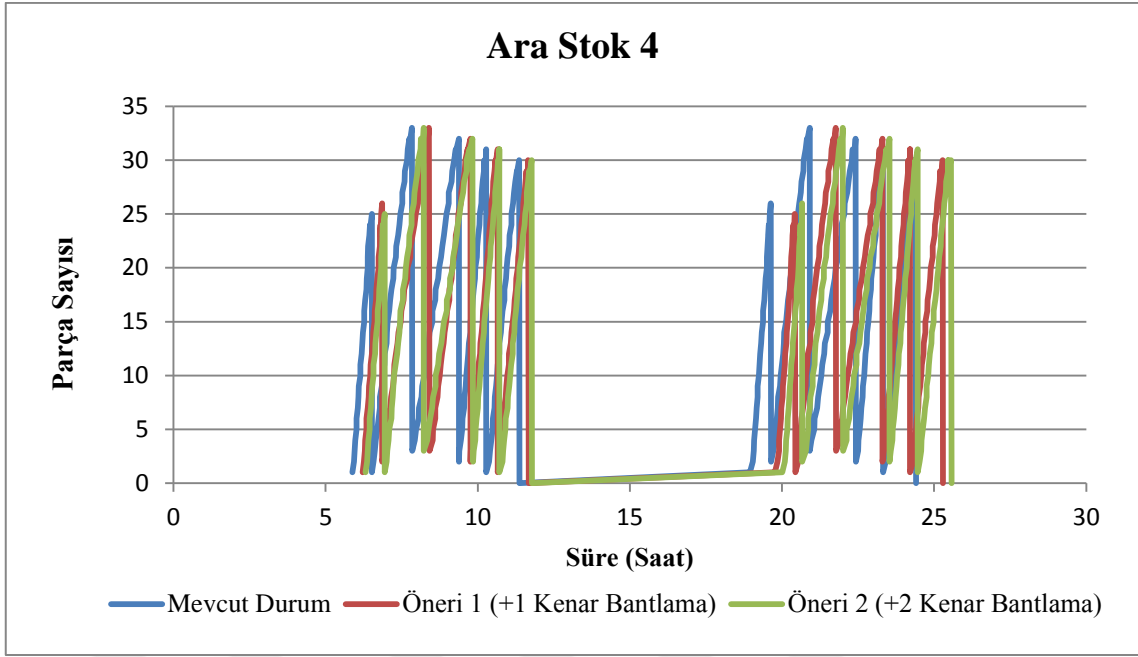
beklemektedirler. Bu da hem delik delme makinelerinin hem de bu makinelerin operatörlerinin verimini düşürmektedir.

Sisteme bir adet kenar bantlama makinesi eklediğimizde bekleyen parça sayılarında bir artış yaşanmamıştır. Fakat bu alanda hiç parçanın olmadığı zamanlarda ciddi düşüş vardır. Artık bu alana daha kısa zamanda daha çok parça geldiği için delik delme makinelerine daha çok iş düşmüştür. Ancak bu makinelerin kapasiteleri yine de yüksek olduğundan bekleyen parça sayısında artış yaşanmamıştır. Sisteme girilen talebe ait parçaların Ara Stok-3 alanını terk etmesi mevcut duruma göre yaklaşık 15 saat öne çekilmiştir. Bu da büyük bir zaman tasarrufudur.

Mevcut modele 2 adet kenar bantlaması eklenip sayı dörde çıkarıldığında ise Ara Stok-3 alanında bekleyen parça sayılarında bir artış yaşanmıştır. Artık kenar bantlama makinelerinden çok daha fazla parça kısa sürede gelebilmektedir. Delik delme makinelerinin hızı bu 4 kenar bantlama makinesinin hızına yetişememektedir. Ancak parça yığını miktarının fazla oluşmamasından, bu hız farkının büyük olmadığı anlaşılmaktadır.

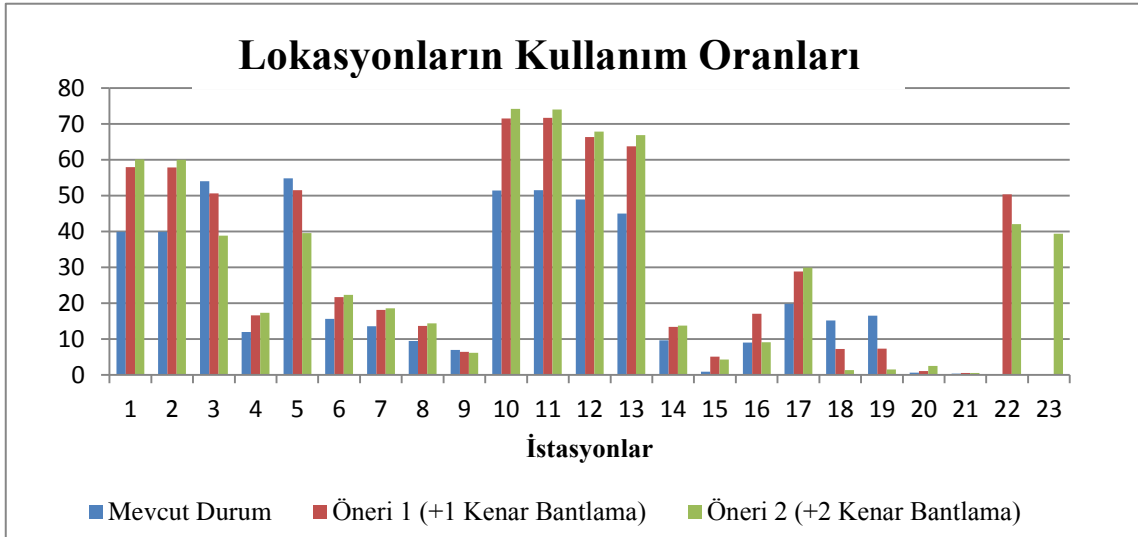
Ara Stok-4 alanında bekleyen parça sayılarındaki değişime bakacak olursak bu alanda hemen hemen hiçbir değişiklik yoktur. Çünkü bu alana parçalar, CNC işlem merkezlerinde eğrisel şekil almak için gelirler. Gelen parça sayısı azdır. Grafikten de anlaşılacağı üzere çoğu zaman bu alanda hiç parça yoktur. Makineler çok kısa sürede işlerini bitirip beklemektedirler.





**Şekil 34:**Ara Stok-4 Alanındaki Parça Sayılarının Zamana Göre Değişimi

Aşağıdaki grafikte mevcut durumdaki ve sunulan öneriler neticesindeki lokasyonların kullanım oranları verilmiştir.

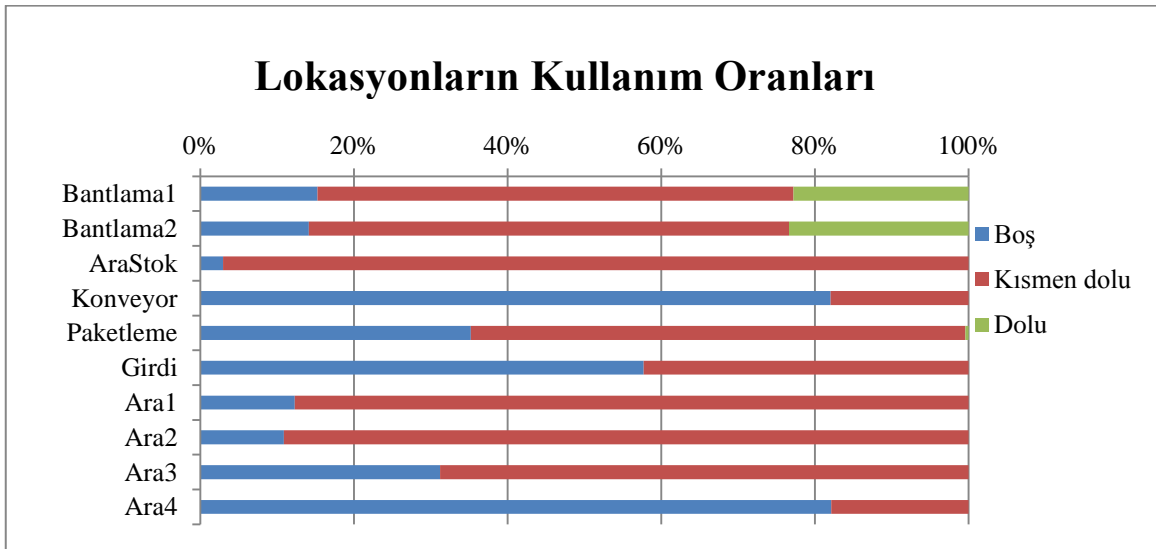


**Şekil 35:**Mevcut Durumdaki ve Sunulan Öneriler Neticesindeki Lokasyonların Kullanım Oranları

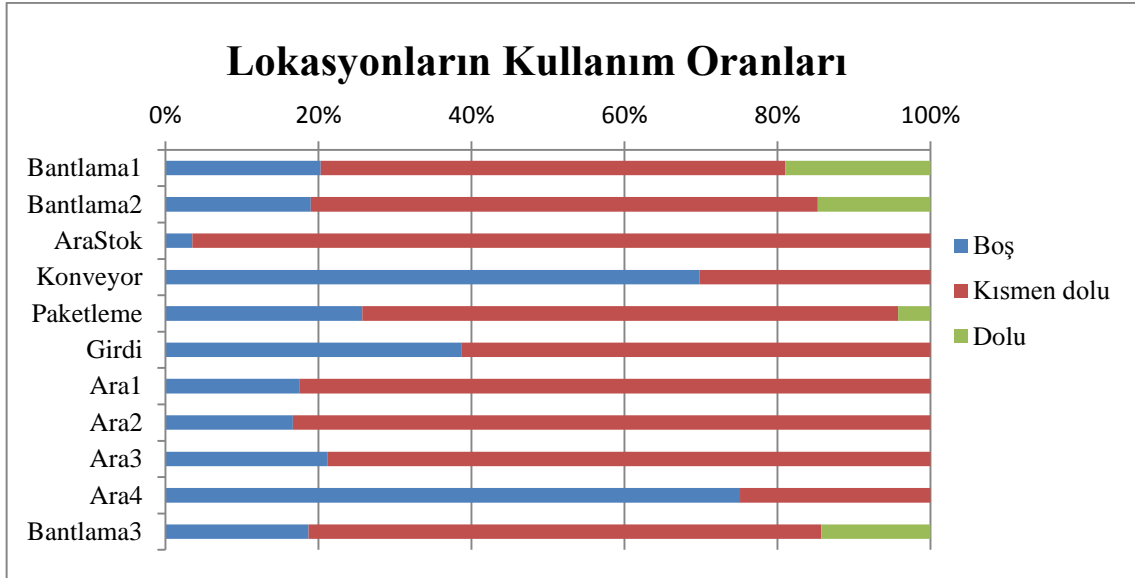
Daha anlaşılır olması amacıyla lokasyonların kullanım oranlarını gösteren barlar her üç durumdaki değişimi ifade edecek şekilde birlikte verilmiştir. Buna göre sadece bir adet kenar bantlama makinesinin sisteme eklenmesi ile sistemdeki lokasyonların kullanım oranlarında önemli yükselişler elde edilmiştir. Ara stok lokasyonlarının kullanım oranları da düşmüştür. Bu lokasyonların kullanım oranlarının düşmesi sistemde beklemlerin azaldığını gösterir. Dolayısı ile makinelerin bulunduğu lokasyonların kullanım oranlarının artması, beklemlerin yapıldığı lokasyonların kullanım oranlarının ise düşmesi olumludur. Makine eklenmesi ile bu sağlanmıştır.

Sistemde 4 adet kenar bandı bulunduğu zaman ise yine makine lokasyonlarının kullanım oranlarının arttığı görülmüştür. Ancak artış oranı önceki durum kadar yüksek değildir. Aynı zamanda kenar bantlama makinelerinin kullanım oranı da 3 kenar bantlama makineli sisteme göre düşmüştür.

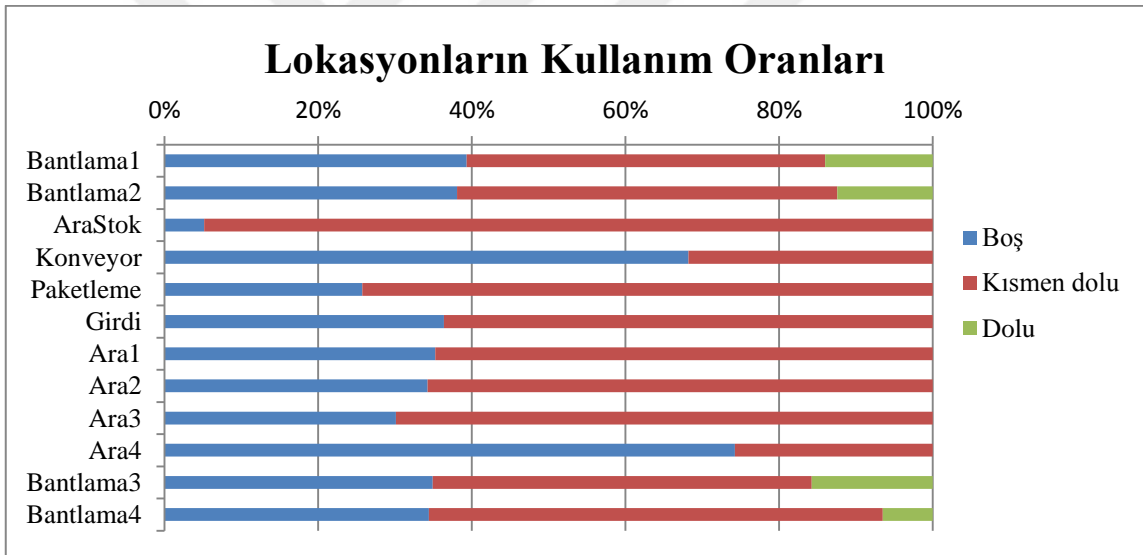
Aşağıdaki grafiklerde ise çoklu kapasiteye sahip lokasyonların kullanım oranları her üç durum için de bulunmaktadır.



**Şekil 36:** Mevcut Durum İçin Çoklu Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları



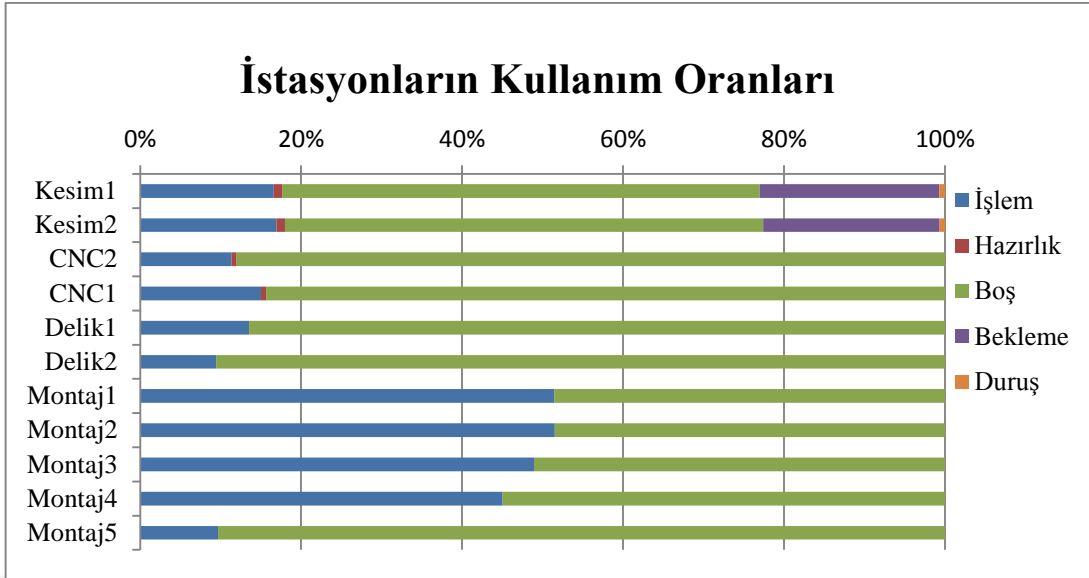
**Şekil 37:** Birinci Öneriden Sonraki Durum İçin Çoklu Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları



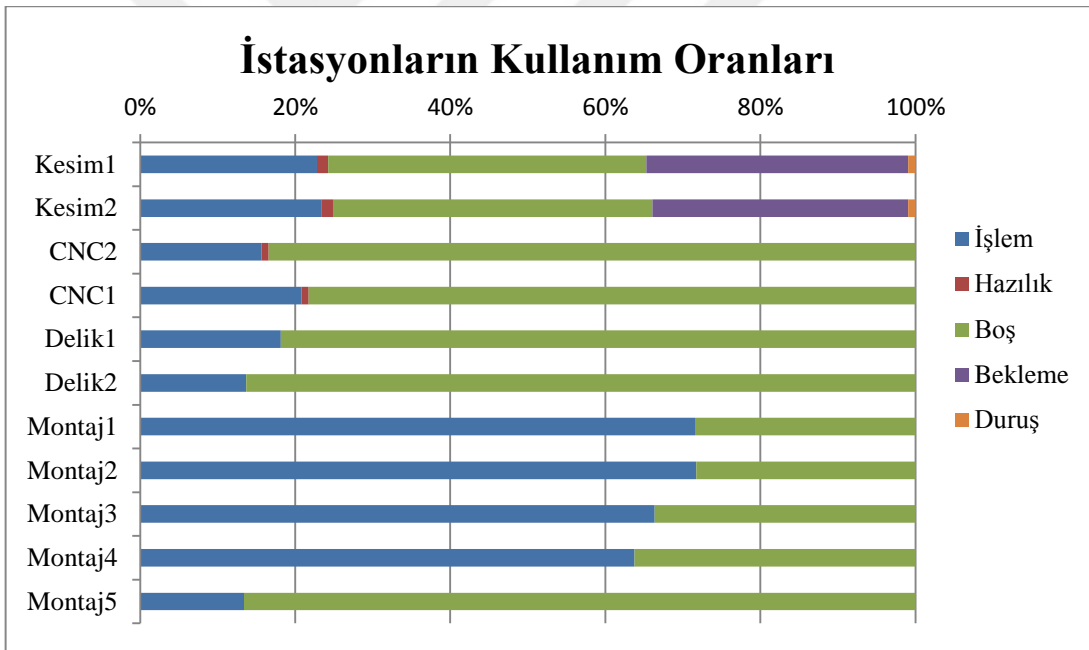
**Şekil 38:** İkinci Öneriden Sonraki Durum İçin Çoklu Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları

Yukarıdaki grafiklerden de görüleceği üzere makine sayısının artmasıyla ara stokların daha boş kalmaktadır. Aynı zamanda 3 adet kenar bantlamalı sistemde kenar bantlama makineleri 4 kenar bantlamalı sisteme göre daha dolu çalışmakta, 4 kenar bantlama makineli sistemde boş beklemler olmaktadır.

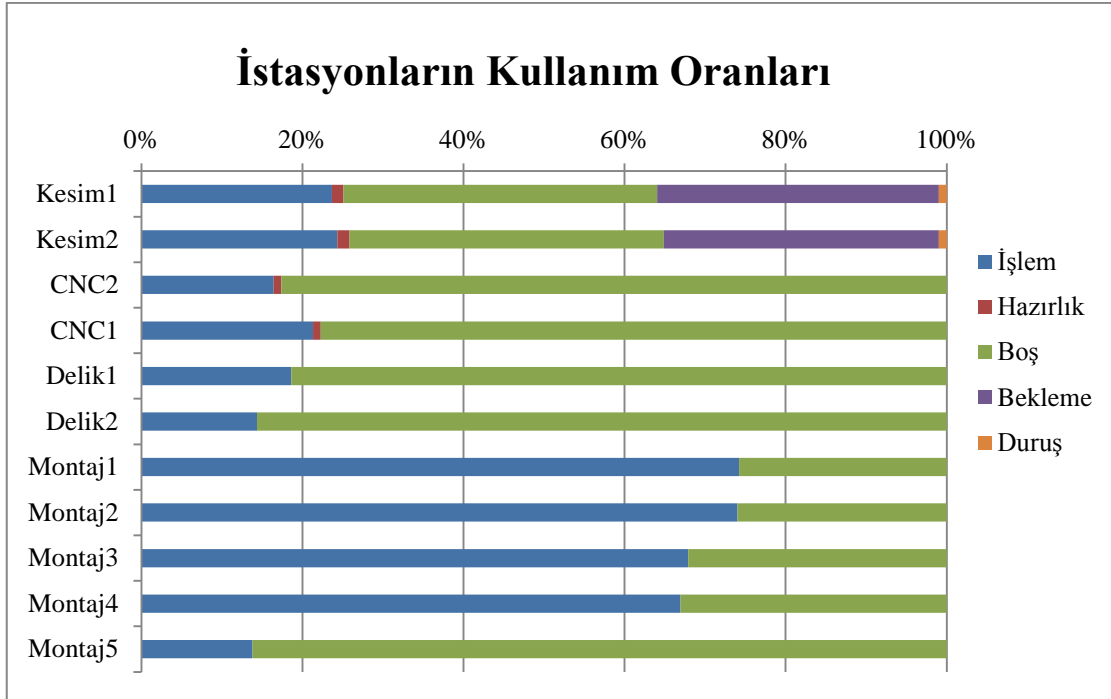
Aşağıdaki grafiklerde ise tekli kapasiteye sahip lokasyonların kullanım oranları her üç durum için de bulunmaktadır.



