

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MERMER FABRİKALARININ ÜRETİM
OPTİMİZASYONU

Beyda TOZMAN ÖZEL

Ekim, 2019

İZMİR

MERMER FABRİKALARININ ÜRETİM OPTİMİZASYONU

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Doğal Yapı Taşları ve Süs Taşları Anabilim Dalı**

Beyda TOZMAN ÖZEL

Ekim, 2019

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

BEYDA TOZMAN ÖZEL tarafından, DOÇ.DR. AHMET HAMDİ DELİORMANLI yönetiminde hazırlanan “MERMER FABRİKALARININ ÜRETİM OPTİMİZASYONU” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı veniteliği açısından Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
A. I. C. L.

Doç. Dr. Ahmet Hamdi DELİORMANLI

Yönetici

.....
Gülseren
Prof. Dr. G. Gülseren Işık AKSOY

Jüri Üyesi

.....
H. H. H.
Doç. Dr. Hayati Yenerice

Jüri Üyesi

.....
K. E. E.

Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisansa başlangıcımдан beri bilgi ve görüşleriyle katkıda bulunan, tez danışmanlığımı üstlenen, çalışmamda her türlü desteği sağlayan, beraber çalışmaktan onur duyduğum çok değerli hocam Sayın Ahmet Hamdi Deliormanlı'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansa başlangıcımдан bitişine kadar her zaman desteğini hissettiğim Sayın Prof. Dr. Turgay Onargan'a çok teşekkürlerimi sunarım.

Mermer fabrikasında yaptığım çalışma esnasında gerekli her türlü bilgiyi özveriyle paylaşan, tüm ölçümlerde yardımını esirgemeyen ve destek olan maden mühendisi Göker Genç'e çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda yanımda olup destek olan, varlıklarına her zaman ihtiyaç duyduğum, başta hayattaki en büyük örneğim olan annem Nafiye Tozman olmak üzere tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansa başlangıcımда büyük destek olan Hülya Akbal'a, yüksek lisansım boyunca başta sevgili arkadaşım Saba Mounsuri olmak üzere; her türlü konuda yardımcı olup, cesaretlendiren, bütün dostlarıma çok teşekkür ederim.

Beyda TOZMAN ÖZEL

MERMER FABRİKALARININ ÜRETİM OPTİMİZASYONU

ÖZ

Günümüz global ticaret dünyasında rekabet koşullarının zorlaşması, yüksek üretim maliyetleri, kısıtlı kaynaklar, teknolojik makinelere gereksinim ve iş süreçlerinin karmaşıklığı gibi sebeplerden dolayı üretim işletmelerinin ayakta durabilmeleri oldukça zorlaşmıştır. Üretim işletmelerinin tamamında olduğu gibi mermer fabrikalarının da esas amaçlarından biri olan üretim kapasitesini optimum seviyede tutarak karlılığı artırma hedefine ulaşmak bu koşullar altında işletmecileri zorlamaktadır.

Bu sebeplerden dolayı üreticiler mevcut koşullarını iyileştirecek arayışlar içerisindeyler. Bu arayışlara çözüm bulmada bilgisayar teknolojilerinden faydalanmak kaçınılmazdır. En uygun modelleme yöntemlerinden biri olan simülasyon yöntemi gerçek sistem üzerinde hiçbir değişiklik yapmadan problemlerin çözümünde karar vericilere yol göstermektedir.

Bu çalışmada üretim, kapasite, simülasyon ile ilgili kavramlar açıklanmış, mermer fabrikaları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Çalışmada örnek bir mermer fabrikası incelenerek üretim optimizasyonu, günlük kapasite bakımından incelenmiştir. Çalışmada Arena Simülasyon 14 programı akademik sürümü kullanılarak, sistemin mevcut kapasitesine bakılıp, optimum üretim kapasitesi hesaplanarak öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Üretim, mermer fabrikası, kapasite, simülasyon, optimizasyon

PRODUCTION OPTIMIZATION OF MARBLE PROCESSING PLANT

ABSTRACT

In today's global business world due to reasons such as difficult competition conditions, high productions costs, restricted resources, need for technological machines and complexity of business processes, it has become very difficult for the manufacturing enterprises to survive. Under these conditions, as well as all the production enterprises, it's hard for the marble plants to keep production capacity at the optimum level and to reach the goal of increasing profitability as one of the main objectives.

Therefore, producers are in search of improving their existing conditions. It is inevitable to take advantage of computer technologies to find solutions in these searches. One of the most suitable modeling methods is the simulation method, which does not make any change to the actual system but leads the decision-makers in solving problems.

In this study, concepts related to production, capacity and simulation are explained, and general information about marble plants is given. In the research part, a marble plant was considered as an example and the production optimization was examined in terms of daily capacity. In the study, by using Arena Simulation program, the current capacity of the system was checked and by calculating the optimum production capacity, some suggestions have been developed.

Keywords: Production, marble plant, capacity, simulation, optimization

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ	xiv

BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
-------------------------------	----------

BÖLÜM İKİ - ÜRETİM KAVRAMLARI	4
--	----------

2.1 Üretim Kavramının Tanımı	4
2.2 Üretim Sistemi.....	4
2.2.1 Verimlilik (Efficiency)	5
2.2.2 Etkinlik (Effectiveness)	5
2.2.3 Kapasite (Capacity)	6
2.2.4 Esneklik (Flexibility).....	6
2.3 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması	6
2.3.1 Geleneksel Üretim Sistemleri	7
2.3.1.1 Ürüne Uygulanan Stok Politikasına Göre Sınıflandırma.....	8
2.3.1.1.1 Stok İçin Üretim	8
2.3.1.1.2 Sipariş İçin Üretim	8
2.3.1.1.3 Siparişe Göre Üretim.....	9
2.3.1.2 Ürün Çeşidi ve Üretim Miktarına Göre Sınıflandırma	9
2.3.1.2.1 Proses Tipi Üretim (Process Type Production).....	9
2.3.1.2.2 Kitle Üretimi (Mass Production).....	9
2.3.1.2.3 Parti Tipi Üretim (Lot Production).....	10
2.3.1.2.4 Proje Tipi Üretim (Project Type Production).....	10
2.3.1.3 Üretim Sürecine Göre Sınıflandırma	10

2.3.1.3.1 Sipariş Tipi Atölye (Job Shop).....	10
2.3.1.3.2 Akış Tipi Atölye (Flow Shop).....	11
2.3.1.3.3 Sabit Konumlu Atölye	11
2.3.2 Çağdaş Üretim Sistemleri	11
2.3.2.1 Hücresel Üretim Sistemi (Grup Teknolojisi).....	12
2.3.2.2 Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemleri (CIM)	12
2.3.2.3 Tam Zamanında Üretim Sistemi (JIT).....	12
2.3.2.4 Esnek Üretim Sistemi (FMS).....	13
2.3.2.5 Optimum Üretim Teknolojisi (OPT)	13
2.3.2.6 Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP).....	13
2.3.2.7 Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM).....	13
2.4 Üretim Yönetimi.....	14
2.5 Üretim Planlama ve Kontrol.....	15
2.5.1 Kısa Dönemli Planlama	16
2.5.2 Orta Dönemli Planlama	16
2.5.3 Uzun Dönemli Planlama	17
2.6 Üretim Programlama	18

BÖLÜM ÜÇ - KAPASİTE 19

3.1 Kapasite Çeşitleri	20
3.1.1 Teorik (Maksimum) Kapasite.....	20
3.1.2 Pratik (Normal) Kapasite.....	21
3.1.3 Fiili (Gerçek) Kapasite	21
3.1.4 Atıl (Aylak) Kapasite.....	21
3.1.5 Optimum (Ekonomik) Kapasite.....	22
3.1.6 Minimum Kapasite	24
3.1.7 İşletme Kapasitesi.....	24
3.2 Kapasite Planlama	24
3.3 Kapasite Ölçümü	25
3.4 Makine ve İnsan Gücü Kapasitesi	27
3.4.1 Makine Kapasitesi	27