Şekil 39: Mevcut Durum İçin Tekli Kapasiteye Sahip İstasyonların Kullanım Oranları



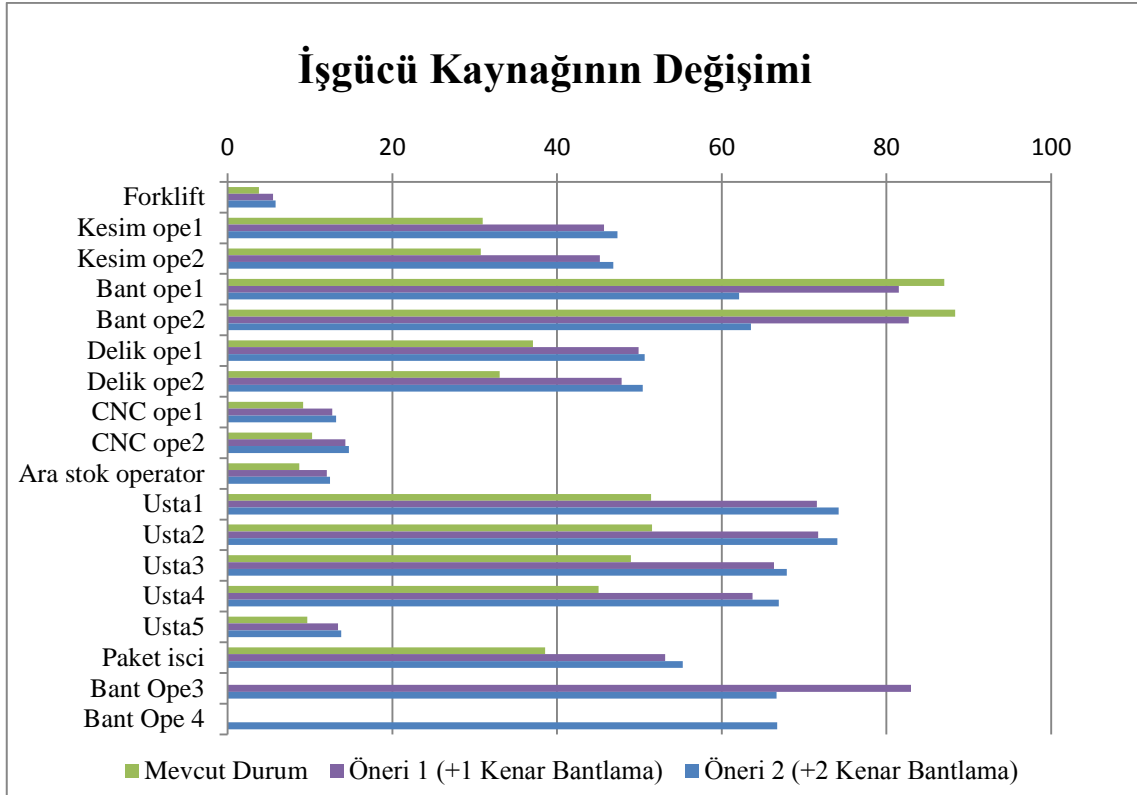
Şekil 40: Birinci Öneriden Sonraki Durum İçin Tekli Kapasiteye Sahip İstasyonların Kullanım Oranları



**Şekil 41:** İkinci Öneriden Sonraki Durum İçin Tekli Kapasiteye Sahip İstasyonların Kullanım Oranları

Grafikler incelendiğinde lokasyonların pek çoğunda boş beklemlerin olduğu görülmektedir. Özellikle CNC işlem merkezlerinin iş yükleri çok düşüktür. Kenar bantlama makinelerinin sayısının artırılması bu makinelerin verimini artırmamıştır. Çünkü bu makinelerin taleplerden dolayı kendilerine gelen parça sayıları azdır. Sisteme bir adet kenar bantlama makinesi eklemek lokasyonların boş kalma zamanlarını düşürmüş, işlem sürelerinin toplam süre içindeki oranını artırmıştır.

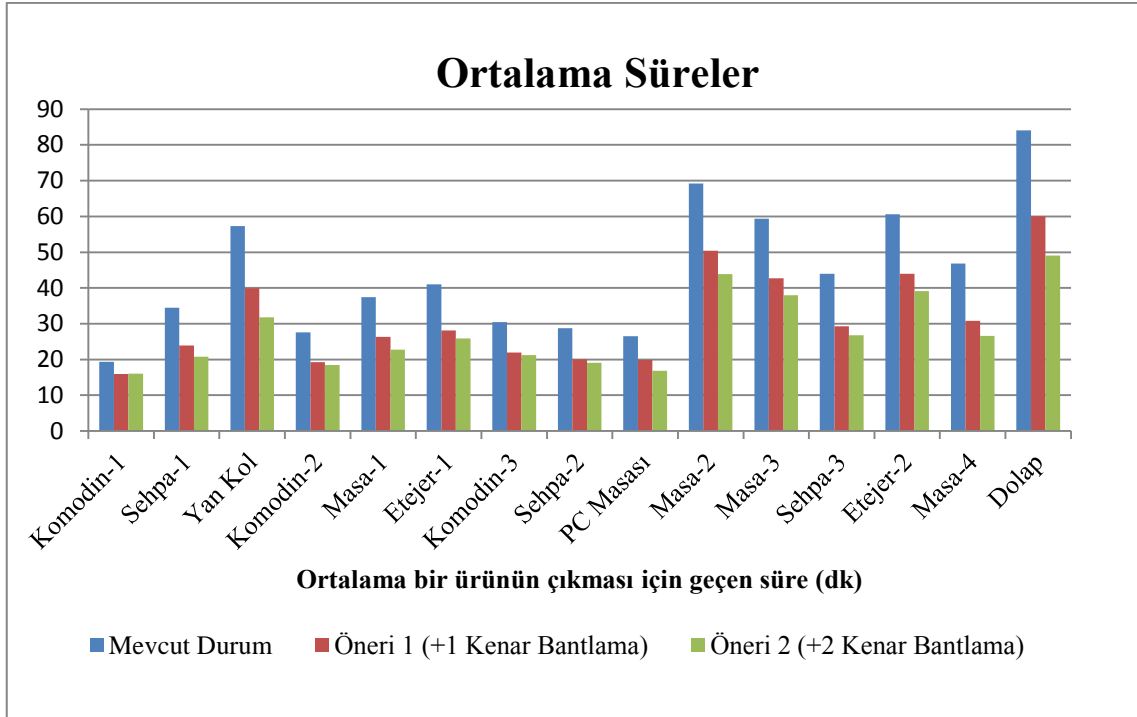
Aşağıdaki grafikte işletmenin kullandığı işgücü kaynağının kenar bantlama makinelerindeki sayısının artması karşılığında değişimler verilmiştir.



**Şekil 42:** İşletmenin Kullandığı İşgücü Kaynağının Öneriler Karşısındaki Değişimi

Çalışan işgücünün kullanım oranlarını karşılaştırmalı olarak belirten bu grafikte birinci öneri neticesinde oranların yükseldiği görülmektedir. Hemen hemen bütün çalışanların verimi artmaktadır. Toplam çalışma süresi kısalmakta ve birim zamanda daha çok çıktı edilmektedir. Sisteme 4 adet kenar bantlama makinesinin verildiği ikinci öneride ise, işgücünün kullanım oranları kenar bantlama operatörleri hariç yükselmiştir. Ancak bu yükseliş sınırlı kalmıştır. Kenar bantlama operatörlerinin kullanım oranları ikinci öneride düşmüştür. Bu noktada makine sayısını bu birim için artırmak faydadan çok zarar vermektedir.

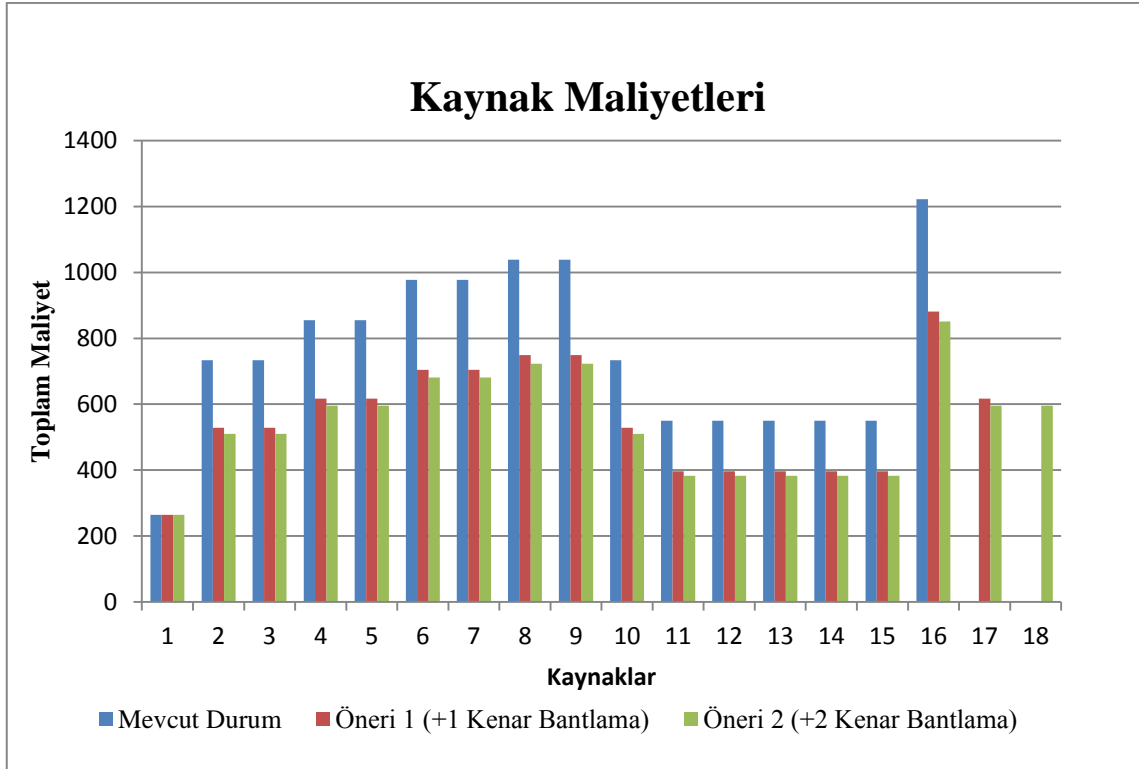
Aşağıdaki grafikte mevcut durumla birlikte verilen öneriler neticesinde talepte verilen ürünlerin her birinin ortalama sistemden çıkış süreleri verilmiştir.



**Şekil 43:** Mevcut ve Önerilen Durumlardaki Bir Ürünün Çıkması İçin Geçen Ortalama Süre

Bu grafikte de görüldüğü üzere önerilen durumlarda ürünlerin çıkış sürelerinde mevcut duruma göre düşüşler olmuştur. Yine elde edilen zaman tasarrufu birinci öneride daha yüksek orandadır. İkinci öneride de süreler kısalmakta fakat bu oran korunamamaktadır.

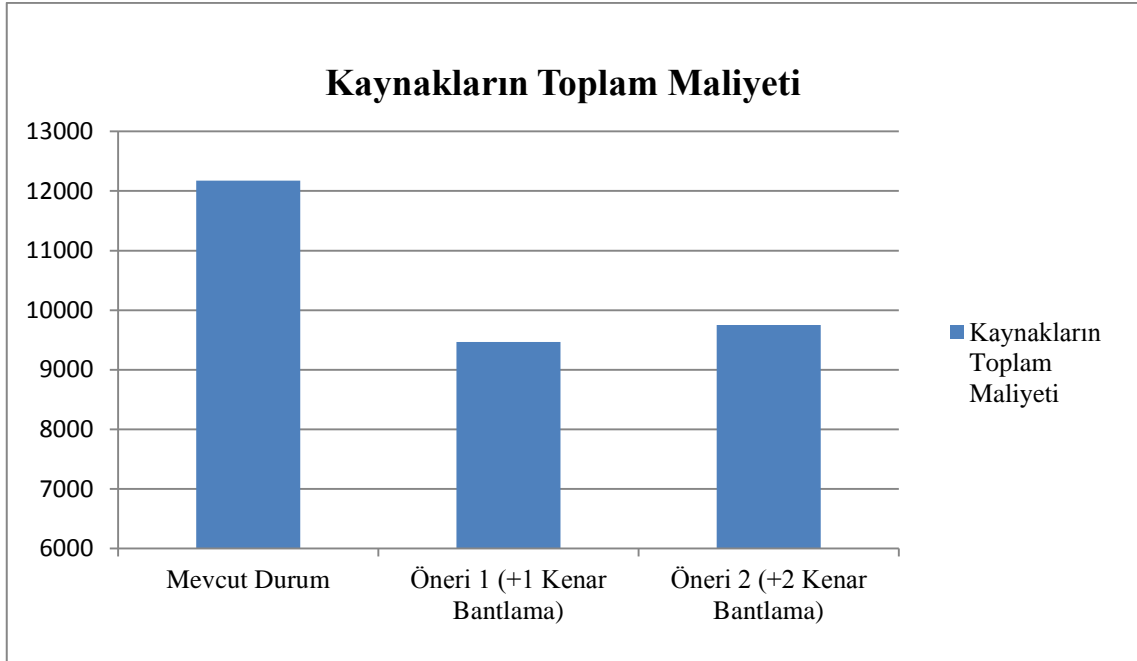
Aşağıdaki grafikte ise modelde kullanılan kaynakların maliyetleri verilmiştir. Üç durum için de toplam maliyetler bir aradadır. Grafikteki son iki bar önerilen makinelerden dolayı sisteme giren operatörlerin maliyetleridir.



**Şekil 44:** Mevcut ve Önerilen Durumlara Ait Kaynakların Maliyetleri

Grafik incelendiğinde kaynakların maliyetlerinde düşme görülmektedir. Bu düşmenin nedeni gelen siparişin daha kısa sürede tamamlanmasıdır. İmalat süresi kısaldığından bu iş için çalışanlara ödenen ücret de düşmüştür. Kaynakların toplam maliyetlerini farklı durumlar için karşılaştıran grafik aşağıdaki gibidir.



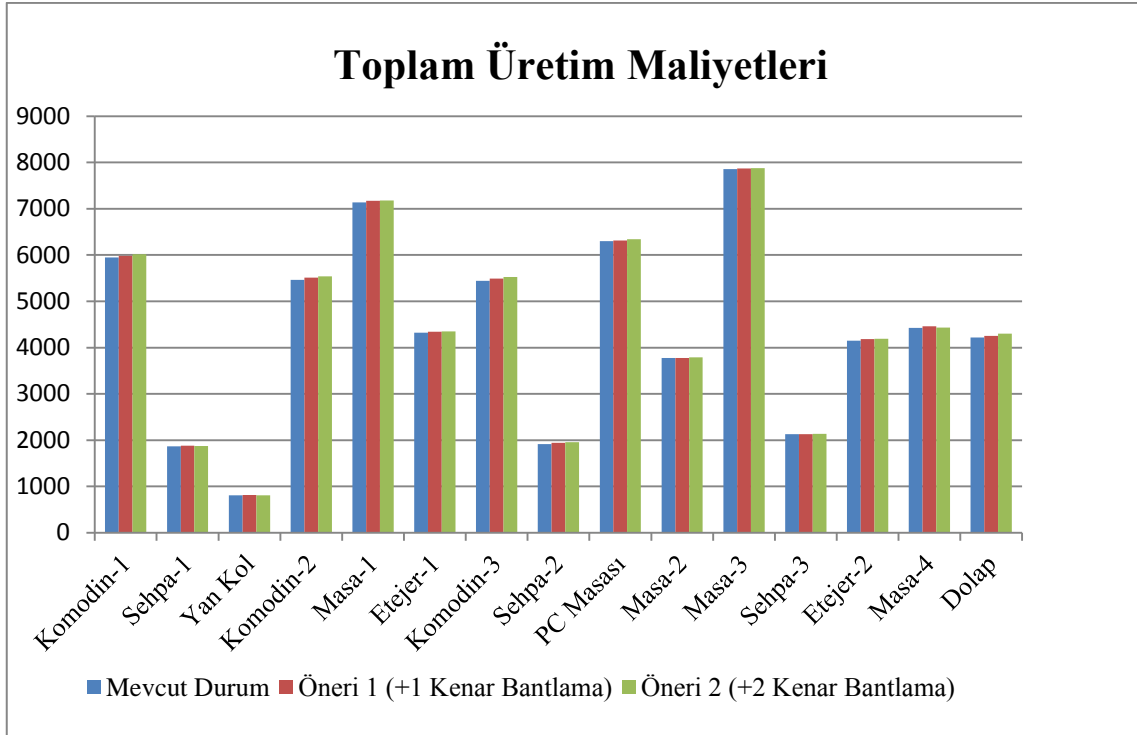


**Şekil 45:** Mevcut ve Önerilen Durumlara Ait Kaynakların Toplam Maliyeti

Mevcut duruma bir adet kenar bantlama makinesi eklendiğinde 2 operatör de sisteme eklenmişti. Ancak grafikten de görüleceği üzere personel sayısının artmasına rağmen kaynakların maliyeti düşmüştür. Elde edilen zaman tasarrufundan doğan maliyet düşüşü ek personel maliyetinden daha yüksek olduğundan böyle bir avantaj gerçekleşmiştir.

İkinci kenar bantlama makinesi de sisteme eklendiğinde bu sefer toplam kaynakların maliyeti birinci öneriye göre yükselmektedir. Bunun sebebi elde edilen zaman tasarrufunun 4. Kenar bantlama makinesi için gerekli olan operatörlerin maliyetlerini karşılayamamasıdır. Bu yüzden kısmi bir yükseliş olmuştur.

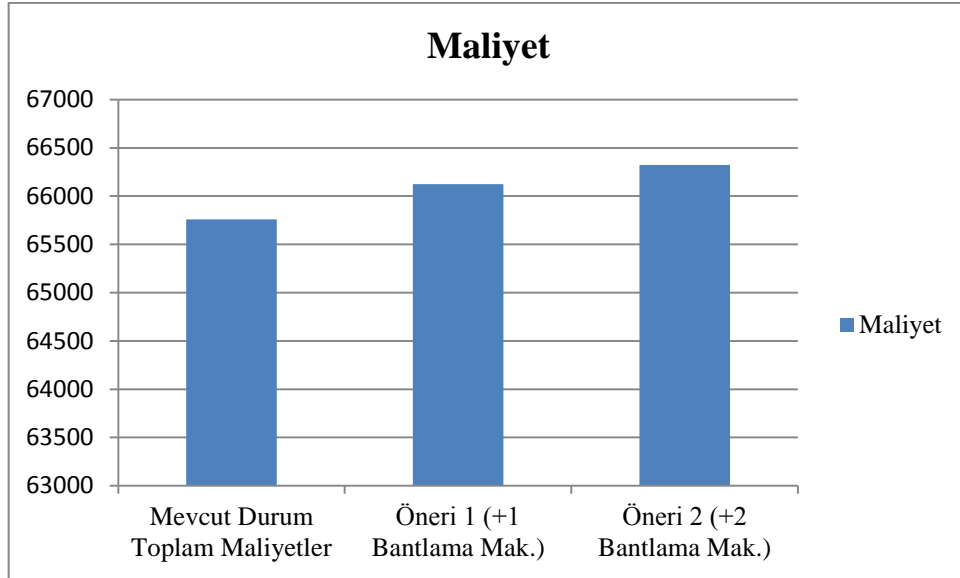
Aşağıdaki grafikte üç farklı durumda ürünlerin toplam maliyetlerindeki değişimler verilmiştir.



**Şekil 46:** Mevcut ve Önerilen Durumlara Ait Her Bir Ürün Çeşidinin Toplam Üretim Maliyetleri

Grafikten de anlaşılacağı üzere sisteme yeni makinelerin ilave edilmesi ürünün toplam maliyetlerinde ciddi bir değişime yol açmamıştır. Çok düşük miktarlarda azalış ve artışlar yaşanmıştır. Değişim miktarlarındaki farklılığın sebebi ürünlerin farklı niteliklere sahip olmasıdır. Bu farklılıklardan dolayı ürünü oluşturan parçalar farklı seviyelerde işlem görmektedir. Dolayısı ile ürünü oluşturan parçaların, mevcut duruma göre önerilen ilave kenar bantlama makinelerinden yararlanma oranları da farklıdır. Bu da toplam maliyetlerdeki artışları her ürün için farklı kılmaktadır.

Simülasyon sistemine girilen ürünlerin toplam maliyetlerini gösteren grafik aşağıdadır.