3.4.2 İnsan Gücü Kapasitesi	28
3.5 Talep ve Kapasite	29
3.6 Kapasite Ölçümünde Kullanılan Terimler	29

BÖLÜM DÖRT - MERMER FABRİKALARI..... 31

4.1 Mermer Fabrikaları.....	31
4.2 Mermer Fabrikalarının Kuruluş Yeri Seçimini Etkileyen Faktörler	32
4.2.1 Ekonomik Faktörler	32
4.2.1.1 Hammadde Kaynaklarına Olan Mesafe	32
4.2.1.2 Pazara Olan Mesafe	33
4.2.1.3 Sermaye.....	33
4.2.1.4 Elektrik.....	33
4.2.1.5 Su	33
4.2.1.6 Yerleşim Yeri.....	34
4.2.2 Doğal Faktörler.....	34
4.2.2.1 İklim ve Arazi Yapısı.....	34
4.2.3 Sosyal Faktörler	34
4.2.4 Politik, Fizyolojik ve Psikolojik Faktörler	34
4.3 Mermer Fabrikalarında Kullanılan Makineler	35
4.3.1 Levha (Plaka) Hattı Makineleri	35
4.3.1.1 Katraklar	36
4.3.1.1.1 Çelik Lamalı Katraklar	36
4.3.1.1.2 Elmas Soketli Katraklar	37
4.3.1.1.3 Kollu Katraklar	37
4.3.1.1.4 Araba Hareketli Katraklar	38
4.3.1.1.5 Katraklarda Kesme Verimini Etkileyen Faktörler	38
4.3.1.2 Köprü Kesme Makineleri	40
4.3.1.3 Geniş Bant Cila Makineleri	41
4.3.2 Fayans Hattı Makineleri.....	42
4.3.2.1 S/T Makineleri	42
4.3.2.1.1 Tek Ayaklı S/T Makineleri	43

4.3.2.1.2 İki Ayaklı S/T Makineleri	43
4.3.2.1.3 Dört Ayaklı S/T Makineleri	43
4.3.2.2 Kafa (Baş) Kesme Makineleri	44
4.3.2.3 Yarma Makineleri	45
4.3.2.4 Kalibratörler	45
4.3.2.5 Cilalama (Polisaj) Makineleri	46
4.3.2.6 Ebatlama (Çoklu Kesme) Makineleri	46
4.3.2.7 Yan Kalibre+ Kenar Pah+ Kanal Açma	47
4.3.2.8 Alın Silme- Cilalama Makineleri	47
4.3.2.9 Kurutma Makineleri	48
4.3.2.10 Kalite Kontrol Masaları	48
BÖLÜM BEŞ - SİMÜLASYON.....	50
5.1 Simülasyon Yöntemi	50
5.1.1 Simülasyon Yönteminin Amaçları	51
5.2 Simülasyon Modeli.....	52
5.3 Simülasyon Modelinde Kullanılan Terimler	53
5.4 Simülasyon Modelinin Doğrulanması (Verification).....	54
5.5 Simülasyon Modelinin Geçerliliği	54
5.6 Simülasyon Türleri	54
5.6.1 Statik Simülasyon Modeli	55
5.6.2 Dinamik Simülasyon Modeli	55
5.6.3 Deterministik Simülasyon Modeli	55
5.6.4 Olasılıksal Simülasyon Modeli	55
5.6.5 Kesikli Simülasyon Modeli	55
5.6.6 Sürekli Simülasyon Modeli	56
5.7 Simülasyon Avantajları	56
5.8 Simülasyon Dezavantajları.....	57
5.9 Simülasyon Çalışmasının Aşamaları.....	58
5.9.1 Problemin Tanımlanması	59
5.9.2 Verilerin Toplanması.....	59

5.9.3 Simülasyon Modelinin Kurulması ve Test Edilmesi	60
5.9.4 Deneyin Çalıştırılması ve Çıktıların Alınması	60
BÖLÜM ALTI - ÇALIŞMA.....	61
6.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	61
6.2 Çalışmanın Yapıldığı Fabrikanın Tanıtımı.....	61
6.2.1 Çalışmanın Yapıldığı Fabrikada Kullanılan Makineler.....	65
6.3 Çalışmanın Yapıldığı Sistemin Açıklanması	66
6.3.1 Çalışmanın Yapıldığı Üretim Bandının İş Akışı	66
6.3.2 Çalışmada Kullanılan Malzeme ve Özellikleri.....	69
6.3.3 Çalışmada Kullanılan Makinelerin Özellikleri.....	70
6.3.3.1 Yarma Makinesi ve Teknik Özellikleri.....	70
6.3.3.2 Silim Makinesi ve Teknik Özellikleri.....	71
6.3.3.3 En- Boy Ebatlama Makinesi ve Teknik Özellikleri.....	72
6.3.4 Sistem Verilerinin Analizi ve Sistem Parametrelerinin Hesaplanması ..	73
6.4 Üretim Hattı Simülasyon Uygulaması	74
6.4.1 Rockwell Arena Simülasyon Programı	75
6.4.2 Üretim Hattı Simülasyon Modeli.....	77
BÖLÜM YEDİ - SONUÇLAR.....	78
7.1 Sonuç	78
7.2 Birinci Model	78
7.3 İkinci Model	79
7.4 Üçüncü Model	79
KAYNAKLAR	82
EKLER.....	90

EK 1: Birinci Model Raporları.....	90
EK 2: İkinci Model Raporları.....	97
EK 3: Üçüncü Model Raporları.....	104



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Türkiye'nin 10 yıllık doğal taş ihracatı.....	2
Şekil 2.1 Bir üretim sisteminin temel elemanları.....	5
Şekil 2.2 Üretim sitemlerinin sınıflandırılması.....	7
Şekil 2.3 Stok için üretim sistemi	8
Şekil 2.4 Sipariş için üretim sistemi.....	9
Şekil 2.5 Sipariş tipi atölye sistemi	11
Şekil 2.6 Akış tipi atölye sistemi	11
Şekil 2.7 Sabit konumlu atölye sistemi	11
Şekil 3.1 Kapasiteyi etkileyen faktörler.....	19
Şekil 3.2 Ölçek ekonomileri ve optimal kapasite.....	23
Şekil 4.1 Mermer fabrikalarının şematik görünümü	31
Şekil 4.2 Üretim prosesleri gösterimi	35
Şekil 4.3 Elmas soketli kollu katarlar	37
Şekil 4.4 Elmas soketli araba hareketli katarlar	38
Şekil 4.5 Bıçak hareketli köprü kesme makinesi	41
Şekil 4.6 Geniş bant cila makinesi	41
Şekil 4.7 Köprülü silme cilalama makinesinde aşındırma kuvvet bileşenleri	42
Şekil 4.8 Dört ayaklı S/T makinesi	44
Şekil 4.9 Baş kesme makinesi.....	45
Şekil 4.10 Yarma makinesi	45
Şekil 4.11 Kalibratör+ cila makinesi.....	46
Şekil 4.12 Çoklu kesme makinesi	47
Şekil 4.13 Alın silme cilalama makinesi.....	48
Şekil 4.14 Kurutma makinesi.....	48
Şekil 5.1 Sistem deneme yöntemi	52
Şekil 5.2 Simülasyon çalışmasının aşamaları	59
Şekil 6.1 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasından görünüm	62
Şekil 6.2 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının fayans hattından görünüm.....	62
Şekil 6.3 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının plaka hattından görünüm	63
Şekil 6.4 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasından görünüm	63