**Şekil 47:** Mevcut ve Önerilen Durumlara Ait Ürünlerin Toplam Maliyetleri

Ürünlerin üretilmesinde makine sayılarının artmasından dolayı oluşan maliyet değişimi %1'in altında kalmaktadır.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçek hayatta çalışan bir sistemi bilgisayarda model oluşturarak benzetmek dikkat gerektiren bir süreçtir. Bir simülasyon modelinin başarısı gerçeğe yakın sonuçlar vermesi ile doğru orantılıdır. Bir modelin başarılı olabilmesi için imalat süreci detaylıca incelenmelidir. İşletmenin ürettiği ürünler ve ürün ağaçları tespit edilmelidir. Bu çalışmanın yapıldığı panel mobilya sektöründe ürünleri oluşturan parçalar yonga levhalardan elde edilir. Bu parçaların üretimin içerisinde nasıl hareket ettiğini bulmak gerekir. Bununla birlikte her bir parçanın her bir makinedeki işlem sürelerini ölçmek ve bunları uygun istatistiksel analizlerle belirli dağılımlarda tanımlamak gerekir. Çalışanların sayılarını, görevlerini, hangi lokasyonlarda bulduklarını, hareketlerini analiz etmek gereklidir. İmalat sürecinde parçaların taşınmaları da analiz edilmelidir. Bütün bu çalışmalardan elde edilecek veriler simülasyon programına sağlıklı bir şekilde aktarılmalıdır. Model oluşturulurken her bir adım kontrol edilmelidir. Modele eklemeler yapıldıkça model karmaşıklaşmakta ve hata yapmak kolay olmaktadır. Ancak bütün bu çalışmaların sonunda iyi hazırlanmış bir üretim modeli çok faydalı bilgiler sunacaktır. Simülasyon modelinin bilgisayar ortamında çalıştırılması ile gerçekte çok uzun zaman alacak olan sistemin izlenmesi ve değerlendirilmesi kısa sürede tamamlanabilmektedir. Gerçekçi bir model oluşturulduğunda üretimin içerisinde kolay fark edilemeyen problemler bilgisayar üzerinde görülebilmektedir. Ayrıca çalışanların gelen işlere göre gün içerisinde ne kadarlık iş yüküne sahip oldukları ölçülebilmektedir. Simülasyon yazılımının imalatta en önemli faydalarından birisi müşteri siparişlerinin tamamlanma sürelerini öngörebilme imkanı tanınmasıdır. Bu çalışmada örnek olarak işletmenin en çok sattığı 15 farklı ürüne ait farklı miktarlarda talepler modele girilmiştir. Simülasyon yazılımına farklı ürünler, farklı miktarlarda girebilir. Oluşan her farklı durum

neticesinde yazılım farklı bitiş süreleri verecektir. Dolayısıyla değişen müşteri ihtiyaçları simülasyon modeline girilerek müşterilere gerçekçi termin süreleri verilebilir. Özellikle üretim içinde değişkenlerin fazla olduğu, karmaşık ve çok parçalı imalat sistemlerinde üretimin siparişleri tamamlama sürelerini önceden tespit etmek zordur. Simülasyon yazılımı sayesinde bu süreler belirli olasılıklar dahilinde öngörülür.

Simülasyon yazılımının bir diğer faydası çalışanların performanslarını ölçmesidir. Gün içerisinde üretim sahasına girildiğinde bütün çalışanların bir şeyler yaptıkları görülür. Ancak bu yapılan işlerin ürüne değer katan esas işler mi olduğunu tespit etmek tek tek gözlem yapmayı gerektirir. Doğru yapılmış bir iş analizi ve zaman etüdü verilerinin simülasyon yazılımına aktarılması neticesince gerçekte çalışanların ne kadarlık bir iş yüküne sahip oldukları görülür. Eğer gerçek hayatta elde edilen değerler ile simülasyon yazılımının verdiği değerler arasında fark var ise bu farkın hangi birimlerde, neden oluştuğu modelin çalıştırılması ile fark edilmektedir.

İyi hazırlanmış bir sistemin simülasyonu, yapılan üretimin işletmeye olan maliyetini de ölçmektedir. Böylece üretimdeki lokasyonların maliyetlerini, kaynakların en çok nerelerde tüketildiğini, bunların birbirlerine göre oranlarını tespit etmek mümkündür. İşletme oluşan maliyetleri inceleyerek süreçlerde olabilen kusurları görebilir. İyileştirmelerin hangi birimlerde yapılması gerektiği bulunabilir.

Bu çalışmada oluşturulan simülasyon modeli sayesinde örnek olarak verilen bir talebe ait ürünlerin üretimi bilgisayar ortamında canlandırılmıştır. İlk olarak mevcut sistem modele birebir aktarıldığından elde edilen ilk veriler işletmenin mevcut durumu hakkında bize bilgiler vermektedir.

Buna göre örnek olarak oluşturulan talebin, mevcut sistemde tamamlanma süresi 61,08 saattir. Sistemde bazı makineler boş beklerken, bazıları ise sürekli çalışmaktadır.

Bu bize bazı noktalarda sistemde darboğaz olduğunu göstermektedir. Sistem incelendiğinde kesim makinelerinden çıkan parçaların, kenar bantlama makinelerine gitmeden önce beklediği Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 olarak isimlendirilen alanda yığıldığı görülmüştür. Bu yığılmanın belirli miktarlarda olması normaldir. Çünkü kesim makinelerine 3,66X1,83 metre ölçülerinde melamin kaplı yonga levhalar girmektedir. Bu yonga levhalar ürünleri oluşturan parçalara kesildiğinden kesim makinelerinden parçalar tek seferde ve çok miktarda çıkabilmektedir. Ayrıca bu kesim makineleri bir seferde bu yonga levhaları belirli bir yüksekliğe kadar üst üste koyarak kesebildiğinden tek seferde çıkan parça sayısı daha da artmaktadır. Ancak simülasyon modelinde bu ara stoklardaki parçaların sayıları zaman içerisinde sürekli artmaktadır. Bu bize kenar bantlama makinelerinin hızının kesim makinelerinden düşük olduğunu gösterir.

Elde edilen diğer bir sonuç işletmenin CNC işlem merkezlerini verimli kullanmamasıdır. Bu makinelerin kullanım oranları (yaklaşık CNC-1 %16, CNC-2 %12) çok düşüktür. Bunun en büyük sebebi bu makinelere parça gelmemesidir. Bu makineler yüzey işleme özelliklerine sahiptirler. Yani bir parçaya eğrisel şekil vermek amacıyla bu makineler kullanılır. Örnek olarak girilen talep işletmenin en çok sattığı 15 ürünü kapsamaktadır. Dolayısı ile işletmenin en çok sattığı bu ürünlerin çok az parçaları eğrisel şekil içerdiğinden bu makineler atıl kalmaktadır.

Ara Stok alanında çalışan kişilerin de iş yüklerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışanların pek çok zamanı parça beklemek ile geçmektedir.

Mevcut durumda imalatta kullanılan kaynakların toplam maliyeti 12.176,36 TL olurken toplam imalat maliyeti 65.759,31 TL olmuştur.

Tespit edilen darboğaz probleminin çözümü için sisteme bir adet kenar bantlama makinesi daha ilave edilmesi düşünülmüştür. Simülasyon yazılımının en büyük

faydalarından bir tanesi, sistemde arzu edilen bir değişikliğin sonuçlarını, henüz o değişiklik için yatırım yapmadan, bilgisayar ortamında görmeye imkan vermesidir. Dolayısıyla öneri olarak sunulan bir adet kenar bantlama makinesinin sisteme eklenmesi durumunda nasıl değişiklikler olacağını simülasyon modelinin çalıştırılması ile tespit etmek mümkündür.

Bu önerinin sonuçlarını görebilmek için sistem tekrar ele alınmıştır. Kenar bantlama makinelerinin sayısı 3'e çıkarılmış, parça akışları tekrar düzenlenmiştir. Böylece kesilen parçaların yeni makineden de kenar bantlarının yapılması sağlanmıştır. Makine eklenmesi ile birlikte daha sağlıklı bir maliyet hesaplaması olması için 2 adet kenar bantlama operatörü ve bunların saatlik ücretleri de sisteme eklenmiştir. Elde edilen yeni sistem simülasyon programında tekrar çalıştırıldığında aynı miktardaki talebin tamamlanma süresi 61,08 saatten 44,04 saate düşmüştür. Yaklaşık olarak talebin tamamlanma süresi %28 azalmıştır. Simülasyon süreci izlendiğinde Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 alanlarındaki parça yığılmalarının önemli oranlarda azaldığı görülmüştür. Üç adet kenar bantlama makinesi sayesinde kesimden gelen parçalar daha çabuk bekleme alanından alınmaktadır. Ayrıca mevcut durumda delik makinelerinin kapasitelerinin kenar bantlama makinelerinin kapasitesinden yüksek olmasından dolayı bu makineler parça beklemekteydiler. Üç kenar bantlama makineli sistem sayesinde birim zamanda daha fazla kenar bant yapılmış parça çıktığından delik makinelerinin de kullanım oranları artmıştır. Parçalar belirli bir düzeni talep ettiklerinden mevcut durumda kenar bantlama makinelerinden sonraki tüm lokasyonlarda beklemeler fazla idi. Öneri sayesinde montaj lokasyonundaki ustalar ile paketleme bölümünde çalışanların da beklemeleri azalmış, kullanım oranları artmıştır.

Kaynak kullanımının maliyeti ise 12.176,36 TL'den 9.469,06 TL'ye düşmüştür. Sisteme iki kenar bantlama operatörü eklenmesine rağmen bu maliyetlerin düşmesinin sebebi toplam imalat süresinin %28 kısılmasıdır. Böylece örnek talep için harcanan işçilik maliyeti düşmüştür. Kaynak kullanım maliyetindeki düşme %22 civarında gerçekleşmiştir.

Sisteme bir adet kenar bantlama makinesi ekleme önerisi sistemde çok olumlu etkiler yaratmasına rağmen Ara Stok-1 ve Ara-Stok-2 alanlarındaki parça yığılma problemini tam olarak çözememiştir. Sisteme sürekli iş verildiği zaman yavaş da olsa bu alanlarda yığılma devam etmektedir. Bu yüzden ikinci bir öneri olarak sistemin 4 adet kenar bantlama makinesine sahip olması sunulmuştur.

Birinci öneride olduğu gibi bu öneri için de mevcut sistem değiştirilerek 4 kenar bantlama makineli hale getirilmiştir. Yine bütün parça akışları düzenlenip, operatörler ve maliyetleri sisteme eklenmiştir.

İkinci öneride sistemin nasıl çalıştığı simülasyon programından izlenebilir hale getirildikten sonra bu sistemin örnek talebi tamamlama süresinin 42,53 saat olduğu görülmüştür. Bu süre bir önceki önerilen 3 kenar bantlama makineli sistemin tamamlanma süresi olan 44,04 saatten daha düşük bir süredir. Fakat tamamlanma süresindeki kısalma oranı %3'lerde kalmıştır.

Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 olarak adlandırılan alanlardaki parça yığılmalarına bakacak olursak artık zamanla bir artışın olmadığı görülmektedir. Yani kenar bantlama makineleri kesim makinelerinden gelen parçaları kolaylıkla işleyebilmektedir. Burada artık kenar bantlama makineleri bir darboğaz olmaktan çıkmıştır. Ancak delik işlemlerini bekleyen parçaların tutulduğu Ara Stok-3 alanındaki parça sayılarında bir artış gözlenmiştir. Bu da delik makinelerinin 4 kenar bantlama makinesinden çıkan



parçalara yetişemediğini göstermektedir. Ancak bu birikim mevcut durumdaki Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 alanlarındaki birikme kadar yoğun değildir.

Sistemde 4 adet kenar bantlama makinesi olması 3 makineli sisteme göre çok fazla hızlanmaya sebep olmamıştır. Elde edilen zaman tasarrufu birinci önerideki miktarın yanında çok düşüktür. Sistemdeki diğer lokasyonların kullanım oranlarındaki iyileşmeler de birinci önerideki iyileşme oranlarının çok altında kalmıştır. Artık diğer lokasyonlar darboğaz oluşturmakta ve bu da toplam sistem verimliliğini etkilemektedir. Kaynak kullanımının maliyeti ise birinci öneride gerçekleşen 9.469,06 TL'den 9.749,38 TL'ye çıkmıştır. Bu rakam mevcut durumdan hala düşük bir maliyettir. Ancak bu maliyetin birinci öneride oluşan maliyetten daha yüksek gerçekleşmesinin nedeni elde edilen süre kazanımını karşılığındaki maliyet avantajının, ilave 2 operatör maliyetini karşılayamamasındandır. Aşağıdaki tabloda mevcut durum ile önerilerin sistemde yaptıkları değişiklikler ve elde edilen bilgiler yer almaktadır.

**Tablo 48:** Her Üç Duruma Ait Elde Edilen Bilgiler

Faktörler	Mevcut Durum	Öneri-1	Öneri-2
Kenar Bantlama Makine Sayısı (Adet)	2	3	4
Kenar Bantlama Bölümü Çalışan Sayısı (Kişi)	4	6	8
Ek Yatırım Maliyeti (€)	-	≈ 100.000 €	≈ 200.000 €
Siparişin Tamamlanma Süresi (Saat)	61,08	44,04	42,53
Siparişin Tamamlanma Süresinin Kısalma Yüzdesi (%)	-	27,9	30,4
Kaynak Kullanım Maliyetleri (TL)	12.176	9469	9749
Sistemdeki Ürünlerin Ortalama Çıkış Süresi (dk)	44,48	31,51	27,75
Makinelerin Kullanım Oranlarının Ortalaması (%)	29,93	37,62	35,26
Montaj İstasyonlarının Kullanım Oranlarının Ortalaması (%)	41,34	57,36	59,37

Yukarıdaki tablo incelendiğinde Öneri-1'in Öneri-2'den daha avantajlı olduğu görülecektir. Esasen Öneri-2'de siparişlerin tamamlanma süresi en düşük olarak gerçekleşmiştir. Ancak sürenin kısılma miktarına bakacak olursak Öneri-1'e göre sadece % 3,5 civarındadır. Süredeki bu kazancı elde etmek için ise Öneri-1'e ilave olarak sisteme bir adet daha kenar bantlama makinesi ve 2 operatör eklenmelidir. Sadece ek makinenin maliyeti yaklaşık 100.000 € civarındadır. Ayrıca kaynak kullanım maliyetleri de Öneri-1'e göre Öneri-2'de daha yüksek gerçekleşmiştir. Buradan Öneri-2'deki süre kısılmasının sağladığı maliyet avantajının ek personel teminini karşılamadığı sonucu çıkmaktadır. Tablonun bütününe bakacak olursak sisteme bir adet kenar bantlama makinesinin ilave edildiği Öneri-1'in işletmeye çok fayda getirdiği anlaşılmaktadır. Kaynak kullanım oranlarının artışı ve siparişlerin daha hızlı tamamlanması sayesinde kaynak kullanım maliyetleri de düşmüştür. Bu da yapılan sabit yatırımların zamanla geri dönüşlerinin olacağını göstermektedir.

Bütün bu analiz sonuçlarına göre işletmenin daha optimize edilmiş bir şekilde çalışması için aşağıdaki öneriler sunulabilir.

1. Mevcut durum incelendiğinde sistemde kenar bantlama makinelerinin bulunduğu lokasyon darboğaz oluşturmaktadır. Bu yüzden bu bölüme bir adet kenar bantlama makinesi eklemek çok faydalı olacaktır.
2. Kenar bantlama makinelerinin darboğaz olduğu görüldüğünden bu makinelerin hızlarının en optimum ayarlarda çalışması gerekmektedir.
3. Kenar bantlama makinelerinin durması bu sistem için bir handikaptır. Dolayısı ile bu makinelerin bakımı mutlaka en iyi şekilde gerçekleşmelidir. Ayrıca kullanım ömrü sınırlı olan makine parçaları var ise bu parçaların yedekleri fabrikada hazır bulundurulmalıdır.

4. Kenar bantlama operatörlerinin eğitimlerine önem verilmeli, performansları ölçülmelidir.
5. Sistem incelendiğinde kenar bantlama operatörlerinin parçaları makineye yüklerken ve boşaltırken aşırı efor sarf ettikleri görülmüştür. Bu yüzden onların hareket miktarlarını düşürecek otomatik seviye ayarlayan parça istif paletlerinden makinelerin her iki tarafına da birer adet konulmalıdır.
6. Sistemde 3 adet kenar bantlama makinesinin parça yığılma problemini tam olarak çözmediği görülmüştür. Ancak 4. Makinenin toplam işlem süresini çok azaltmadığı da ortadadır. Dolayısı ile yönetim elde edilecek süre kazancının bu 4. Makine yatırımını karşılayıp karşılayamayacağını iyi analiz etmelidir. Eğer bu süre kazanımı karşılığında elde edilecek müşteri memnuniyeti gibi faktörlerden elde edilecek gelir, 4. Makine yatırımının geri dönüşünü çok uzun vadede karşılıyor ise, bu yatırımdan vazgeçilebilir.
7. Ara Stok-1 ve Ara Stok-2 alanlarındaki parça yığılmalarının çözümü için 3 adet kenar bantlama makinesi gereklidir. Aynı zamanda eğitim, bakım gibi faaliyetlerin iyileştirilmesi bu yığılmaları azaltacaktır. Bununla birlikte az da olsa sadece kenar bantlama makineleri bazı durumlarda fazla mesai yapmak gerekebilir.
8. İşletmenin 2 adet CNC işlem merkezi bulunmaktadır. Ancak bu işlem merkezlerine yeterince iş yükü verilemediğinden ciddi verimsizlik yaşanmaktadır. Bu yüzden işletme bu makinelerin özelliklerini kullanabilecek eğrisel şekilli yeni ürünleri portföyüne katmalıdır.

9. CNC işlem merkezleri için fason üretim yapmak da diğer bir verimliliği artırma şeklidir. Çünkü bu makineler sadece parçalara eğrisel şekil vermekte ve eğrisel kenar bandı yapmakta kullanılmaktadır.
10. Ara stok alanında çalışanların iş yükleri fazla değildir. Bu alandaki personel sayısının ikiden bire indirilmesi bazı büyük parçaların taşınmasında problem oluşturabilir. Ancak bu çalışanlara montaj masalarına gidecek parçaların hazırlanması dışında ilave işler verilebilir.
11. Ara stok alanında hazırlanan ürünlerin parti büyüklüklerinin küçülmesi durumunda ustalara daha sık ürün göndermek mümkün olacaktır. Ara stok alanında çalışanların iş yükü buna müsaittir. Böylece bir usta iş yaparken diğer ustaların beklediği durumlar azalabilecektir.
12. Montaj masalarındaki her usta belirli ürünleri yapmaktadır. Dolayısı ile bazen çok miktarda aynı tip ürün hazır olduğunda, hazır parçalar ara stok alanında ustanın elindeki işinin bitmesini beklemektedir. Bu beklemenin azaltılması için ustalar eğitilmeli her usta her tipteki ürünü yapabilmelidir. Yani komodin yapmaktan sorumlu bir usta eğer müsait ise masa yapmayı da bilmelidir.

Bu çalışma sadece belirli ürün tiplerinin simülasyonunu içermektedir. Sisteme ilave ürünler yerleştirmek mümkündür. Ne kadar çok ürün olursa o kadar gerçekçi değerlere ulaşılır. İşletmenin kendi ürünleri, bu ürünlerin katalogları ve mağazaları mevcuttur. Fakat işletme az da olsa bu ürünlerin dışında tek seferlik standart olmayan ürünleri de bazı müşterilerine yapmaktadır. Bu tip ürünler modele dahil edilememiştir. Bunun en büyük sebebi bu ürünlerin ölçülerinin her seferinde farklı olması ve miktarlarının belirsizliğidir.

Buna rağmen işletmelerin simülasyon yazılımlarını kullanmaları kendilerine, müşterilere temin sürelerini doğru verebilmek, sistemdeki problemleri tespit edebilmek, çalışanların verimliliğini ölçebilmek ve yatırım kararlarını sağlıklı verebilmek adına çok değerli bilgiler sunacaktır. Bu yazılımların her sektöre uygulanabilecek şekilde esnek olmaları mümkündür. İşletme yöneticilerinin bu tip yazılımları temin ederek, teknik kadrolarının, mühendislerinin bu yazılımları öğrenmelerini sağlamaları üretim sistemlerinin daha iyi yönetilmesini sağlayacaktır.