Şekil 6.5 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının şematik görünümü.....	62
Şekil 6.6 Çalışmanın yapıldığı üretim bandının iş akış şeması.....	66
Şekil 6.7 Çalışmada kullanılan beyaz mermer	69
Şekil 6.8 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının üretim hattı makine dizilimi....	70
Şekil 6.9 Çalışmada kullanılan yarma makinesi	70
Şekil 6.10 Çalışmada kullanılan silim makinesi	71
Şekil 6.11 Çalışmada kullanılan en ebatlama makinesi	72
Şekil 6.12 Çalışmada kullanılan boy ebatlama makinesi.....	73
Şekil 6.13 Arena 14 simülasyon modelinde kullanılan modüller	76
Şekil 6.14 Çalışmanın yapıldığı üretim hattının simülasyon modeli	78



TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 Kapasite maliyetleri	24
Tablo 3.2 Farklı tip organizasyonlarda kapasite ölçüleri	26
Tablo 6.1 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının fayans hattında kullanılan makineler ve miktarları.....	65
Tablo 6.2 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının katrak hattında kullanılan makineler ve miktarları.....	65
Tablo 6.3 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasında üretilen fayans ölçüleri.....	66
Tablo 6.4 Çalışmada kullanılan mermerin fiziko mekanik özellikleri.....	70
Tablo 6.5 Çalışmada kullanılan yarma makinesinin teknik özellikleri.....	71
Tablo 6.6 Çalışmada kullanılan silim makinesinin teknik özellikleri.....	72
Tablo 6.7 Çalışmada kullanılan en-boy ebatlama makinelerinin teknik özellikleri...	73
Tablo 6.8 Makine işlem süreleri.....	77
Tablo 7.1 Gerçek sistemde ve simülasyon modelinde gerçekleşen ürün miktarları ..	80

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Ülkelerin ekonomik kalkınmasında, doğal kaynaklar önemli bir yere sahiptir. Günümüzde ülkelerin sahip olduğu maden kaynakları, miktarı ve maden ürünlerinin tüketimi ekonomik kalkınmayla paralellik göstermektedir (Karabulut, 2011).

Dünya genelinde mermerin yapı alanı başta olmak üzere dekorasyon malzemesi olarak da kullanılabilmesi, mimari ve tasarım yönünden oldukça tercih edilmesini sağlamaktadır. Mermer kullanımının her geçen gün artmasıyla birlikte, doğal taş işleme endüstrisi, teknolojik gelişmeler doğrultusunda, mermerin istenilen şeklinin en kolay ve en ekonomik şekilde üretilip yeni ve farklı kullanım alanlarını bulmaya çalışmaktadır.

Dünya doğal taş rezervi bakımından önemli bir yere sahip olan ülkemizde işlenmiş, işlenmemiş, ham, kabaca yontulmuş veya blok olarak doğal taş ticareti yapılmaktadır.

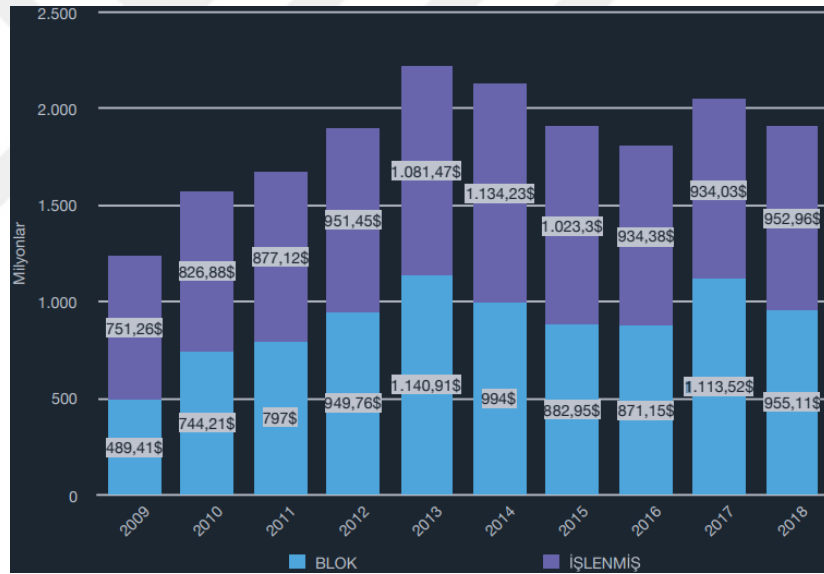
1980’li yıllardan beri mermer sektöründe; ihracat, üretim potansiyeli ve istihdam açısından yakalanan ivme ülke ekonomisine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Tüketim alanlarının artması sonucu madencilik sektörünün önemli alt sektörlerinden olan mermere talep gittikçe artmakta ve mermercilik, sektör içinde oldukça cazip hale gelmektedir. Bu doğrultuda Türkiye de mermer işleme sanayisi ile dünyanın önemli doğal taş üreticileri arasında yerini almıştır. Özellikle son yıllarda uygulanan modern üretim yöntemleri ve teknikleriyle beraber büyük firmaların yapmış oldukları yatırımlar sonucu mermer üretiminde büyük artış gözlenmiştir (Gürcan ve Sabah, 2003).

Doğal taş sektörü uzun yıllar gerçek değerine ulaşamamasının ardından 1985 yılında maden kanunu kapsamına alınarak yeni bir döneme girmiştir. Bu tarihten sonra sektör her geçen yıla göre yıldan yıla biraz daha büyüyerek bugünkü maden

ihracatımızdaki yerini almış bulunmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı [ETKB], 2009).

İstanbul Maden İhracatçıları Birliği (İMİB) 2019 verilerine göre; 2018 yılında blok mermer- traverten 5,12 milyon ton ve 955,25 milyon dolarla maden ihracatımızda en fazla ihraç edilen ürün olmuştur. İşlenmiş mermer 1,67 milyon ton ve 696,42 milyon dolarla ikinci en fazla ihraç edilen ürün olmuştur.

2017 yılına göre 2018 yılında doğal taş ihracatımız miktarda %5,96 artarken değerinde ise %6,8 oranında azalış kaydetmiştir. 7,46 milyon ton karşılığında, 1,9 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Aşağıdaki grafikte Türkiye'nin son 10 yılda gerçekleştirdiği doğal taş ihracatı gösterilmektedir (İMİB, 2019).



Şekil 1.1 Türkiye'nin 10 yıllık doğal taş ihracatı (İMİB, 2019)

2018 yılındaki doğal taş ihracatının; %49,5'ini mermer- traverten ham, kabaca yontulmuş veya blok, %36,5'ini işlenmiş mermer oluşturmaktadır.

Ülke ekonomimizde önemli bir yere sahip olan doğal taş ticaretinde katma değer açısından işlenmiş ürün ticareti oldukça önemlidir.

Türkiye mermer sektörünün ileriye yönelik katma değeri yüksek işlenmiş ürün miktarının ve karlılığının artırılması için üretim sistemleri, planlama, kapasite, yatırımlar, teknolojik destekler, teşvikler, üretim sorunlarının çözümü gibi konular oldukça önemlidir.

Üretim planlama, üretilecek ürünün üretiminde gerekli olan araç ve ekipmanların temin edilip değerlendirilmesini sağlayarak üretimi doğru zamanda ve doğru miktarda gerçekleştirilmesini sağlamaktır.

Kapasite, üretim planlamayı etkileyen önemli etmenlerden biridir. Üretim kapasitesi, bir işletmede belirli bir zaman aralığında gerçekleştirilen üretim miktarıdır.

Bilgi işlem ve iletişim teknolojileri endüstriyel yatırımlarında oldukça kullanılmaktadır. Bu teknolojilerin büyük kısmını yazılım teknolojileri oluşturmaktadır. En çok kullanılan yazılım teknoloji yöntemleri ise simülasyon, yapay sinir ağları, uzman sistemler, veri tabanlı sistemlerdir. Bu tür yazılımların önemi özellikle madencilik gibi yüksek risk içeren sektörlerde gün geçtikçe daha da artmaktadır. Planlama ve yatırım için gerekli çalışmalarda kısa zamanda farklı stratejiler yaratmaları hususunda da alternatifler üreterek farklı bakış açıları geliştirmektedir (Deliormanlı, 2000).

Bu çalışmada mermer fabrikalarının üretim sistemleri örnek bir fabrika ele alınarak incelenmiştir. Mevcut üretim miktarı tespit edilerek fabrikanın üretim hatlarından birinin simülasyonu Arena Simülasyon 14 (akademik sürüm) programıyla yapılmıştır. Çalışmada günlük üretim kapasitesini optimum seviyeye çıkartmak için üretimde meydana gelen aksaklıklarla ilgili çözümler üretilmiş, mermer fabrikalarında simülasyon tekniğinin kullanılabilirliği üzerine bir değerlendirme sunulmuştur.

BÖLÜM İKİ

ÜRETİM KAVRAMLARI

2.1 Üretim Kavramının Tanımı

Üretim, doğadaki mevcut maddelerden insanların ihtiyaçlarını karşılayacak ürünler ve hizmetler oluşturulması işlemidir (Mucuk, 1987).

En genel bakış açısı ile üretim “ekonomik değeri olan mal veya hizmetlerin oluşturulmasını sağlayan faaliyetler bütünü” olarak tanımlanabilir. Burada önemli olan üretim sonunda ortaya çıkan mal veya hizmetin ekonomik bir değerinin olması ve/veya bir yarar yaratmasıdır (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Bu tanımların yanı sıra mühendisler üretimi, belirli bir fiziksel varlık üzerinde, onun değerini arttırarak bir değişiklik yapmayı ya da hammadde ve yarı mamulleri bir ürün haline dönüştürme işlemi olarak tanımlamaktadırlar (Tekin, 1996). Ekonomistler ise üretimi bir yarar meydana getirmek şeklinde düşünürler (Acar, 1989).

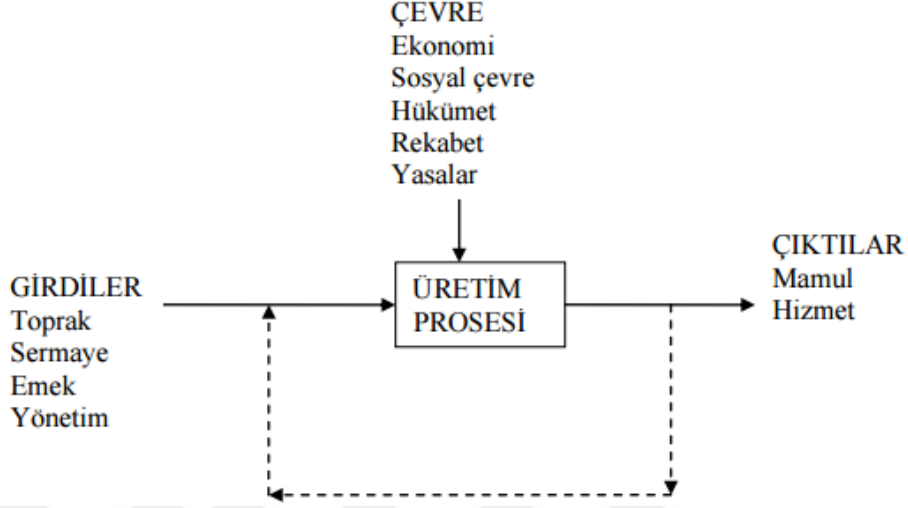
Üretim insanların ihtiyaç duydukları ürün ve hizmetleri oluşturmak için; üretim faktörlerinin işletmeye girdi olarak dahil olmasıyla başlayıp, çeşitli işlemlerden geçirilerek bir çıktı elde etme sürecidir.

2.2 Üretim Sistemi

Sistem, belirli bir amaç doğrultusunda, bütünü oluşturmak üzere aralarında ilişki bulunan parçaların toplamı olarak tanımlanabilir.

Üretim sistemi, bir işin başlangıcından bulunduğu ortamda değişime uğrayıp ürün halini alana kadar uygulanan bütün yöntemlerin ve bu süreçte kullanılan araç gereçlerin toplamıdır (Mertins, 1985).

Her sistem büyüklüğü ve cinsi ne olursa olsun 5 temel faktörden oluşur. Bunlar; girdi, süreç, çıktı, geri besleme ve çevre elemanlarından oluşmaktadır (Kobu, 2013).



Şekil 2.1 Bir üretim sisteminin temel elemanları (Kobu, 2013)

Karar değişkeni olarak da bilinen girdiler, üretilen ürün ve hizmetin türüne göre farklı adlar alabilmektedir. Bir üretim sürecinde yaşanacak sorunun çözümlenmesindeki amaç, en uygun girdi bileşimini kullanarak maksimum çıktı elde etmektir (Kobu,2013).

Sisteme giren öğelerin katma değer (yarar) yaratacak biçimde ürüne veya hizmete dönüştürülmesine üretim süreci denir. Bir üretim sürecini oluşturan en önemli özellikler; verimlilik, etkinlik, kapasite ve esnekliktir (Kobu,2013).

2.2.1 Verimlilik (Efficiency)

Bir üretim veya hizmet sisteminin çıktı yaratmak için kullandığı girdi ile sistemdeki çıktı arasında olan ilişkidir. Daha az girdiyle daha çok çıktı elde etmek veya aynı girdi miktarıyla daha çok çıktı elde etme ilişkisi ise yüksek verimliliktir (Prokopenko, 2003).

2.2.2 Etkinlik (Effectiveness)

Üretim amaçlarının gerçekleştirilebilmesidir. Bir üretim sistemi verimli fakat daha az etkin olabilmesi mümkündür. Ancak bu tür durumlarda beklenti üretimin verimli ve etkin olmasıdır.

2.2.3 Kapasite (Capacity)

Gerçekleştirilebilecek üretim düzeyini göstermektedir. Birim zamanda üretilen miktar veya yüzde olarak gösterilir. Farklı ölçütlerde olmak üzere; maksimum, gerçek ve etkin kapasite değerleri vardır. Kapasite ve verimlilik farklı ölçülerdir. Örneğin bir fabrikaya alınan son teknoloji makineler kapasiteyi arttırabilir ancak yatırım ve işletme masrafları yükseğe verimlilik düşer.

2.2.4 Esneklik (Flexibility)

Bir üretim sisteminde ortaya çıkabilecek ani talep değişikliklerine cevap verebilmek ve yeni bir mamul üretimine geçişte sorun yaşanmaması olarak tanımlanır.