## KAYNAKÇA

### Kitaplar

- Akın, H. B. (2001). *Yeni Ekonomi* (Birinci Basım). Konya: Çizgi Kitabevi Yayınları.
- Altıok T. & Melamed B. (2007). *Simulation Modeling And Analysis With Arena*. London: Elsevier.
- Atalay, N., Birbil, D., Demir, N. & Yıldırım, Ş. (1998). *Kobilerin Esnek İmalat Sistemleri Açısından İrdelenmesi ve Bir Uygulama*. Ankara: MPM Yayınları, No. 632.
- Banks, J., Carson J. S. & Nelson B. L. (1996). *Discrete-Event System Simulation* (2nd Edition). New Jersey: Prentice Hall.
- Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation*. New York: John Wiley & Sons.
- Davis M. M. Aquilano, N. J. & Chase R. B. (1999). *Fundamentals of Operations Management* (3rd ed). Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Demir, M. H. ve Gümüšođlu, Ş. (1998). *Üretim Yönetimi/İşlemler Yönetimi* (5. Baskı). İstanbul: Beta Yayınları.
- Demir, M. H. ve Gümüšođlu, Ş. (2003). *Üretim Yönetimi/İşlemler Yönetimi* (6. Baskı). İstanbul: Beta Yayınları.
- Erden, S. A. (1999). *İleri Üretim Ortamlarında Maliyetleme*. Isparta: Tuğra Ofset.
- Erkut, H. (1992). *Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı* (2. Baskı). İstanbul: İrfan Yayımcılık.
- El-Haik, B. & Al-Aomar R. (2006). *Simulation-Based Lean Six-Sigma and Design for Six-Sigma*, New Jersey: John Wiley&Sons Ltd.

- Halaç, O. (2001). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)*. İstanbul: Alfa Yayınevi.
- Harrell, C., Ghosh, B.K. & Bowden, R.O. (2004). *Simulation Using ProModel*. New York: McGraw-Hill.
- Harrington, H. J. & Tumay, K. (2000). *Simulation Modeling Methods*. New York: McGraw-Hill.
- Hernandez A. (1989). *Just-In-Time Manufacturing: A Practical Approach*. Englewood: Prentice-Hall Inc.
- Heizer, J., & Barry, R. (1999). *Operations Management (8.Edition)*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Horngren, C. H. & Foster, G. (1999). *Cost Accounting: A Managerial Emphasis (10th Edition)*. New Jersey: Prentice-Hall International Inc.
- Hyer, N. L. & Wemmerlöv, U. (1987). *Capabilities of Group Technology*. Society of Manufacturing Engineers.
- İşyar, Y. (1997). *Model Kurma Teknikleri*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- Jones, D. & Tamiz, M. (2010). *Practical Goal Programming*. New York: Springer.
- Kobu, B. (2008). *Üretim Yönetimi (14. Baskı)*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Koçel, T. (2003). *İşletme Yöneticiliği (9. Baskı)*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Lang, C. (2010). *Production and Inventory Management With Substitutions*. Berlin: Springer-Verlag.
- Lapin, L. L. (1994). *Quantitative Methods for Business Decisions (6th Edition)*. Belmont: Duxbury Press.
- Law, A. M. & Kelton, W. D. (1982). *Simulation Modeling and Analysis (2nd edition)*. New York: McGraw-Hill.

- Law A. M. & Kelton D., (2000). *Simulation Modeling and Analysis* (3. Edition), New York: McGraw-Hill.
- McHaney, R. (1991). *Computer Simulation: A Practical Perspective*. California: Academic Press.
- Monks, J. G. (1996). *Schaum's Outline of Theory and Problems of Operations Management* (2nd Edition). New York: McGraw-Hill.
- Öztürk, A. (2004). *Yöneylem Araştırması* (9. Baskı), Bursa: Ekin Kitabevi.
- Papadopoulos, C. T, O'Kelly M. E. J., Vidalis, M. J. & Spinellis, D. (2009). *Analysis and Design of Discrete Part Production Lines*. New York: Springer.
- ProModel Corporation. *ProModel User Guide*. Erişim Tarihi:05.05.2011.  
<http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/user-guide-pro-model-version/user-guide-pro-model-version.pdf>
- Radhakrishnan,R & Balasubramanian, S. (2008). *Business Process Reengineering: Text and Cases*. New Delhi: Prentice-Hall Indian Private Limited.
- Robinson, S. (2004). *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Rubinstein, R. Y. & Kroese, D. P. (2008). *Simulation and the Monte Carlo Method*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Sarıaslan, H. (1997). *Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi* (3. Baskı). Ankara: Turhan Kitabevi.
- Sen, R. P. (2010). *Operations Research: Algorithms And Applications*. New Delhi: PHI Learning Private Limited.
- Shah, N. H., Gor, R. M. & Soni H. (2007). *Operations Research*. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited.



Stevenson, W, J.(2002). *Operations Management* (7th Edition). New York: McGraw-Hill.

Suresh, N.C & Kay J. M. (1998). *Group Technology And Cellular Manufacturing State-Of-the-Art Synthesis Of Research And Practice*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

Taha H. A.( 2000). *Yöneylem Araştırması*. (Ş. A. Baray ve Ş. Esnaf Çev.). İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Tekin, M. (2000). *Üretim Yönetimi*. Konya: Arı Ofset Matbaacılık.

Tekin, M. (2003). *Üretim Yönetimi*. İzmir: Detay Yayıncılık.

Tekin, M. (2005). *Üretim Yönetimi, Cilt 1*, (5. Basım), İstanbul: Beşir Kitabevi.

Thierauf , J. R. & Klekamp, C.R. (1975). *Decision Making Through Operations Research*. New York: John Willey&Sons, Inc.

Üreten, S. (2006). *Üretim/İşlemler Yönetimi* (5. Baskı), Ankara: Gazi Kitabevi.

Yamak, O. (1999). *Üretim Yönetimi: Sistemsel Bir Yaklaşım*, İstanbul: Alfa Yayınları.

Yamak, Y. D. (1993). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Alfa Basım.

Sürelî Yayınlar

Aksaraylı, M. & Akbel, Y. (2011). Process Optimization With Simulation Modeling in a Manufacturing System, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 3(4): 318-328.

<http://maxwellsci.com/print/rjaset/v3-318-328.pdf>

Aksaraylı, M., Kıdak, L. B. ve Güneş, M. (2009). Sağlık İşletmelerinde Yatak Kullanım Etkinliğinin Benzetim Yoluyla Optimizasyonu: Bir Eğitim Ve Araştırma Hastanesi Uygulaması, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 11 / 1, 1-22.

[http://dergi.iibf.gazi.edu.tr/dergi\\_v1/11/1.pdf](http://dergi.iibf.gazi.edu.tr/dergi_v1/11/1.pdf)

Al-Tahat, M., Dalalah, D. & Barghash, M. (2012). Dynamic Programming Model for Multi-Stage Single-Product Kanban-Controlled Serial Production Line, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 23 Issue 1, 37-48.

<http://web.ebscohost.com/ehost/detail?sid=864a61df-ec7c-404e-bc8a-6d77fdd2404f%40sessionmgr4&vid=1&hid=13&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=iih&AN=70351726>

Benson D. (1997). Simulation Modeling and Optimization Using Promodel. *Proceedings of the 1997 Simulation Conference*, 587-593.

<http://www.informs-sim.org/wsc97papers/0587.PDF>.

Browne, J. (1994). Analyzing The Dynamics of Supply and Demand For Goods and Services. *Industrial Eng.* 26:18-19.

Carson, Y. & Maria, A. (1997). Simulation Optimization: Methods and Applications. *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, 118-126.

Chang, Y. & Makatsoris, H. (2001). Supply Chain Modeling Using Simulation. *International Journal of Simulation Vol. 2 No. 1*, 24-30.

<http://ducati.doc.ntu.ac.uk/uksim/journal/Vol-2/No1/Yoon%20Chang/Chang.pdf>

Choi, S. D., Kumar, A. R. & Houshyar, A. (2002). A Simulation Study of an Automotive Foundry Plant Manufacturing Engine Blocks. *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, 1035- 1040, 8-11.

Çimen, H., Taşkın, S., Yabanova, İ., (2007). Eğitim Amaçlı Esnek ve Modüler Üretim Sistemlerinin Teknik Eğitimde Kullanılması. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 43-53.

Çoruh, E. (2010). Hazır Giyim Endüstrisi İçin Üretim Sistem Yaklaşımları. *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, Yıl:17, Sayı:180, 11-19.

[http://www.tmo.org.tr/dosyalar/80\\_M2.pdf](http://www.tmo.org.tr/dosyalar/80_M2.pdf)

Çörekçioğlu, S. ve Sezen B. (2011). Üretim Etkinliğinin Artırılmasında Simülasyon Yaklaşımı ve Bir Üretim Atölyesinde Uygulama. *Kafkas Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi Cilt:1-Sayı:2*, 53-75.

<http://iibfdergi.kafkas.edu.tr/wp-content/pdfs/c1s2/053-075.pdf>

Dewsnup, M. C. & Bollenbach, E. (1995). How to Model Automated Guided Vehicle Systems Using Promodel for Windows. *Proceedings of the 27th Winter Simulation Conference*, 482 – 486.

Doğan, Ü. (1991). Endüstride Robot Kullanımı ve Ekonomik Etkileri. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, VI(1), 272-294.

Finch, B. J. & Cox J. F. (1988). Process-Oriented Production Planning and Control: Factors That Influence System Design. *Academy of Management Journal*, Vol.31, No.1:123-153.

Güler, M. E. (2010). Değişim Mühendisliği Uygulamalarına Öngörü Sağlamada Simülasyon Tekniğinin Kullanımı, *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt :8 Sayı :1,147-168.

<http://www2.bayar.edu.tr/sosyal/dergi7/13Guler.pdf>

Gürler, İ. ve Güler M. E., (2009). Üretim Süreçlerinde Kullanılan Teknoloji İçin Seçim Kriterleri ve Süreçlerin Yeniden Yapılandırılmasında Simülasyon Uygulaması. *Ege Akademik Bakış*, 9 (2). 623-635.

[http://eab.ege.edu.tr/pdf/9\\_2/C9-S2-M12.pdf](http://eab.ege.edu.tr/pdf/9_2/C9-S2-M12.pdf)

- Harrell, C. R. & Price R. N. (2003). Simulation Modeling Using Promodel Technology. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 175-181.  
<http://informs-sim.org/wsc03papers/021.pdf>
- Karabay, G. ve Kurumer, G. (2011). Fason Üretim Yapan Bir Konfeksiyon İşletmesinde Kumaş Tedarik Süresinin Kısaltılmasına Yönelik Bir Çalışma. *Tekstil ve Konfeksiyon*, Yıl 21 Sayı 3.294-300.  
[http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=promodel%20kullan%C4%B1lara%20uygulama%20filetype%3Apdf&source=web&cd=45&ved=0CDkQFjAEOCg&url=http%3A%2F%2Fwww.tekstilvekonfeksiyon.com%2Fpdf%2F20110930105908.pdf&ei=qzxfT\\_eTDYaj8gPy-fyUBw&usg=AFQjCNHh1KoZ9PUzJDxS8ADomFoWVtehTQ](http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=promodel%20kullan%C4%B1lara%20uygulama%20filetype%3Apdf&source=web&cd=45&ved=0CDkQFjAEOCg&url=http%3A%2F%2Fwww.tekstilvekonfeksiyon.com%2Fpdf%2F20110930105908.pdf&ei=qzxfT_eTDYaj8gPy-fyUBw&usg=AFQjCNHh1KoZ9PUzJDxS8ADomFoWVtehTQ)
- Karcioğlu, R. (1993). JIT (Just-In-Time) Üretim Sisteminin Maliyet ve Yönetim Sistemlerine Etkisi, *Verimlilik Dergisi*, Cilt: 22, Sayı: 4:91-112.
- Karlsson, C. and Åhlström, P. (1996). The Difficult Path to Lean Product Development. *Journal of Product Innovation Management*, 13, 283-295.
- Kelton, W. D. (2000). Experimental Design For Simulation, *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, 32-38.  
<http://www.informs-sim.org/wsc00papers/006.PDF>
- Kim, W. K., Yoon, K. P., Mendoza, G. & Sedaghat M. (2010). Simulation Model for Extended Double-Ended Queueing, *Computers & Industrial Engineering* V 59, Issue 2, 209–219.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835210000860>

- Kreng, V. B. & Lee T. P., (2004). QFD-Based Modular Product Design with Linear Integer Programming: A Case Study. *Journal Of Engineering Design*, V: 15, No. 3.261-284.
- Maria A., (1997). Introduction To Modeling And Simulation. *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*,7-13.  
[http://www.inf.utfsm.cl/~hallende/download/Simul-2002/Introduction to Modeling and Simulation.pdf](http://www.inf.utfsm.cl/~hallende/download/Simul-2002/Introduction%20to%20Modeling%20and%20Simulation.pdf)
- Mevlütöğlü, A. (2010). Modelleme ve Simülasyon Teknolojilerinin Tedarik Süreç Yönetiminde Kullanılması ve Simülasyon Tabanlı Tedarik Yöntemi. *Savunma Sanayi Gündemi*, Sayı:11,22-26.  
[http://www.ssm.gov.tr/anasayfa/kurumsal/SSM%20Dergisi/dergi\\_12.pdf](http://www.ssm.gov.tr/anasayfa/kurumsal/SSM%20Dergisi/dergi_12.pdf)
- Mıdık, Ö. ve Kartal, M. (2010). Simülasyona Dayalı Tıp Eğitimi. *Marmara Medical Journal*, 23-3, 389-399.
- Nakayama, M. K. (2002). Simulation Output Analysis. *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*,23-34.  
<http://se.wtb.tue.nl/~lefeber/lawnmower/SimulationOutputAnalysis.pdf>
- Orbak , Â. Y. ve Bilgin S. (2005). Kanban Sisteminin Bir Uygulama Örneği. V. *Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi*,289-293.  
<http://www.iticu.edu.tr/kutuphane/pdf/uas/M01041.pdf>
- Özkoç, E. (2004). Yalın Düşünce ve İsrafin Tekdüzen Muhasebe Sistemi Çerçevesinde Kaydı: Bir Yaklaşım ve Örnek Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt.19, Sayı.1:122.
- Öztürk, L. (2004). Monte-Carlo Simülasyon Metodu ve Bir İşletme Uygulaması. *Fırat Üniversitesi, DAUM* .Vol:3 NO:1,116-124.

- Qui C., Tang, T. K. & Sivakumar, A. I. (2002). Simulation Based Cause and Effect Analysis of Cycle Time and WIP in Semiconductor Wafer Fabrication, *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, 1423-1430.
- <http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=simulation%20based%20cause%20and%20effect%20analysis%20of%20cycle%20time%20and%20wip%20in%20semiconductor%20wafer%20fabrication&source=web&cd=3&ved=0CDwQFjAC&url=http%3A%2F%2Fciteseerx.ist.psu.edu%2Fviewdoc%2Fdownload%3Fdoi%3D10.1.1.1.3964%26rep%3Drep1%26type%3Dpdf&ei=peNpT8KcAofB0QXds8H9CA&usg=AFQjCNGiZB-oG-Fdq-KuHF82GTZCZR4Eow>
- Ramesh, V. (2009). Study on Implementation of One-Piece Lean Line Design Using Simulation Techniques: A Practical Approach. *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 5, No. 8, 20-36.
- [http://www.sid.ir/En/VEWSSID/J\\_pdf/117320090803.pdf](http://www.sid.ir/En/VEWSSID/J_pdf/117320090803.pdf)
- Rogers, G.G. & Bottaci, L., (1997). Modular Production Systems: A New Manufacturing Paradigm, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 8, 147-156.
- Sengenberger, W. (1994). Lean Production: The Way of Working and Producing in the Future?. Lean Production and Beyond: Labour Aspects of a New Production Concept. *International Institute For Labour Studies*, 1-22.
- Sargent, R. G. (2007). Verification and Validation of Simulation Models. *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference*. 124-137.
- Shankar R. & Vrat, P. (1998). Post Design Modeling For Cellular Manufacturing System With Cost Uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 55, 97-109.

- Tan, K.C., Kannan, V.R., Handfield, R.B. (1998). Supply Chain Management: Supplier Performance and Firm Performance. *International Journal of Purchasing and Material Management*, Vol.34 No.3,2-9.
- Tekin, M. ve Atamak, B. (1997). Esnek Üretim Sistemleri ve Esnek Üretim Sistemleri ile İlgili Örnek Uygulamalar. *I. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*. İstanbul.
- Uner, Ö., Özkale C., Aladağ, Z., Yazgan, B. Y. (2005). Üretim Sistemi Tasarımında Konveyörlü Taşıma Alternatiflerinin Simülasyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* Yıl: 4 Sayı: 8.49-73.  
<http://www.iticu.edu.tr/yayin/dergi/f8/M00110.pdf>
- Won, Y. (2000). New p-median Approach to Cell Formation With Alternative Process Plans". *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 1:229-240.

### **İnternet Kaynakları**

- Banks J. & Gibson, R. R. (1996). Getting Started in Simulation Modeling, Erişim Tarihi: 12.12.2011.  
[http://www.blueminegroup.com/aai/pdf/getting\\_started\\_simulation\\_modeling.pdf](http://www.blueminegroup.com/aai/pdf/getting_started_simulation_modeling.pdf)
- Kuş, P., (2000). Simülasyon Uygulamaları. Erişim Tarihi:15.09.2011.  
<http://www.belgeler.com/blg/9nu/simulasyon-uygulamalari>
- Mikkola, J. H. (2001). *Modularity and Interface Management: The Case of Schindler Elevators*, Erişim Tarihi: 01.30.2012.  
<http://openarchive.cbs.dk/bitstream/handle/10398/6881/wp0106.pdf?sequence=1>
- Selvaraj, N. (2009). Determining the Number of Kanbans in EKCS: A Simulation Modeling Approach. Erişim Tarihi: 15.11.2011.

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=fc81cc69-b8e6-4d08-84fe-7709ed5f640a%40sessionmgr14&vid=1&hid=17>

Taş, E. (2009). *Simülasyon Modelleri*. Erişim Tarihi 02.02.2012,

<http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=%22sim%20C3%BClasyon%20modelleri%22&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.akademi.itu.edu.tr%2Ftase%2FDosyaGetir%2F31542%2FS%25C4%25B0M%25C3%259CLASYON%2520MODELLER%25C4%25B0.pdf&ei=6ZkrT9maLIaa8gPKpJyVDw&usg=AFQjCNEr6YtTQSgg-UTUjxFGWkGrwuTgGw>

### **Tezler**

Denizhan, B. (2006). İmalat Lojistiği Benzetim Modeli ve Bir Uygulama.