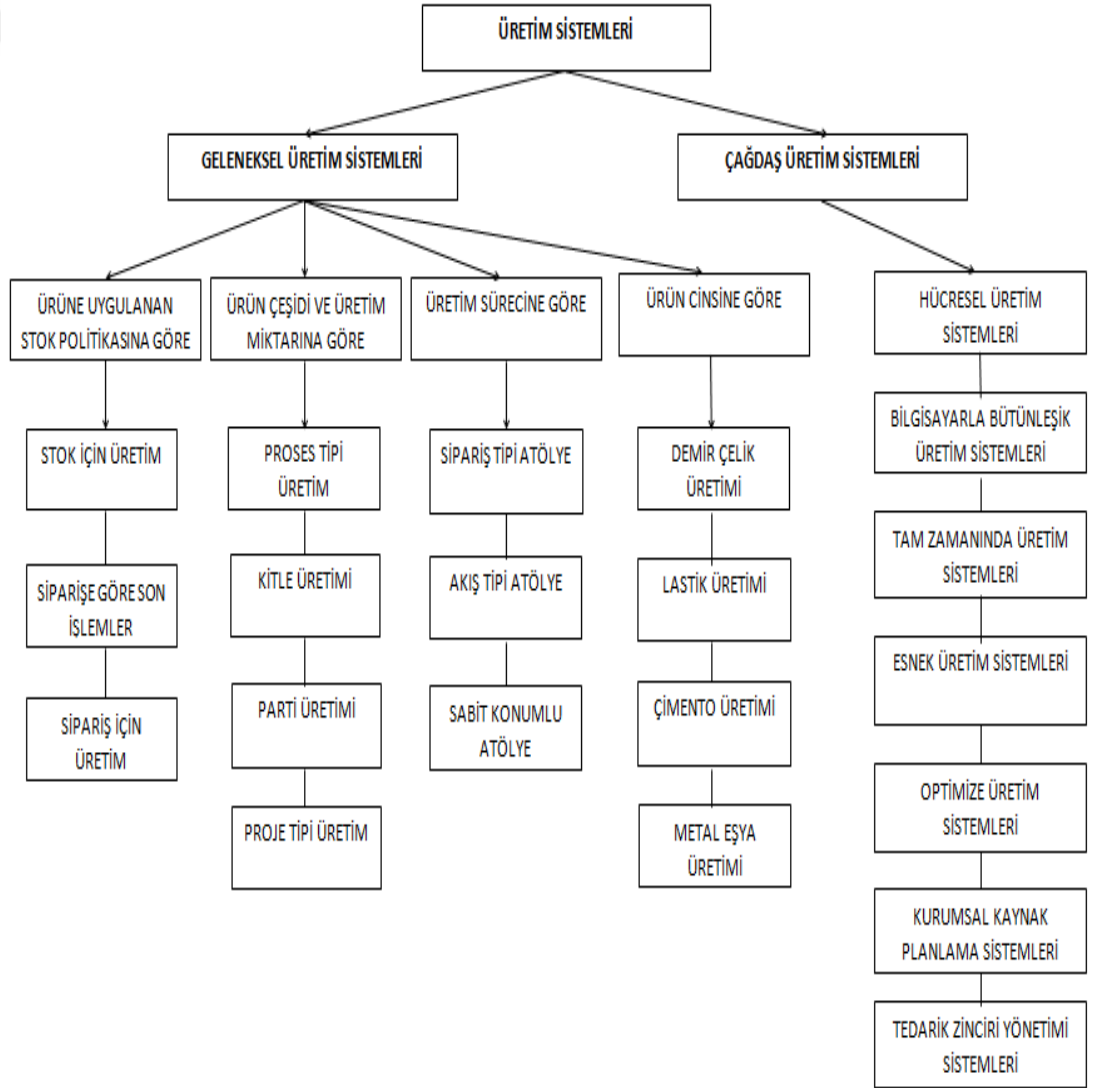
Üretim sürecindeki çıktılar üzerinde ölçme ve gözlemlere dayanarak geri besleme analizleri yapılmaktadır. Eğer analizler, amaçlardan ayrılmalar olduğunu gösterirse düzeltici kararlar alınır (Kobu, 2013).

Üretim sisteminde çevre ise, kontrol edilmesi mümkün olmayan unsurları temsil etmektedir. Kontrol edilemeyen bu unsurların varlığı bilinmekle beraber değiştirilmesi söz konusu değildir. Bu sebepten dolayı üretim analizinde çevre, risk faktörü olarak değerlendirmeye alınmaktadır (Kobu, 2013).

2.3 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

İşletmelerin üretim organizasyonlarının belirlenmesi, hizmet edecekleri pazar açısından oldukça önemlidir. Bu organizasyonları sınıflandırmanın birçok yolu bulunmaktadır (Harrison ve Petty, 2002).

Kobu (2003), üretim sistemlerini; üretim yöntemi, ürün cinsi, mamul miktarı veya üretim akışı gibi farklı açılardan sınıflandırmıştır. Tanyaş ve Baskak (2003), ise geleneksel ve çağdaş üretim sistemleri olmak üzere ikiye ayırarak sınıflandırmıştır.



Şekil 2.2 Üretim sistemlerinin sınıflandırılması (Tanyaş ve Baskak, 2003)

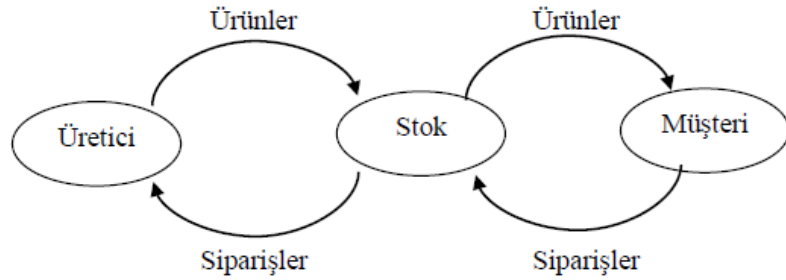
2.3.1 Geleneksel Üretim Sistemleri

2.3.1.1 Ürüne Uygulanan Stok Politikasına Göre Sınıflandırma

Firmanın üretim seçimini, ürettiği ürüne uyguladığı stok politikası belirler (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Ürüne uygulanan stok politikasına göre üretim üçe ayrılır.

2.3.1.1.1 Stok İçin Üretim (Make-to-stock). Uygun fiyata iyi kalitedeki standart ürünlerin anında teslimatlarını sağlamaktır. Müşterinin ürünü teslim alma konusunda gecikmeye tolerans göstermeyeceği durumlarda uygun bir üretim tipidir. Üreticiler pazar ihtiyaçlarını dikkatli takip etmeli, müşterinin ihtiyacı olan bitmiş ürünleri stoklamalı ve müşteri gereksinimlerini bu stoklardan temin etmelidir. Şekil 2.3'te stok için üretim süreci görülmektedir (Browne ve diğer., 1996).



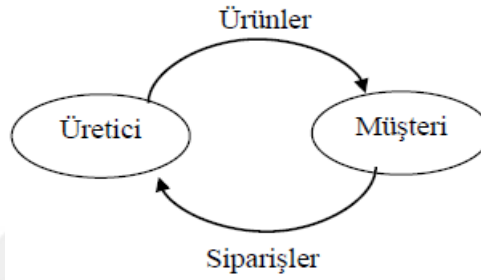
Şekil 2.3 Stok için üretim sistemi (Browne ve diğer.,1996)

Stok için üretim tipinde, sipariş doğrudan stoktan sağlandığı için müşteri siparişi, siparişin alındığı gün temin edilir. Stoklar anlık siparişler için değil gelecekte beklenen siparişler için planlanır. Şu anda istenen siparişler mevcut stoktan karşılanır (Oden ve diğer.,1993). Bu tür üretimler genellikle sık üretilen kömür, çimento gibi ürünlerin üretiminde görülmektedir.

2.3.1.1.2 Sipariş İçin Üretim. Müşteri siparişi mevcut ürün üzerinde birtakım özelleştirme ihtiyacı yaratıyor olabilir. Bu durumda üretim için gerekli toplam süreyi

göze alarak hazırda bulunan hammadde stoğu işlenir. Daha sonra parçalar birleştirilerek ya da bir araya getirilerek üretim tamamlanır. Sonuç olarak müşterinin ihtiyacı olan ürün tam olarak üretilmiş olur. Bu tür üretim tipi sipariş için üretimdir (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Mutfak, ofis mobilyaları sipariş için üretim tipine örnek verilebilir. Şekil 2.4'te sipariş için üretim prosesi görülmektedir (Browne ve diğer., 1996).