Yayınlanmamış Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Karaca, S. (2007). *Simülasyon Modellemesi İle Mobilya Üretiminde Sistem Analizi ve*

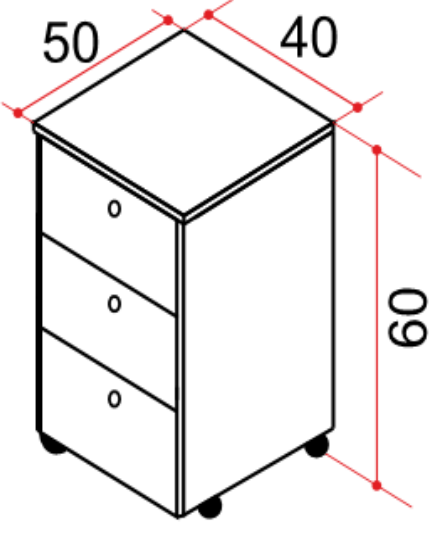
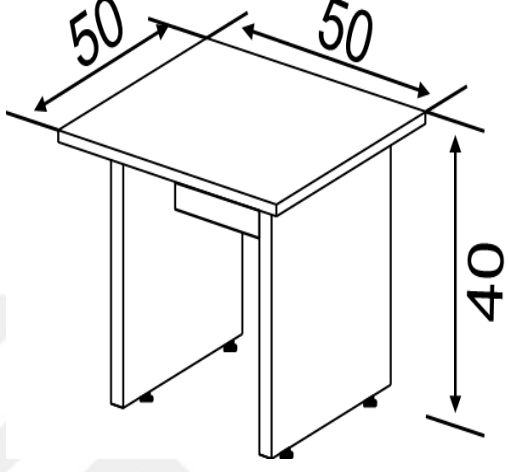
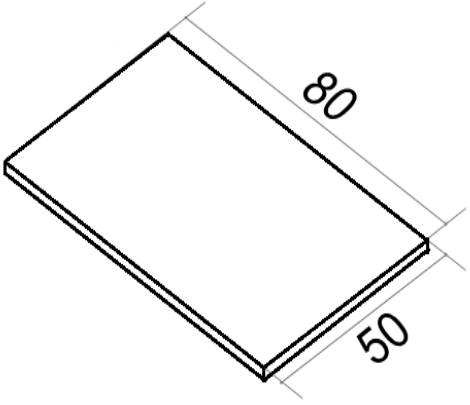
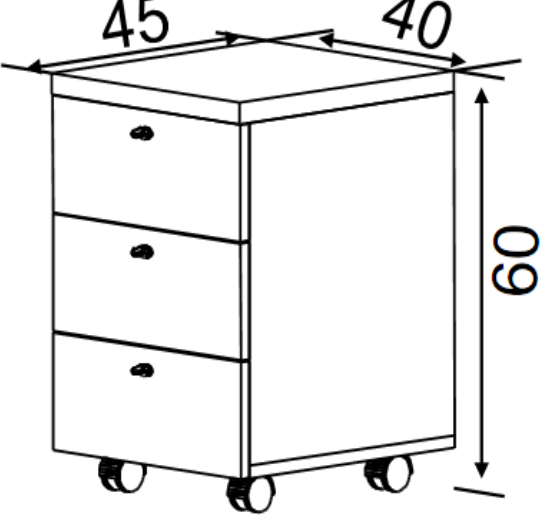
*Optimizasyonu*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

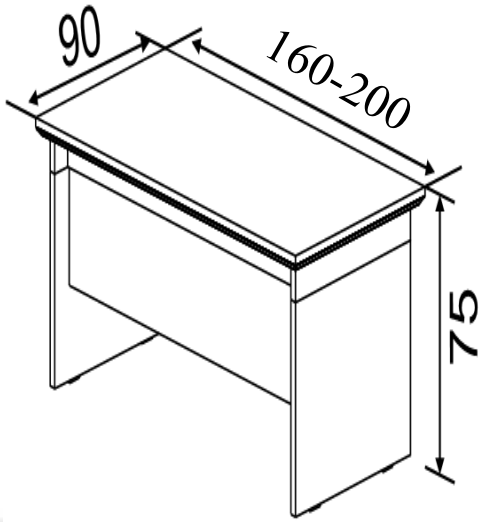
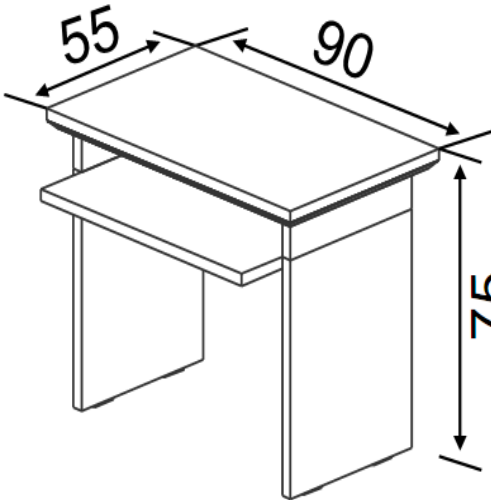
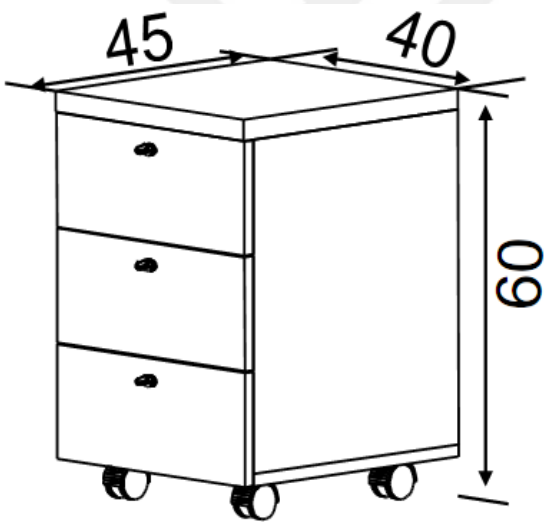
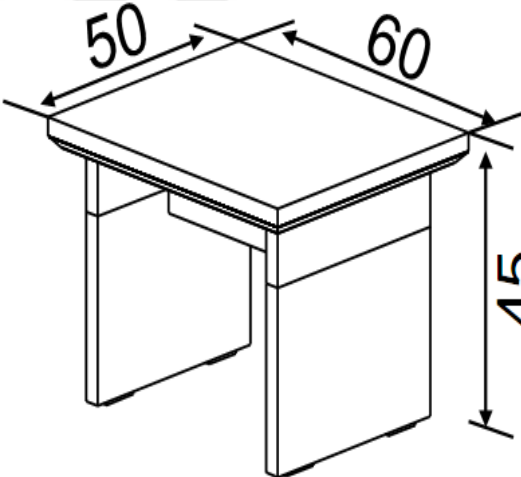
Yörür, B. (2005). *Tedarik Zinciri Yönetiminin Teslim Tarihlerine Olan Etkisinin*

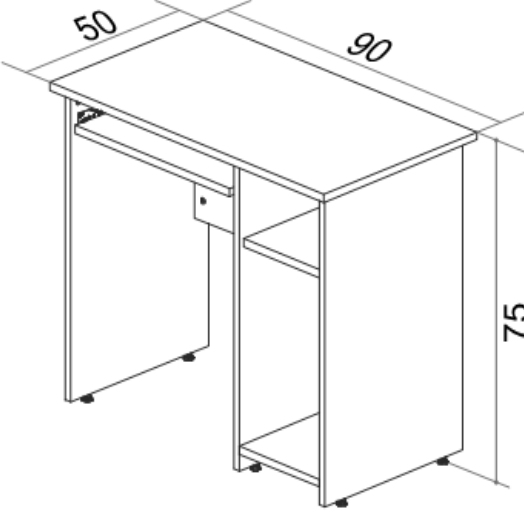
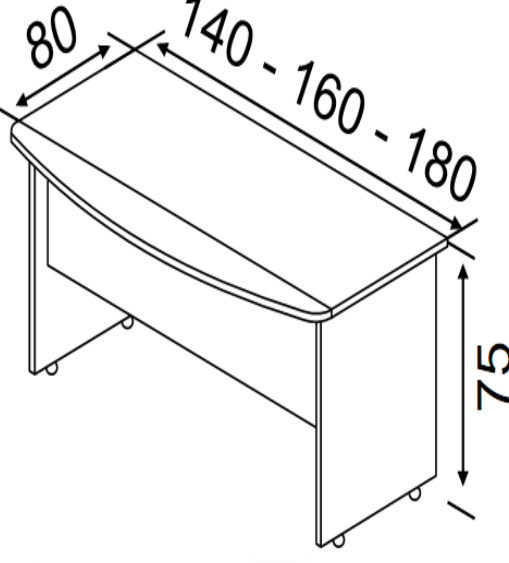
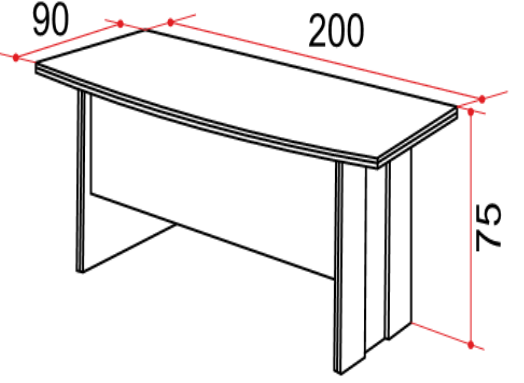
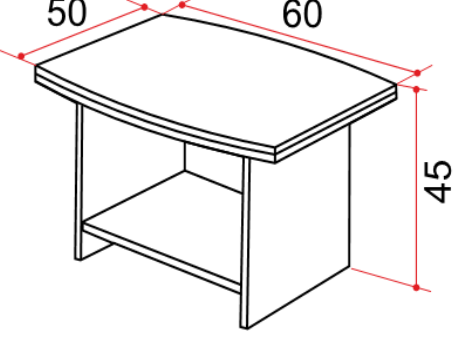
*Araştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

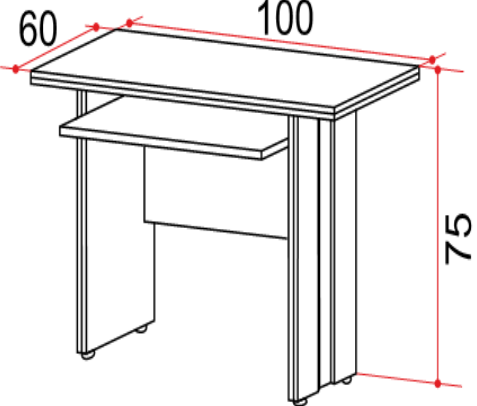
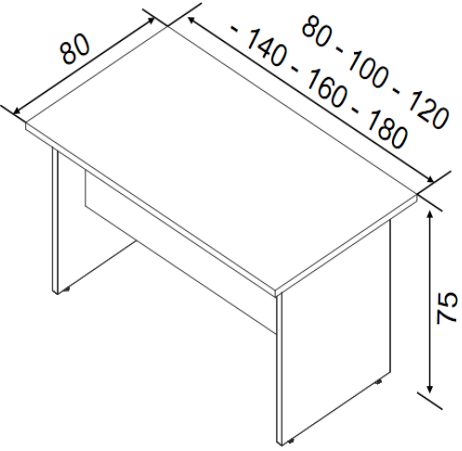
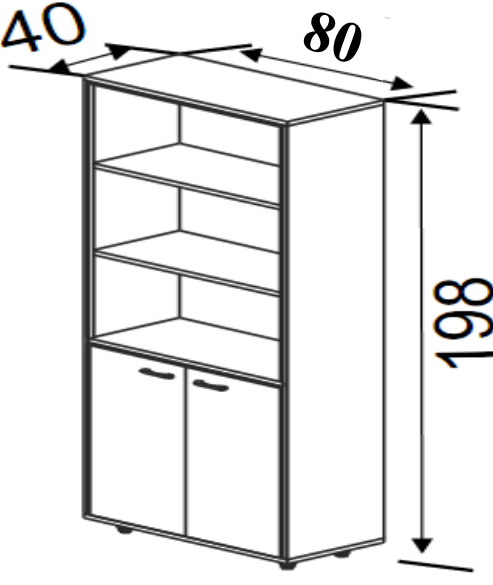


**EKLER****Ek A:** Modele Dâhil Edilen Ürünlerin Teknik Çizimleri

	
KOMODİN-1	SEHPA-1
	
YAN KOL	KOMODİN-2

 <p>90 160-200 75</p>	 <p>55 90 75</p>
MASA-1	ETAJER-1
 <p>45 40 60</p>	 <p>50 60 45</p>
KOMODİN-3	SEHPA-2

 <p>Technical drawing of a desk labeled PC MASASI. The drawing shows a perspective view of a rectangular desk with a height of 75. The width is 50 and the depth is 90. The desk has a central pedestal with a shelf and is on casters.</p>	 <p>Technical drawing of a desk labeled MASA-2. The drawing shows a perspective view of a desk with a height of 75. The width is 80 and the depth is 140 - 160 - 180. The desk has a curved front edge and is on casters.</p>
PC MASASI	MASA-2
 <p>Technical drawing of a desk labeled MASA-3. The drawing shows a perspective view of a desk with a height of 75. The width is 90 and the depth is 200. The desk has a curved front edge and is on casters.</p>	 <p>Technical drawing of a desk labeled SEHPA-3. The drawing shows a perspective view of a desk with a height of 45. The width is 50 and the depth is 60. The desk has a curved front edge and is on casters.</p>
MASA-3	SEHPA-3

 <p>60 100 75</p>	 <p>80 75 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180</p>
ETAJER-2	MASA-4
 <p>40 80 198</p>	
DOLAP	

**Ek B: Makinelerin Duruşlarından Elde Edilen Ölçümler**

Gözlem	Kenar Bantlama Makinesi		Ebatlama Makinesi		CNC İşlem Makinesi
	Durma Süresi (dk)	Tamir Süresi (dk)	Hazırlık Süresi (dk)	Tamir Süresi (dk)	Hazırlık Süresi (dk)
1	24	0,32	0,55	8,35	2,29
2	45	0,34	0,59	7,82	3,04
3	87	0,47	0,59	8,31	2,98
4	41	0,42	0,51	7,99	2,85
5	65	0,47	0,64	7,44	2,59
6	35	0,46	0,59	8,19	2,69
7	74	0,5	0,57	8,35	2,62
8	58	0,49	0,55	8,43	2,53
9	40	0,42	0,62	7,18	2,56
10	55	0,43	0,58	10,21	2,73
11	23	0,37	0,61	7,84	2,88
12	27	0,38	0,6	5,95	2,12
13	68	0,4	0,56	7,43	2,40
14	79	0,35	0,58	8,59	2,61
15	80	0,33	0,62	6,73	3,02
16	60	0,46	0,56	9,75	2,85
17	54	0,4	0,63	8,24	3,34
18	37	0,39	0,55	7,86	2,80
19	41	0,45	0,54	9,48	2,13
20	49	0,46	0,65	8,15	2,89
21	68	0,38	0,54	7,64	2,67
22	75	0,45	0,62	9,36	2,83
23	33	0,4	0,58	9,66	2,57
24	57	0,39	0,63	9,42	2,84
25	46	0,4	0,6	7,76	2,57
26	32	0,39	0,56	7,63	2,59
27	40	0,43	0,52	9,47	2,63
28	50	0,45	0,54	9,88	2,56
29	72	0,46	0,57	8,81	2,46
30	69	0,46	0,51	7,85	2,48
31	31	0,46	0,61	9,64	3,22
32	15	0,37	0,5	9,15	2,55
33	9	0,38	0,55	8,93	3,06
34	22	0,42	0,62	8,25	2,86
35	18	0,48	0,58	8,61	2,28
36	20	0,44	0,59	8,65	2,33
37	30	0,42	0,56	7,51	2,85
38	90	0,34	0,58	8,68	2,43
39	42	0,42	0,48	9,17	2,44
40	19	0,31	0,64	8,14	2,32
41	14	0,4	0,62	7,86	2,92
42	27	0,38	0,64	8,25	2,82
43	29	0,4	0,59	9,27	2,52
44	81	0,44	0,54	7,3	2,03
45	85	0,35	0,57	7,97	2,79
46	77	0,37	0,63	8,57	3,20
47	88	0,48	0,58	8,31	2,79
48	70	0,35	0,59	7,05	1,98
49	10	0,36	0,55	9,69	2,88
50	7	0,51	0,54	7,59	3,25

**Ek C: Numaralandırılmış Parça veya İşlemin Tanımları**

No	Parça veya İşlemin Tanımı	No	Parça veya İşlemin Tanımı
1	Komodin-1 Yan	55	Pc Masası Ayak
2	Komodin-1 Üst	56	Pc Masası Orta Tabla
3	Komodin-1 Alt	57	Pc Masası Alt Tabla
4	Komodin-1 Arkalık	58	Pc Masası Klavye
5	Komodin-1 Alınlık	59	Pc Masası Perde
6	Komodin-1 Çekmece Altı	60	Pc Masası Ara Stok Hazırlama
7	Komodin-1 Ara Stok Hazırlama	61	Pc Masası Montaj
8	Komodin-1 Montaj	62	Pc Masası Paketleme
9	Komodin-1 Paketleme	63	Masa-2 Üst
10	Sehpa-1 Üst	64	Masa-2 Fon
11	Sehpa-1 Ayak	65	Masa-2 Ayak
12	Sehpa-1 Ara Stok Hazırlama	66	Masa-2 Perde
13	Sehpa-1 Montaj	67	Masa-2 Ara Stok Hazırlama
14	Sehpa-1 Paketleme	68	Masa-2 Montaj
15	Yan Kol	69	Masa-2 Paketleme
16	Komodin-2 Üst	70	Masa-3 Üst
17	Komodin-2 Yan	71	Masa-3 Üstün Altı
18	Komodin-2 Arkalık	72	Masa-3 Ayak
19	Komodin-2 Alınlık	73	Masa-3 Perde
20	Komodin-2 Çekmece Altı	74	Masa-3 Çita
21	Komodin-2 Alt	75	Masa-3 Ara Stok Hazırlama
22	Komodin-2 Ara Stok Hazırlama	76	Masa-3 Montaj
23	Komodin-2 Montaj	77	Masa-3 Paketleme
24	Komodin-2 Paketleme	78	Sehpa-3 Üst
25	Masa-1 Üst	79	Sehpa-3 Üst Alt
26	Masa-1 Ayak	80	Sehpa-3 Ayak
27	Masa-1 Perde	81	Sehpa-3 Orta
28	Masa-1 Dikme ve Çita	82	Sehpa-3 Ara Stok Hazırlama
29	Masa-1 Ara Stok Hazırlama	83	Sehpa-3 Montaj
30	Masa-1 Montaj	84	Sehpa-3 Paketleme
31	Masa-1 Paketleme	85	Etajer-2 Üst
32	Etajer-1 Üst	86	Etajer-2 Üst Alt
33	Etajer-1 Ayak	87	Etajer-2 Ayak
34	Etajer-1 Perde	88	Etajer-2 Perde
35	Etajer-1 Klavye	89	Etajer-2 Çita
36	Etajer-1 Dikme	90	Etajer-2 Klavye
37	Etajer-1 Ara Stok Hazırlama	91	Etajer-2 Ara Stok Hazırlama
38	Etajer-1 Montaj	92	Etajer-2 Montaj
39	Etajer-1 Paketleme	93	Etajer-2 Paketleme
40	Komodin-3 Üst	94	Masa-3 Üst
41	Komodin-3 Yan	95	Masa-3 Ayak
42	Komodin-3 Arkalık	96	Masa-3 Perde
43	Komodin-3 Alınlık	97	Masa-3 Ara Stok Hazırlama
44	Komodin-3 Çekmece Altı	98	Masa-3 Montaj

45	Komodin-3 Alt	99	Masa-3 Paketleme
46	Komodin-3 Ara Stok Hazırlama	100	Dolap Üst
47	Komodin-3 Montaj	101	Dolap Alt
48	Komodin-3 Paketleme	102	Dolap Raf
49	Sehpa-2 Üst	103	Dolap Kapak
50	Sehpa-2 Ayak	104	Dolap Yan
51	Sehpa-2 Ara Stok Hazırlama	105	Dolap Arkalık
52	Sehpa-2 Montaj	106	Dolap Ara Stok Hazırlama
53	Sehpa-2 Paketleme	107	Dolap Montaj
54	Pc Masası Üst	108	Dolap Paketleme