Şekil 2.4 Sipariş için üretim sistemi (Browne ve diğer., 1996)

2.3.1.1.3 Siparişe Göre Üretim. Stok ve sipariş için üretim tipinin karışımı gibidir. Bu üretim tipinde ana parçalar, alt montaj elemanları ve opsiyonel parçalar üretilerek veya satın alınarak stoklanır. Bu sayede olası bir sipariş geldiğinde müşterilerin bekleme süresi sadece bu parçaların montaj süresi ile sınırlanmış olur. Model farklılığı olan birbirine benzeyen ürünlerin siparişinde kullanılır. Bu tip üretim için en iyi örneklerden biri bilgisayar üretimidir.

2.3.1.2 Ürün Çeşidi ve Üretim Miktarına Göre Sınıflandırılması

2.3.1.2.1 Proses Tipi Üretim (Process Type Production). İmalatı oluşturan malzemenin akışkan olduğu üretim şeklidir. Deterjan, meşrubat vb gibi ürünlerin üretimi örnek olarak gösterilebilir. Bu tür üretim tipinde talebin fazlalığı ve çeşidin azlığı üretim miktarının fazla olmasına sebeptir. Standart ürünler oldukları için üretim stoklanarak devam eder ve müşteri istekleri stoktan karşılanır.

2.3.1.2.2 *Kitle üretimi (Mass Production)*. Aynı tip ürünlerin üretim hatları kurularak yüksek miktarlarda üretildiği üretim şeklidir. Üretim hattındaki makine ve tezgahlar özel amaçlıdır. Bu üretim şeklinin amacı hızlı ve çok sayıda ürün üretmektir. Otomobil veya beyaz eşya üretimi bu tip üretim şekline örnek olarak gösterilebilir.

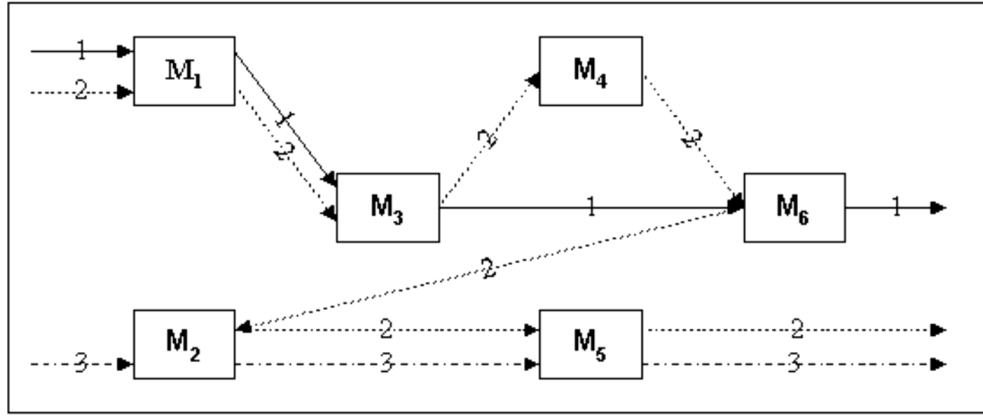
2.3.1.2.3 *Parti üretimi (Lot Production)*. Belirli bir sipariş veya sürekli olan talebi karşılamak için aynı ya da benzer cinsten ürünlerin partiler halinde üretilmesidir. Bu üretim şeklinin en büyük özelliği bir parti üretim tamamlanmadan diğerine geçilmeyişidir (Acar, 1989). Ürün çeşidinin fazla üretim miktarının az olduğu durumlarda tercih edilir. Döküm veya dövme parçalar bu tip üretim şekline örnek olabilir.

2.3.1.2.4 *Proje Tipi Üretim (Project Type Production)*. Üretim sistemi sadece bir mamulün üretimine göre düzenlenir. Bu üretim tipinde iş hacmi oldukça yüksektir. Üzerinde çalışılan proje tamamlandığında üretim sona ermektedir. Yeni bir projeye geçildiğinde üretim işlemine yeniden başlanmaktadır. Uzay taşıtı projeleri, uçak, gemi, köprü ve baraj üretimi bu tip üretime örnek olarak gösterilebilir (Tekin, 1996).

2.3.1.3 *Üretim Sürecine Göre Sınıflandırma*

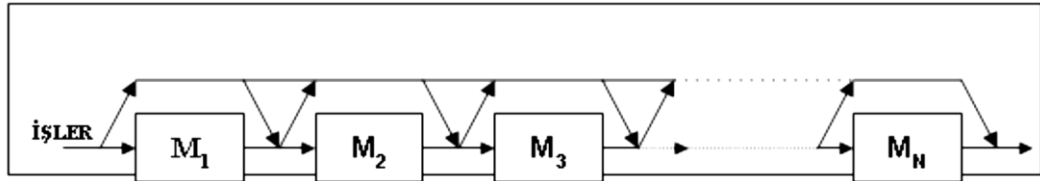
Üretim sürecinde birkaç üretim tipi bir arada görülebilir.

2.3.1.3.1 *Sipariş Tipi Atölye (Job Shop)*. Genel amaçlı takım tezgahlarının kullanıldığı üretim tipidir. Siparişler boş olan makinelerde, boş olmadığı takdirde makineler arkasında kuyruğa alınarak üretim yapılır. Bu durum makine kullanım süresi verimliliğine ulaşılmasını sağlamasıyla beraber karmaşık iş akışı bakımından uzun üretim süresi, yüksek süreç içi stoklar, kötü kalite, fazla taşıma değerleri olarak üretime yansır.



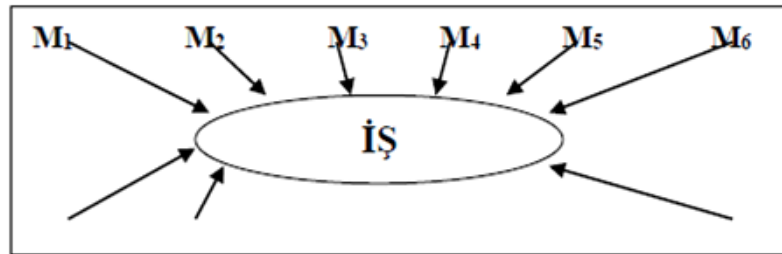
Şekil 2.5 Sipariş tipi atölye sistemi (Tanyaş ve Baskak, 2003)

2.3.1.3.2 *Akış Tipi Atölye (Flow Shop)*. Sisteme giren birimler aynı sıralama ile ardışık olarak üretilirler. Hammadde ve yarımamul olarak hatta gelen malzemeler işlemleri tamamlanmış veya ürün durumuna gelmiş olarak hattan ayrılırlar.



Şekil 2.6 Akış tipi atölye sistemi (Tanyaş ve Baskak, 2003)

2.3.1.3.3 *Sabit Konumlu Atölye*. Ürün sabit olup, her türlü üretim faktörünün ürünün yanına getirilerek aynı noktada üretimin gerçekleştirildiği sistemdir. Yol, köprü, tünel gibi inşaat işleri bu üretim tipine örnektir.