## Ek D: İşlemlerin Sürelerine Ait Gözlem Değerleri

	1			2			3			4	5			6	7	8	9	10			11			12
G	K	B	D	K	B	D	K	B	D	K	K	B	K	YM	M	P	K	B	D	K	B	D	YM	
1	9.68	0.75	0.14	8.56	0.35	0.13	7.23	0.45	0.12	3.59	12.85	0.77	5.46	4.76	12.70	3.74	9.56	0.49	0.11	8.18	0.98	0.14	4.48	
2	11.53	0.69	0.12	6.95	0.38	0.14	8.60	0.37	0.12	4.40	13.11	0.88	4.97	5.43	10.13	5.21	10.14	0.51	0.11	7.22	0.83	0.12	4.08	
3	10.09	0.84	0.12	8.59	0.44	0.14	9.53	0.40	0.12	4.39	12.92	1.08	6.17	4.56	9.05	4.07	11.23	0.44	0.10	9.30	0.86	0.16	4.26	
4	11.55	0.75	0.11	8.02	0.37	0.13	6.55	0.37	0.11	3.26	12.58	0.90	5.24	5.80	9.03	3.51	9.96	0.50	0.10	9.42	0.80	0.14	3.91	
5	10.58	0.75	0.14	7.09	0.44	0.13	8.49	0.38	0.12	3.78	13.62	0.91	4.62	5.35	11.48	4.75	10.29	0.55	0.09	9.69	0.83	0.15	4.11	
6	10.65	0.83	0.12	5.86	0.38	0.12	7.76	0.38	0.13	3.55	11.61	0.98	3.85	5.19	9.41	4.56	11.28	0.48	0.12	8.41	0.81	0.12	3.75	
7	11.45	0.85	0.14	7.31	0.36	0.12	7.40	0.39	0.13	3.61	13.80	0.92	4.98	5.25	10.86	5.48	11.75	0.49	0.12	8.85	0.81	0.12	3.93	
8	12.84	0.87	0.13	7.05	0.42	0.12	7.32	0.40	0.12	4.01	12.77	1.00	4.99	4.49	11.45	4.58	10.90	0.53	0.10	8.37	0.75	0.13	4.21	
9	10.57	0.83	0.13	9.70	0.42	0.12	8.44	0.37	0.13	3.92	13.02	0.89	5.48	5.64	8.96	5.44	9.57	0.50	0.11	8.26	0.85	0.12	4.25	
10	11.19	0.84	0.12	7.52	0.43	0.12	7.85	0.34	0.14	4.01	13.27	0.76	5.54	5.11	10.77	5.46	10.59	0.56	0.12	9.61	0.87	0.14	4.19	
11	10.91	0.82	0.13	7.80	0.45	0.14	8.30	0.40	0.11	3.94	15.78	0.85	4.96	5.51	11.71	5.13	10.27	0.60	0.11	8.20	0.78	0.12	3.11	
12	9.70	0.81	0.12	6.83	0.37	0.12	9.01	0.33	0.13	3.95	13.17	0.97	4.66	5.78	10.84	5.03	10.85	0.49	0.11	9.04	0.76	0.13	4.22	
13	10.99	0.89	0.12	7.59	0.42	0.13	6.70	0.42	0.12	4.31	12.84	0.89	5.16	5.17	8.27	5.78	12.83	0.51	0.11	9.52	0.92	0.14	3.94	
14	11.57	0.80	0.12	8.19	0.40	0.15	7.14	0.41	0.13	3.87	13.69	0.85	4.62	4.81	10.55	4.46	9.08	0.50	0.12	10.31	0.88	0.13	3.23	
15	11.65	0.81	0.14	7.22	0.41	0.14	9.53	0.35	0.12	4.24	14.48	0.84	5.11	5.33	9.77	4.10	10.56	0.55	0.10	9.35	0.82	0.12	4.11	
16	13.98	0.82	0.16	7.91	0.38	0.15	7.10	0.44	0.10	3.52	12.94	0.89	3.51	4.85	10.15	5.00	9.91	0.52	0.09	8.27	0.80	0.13	3.75	
17	10.29	0.78	0.13	8.00	0.44	0.12	8.56	0.39	0.14	3.32	11.79	0.84	5.28	5.55	12.21	2.91	11.97	0.53	0.12	8.06	0.77	0.14	4.00	
18	10.55	0.82	0.12	7.46	0.37	0.16	7.38	0.36	0.11	4.22	11.95	0.83	4.83	4.62	11.54	5.15	11.12	0.55	0.10	9.36	0.77	0.13	4.82	
19	12.28	0.75	0.13	7.91	0.39	0.15	9.73	0.38	0.12	4.13	13.41	0.84	4.97	5.30	9.14	4.95	9.92	0.59	0.11	9.39	0.77	0.14	4.64	
20	11.87	0.79	0.13	8.30	0.39	0.15	7.72	0.38	0.14	4.24	11.27	0.96	4.30	5.18	8.03	5.36	9.59	0.50	0.11	9.27	0.76	0.15	4.61	
21	12.12	0.81	0.13	8.56	0.45	0.16	8.39	0.41	0.12	3.89	13.00	0.96	4.58	5.70	10.43	4.71	10.00	0.49	0.10	10.76	0.80	0.12	3.92	
22	11.18	0.72	0.14	8.13	0.36	0.14	7.74	0.41	0.12	4.20	13.41	0.78	5.91	3.87	11.22	5.58	9.48	0.52	0.11	7.75	0.81	0.13	3.49	
23	12.57	0.80	0.14	9.26	0.43	0.14	9.49	0.37	0.14	3.92	14.04	0.98	5.52	5.10	10.61	3.98	9.50	0.49	0.11	9.06	0.80	0.14	4.07	
24	12.71	0.84	0.12	8.43	0.38	0.15	7.64	0.44	0.12	4.17	13.06	0.91	5.05	5.04	10.52	5.16	10.51	0.54	0.11	9.69	0.75	0.11	3.66	
25	11.02	0.80	0.12	7.14	0.35	0.13	8.13	0.39	0.11	4.05	14.51	0.91	5.37	5.20	10.52	4.94	11.67	0.49	0.12	8.94	0.77	0.12	3.74	
26	10.41	0.78	0.12	7.95	0.38	0.13	7.13	0.35	0.13	3.75	12.27	0.93	4.98	5.59	10.97	5.42	11.33	0.47	0.11	8.55	0.82	0.14	3.55	
27	9.59	0.83	0.13	7.68	0.38	0.15	7.59	0.42	0.12	3.31	15.25	0.86	4.89	5.27	9.12	4.66	10.57	0.47	0.13	10.49	0.70	0.13	4.37	
28	11.95	0.86	0.14	8.54	0.40	0.15	7.85	0.40	0.13	3.82	13.54	0.73	5.32	5.44	8.65	5.56	11.84	0.53	0.10	9.25	0.74	0.13	4.14	
29	9.53	0.75	0.13	6.85	0.43	0.14	7.80	0.42	0.13	4.22	12.22	0.88	5.17	4.83	10.58	3.42	12.47	0.53	0.10	9.32	0.83	0.14	3.88	
30	12.78	0.75	0.13	8.09	0.43	0.12	7.28	0.43	0.10	4.03	14.32	0.89	4.64	4.33	12.13	5.06	9.60	0.54	0.10	9.01	0.88	0.15	4.24	



	13		14		15			16			17			18	19		20	21			22	23	24
G	M	P	K	B	YM	M	P	K	B	D	K	B	D	K	K	B	K	K	B	D	YM	M	P
1	2.49	3.54	6.96	0.88	1.35	1.44	1.96	7.28	0.73	0.12	10.22	0.89	0.15	7.45	8.27	0.92	4.97	7.16	0.38	0.10	5.65	11.24	5.21
2	2.58	2.79	6.76	0.81	1.43	1.61	2.09	8.13	0.71	0.11	8.05	0.82	0.16	5.60	6.94	0.94	5.22	8.71	0.41	0.11	4.50	10.30	4.69
3	1.97	3.24	6.00	0.77	1.80	1.61	3.26	7.09	0.67	0.11	8.72	0.74	0.14	6.29	8.11	0.80	4.33	7.91	0.40	0.10	5.12	11.39	4.92
4	2.63	2.87	6.39	0.84	1.37	1.62	2.60	7.78	0.69	0.12	9.21	0.82	0.16	6.92	7.75	0.93	5.88	9.13	0.37	0.10	4.86	9.17	4.46
5	2.95	3.57	6.52	0.71	1.68	1.49	2.26	6.70	0.67	0.13	9.09	0.74	0.15	7.00	5.58	0.97	5.96	7.97	0.43	0.09	4.33	8.96	6.24
6	2.70	2.51	5.41	0.83	1.58	1.50	2.02	7.11	0.71	0.11	8.26	0.81	0.15	6.83	6.92	0.77	5.76	8.33	0.42	0.09	4.81	10.58	4.73
7	2.04	3.09	5.52	0.85	1.66	1.44	2.33	6.50	0.74	0.13	8.48	0.81	0.14	6.20	7.63	0.86	5.70	9.20	0.42	0.11	5.08	13.48	3.97
8	2.47	2.93	6.05	0.81	1.39	1.55	2.94	7.78	0.70	0.12	9.64	0.76	0.14	5.84	7.25	0.93	5.44	8.32	0.40	0.09	4.18	10.57	4.92
9	2.42	2.62	5.50	0.85	1.57	1.60	2.49	6.85	0.76	0.12	9.15	0.91	0.15	7.31	7.28	0.88	5.04	8.10	0.37	0.10	5.57	8.42	4.84
10	2.35	2.30	8.02	0.82	1.58	1.28	2.28	7.90	0.79	0.11	8.57	0.79	0.15	7.30	7.16	0.86	5.45	9.61	0.40	0.11	5.36	10.82	4.85
11	2.47	3.01	5.86	0.85	1.62	1.39	2.35	7.51	0.74	0.12	8.68	0.90	0.17	6.45	7.31	0.89	4.70	7.37	0.37	0.11	5.50	11.27	4.57
12	3.00	2.72	5.81	0.80	1.27	1.86	1.99	7.48	0.76	0.11	9.31	0.71	0.17	7.67	7.06	0.89	5.55	8.13	0.41	0.10	4.89	9.99	5.39
13	2.75	3.10	6.73	0.75	1.50	1.66	2.26	8.39	0.70	0.13	8.19	0.80	0.15	5.79	8.00	0.94	5.80	9.26	0.40	0.10	5.02	11.25	5.80
14	2.77	3.03	6.57	0.85	1.45	1.50	2.10	8.40	0.77	0.13	8.77	0.91	0.16	6.57	7.72	0.98	5.21	6.46	0.43	0.11	5.04	10.28	4.19
15	2.44	2.35	6.12	0.89	1.54	1.56	2.03	6.80	0.66	0.12	9.36	0.88	0.16	6.49	7.55	0.96	6.13	8.07	0.43	0.09	4.87	9.18	5.33
16	2.07	3.36	5.91	0.85	1.55	1.53	1.88	6.84	0.72	0.12	8.39	0.84	0.16	7.42	7.02	0.87	5.31	7.22	0.41	0.10	4.79	8.95	5.88
17	2.96	2.83	6.36	0.81	1.52	1.72	2.68	8.39	0.70	0.12	8.64	0.80	0.16	7.00	8.67	0.93	5.67	7.43	0.39	0.10	4.67	9.39	5.24
18	2.17	3.10	5.70	0.83	1.47	1.44	2.43	6.82	0.66	0.10	10.01	0.86	0.14	8.04	7.18	1.03	5.44	7.81	0.39	0.11	5.43	9.80	5.84
19	2.80	3.56	5.86	0.87	1.63	1.35	2.71	7.41	0.73	0.11	8.22	0.71	0.16	7.11	7.67	0.91	5.20	6.92	0.43	0.11	5.32	8.94	3.97
20	2.92	2.82	7.12	0.79	1.36	1.80	2.42	8.80	0.70	0.12	9.20	0.80	0.15	7.23	6.43	0.87	5.50	9.35	0.42	0.09	5.44	8.44	4.93
21	2.65	2.40	6.57	0.79	1.67	1.78	2.87	7.63	0.76	0.11	8.71	0.87	0.16	6.17	7.86	0.96	5.95	6.57	0.44	0.10	4.34	8.24	5.46
22	2.61	2.92	5.98	0.81	1.39	1.25	2.51	7.37	0.62	0.13	9.70	0.76	0.16	5.86	7.94	0.96	4.57	7.44	0.40	0.10	5.08	11.09	5.70
23	3.02	2.65	7.12	0.79	1.28	1.69	2.52	8.13	0.72	0.13	9.18	0.74	0.14	8.15	7.49	0.93	5.96	8.70	0.43	0.11	4.57	9.94	5.03
24	2.34	2.70	7.69	0.73	1.52	1.76	2.79	8.27	0.70	0.12	9.62	0.83	0.14	7.46	7.43	0.92	4.97	7.13	0.38	0.09	4.82	9.38	5.12
25	2.48	2.90	5.89	0.79	1.48	1.63	2.84	8.30	0.68	0.13	10.97	0.79	0.16	6.82	7.49	0.97	5.57	9.16	0.40	0.09	4.63	8.74	5.10
26	2.63	2.46	5.14	0.75	1.66	1.72	2.57	7.40	0.67	0.13	8.65	0.85	0.16	7.12	6.74	0.85	5.07	9.04	0.40	0.10	5.99	9.41	5.43
27	2.52	2.84	5.70	0.77	1.57	1.33	2.98	6.74	0.67	0.11	8.77	0.82	0.15	7.02	7.13	0.77	4.98	7.99	0.34	0.11	5.08	10.71	4.34
28	2.03	3.18	5.78	0.83	1.53	1.49	2.37	7.88	0.70	0.11	7.86	0.79	0.14	6.73	7.53	0.91	4.18	8.25	0.41	0.09	4.78	11.21	5.55
29	2.43	2.69	5.99	0.84	1.44	1.83	1.74	8.76	0.65	0.11	8.47	0.81	0.13	6.74	7.39	1.01	4.85	8.18	0.40	0.10	5.09	9.97	4.93
30	2.76	3.63	7.26	0.80	1.46	1.19	2.96	7.94	0.77	0.12	7.81	0.84	0.14	6.33	6.75	0.88	4.88	8.83	0.42	0.11	5.99	10.82	6.96

	25			26			27			28			29	30	31	32			33		
G	K	B	D	K	B	D	K	B	D	K	B	D	YM	M	P	K	B	D	K	B	D
1	17.27	1.34	0.12	12.71	1.13	0.19	7.41	0.73	0.11	16.57	0.30	0.21	6.84	6.81	7.98	8.08	0.92	0.11	9.22	0.79	0.25
2	14.00	1.31	0.14	12.25	1.18	0.21	7.22	0.69	0.12	13.85	0.30	0.25	6.83	7.70	8.34	10.24	0.79	0.11	11.50	0.80	0.24
3	14.33	1.49	0.10	11.85	0.90	0.19	7.89	0.68	0.11	14.61	0.32	0.25	6.01	7.64	8.13	8.67	0.92	0.13	10.94	0.89	0.23
4	15.75	1.47	0.12	13.12	1.13	0.18	6.31	0.71	0.12	13.89	0.31	0.27	6.45	7.28	6.19	10.75	0.82	0.13	10.30	0.82	0.25
5	17.71	1.27	0.12	10.06	1.14	0.22	7.82	0.68	0.11	13.69	0.31	0.26	6.88	7.59	6.22	8.92	0.86	0.13	9.38	0.79	0.24
6	18.01	1.40	0.12	10.94	1.14	0.18	7.65	0.67	0.13	13.92	0.30	0.28	5.67	8.43	7.10	10.47	0.93	0.12	10.17	0.80	0.20
7	13.15	1.46	0.11	10.67	1.06	0.19	6.64	0.69	0.13	14.20	0.31	0.25	6.44	8.45	6.30	8.65	1.01	0.12	9.84	0.84	0.27
8	14.62	1.40	0.10	12.85	1.11	0.18	7.45	0.66	0.10	15.96	0.29	0.22	6.68	6.00	5.11	9.27	0.89	0.11	10.29	0.77	0.26
9	18.93	1.57	0.13	10.65	1.07	0.20	7.72	0.69	0.11	14.36	0.28	0.26	6.07	9.95	7.76	8.25	0.88	0.11	10.09	0.85	0.25
10	17.79	1.36	0.11	10.65	1.20	0.22	7.50	0.73	0.12	16.50	0.33	0.25	6.33	6.86	6.64	9.53	0.89	0.12	10.61	0.77	0.25
11	17.52	1.45	0.13	11.18	1.04	0.22	7.37	0.74	0.12	12.98	0.30	0.26	6.14	8.87	7.04	9.74	1.15	0.11	8.73	0.80	0.23
12	16.31	1.56	0.12	9.84	1.11	0.20	7.49	0.70	0.13	15.54	0.27	0.27	5.44	8.25	7.76	9.86	0.95	0.12	10.79	0.71	0.26
13	16.92	1.46	0.11	10.96	1.11	0.16	8.13	0.66	0.12	15.84	0.34	0.21	5.97	8.27	9.01	9.60	0.89	0.12	12.27	0.81	0.25
14	14.30	1.41	0.11	12.71	1.01	0.21	9.49	0.81	0.13	16.26	0.33	0.22	4.84	9.52	6.99	8.96	1.02	0.12	9.97	0.76	0.28
15	15.56	1.48	0.13	10.94	1.13	0.22	7.88	0.75	0.12	11.49	0.28	0.30	6.44	6.81	6.24	10.15	0.94	0.13	9.62	0.74	0.24
16	16.48	1.41	0.13	9.78	1.18	0.20	6.42	0.75	0.13	13.40	0.33	0.23	6.36	7.85	7.26	10.47	0.93	0.12	8.42	0.82	0.27
17	17.30	1.53	0.12	13.36	1.14	0.21	7.26	0.69	0.11	15.66	0.29	0.19	4.87	8.01	7.40	8.93	0.88	0.13	9.39	0.71	0.23
18	15.49	1.23	0.12	12.11	1.01	0.22	7.05	0.76	0.12	12.60	0.29	0.23	6.71	8.49	6.41	10.86	0.95	0.11	11.17	0.87	0.22
19	15.28	1.49	0.12	11.70	1.16	0.21	6.43	0.70	0.11	15.79	0.30	0.24	6.59	7.69	7.56	10.14	0.92	0.13	10.12	0.89	0.26
20	14.62	1.33	0.13	14.31	0.95	0.21	8.31	0.73	0.11	15.31	0.30	0.23	5.69	10.34	7.08	8.84	0.82	0.14	10.47	0.75	0.27
21	14.44	1.44	0.11	10.26	1.10	0.20	8.42	0.65	0.12	17.04	0.30	0.25	5.89	7.87	5.67	9.86	0.87	0.13	10.65	0.78	0.23
22	17.80	1.56	0.11	12.61	1.04	0.18	8.63	0.67	0.12	14.22	0.27	0.26	6.04	6.68	7.07	9.15	0.94	0.12	10.27	0.81	0.23
23	15.81	1.30	0.11	13.70	1.20	0.21	8.35	0.76	0.12	15.51	0.27	0.23	5.56	8.73	6.77	10.42	0.84	0.13	11.32	0.93	0.25
24	12.47	1.50	0.11	9.72	1.12	0.21	8.45	0.68	0.13	14.99	0.30	0.23	5.74	7.64	8.88	10.03	0.85	0.10	9.06	0.89	0.22
25	14.24	1.51	0.13	12.28	1.17	0.23	6.46	0.69	0.11	14.20	0.30	0.25	6.87	7.87	8.02	9.06	0.80	0.11	7.54	0.83	0.25
26	18.98	1.37	0.13	13.55	1.03	0.20	9.02	0.65	0.11	13.50	0.32	0.23	6.66	7.36	7.71	10.28	0.92	0.12	11.75	0.80	0.26
27	17.90	1.39	0.14	11.08	1.04	0.20	6.68	0.69	0.12	12.54	0.27	0.21	5.96	7.89	6.43	8.43	0.95	0.13	12.50	0.86	0.26
28	14.38	1.50	0.10	13.27	1.08	0.20	8.45	0.70	0.12	14.37	0.31	0.26	5.65	7.46	6.76	11.67	0.94	0.13	9.98	0.86	0.26
29	15.97	1.41	0.14	12.34	1.26	0.19	8.76	0.74	0.12	14.66	0.28	0.25	6.68	7.43	9.06	9.80	0.86	0.12	10.30	0.85	0.25
30	14.69	1.42	0.12	9.19	1.12	0.21	7.76	0.76	0.13	16.49	0.30	0.22	5.77	7.38	5.78	8.86	0.87	0.11	11.89	0.67	0.27

	34			35		36			37	38	39	40			41			42	43		44	45		
G	K	B	D	K	B	K	B	D	YM	M	P	K	B	D	K	B	D	K	K	B	K	K	B	D
1	6.11	0.59	0.16	6.23	0.58	8.77	0.39	0.29	4.61	7.00	4.56	6.85	0.72	0.11	9.11	0.69	0.16	6.83	7.49	0.91	5.65	9.34	0.41	0.11
2	7.21	0.65	0.14	6.39	0.59	7.92	0.42	0.30	5.60	5.01	4.70	8.43	0.77	0.13	10.33	0.92	0.15	5.42	7.64	0.87	5.12	7.77	0.43	0.10
3	5.98	0.64	0.15	6.42	0.66	7.12	0.36	0.31	4.38	6.32	4.54	7.36	0.66	0.11	10.10	0.71	0.15	6.67	5.54	0.96	3.81	9.13	0.41	0.11
4	7.15	0.53	0.15	6.57	0.62	8.04	0.45	0.29	5.01	6.07	4.31	8.47	0.68	0.14	10.37	0.82	0.16	6.19	8.50	0.89	5.90	7.50	0.43	0.11
5	7.43	0.58	0.15	6.38	0.57	8.25	0.33	0.29	4.43	8.45	3.58	7.99	0.80	0.12	9.16	0.76	0.13	7.21	5.63	1.01	5.01	7.72	0.43	0.10
6	6.85	0.58	0.17	8.09	0.64	7.67	0.42	0.32	5.57	6.07	3.57	7.31	0.72	0.12	9.14	0.86	0.14	6.55	7.80	0.80	5.61	7.27	0.45	0.10
7	6.14	0.58	0.14	7.11	0.61	8.74	0.40	0.32	4.97	6.05	3.75	7.57	0.74	0.13	9.20	0.77	0.14	6.30	8.12	0.94	5.81	7.05	0.40	0.10
8	6.88	0.63	0.14	6.52	0.58	8.91	0.38	0.29	4.97	6.47	5.25	7.19	0.70	0.11	7.75	0.89	0.16	6.98	6.87	0.85	5.17	6.53	0.42	0.11
9	6.38	0.52	0.15	7.14	0.64	8.20	0.36	0.33	4.45	7.79	5.17	7.83	0.80	0.11	8.54	0.75	0.14	7.20	5.34	0.98	4.31	7.58	0.34	0.11
10	5.85	0.64	0.16	6.43	0.61	6.81	0.38	0.28	4.79	7.14	4.44	6.19	0.61	0.13	10.13	0.81	0.14	5.84	6.65	1.00	5.97	7.14	0.39	0.10
11	6.94	0.60	0.16	7.22	0.59	8.21	0.38	0.32	5.07	5.68	5.06	7.63	0.72	0.10	8.91	0.80	0.14	6.18	6.99	0.86	4.13	5.89	0.43	0.10
12	5.35	0.57	0.15	6.10	0.60	6.86	0.37	0.26	4.13	7.36	4.66	6.92	0.63	0.13	9.64	0.88	0.13	7.37	7.31	0.92	5.62	9.09	0.32	0.09
13	7.39	0.53	0.15	5.55	0.60	7.58	0.38	0.28	5.09	7.83	4.12	8.20	0.76	0.11	9.14	0.75	0.14	6.90	6.58	0.94	5.34	7.29	0.43	0.09
14	6.71	0.72	0.19	6.51	0.55	8.05	0.38	0.25	4.26	7.19	5.78	6.98	0.65	0.11	9.50	0.72	0.16	6.71	7.07	0.88	5.94	7.51	0.42	0.11
15	7.31	0.50	0.16	7.20	0.56	6.81	0.40	0.27	4.23	8.93	4.39	7.80	0.70	0.11	7.91	0.81	0.14	7.66	6.79	0.88	4.67	8.33	0.36	0.10
16	6.06	0.54	0.13	7.17	0.54	7.38	0.37	0.32	5.58	7.16	3.81	7.38	0.58	0.11	10.10	0.72	0.13	6.06	8.23	0.85	4.94	8.09	0.43	0.09
17	6.96	0.64	0.14	6.61	0.63	6.90	0.38	0.34	4.74	6.84	5.08	6.97	0.67	0.11	8.77	0.81	0.16	6.68	5.87	1.09	4.66	8.44	0.40	0.10
18	6.10	0.62	0.15	6.71	0.65	7.73	0.38	0.28	4.99	5.97	4.36	7.18	0.68	0.13	8.74	0.82	0.15	7.24	7.28	0.95	4.85	7.60	0.38	0.11
19	6.31	0.62	0.13	5.83	0.58	7.69	0.44	0.30	5.33	5.90	5.45	6.53	0.64	0.11	9.16	0.90	0.15	6.39	7.21	0.95	5.78	6.34	0.38	0.10
20	6.62	0.61	0.14	7.29	0.64	8.30	0.41	0.34	5.15	8.22	4.30	7.11	0.75	0.12	8.63	0.82	0.17	6.88	7.33	0.98	5.80	7.76	0.39	0.10
21	7.36	0.62	0.13	5.64	0.60	7.83	0.37	0.29	4.91	7.42	4.05	6.94	0.61	0.13	8.90	0.82	0.13	7.04	6.97	0.84	6.30	7.58	0.45	0.11
22	6.34	0.60	0.15	6.23	0.67	8.12	0.39	0.29	5.51	6.94	3.82	8.05	0.60	0.14	8.63	0.83	0.16	6.74	6.54	0.94	4.92	6.61	0.41	0.10
23	6.24	0.60	0.16	6.46	0.59	8.37	0.42	0.32	4.94	8.03	4.21	7.89	0.66	0.12	9.99	0.75	0.17	5.22	7.02	0.85	5.31	8.64	0.33	0.10
24	5.48	0.61	0.13	6.60	0.57	8.40	0.42	0.27	4.72	7.16	5.15	6.41	0.64	0.12	9.75	0.79	0.13	7.24	7.22	0.97	5.65	9.39	0.41	0.10
25	5.86	0.61	0.15	7.21	0.58	8.32	0.39	0.29	4.71	6.02	3.49	9.42	0.75	0.13	8.81	0.83	0.15	7.95	7.90	0.90	5.25	8.63	0.39	0.11
26	7.13	0.59	0.16	7.95	0.65	7.76	0.46	0.29	4.33	7.00	4.09	7.75	0.63	0.12	7.77	0.72	0.17	6.51	6.82	0.89	6.09	6.32	0.45	0.08
27	7.14	0.59	0.16	7.50	0.65	8.59	0.37	0.28	5.60	5.01	4.66	8.44	0.64	0.12	9.72	0.90	0.14	7.23	7.37	0.90	5.41	7.59	0.40	0.09
28	7.08	0.54	0.16	5.99	0.63	7.92	0.40	0.32	4.90	6.32	3.98	9.10	0.69	0.12	9.64	0.82	0.16	6.24	6.54	0.89	5.10	7.92	0.43	0.09
29	6.78	0.62	0.13	7.11	0.55	5.76	0.39	0.32	5.18	6.07	4.27	7.49	0.71	0.13	10.23	0.79	0.15	4.59	7.19	0.84	4.34	5.91	0.41	0.10
30	6.40	0.64	0.15	6.73	0.60	7.51	0.45	0.30	3.68	8.45	3.63	8.08	0.75	0.13	10.05	0.80	0.12	6.24	7.22	0.91	6.65	8.17	0.41	0.12