Şekil 2.7 Sabit konumlu atölye sistemi (Tanyaş ve Baskak, 2003)

2.3.2 Çağdaş Üretim Sistemleri

2.3.2.1 Hücresel Üretim Sistemi (Grup Teknolojisi)

Grup teknolojisinde imalat ve tasarımın bütün aşamalarındaki benzerlikten kaynaklı avantajdan faydalanmak için benzer veya birbirleriyle alakalı parçaları ve süreçleri bir araya getirmek ve tanımlamak temel amaçtır (Gallagher ve Knight, 1986). Grup teknolojisi felsefesinin üretimde uygulanması ise hücresel üretim tipini oluşturur (Demir ve Gümüsoğlu, 2003).

Bir hücresel üretim sisteminde hücre; benzer imalat özelliklerine sahip parça gruplarından (parça aileleri) ve makine gruplarından oluşmaktadır. (Selim ve diğer., 1998).

2.3.2.2 Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemleri (CIM)

Ürünlerin tasarım, planlama ve dağıtım faaliyetlerinden, üretim sürecinin planlama ve kontrol aşamaları dahil, yazılım ve donanım, veri tabanı yönetimi ve iletişim bütünlüğünün tamamını kapsamaktadır. Bilgisayarlı bütünleşik üretim sistemleri (CIM), üretim ve bilgi teknolojisinin mühendislik alanıyla bir araya gelerek bütünleşmesidir. Kalite kontrol ve araştırma araçları, bilgisayarlı sayısal kontrol makineleri (CNC), esnek üretim sistemleri, üretim teknolojisi proses denetimi, robotlar, bar-code, taşıma ve depolama araçlarını bünyesinde bulunduran geniş kapsamlı bir donanıma sahiptir (Kazan, 1997).

2.3.2.3 Tam Zamanında Üretim Sistemleri (JIT: Just-in-time Production Systems)

Tam zamanında üretim, Japon Toyota Firması'nın düzgün üretim akışı gerçekleştirmek için geliştirdiği yaklaşımdır. Ürün veya üretim sürecinde sürekli iyileştirme yapma amacındadır. Envanter düzeylerinin azaltılması amacı Japonlar için sürekliliği olan bir amaç olarak benimsenmiştir (Acar, 1989).

Bu sistem organizasyondaki iş yapış modellerinin şekillenmesinde etkindir. Ürün ve hizmete katkı ya da değer katmayan bütün etmenlerin ortadan kaldırılması, stokların israf olarak değerlendirilip sorunlarının örtbas edilmesi yerine stok problemlerinin çözümlenmesi, organizasyonun gelişmesinde işçilerin önemli bir kaynak olduğunun farkındalığını oluşturmak, tedarikçiler ve müşterilerin aynı zamanda organizasyon ve çalışanların arasında karşılıklı olarak saygı ve destek sağlanması temel prensipleri olarak görülebilir (Fogarty ve diğer., 1991).

2.3.2.4 Esnek Üretim Sistemleri (FMS: Flexible Manufacturing Systems)

Merkezi bir kontrol sistemi ile bağlantıları sağlanan bir grup sayısal kontrollü tezgah ve otomatik taşıma ve depolama ile yapılan üretim sistemidir. İki önemli temel amacından biri; küçük parti imalatında tezgahlardaki beklemeyi azaltarak elde edilecek yararı arttırmak, diğeri ise; rastlantısal sipariş üretimini sağlayarak belirli süredeki parçaların karışımını sıkıntısız üretebilmektir (Tanyaş ve Banskak, 2003).

Sistem, üretime hazırlık zamanında azalma, ürün çeşitliliği, birim maliyetlerde düşüş, müşteri servisinde artış gibi faydalar sağlamaktadır (Acar, 1989).

2.3.2.5 Optimum Üretim Teknolojisi (OPT: Optimized Production Technology)

Bu sistem üretim miktarını arttırmak için, kritik (darboğaz) tezgahların kullanımını en fazlaştıracak üretim miktarını arttırmayı ve süreçteki stok seviyeleri ile tezgahların hazırlık sürelerini en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Tanyaş ve Banskak, 2003).

2.3.2.6 Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP: Enterprise Resource Planning)

Farklı coğrafi bölgelerde bulunan üretim, dağıtım ve tedarik kaynaklarının, müşteri taleplerini en iyi şekilde karşılaması için etkin ve verimli olarak planlanması, kontrol edilmesi ve koordinasyon sağlanmasını içeren bir yazılım sistemidir (Beşkese, 2003).

2.3.2.7 Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM: Supply Chain Management)

Tedarik zinciri malların hammadde evresinden başlayıp son kullanıcıya ulaşmasına kadar olan aktivitelerin tümünü kapsar. Bu aktiviteler sipariş süreci, kaynak ve tedarik, üretim planlama, envanter yönetimi, depolama ve müşteri servisi süreçleridir (Quinn, 1997).

Tedarik zinciri yönetimi Ellram ve Cooper'e göre (1993); ürünün tedarikçiden çıkarak son müşteriye kadar olan dağıtım sürecinin toplam işleyişini yöneten bütünlleştirici bir felsefedir.

2.4 Üretim Yönetimi

Üretim yönetimi, üretilmesi beklenen miktardaki mamulün beklenen kalitede, istenilen zamanda ve en düşük maliyetle üretilmesi için, işletmenin sahip olduğu makine, malzeme ve insan gücünün uygun biçimde bir araya getirilmesidir (Kobu, 1996).

Miktar, kalite, zaman ve fiyat unsurlarının aynı zaman içerisinde en iyi şekilde gerçekleştirilebilmesinin olanağı yoktur. Örnek olarak üretim miktarının yüksek oluşu satışları pozitif yönde etkilerken, stok giderlerini ve satılamama riskini arttırabilir. Bu yüzden herhangi bir malın üretiminde yöneticinin bu tarz risklerin çözümlerine yönelik kararlar vermesi önemlidir. Bu süreçte işletmeyi oluşturan birimler ile sürekli bilgi alışverişinde ve iş birliğinde bulunması gerekir. Karmaşık üretim sistemlerinde ise uzlaştııcı çözümler bulunması için farklı kantitatif analiz yöntemlerin ve bilgisayarların kullanılması zorunlu hale gelir. Bu yöntemler aracılığı ile karar verme yeteneğinin geliştirilmesi üretim yönetimi disiplinin amacını oluşturur (Kobu, 1996).

İşletmelerin büyümesiyle üretim girdi çıktı miktarları fazlalaşmakta ve üretim süreci karmaşık bir hal alabilmektedir. Böyle bir durumda neyin ne kadar, ne zamanda ve nasıl üretilceği konuları büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda üretilen ürünün uygun ve kaliteli olması da beklenmektedir. Bu beklentilerin

gerçekleştirilebilmesi ancak üretim yönetiminin etkin ve iyi bir şekilde sağlanmasıyla mümkün olabilmektedir (Demir, 1999).

Üretim yönetiminin en önemli amaçları;

- İşletmenin üretim kaynaklarından (makine ve insan gücü) en iyi şekilde faydalanmak veya faydalanma derecesini arttırmak,
- Tüketici taleplerinin kalite, fiyat, zaman ve miktar bakımından en uygun ve iyi şekilde karşılanmasını sağlamak,
- Stok devrinin yüksek tutulması veya stok düzeyinin düşük tutulmasını sağlamak şeklinde ifade edilebilir (Tanyaş ve Baskak, 2003).

2.5 Üretim Planlama ve Kontrol

Üretim planlaması, yapılacak olan üretim faaliyetlerinin ve miktarlarının düzey ve sınırlılıklarını belirleyen bir sistemdir. Üretim süreçlerini önceden belirleyerek bu süreçte izlenecek politikaları ve üretim için gerekli bulunan olanakları sağlama sürecidir (Tekin, 1996).

Üretim planlaması, gerçekleşmesi istenilen imalat faaliyetlerinin veya miktarlarının düzey ve limitlerini belirleyen fonksiyon olarak değerlendirilebilir. Gerek ve ihtiyaç duyulduğu zamanlarda üretim planları üzerinde değişiklikler yapılabilir (Kobu, 1996).