	46			47			48			49			50			51			52			53			54			55			56		
<b>G</b>	<b>YM</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>B</b>	<b>D</b>			
1	4.95	10.89	4.81	7.98	0.60	0.11	11.38	0.81	0.13	4.09	1.87	3.21	11.53	1.25	0.15	15.84	0.83	0.16	10.04	0.53	0.17												
2	4.92	8.82	5.96	5.83	0.55	0.10	9.37	0.80	0.12	4.30	2.00	3.23	10.86	1.10	0.14	24.84	0.93	0.14	10.67	0.60	0.18												
3	4.76	10.32	4.17	6.33	0.65	0.10	10.44	0.94	0.12	4.56	2.05	4.04	10.59	1.08	0.16	19.70	1.01	0.13	10.86	0.52	0.17												
4	4.92	9.18	4.46	6.79	0.60	0.10	10.36	0.77	0.12	3.73	2.33	3.15	13.23	1.15	0.15	21.52	0.81	0.16	11.21	0.58	0.16												
5	4.66	11.78	5.76	6.99	0.64	0.09	10.91	0.84	0.12	3.90	1.79	3.19	12.85	1.24	0.14	18.33	0.85	0.13	11.81	0.59	0.20												
6	4.57	11.44	5.80	6.42	0.62	0.09	10.83	0.75	0.14	3.91	2.15	3.34	12.88	1.11	0.15	19.12	0.92	0.15	8.92	0.60	0.15												
7	4.29	12.53	5.32	6.55	0.57	0.10	11.87	0.91	0.12	3.27	1.91	3.65	11.22	1.19	0.16	16.45	1.00	0.14	9.98	0.59	0.18												
8	5.19	10.09	4.82	5.96	0.61	0.09	9.31	0.78	0.11	3.61	2.14	3.58	11.83	1.23	0.17	22.44	0.97	0.14	8.79	0.62	0.19												
9	5.35	12.16	5.80	7.09	0.60	0.09	8.92	0.93	0.12	4.04	1.73	2.93	11.44	1.14	0.16	22.01	0.88	0.13	11.40	0.57	0.16												
10	4.30	8.96	4.65	6.37	0.59	0.08	9.86	0.73	0.11	3.99	1.38	2.72	11.52	1.27	0.14	17.61	0.80	0.13	11.36	0.53	0.17												
11	4.43	12.22	6.08	4.75	0.60	0.10	10.28	0.82	0.13	4.22	1.71	3.13	10.80	1.14	0.14	21.74	0.88	0.13	10.78	0.60	0.20												
12	4.35	10.70	4.12	5.60	0.68	0.09	10.47	0.76	0.13	4.03	2.06	3.25	11.32	1.33	0.14	19.06	0.90	0.13	10.47	0.62	0.18												
13	4.69	11.68	5.41	5.94	0.62	0.11	9.78	0.84	0.10	4.01	1.93	3.17	12.28	1.05	0.14	22.78	0.92	0.15	11.36	0.62	0.20												
14	5.02	11.42	4.77	5.95	0.61	0.10	11.18	0.75	0.14	4.15	2.08	2.96	14.49	1.31	0.16	20.72	0.87	0.15	11.49	0.71	0.15												
15	4.92	10.70	4.44	6.53	0.62	0.10	10.87	0.78	0.14	3.62	1.83	2.57	11.98	1.20	0.14	20.88	0.90	0.12	7.81	0.60	0.19												
16	5.26	12.89	5.03	6.57	0.61	0.11	11.41	0.81	0.12	4.28	2.39	2.77	11.30	1.25	0.15	17.01	0.94	0.13	10.06	0.54	0.19												
17	5.28	10.92	4.10	7.03	0.57	0.10	11.89	0.73	0.13	4.17	1.99	3.16	12.44	1.23	0.15	20.82	0.87	0.14	12.31	0.59	0.17												
18	5.35	11.06	5.29	6.43	0.63	0.10	10.27	0.76	0.11	3.67	1.97	3.28	11.30	1.22	0.15	24.45	0.86	0.16	11.42	0.60	0.18												
19	4.93	11.05	5.10	7.78	0.69	0.11	9.67	0.67	0.13	4.06	1.89	2.93	11.28	1.29	0.16	23.55	0.94	0.14	10.84	0.59	0.17												
20	4.77	12.91	5.07	6.24	0.61	0.12	10.00	0.71	0.12	3.84	2.14	3.07	13.69	1.20	0.14	17.29	0.86	0.14	9.41	0.57	0.18												
21	4.68	12.84	3.63	6.55	0.61	0.11	8.89	0.83	0.13	3.54	1.86	2.83	9.26	1.18	0.13	22.43	0.96	0.14	10.32	0.55	0.17												
22	4.56	11.52	4.07	5.68	0.56	0.09	11.17	0.72	0.13	4.05	1.76	2.78	11.94	1.24	0.15	17.50	0.88	0.14	9.72	0.64	0.16												
23	5.22	12.32	5.49	6.89	0.60	0.10	9.21	0.80	0.13	4.03	1.84	3.34	12.61	1.19	0.18	22.81	0.85	0.13	12.53	0.65	0.18												
24	5.48	10.42	5.05	7.03	0.61	0.08	11.23	0.91	0.10	4.47	2.07	2.81	10.49	1.16	0.13	21.89	0.94	0.15	8.92	0.61	0.18												
25	5.44	11.55	4.64	4.76	0.63	0.10	9.69	0.83	0.13	4.06	2.11	3.10	11.00	1.18	0.17	18.89	0.89	0.15	11.84	0.63	0.18												
26	5.05	10.91	5.54	6.28	0.63	0.09	9.03	0.73	0.12	3.42	2.32	2.58	12.05	1.09	0.16	21.23	0.96	0.15	10.83	0.63	0.17												
27	5.55	11.05	5.28	6.94	0.57	0.11	11.37	0.77	0.10	4.18	1.51	2.94	11.00	1.06	0.14	22.89	0.90	0.11	11.61	0.63	0.17												
28	5.03	12.06	5.79	6.68	0.70	0.09	10.16	0.89	0.11	3.83	1.77	3.47	10.39	1.01	0.15	21.89	0.86	0.14	10.63	0.62	0.19												
29	5.06	8.70	4.80	6.55	0.62	0.10	9.86	0.82	0.12	4.03	2.00	4.15	12.59	1.20	0.16	21.37	0.90	0.13	11.16	0.62	0.19												
30	4.86	9.61	4.73	6.26	0.59	0.10	10.29	0.78	0.12	4.16	2.20	2.84	14.62	1.23	0.14	21.39	0.86	0.14	11.12	0.65	0.17												

	57			58		59			60	61	62	63			64			65		
G	K	B	D	K	B	K	B	D	YM	M	P	K	B	D	K	C	D	K	B	D
1	11.01	0.59	0.13	10.20	0.53	7.99	0.63	0.14	6.86	3.06	5.68	13.16	1.31	1.08	8.44	1.82	0.34	9.42	1.12	0.24
2	8.05	0.71	0.14	9.37	0.54	8.95	0.62	0.14	7.53	2.94	5.04	10.74	1.07	1.09	8.77	2.45	0.36	10.70	1.12	0.21
3	7.95	0.66	0.14	10.29	0.59	9.47	0.60	0.15	7.47	2.89	5.41	14.00	1.15	0.84	8.79	2.25	0.33	10.50	1.17	0.22
4	8.96	0.67	0.14	8.78	0.56	9.38	0.64	0.14	9.16	3.32	6.53	10.58	1.19	0.94	7.16	2.02	0.36	9.73	1.31	0.21
5	9.29	0.62	0.13	9.25	0.62	8.19	0.54	0.14	8.62	2.52	4.24	12.78	1.25	0.95	9.17	1.61	0.32	11.20	1.20	0.20
6	10.15	0.55	0.13	8.57	0.68	9.98	0.66	0.14	8.07	2.94	4.12	13.35	1.04	0.96	8.90	2.06	0.33	9.89	1.01	0.21
7	9.02	0.63	0.15	9.65	0.59	9.15	0.63	0.13	7.13	3.08	4.34	12.30	1.31	0.95	8.89	1.86	0.28	10.30	0.97	0.24
8	8.50	0.55	0.14	10.67	0.53	9.77	0.55	0.15	8.15	3.36	4.13	14.65	1.15	0.99	7.98	1.96	0.35	10.10	1.14	0.20
9	8.12	0.66	0.13	8.53	0.56	9.53	0.57	0.13	8.84	3.43	4.49	13.62	1.34	0.99	8.14	1.96	0.33	8.28	1.08	0.23
10	8.98	0.57	0.15	10.18	0.55	8.48	0.63	0.15	7.03	2.66	4.13	13.27	0.99	0.82	9.24	2.10	0.37	11.00	1.11	0.21
11	9.33	0.64	0.13	9.00	0.61	7.82	0.63	0.13	7.37	3.38	4.28	12.40	1.25	0.85	7.94	2.12	0.35	10.10	0.90	0.21
12	10.08	0.66	0.15	9.89	0.63	10.36	0.55	0.13	8.13	3.06	5.03	12.02	1.15	0.98	8.20	2.13	0.33	9.10	1.10	0.22
13	8.95	0.59	0.14	10.14	0.61	10.08	0.55	0.14	8.07	2.99	4.66	13.59	1.24	0.89	7.62	1.69	0.39	10.30	1.04	0.21
14	7.94	0.66	0.14	8.81	0.55	8.36	0.58	0.15	8.26	2.80	4.25	13.82	1.27	1.11	8.97	1.54	0.41	9.65	0.94	0.21
15	7.72	0.62	0.11	10.63	0.64	9.40	0.61	0.14	7.68	2.84	3.98	13.48	1.29	0.86	8.94	2.39	0.33	11.50	1.08	0.22
16	9.27	0.56	0.12	11.12	0.62	9.64	0.61	0.14	9.37	3.63	4.61	12.76	1.20	0.93	9.34	2.22	0.35	10.10	1.06	0.22
17	6.72	0.62	0.14	8.75	0.61	8.80	0.57	0.13	8.23	3.28	5.08	15.94	1.14	0.91	7.89	2.18	0.42	11.20	1.02	0.20
18	8.22	0.58	0.11	8.99	0.56	9.20	0.56	0.15	8.42	2.74	4.75	13.09	1.16	0.94	8.51	1.76	0.36	9.36	1.14	0.25
19	9.64	0.65	0.15	9.32	0.61	7.98	0.58	0.15	6.41	3.12	4.70	11.99	1.26	1.10	7.59	1.75	0.37	7.17	1.10	0.18
20	9.37	0.56	0.15	9.31	0.66	9.21	0.67	0.13	7.89	2.83	5.60	13.82	1.21	0.87	8.88	2.15	0.37	10.20	1.11	0.20
21	8.97	0.62	0.16	9.68	0.63	9.51	0.59	0.14	8.59	2.88	4.85	13.03	1.34	0.93	7.50	2.00	0.34	8.40	1.06	0.22
22	9.15	0.69	0.15	9.90	0.56	8.29	0.59	0.14	8.56	3.06	5.22	13.67	1.28	0.89	8.06	2.03	0.37	8.59	1.17	0.21
23	7.32	0.56	0.16	9.16	0.56	7.37	0.65	0.16	7.91	2.95	4.76	11.61	1.19	0.95	7.50	2.50	0.35	7.67	1.07	0.22
24	8.77	0.56	0.14	8.53	0.60	8.03	0.58	0.12	8.55	3.38	5.20	13.09	1.30	0.88	8.42	1.74	0.33	8.06	1.15	0.21
25	9.39	0.56	0.16	9.36	0.57	8.84	0.63	0.14	7.78	2.47	5.28	12.20	1.22	1.01	7.63	1.62	0.37	9.99	1.06	0.24
26	8.05	0.60	0.13	10.41	0.57	9.45	0.59	0.15	8.94	3.18	5.40	13.47	1.18	0.90	9.16	2.22	0.36	9.51	0.99	0.21
27	9.65	0.56	0.14	9.00	0.73	8.27	0.68	0.15	8.00	2.92	5.48	13.74	1.21	0.90	8.54	1.75	0.37	11.80	1.24	0.24
28	8.92	0.60	0.14	6.58	0.60	8.95	0.63	0.14	8.31	3.10	5.23	11.86	1.14	0.90	7.89	2.30	0.37	9.64	1.22	0.24
29	10.00	0.59	0.17	9.36	0.64	7.05	0.58	0.14	9.27	2.95	4.78	11.07	1.00	1.00	9.36	2.21	0.31	10.20	1.04	0.22
30	8.50	0.59	0.13	8.51	0.61	9.89	0.56	0.13	9.15	2.93	6.10	10.62	1.21	1.08	7.74	2.09	0.38	9.24	1.08	0.22

	66			67	68	69	70		71		72			73			74		75	76
G	K	B	D	YM	M	P	K	C	K	C	K	B	D	K	B	D	K	B	YM	M
1	8.52	0.74	0.26	6.61	4.12	4.49	28.50	3.80	27.99	5.39	8.22	1.03	0.14	8.67	0.86	0.24	15.57	0.52	10.14	9.37
2	8.75	0.69	0.24	6.47	3.88	4.84	26.30	4.25	24.53	5.17	9.24	1.05	0.15	7.89	0.87	0.25	14.86	0.48	8.21	8.50
3	6.63	0.75	0.24	6.24	4.13	5.70	26.17	3.52	26.52	5.01	9.39	1.07	0.15	9.80	0.96	0.26	14.04	0.54	9.34	10.71
4	6.97	0.75	0.25	5.84	3.06	4.84	25.22	3.64	24.00	4.67	9.48	1.18	0.12	8.33	0.94	0.26	16.56	0.53	8.75	10.41
5	6.90	0.66	0.26	5.43	3.96	5.60	26.95	3.66	21.93	4.53	8.01	0.99	0.13	7.34	0.85	0.22	15.22	0.48	8.21	9.80
6	7.73	0.67	0.25	5.78	3.85	6.61	27.70	4.40	29.57	5.29	8.69	1.11	0.14	6.12	0.92	0.25	16.29	0.47	7.93	9.34
7	7.92	0.83	0.25	5.02	3.50	5.49	29.18	4.12	21.26	5.04	9.29	0.99	0.16	7.92	0.91	0.20	16.80	0.49	10.24	8.35
8	7.62	0.67	0.23	5.46	4.37	5.45	27.33	3.37	25.33	4.04	8.95	1.07	0.14	7.92	1.04	0.26	16.49	0.49	10.29	10.03
9	7.77	0.68	0.23	6.12	3.66	5.67	27.56	3.36	29.34	4.87	9.76	1.12	0.15	8.71	0.89	0.22	17.14	0.45	7.49	8.39
10	7.95	0.71	0.24	5.82	3.44	5.46	22.41	3.98	29.77	5.51	10.71	1.14	0.16	8.81	0.85	0.26	14.77	0.45	9.57	11.37
11	7.79	0.69	0.23	5.62	3.51	4.51	23.58	3.91	28.48	3.49	9.95	1.20	0.15	7.87	0.87	0.24	18.52	0.45	8.66	10.55
12	6.58	0.71	0.29	5.72	3.97	5.44	26.60	3.46	27.75	4.72	9.09	0.96	0.14	7.40	0.85	0.27	16.51	0.49	8.44	8.31
13	7.54	0.71	0.23	6.60	3.59	6.08	26.69	4.37	27.64	5.37	9.73	0.92	0.14	8.20	0.78	0.27	18.12	0.49	8.17	10.45
14	8.70	0.80	0.26	5.57	3.98	5.96	27.63	4.49	25.11	4.95	9.58	0.96	0.14	7.33	0.95	0.22	15.89	0.52	9.79	8.44
15	7.24	0.65	0.22	6.92	3.30	6.26	21.55	4.28	19.57	5.10	8.64	0.98	0.13	8.11	0.87	0.25	15.12	0.48	8.79	10.41
16	7.78	0.77	0.25	6.27	4.07	5.42	25.07	4.50	24.49	4.90	10.47	1.01	0.16	5.58	0.96	0.23	14.81	0.47	8.85	10.53
17	7.46	0.75	0.24	5.99	3.73	5.24	23.39	3.72	23.68	5.93	7.68	1.07	0.15	8.39	0.86	0.24	18.38	0.52	7.29	10.88
18	8.01	0.77	0.24	6.58	3.83	5.40	22.41	4.64	19.35	5.83	10.63	1.06	0.13	7.67	0.83	0.22	17.11	0.49	9.83	9.55
19	9.15	0.72	0.26	5.51	4.12	5.90	25.68	4.12	23.48	4.85	9.78	0.98	0.14	7.89	0.80	0.21	13.73	0.45	8.44	10.42
20	7.15	0.78	0.23	6.32	3.31	4.76	21.15	4.45	26.98	4.86	9.33	1.04	0.15	6.84	0.92	0.26	16.21	0.47	9.57	11.34
21	6.94	0.69	0.27	6.57	4.09	4.87	20.51	3.71	30.88	5.72	8.02	1.05	0.13	7.28	0.86	0.22	15.87	0.40	7.74	11.64
22	7.34	0.72	0.22	5.23	4.22	5.19	23.67	4.33	23.91	4.10	9.81	1.06	0.14	9.38	0.96	0.21	15.86	0.46	9.71	11.01
23	7.60	0.68	0.23	6.02	3.91	6.06	21.88	4.18	22.13	4.42	8.78	1.05	0.14	8.77	0.98	0.25	13.33	0.50	8.33	9.40
24	6.89	0.80	0.25	8.00	3.61	6.40	21.17	4.05	24.48	5.32	8.20	1.20	0.14	8.02	1.00	0.23	17.04	0.47	8.39	10.44
25	8.02	0.79	0.24	6.71	4.27	5.81	28.60	4.29	25.51	5.26	8.66	1.03	0.16	8.54	0.91	0.27	17.92	0.49	8.06	9.62
26	9.06	0.69	0.23	6.25	3.86	5.50	26.67	4.31	21.66	4.93	10.67	1.12	0.13	7.91	0.78	0.24	16.72	0.51	7.96	10.29
27	6.78	0.72	0.27	4.84	3.97	5.27	22.64	3.79	24.03	4.59	8.79	1.17	0.15	7.77	0.98	0.23	13.76	0.46	10.22	8.20
28	8.07	0.73	0.24	6.59	3.53	4.94	21.06	4.22	29.25	4.99	7.67	1.12	0.15	8.45	0.90	0.29	16.61	0.44	8.21	10.53
29	5.98	0.75	0.23	6.23	3.73	6.64	29.42	2.98	27.61	4.79	9.28	1.08	0.14	8.22	0.94	0.23	16.59	0.50	8.80	10.02
30	7.87	0.70	0.25	5.50	3.12	4.91	24.19	3.99	24.24	4.56	10.37	1.07	0.15	7.38	0.84	0.23	16.20	0.49	8.28	11.17

	77	78		79		80			81			82	83	84	85		86		
G	P	K	C	K	C	K	B	D	K	B	D	YM	M	P	K	B	K	B	D
1	5.65	5.46	2.64	4.67	2.17	8.47	0.74	0.16	5.98	0.70	0.16	4.20	2.80	3.69	6.47	1.36	6.05	1.34	0.12
2	5.83	5.64	2.31	6.28	2.77	8.42	0.86	0.16	6.22	0.70	0.15	3.82	2.13	3.36	6.60	1.39	7.20	1.31	0.15
3	7.00	5.38	2.27	6.50	2.68	10.02	0.86	0.15	6.31	0.70	0.17	3.79	2.32	2.90	6.52	1.41	7.14	1.34	0.16
4	7.78	4.64	2.63	5.09	3.90	9.18	0.84	0.16	7.58	0.62	0.18	3.57	2.71	2.59	6.57	1.47	6.90	1.38	0.14
5	5.44	6.36	2.78	5.10	2.95	8.63	0.79	0.16	6.47	0.71	0.17	3.75	2.62	2.57	6.69	1.40	6.65	1.28	0.13
6	7.21	5.03	2.10	6.38	2.50	8.57	0.86	0.12	6.47	0.76	0.18	3.97	2.41	2.90	6.86	1.43	7.67	1.39	0.14
7	5.76	5.71	2.79	5.95	3.15	9.96	0.81	0.14	7.31	0.72	0.17	4.20	2.41	2.96	7.48	1.59	7.36	1.28	0.14
8	5.05	5.45	2.50	6.08	3.38	8.15	0.73	0.15	5.89	0.68	0.16	4.04	2.48	2.94	5.47	1.39	7.45	1.41	0.15
9	6.61	5.77	2.50	5.91	3.29	8.57	0.89	0.14	6.81	0.67	0.17	4.20	2.56	2.69	5.83	1.51	7.71	1.33	0.15
10	7.60	4.03	2.31	6.08	2.72	9.74	0.88	0.15	6.11	0.71	0.15	4.22	2.44	3.34	6.83	1.35	6.88	1.30	0.14
11	6.53	4.96	2.59	5.81	2.95	9.23	0.79	0.14	6.27	0.65	0.14	4.36	2.27	3.13	6.99	1.55	6.92	1.54	0.13
12	5.78	5.25	2.14	6.03	3.26	9.44	0.73	0.14	6.14	0.69	0.17	4.25	2.47	2.91	5.41	1.47	7.21	1.40	0.13
13	4.96	5.09	2.86	5.94	3.05	7.81	0.86	0.15	6.68	0.72	0.17	3.83	3.09	2.59	5.91	1.38	5.86	1.35	0.15
14	6.70	5.72	2.82	5.08	2.64	8.90	0.89	0.17	6.49	0.68	0.17	3.99	1.79	3.57	6.64	1.26	8.39	1.37	0.14
15	4.67	5.73	2.60	5.86	3.11	8.25	0.80	0.14	5.85	0.65	0.14	3.71	2.78	2.29	6.34	1.43	5.36	1.52	0.15
16	6.14	5.66	2.65	5.44	2.57	9.02	0.88	0.15	7.62	0.64	0.17	4.22	2.08	2.75	5.78	1.45	6.19	1.41	0.12
17	5.10	5.70	2.53	6.03	2.71	10.28	0.76	0.17	7.00	0.77	0.15	3.78	2.66	2.95	6.55	1.28	6.23	1.48	0.15
18	4.13	5.29	1.99	5.90	3.25	8.76	0.76	0.17	7.11	0.77	0.14	4.55	2.14	2.68	5.54	1.37	6.50	1.47	0.14
19	5.70	5.95	2.34	6.09	2.93	9.41	0.80	0.16	6.21	0.68	0.15	3.89	2.24	3.44	6.81	1.39	6.73	1.45	0.13
20	5.73	6.23	2.45	5.11	3.47	8.05	0.84	0.17	5.87	0.63	0.16	4.28	2.34	3.29	6.33	1.36	7.08	1.45	0.14
21	6.15	5.84	2.16	5.83	2.84	8.26	0.71	0.13	6.87	0.77	0.16	3.99	2.64	2.85	5.36	1.39	6.58	1.37	0.14
22	5.43	5.88	2.90	6.34	3.04	10.11	0.76	0.14	6.23	0.67	0.15	4.06	2.47	2.93	7.13	1.38	6.69	1.42	0.13
23	6.33	5.78	2.67	5.04	3.45	8.80	0.81	0.15	6.76	0.71	0.16	3.42	2.69	2.97	8.29	1.37	5.90	1.26	0.14
24	6.82	5.39	2.60	5.53	2.99	10.86	0.77	0.14	6.83	0.74	0.15	4.61	2.35	3.27	7.12	1.38	6.50	1.45	0.16
25	6.95	4.60	2.72	5.56	3.64	9.80	0.80	0.14	6.56	0.75	0.17	3.88	2.45	3.42	7.44	1.21	8.21	1.45	0.14
26	6.81	3.64	2.71	6.44	2.91	8.09	0.72	0.13	5.72	0.61	0.14	3.48	2.66	3.99	6.37	1.45	8.01	1.34	0.14
27	6.85	6.68	2.28	6.04	3.42	8.83	0.78	0.17	5.96	0.61	0.13	3.38	3.26	3.22	8.34	1.41	7.15	1.42	0.15
28	7.22	5.04	2.32	4.66	3.31	8.96	0.72	0.15	6.43	0.76	0.17	4.14	2.70	2.67	7.42	1.39	6.16	1.44	0.13
29	5.42	6.29	2.27	5.51	3.16	8.40	0.80	0.17	7.11	0.64	0.16	4.31	2.89	2.76	6.63	1.46	6.99	1.32	0.14
30	5.74	5.90	2.59	5.16	2.60	8.65	0.78	0.16	7.55	0.74	0.16	3.61	2.23	3.01	6.91	1.32	6.83	1.56	0.14

	87			88			89		90		91	92	93	94			95			96		
G	K	B	D	K	B	D	K	B	K	B	YM	M	P	K	B	D	K	B	D	K	B	D
1	6.91	0.79	0.13	6.46	0.67	0.20	13.54	0.47	7.29	0.53	6.29	6.41	3.26	18.58	1.68	0.21	10.45	1.08	0.17	K	B	D
2	6.93	0.81	0.13	6.43	0.78	0.16	13.79	0.55	6.43	0.55	6.48	5.73	3.45	17.34	1.51	0.18	10.21	0.97	0.16	7.85	0.70	0.17
3	7.45	0.88	0.14	6.52	0.69	0.16	13.38	0.52	6.75	0.60	5.48	7.55	3.78	15.51	1.53	0.20	9.81	1.14	0.17	7.01	0.64	0.20
4	8.07	0.78	0.14	6.05	0.65	0.15	10.10	0.46	7.25	0.52	6.75	7.69	4.22	20.28	1.53	0.22	9.12	1.22	0.13	8.53	0.68	0.18
5	8.40	0.80	0.13	6.74	0.62	0.18	9.64	0.53	6.70	0.58	5.68	6.43	4.76	15.51	1.49	0.21	8.41	1.12	0.16	8.64	0.62	0.20
6	7.80	0.77	0.13	6.68	0.63	0.17	12.89	0.46	6.96	0.57	6.03	7.25	3.49	17.19	1.49	0.18	9.02	1.04	0.14	8.28	0.73	0.18
7	7.32	0.83	0.15	5.78	0.77	0.15	12.21	0.45	6.73	0.65	5.79	6.85	3.03	19.04	1.50	0.20	7.69	1.12	0.14	7.43	0.69	0.17
8	7.77	0.83	0.14	7.30	0.75	0.15	12.96	0.49	6.33	0.63	6.53	7.32	4.14	15.05	1.69	0.24	8.47	1.09	0.15	6.20	0.72	0.18
9	7.08	0.82	0.15	6.50	0.72	0.18	8.88	0.50	6.48	0.59	5.75	6.40	4.09	17.95	1.42	0.21	9.60	0.93	0.17	6.15	0.76	0.19
10	8.24	0.79	0.15	6.46	0.72	0.14	13.85	0.52	5.69	0.55	5.74	7.10	2.93	17.75	1.50	0.21	9.09	0.97	0.15	8.43	0.73	0.19
11	7.33	0.76	0.14	6.05	0.72	0.15	11.58	0.52	7.08	0.63	6.55	7.34	4.10	19.97	1.54	0.19	8.74	0.97	0.16	7.73	0.68	0.16
12	8.75	0.79	0.15	7.48	0.62	0.14	13.83	0.53	6.56	0.60	6.40	7.40	3.70	19.28	1.38	0.19	8.92	1.14	0.15	7.29	0.78	0.18
13	7.53	0.87	0.15	6.95	0.71	0.17	13.06	0.50	6.54	0.66	6.16	6.73	3.94	16.52	1.66	0.20	10.45	1.16	0.15	7.71	0.80	0.18
14	8.07	0.82	0.14	6.26	0.68	0.17	11.79	0.50	5.74	0.58	6.16	5.99	3.76	19.61	1.51	0.19	8.66	1.12	0.17	9.50	0.69	0.18
15	6.93	0.88	0.13	7.21	0.60	0.17	12.56	0.47	7.28	0.60	5.64	7.46	4.60	17.71	1.49	0.21	11.00	1.14	0.16	6.75	0.76	0.19
16	6.86	0.83	0.14	7.71	0.73	0.16	11.27	0.54	6.67	0.60	6.48	7.73	4.45	20.26	1.64	0.20	9.86	1.04	0.16	6.85	0.66	0.16
17	7.82	0.83	0.14	6.85	0.70	0.15	12.14	0.49	7.47	0.59	5.86	5.96	3.39	16.97	1.49	0.19	9.39	1.15	0.17	6.12	0.67	0.18
18	9.24	0.74	0.13	8.34	0.66	0.15	12.42	0.51	7.30	0.68	5.67	7.62	4.81	21.92	1.42	0.20	10.41	0.98	0.15	7.80	0.73	0.20
19	8.44	0.83	0.15	6.51	0.74	0.15	11.88	0.47	6.88	0.67	5.11	7.21	4.52	21.94	1.51	0.20	8.55	1.11	0.16	6.27	0.58	0.18
20	6.92	0.82	0.15	7.24	0.86	0.16	8.84	0.52	7.66	0.63	5.70	7.21	3.85	15.86	1.44	0.20	9.96	1.01	0.15	7.35	0.79	0.18
21	8.51	0.86	0.12	5.75	0.63	0.13	11.78	0.44	7.05	0.64	5.22	6.49	3.94	23.22	1.59	0.19	10.40	1.05	0.17	6.68	0.56	0.19
22	7.67	0.76	0.15	6.20	0.70	0.15	11.29	0.52	5.73	0.63	6.00	7.82	4.63	17.17	1.57	0.23	8.06	1.07	0.15	8.16	0.70	0.18
23	6.65	0.88	0.13	6.79	0.76	0.14	13.97	0.53	7.37	0.54	5.91	8.06	3.65	17.87	1.50	0.20	9.43	1.25	0.18	8.66	0.73	0.18
24	7.06	0.92	0.14	6.98	0.67	0.13	13.37	0.48	5.43	0.60	5.49	6.08	4.06	15.80	1.43	0.19	12.88	1.11	0.15	6.75	0.75	0.18
25	8.56	0.80	0.13	7.77	0.77	0.15	12.50	0.56	6.91	0.60	6.52	8.10	3.47	18.37	1.36	0.19	10.63	1.22	0.15	8.30	0.72	0.19
26	7.89	0.83	0.11	7.75	0.73	0.17	12.24	0.50	7.03	0.52	5.75	7.14	4.91	16.78	1.44	0.19	9.84	1.01	0.19	7.49	0.72	0.22
27	8.16	0.85	0.14	7.46	0.67	0.19	13.73	0.50	7.30	0.58	5.23	6.67	3.32	19.18	1.49	0.19	7.38	1.19	0.15	7.79	0.73	0.21
28	6.34	0.83	0.13	6.61	0.68	0.17	13.30	0.54	6.20	0.64	4.86	8.43	3.69	17.61	1.34	0.21	10.42	0.96	0.17	6.28	0.72	0.19
29	7.58	0.74	0.14	7.75	0.74	0.16	11.58	0.54	6.47	0.61	5.17	7.86	3.72	17.62	1.39	0.18	9.81	0.96	0.15	6.89	0.64	0.18
30	7.77	0.83	0.13	7.25	0.67	0.15	9.09	0.51	6.54	0.58	6.69	7.50	3.59	18.60	1.73	0.21	8.53	1.06	0.18	7.61	0.59	0.20



	97	98	99	100			101			102		103			104			105	106	107	108
G	YM	M	P	K	B	D	K	B	D	K	B	K	B	D	K	B	D	K	YM	M	P
1	5.33	3.49	4.29	6.21	1.41	0.14	6.91	1.00	0.19	7.41	0.69	7.01	1.42	0.10	6.20	1.20	0.28	5.45	10.84	6.56	7.40
2	5.10	2.71	5.66	6.60	1.66	0.16	7.02	1.01	0.19	8.51	0.63	6.65	1.19	0.09	5.99	1.13	0.24	5.67	10.17	7.21	9.12
3	4.27	2.80	5.35	6.64	1.58	0.18	6.67	1.03	0.20	8.61	0.65	7.28	1.33	0.11	6.59	1.15	0.26	5.77	11.39	8.46	7.71
4	4.40	3.12	5.27	6.37	1.42	0.16	6.46	1.01	0.16	9.16	0.58	6.95	1.31	0.09	7.00	1.16	0.24	6.14	11.24	6.48	7.27
5	5.90	3.02	4.70	5.09	1.73	0.16	6.16	0.99	0.17	9.00	0.61	7.70	1.16	0.09	5.58	1.13	0.28	5.69	12.81	7.15	6.67
6	4.52	3.07	6.44	6.62	1.57	0.14	5.06	1.04	0.17	9.33	0.65	6.51	1.42	0.10	6.12	1.16	0.22	5.89	11.98	7.19	6.67
7	4.57	2.90	4.31	6.23	1.54	0.16	7.00	1.12	0.19	8.43	0.61	8.44	1.20	0.09	5.52	1.22	0.25	6.80	9.28	6.61	6.98
8	4.19	3.27	4.89	7.31	1.64	0.18	5.69	0.91	0.16	8.67	0.58	7.50	1.29	0.10	5.86	1.19	0.25	5.64	8.15	7.90	7.46
9	4.50	3.01	3.63	6.00	1.68	0.14	7.21	1.06	0.17	7.70	0.56	7.33	1.30	0.09	5.92	1.02	0.23	6.32	10.57	8.55	7.87
10	4.72	3.37	5.95	7.48	1.72	0.15	6.59	0.99	0.18	8.80	0.65	6.41	1.25	0.10	6.27	1.22	0.21	5.38	10.67	6.38	7.03
11	5.24	3.40	5.46	8.07	1.50	0.16	6.96	1.06	0.21	8.54	0.58	6.36	1.29	0.10	5.56	1.31	0.25	6.58	11.00	7.29	7.75
12	5.09	2.55	4.17	7.01	1.63	0.19	7.14	0.98	0.17	8.98	0.58	7.46	1.43	0.10	5.36	1.22	0.24	6.09	11.11	6.10	7.33
13	4.56	3.16	5.02	6.90	1.62	0.17	6.04	1.08	0.19	9.44	0.55	6.84	1.34	0.09	5.81	1.11	0.26	5.58	10.73	6.81	7.77
14	5.58	2.82	4.82	6.60	1.75	0.17	6.79	1.02	0.17	9.82	0.56	7.50	1.36	0.09	6.36	1.05	0.25	4.89	11.24	5.81	7.86
15	4.64	2.95	5.33	6.11	1.68	0.17	6.40	1.08	0.20	11.18	0.58	6.52	1.30	0.10	6.47	1.17	0.22	5.88	10.62	6.91	6.68
16	4.65	2.82	3.93	7.76	1.59	0.15	6.57	0.91	0.19	7.96	0.58	7.86	1.26	0.10	5.59	1.22	0.27	6.00	11.96	6.95	7.39
17	5.24	2.51	3.76	7.73	1.48	0.13	4.80	0.91	0.17	10.28	0.55	7.21	1.31	0.10	6.00	1.30	0.24	5.03	10.42	7.73	7.02
18	4.56	3.04	4.62	7.44	1.65	0.16	6.64	0.96	0.15	9.54	0.57	6.57	1.37	0.11	7.29	1.10	0.26	5.52	10.22	7.71	8.68
19	4.42	2.53	5.15	7.43	1.60	0.16	6.33	0.97	0.16	8.57	0.57	6.98	1.38	0.11	5.79	1.32	0.28	5.63	9.77	6.29	8.76
20	5.41	2.82	4.90	6.54	1.39	0.17	7.66	1.00	0.20	9.96	0.66	7.78	1.41	0.11	6.95	1.13	0.24	5.44	11.33	5.52	8.24
21	4.29	2.84	4.26	7.36	1.60	0.16	6.49	1.07	0.17	9.28	0.65	7.12	1.53	0.10	7.10	1.22	0.22	5.64	11.16	6.49	8.33
22	5.52	2.91	5.43	5.96	1.53	0.18	5.41	0.96	0.18	8.70	0.61	6.19	1.61	0.08	5.18	1.18	0.25	5.57	10.62	7.28	7.85
23	4.38	2.79	4.31	7.84	1.67	0.15	6.91	0.99	0.17	8.52	0.53	7.70	1.30	0.09	5.98	1.28	0.23	5.50	10.02	6.23	6.94
24	4.94	3.40	3.70	7.10	1.49	0.16	7.74	0.91	0.17	9.86	0.60	7.72	1.23	0.11	5.29	1.25	0.23	5.60	10.80	5.99	8.90
25	4.82	3.53	5.09	6.78	1.40	0.15	6.25	1.04	0.19	8.64	0.61	8.44	1.35	0.10	6.30	1.12	0.24	4.59	11.84	6.55	6.57
26	4.99	2.57	5.17	7.05	1.66	0.15	6.54	1.12	0.18	7.71	0.53	6.33	1.24	0.09	6.08	1.16	0.22	6.00	12.83	6.90	9.05
27	4.33	2.84	5.22	7.29	1.50	0.16	5.84	0.86	0.17	8.80	0.60	7.37	1.35	0.10	6.32	1.30	0.24	5.74	11.10	7.06	6.53
28	4.97	2.67	4.59	6.00	1.51	0.15	7.60	0.90	0.17	9.40	0.59	7.21	1.23	0.11	5.93	1.26	0.26	5.62	11.21	7.57	5.83
29	5.99	3.06	3.82	8.43	1.49	0.17	6.11	0.89	0.18	8.39	0.56	6.94	1.35	0.11	5.61	1.09	0.23	6.08	11.89	6.66	7.17
30	4.36	2.89	5.00	8.01	1.42	0.16	5.87	1.02	0.19	7.70	0.57	6.98	1.26	0.11	6.79	1.28	0.28	5.23	11.55	8.51	4.65

## **ÖZGEÇMİŞ**

Alperen Mustafa YİĞİT, 1982 yılında Sivas'ta doğdu. Liseyi 2000 yılında Amasya Lisesi'nde (Yabancı Dil Ağırlıklı) bitirdi. Lisans eğitimini 2000-2005 yılları arasında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünde yaptı. 2005 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Bölümü'nde başladığı yüksek lisans eğitimi 2008 yılında tamamladı. 2006-2009 yılları arasında özel bir firmada Üretim Müdürü olarak çalıştı. 2008 yılında yine Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Bölümü'nde doktora eğitime başladı. 2009 yılında Ordu Üniversitesi Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Aynı yıl görevlendirme ile Gaziosmanpaşa Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'ne geldi ve Araştırma Görevlisi olarak çalışmalarına devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.