Üretim planlaması ve kontrolü, üretim yönetiminin faaliyeti olarak, üretilmek istenen ürünler için gerekli tüm araçların belirlenmesi, düzenlenmesi ve değerlendirilmesini kapsar. Üretilecek ürünü belirtmek, malzeme ve ekipman ihtiyacını ortaya koymak ve ürünlerin doğru miktarda ve belirtilen zamanda yapılması için çizelgeler hazırlamak için oluşturulan ön üretim faaliyetidir. Bu doğrultuda istenilen zamanda üretim hedeflerine en iyi şekilde ulaşmak için üretimden sorumlu üreticiye yol gösteren önemli bir üretim yönetim aracıdır (Acar, 1989).

Üretim planları kısa, orta ve uzun vadeli olmak üzere farklı yönetim düzeylerinde farklı hedef ve dönemler için yapılır. Kısa vadeli planlamada işlemsel konularda, orta vadeli planlamada taktiksel konularda, uzun vadeli planlamada ise stratejik konularda kararlar alınarak bu doğrultularda planlamalar yapılır (Üreten, 1998).

Üretim yapan bir malzeme akış sisteminde planlama, planlanacak dönemin uzunluğuna göre kısa, orta ve uzun dönem olmak şeklinde üç kısımda değerlendirilebilir (Yamak, 1994).

2.5.1.Kısa Dönemli Planlama

Genellikle bir veya iki haftalık üretim planlaması dönemini kapsamaktadır. Detaylı planlama şeklidir. Kısa dönemli planlamada;

- Üretimde stok seviyesinin tespiti,
- Üretim miktarının ayarlanması ve kontrol edilmesi,
- İşçilerin görevlendirilmesinde önceliklerin saptanması,
- Fazla mesai gerektirecek kararların alınması,
- Malzeme eksikliğinden kaynaklanacak sorunların giderilmesi,
- Makinelerin bozulmasına karşı oluşacak aksaklıkların giderilmesi gibi konularda kararlar alınır.

2.5.2 Orta Dönemli Planlama

Ana planlama olarak da tanımlanan orta dönem planlama, üç ay ile bir yıllık zaman aralığındaki dönemi kapsamaktadır. Bu planlama döneminde;

- Tahminler,
- Üretim planlaması,
- İşgücü planlaması,
- Satın alma planları,
- Dağıtım planları,

- Envanter amaçları,
- Üretim düzeyleri,
- İşgücü düzeyleri gibi konularda ön çalışmalar yapılmaktadır.

2.5.3 Uzun Dönemli Planlama

Bir işletmenin genel politikaları ve kaynak kısıtlarının belirlendiği, 1- 5 yıl arasındaki dönemi kapsayan planlama dönemidir. Uzun dönemli planlamada;

- Tahminler,
- Pazar araştırması,
- Tesisler,
- Kaynak planlaması,
- Üretim politikaları,
- Müşteri servisi politikaları,
- Dağıtım kanalları gibi konularda çalışmalar yapılmaktadır.

Üretim planlamasında istenilen hedeflere ulaşabilmek veya mevcut işlerin başarılı bir şekilde devamlılığını sağlayabilmek için aşağıdaki koşulların sağlanması önemlidir (Yelken ve Demir,1978).

Standart Zaman Ölçüleri: Üretim sürecinde işlemlerin ne kadar zamanda gerçekleşeceği bilinmiyorsa üretim planlamasının yapılması zorlaşır veya imkansız bir hale gelir. Üretim planlaması standart zaman ölçüleri bilinerek gerçekleştirilebilir.

Etkili Bilgi Toplama ve Akış Sistemi: Her birim veya fonksiyon diğer bölümler için tamamlayıcı niteliktedir. Bu sebeple birimler arasındaki koordinasyon oldukça önemlidir. Koordinasyonun tam olarak sağlanması ve gerekli kontrollerin yapılabilmesi için bölümler arasında sürekli bilgi akışının olması gerekmektedir.

Üst kademe yöneticileri: Bir sistemde yöneticiler olmadan planlamanın yapılması etkili değildir. Üst kademe yöneticilerin teşviki ve desteği olmadan hiçbir sistem kalıcı olmaz.

2.6 Üretim Programlama

Üretim programlama, hangi ürünün ne kadar ve ne zaman üretileceği, hangi işlemlerden geçeceği konularını kapsamaktadır. Programlar zorunlu olmadığı sürece değiştirilemez. Üretim planlama ve programlama üretim öncesi, üretim kontrol ise üretim sırasında ve sonrasındaki işlemleri kapsamaktadır (Doğan, b.t.).



BÖLÜM ÜÇ

KAPASİTE

İşletmecilikte kapasite, 1920'lerden başlayarak günümüze kadar önemi gittikçe artan konulardan biridir.

Genel olarak kapasite, üretim gücünü ya da bir mal veya hizmet üretebilmeyi belirten bir kavramdır. Bu kavram bir işletme için kullanılabilmekle beraber, her türlü makine ve canlılar için de kullanılmaktadır. İşletmeler açısından kapasite, belirli bir zaman içinde üretebileceği miktar veya değer anlamı taşımaktadır (Aksöz, 1999).

İşletme ekonomisinde birtakım koşulların etkisine bağlı olarak farklı kapasite tanım ve kavramları bulunan kapasite, işletmenin belirli bir zaman aralığında üretim faktörlerini kullanarak oluşturduğu üretim miktarıdır (Çonkar ve Özdemir, 2009).

Kapasite, üretim sisteminin pazara olan tepki hızını belirlemekle beraber, kaynakların verimliliğini, maliyet yapısını, stok politikalarını, insan gücünü, teknoloji düzeyini ve müşteriye verilecek hizmet düzeyini de belirlemektedir. Kapasite düzeyinin gereğinden fazla veya az olarak belirlenmesi bazı sorunlara neden olabilmektedir (Bulut, 2004).

Üretim faktörlerinden kaynaklı kısıtlılıklar kapasiteyi de etkiler ve sınırlar.

Kapasiteyi Etkileyen Faktörler	K A P A S İ T E	Kapasiteyi Sınırlandıran Faktörler
Fiziki faktörler Ürün faktörleri Üretim süreci faktörleri Üretim faaliyeti faktörleri İnsan faktörü		Hammadde ve malzeme İşgücü Finansman Pazar

Şekil 3.1 Kapasiteyi etkileyen faktörler (Gülerman,1976)

Kapasiteyi etkileyen ve sınırlayan faktörler;

- Arazi,
- Tesis,
- Makineler,
- Araç gereçler,
- İşgücü,
- Fason üretim,
- Haftalık çalışma (gün) sayısı,
- Günlük vardiya sayısı,
- Fazla mesai,
- İşgücü performansı,
- İşçi sürekliliği
- Makine ekipman bozulmaları,
- Fire ve tekrardan işleme şeklindedir (Tersine, 1988).

3.1 Kapasite Çeşitleri

3.1.1 Teorik (Maksimum) Kapasite

Üretimde herhangi bir sorun veya gecikme olmadan, imkanların en iyi şekilde ve tamamı kullanılarak işletmenin üretebileceği maksimum üretim miktarı veya üretim gücüdür. Örneğin; teorik kapasitesi 40.000 m²/yıl olduğu düşünülen bir dokuma tezgahının, bütün yıl aralıksız bir şekilde, tam donanımlı işçi ve yöneticilerle çalışarak üretebileceği kumaş miktarı anlaşılır. Ancak hiçbir işletmenin makine bakımı yapılmadan durmaksızın çalışması mümkün olmadığı için teorik kapasiteye ulaşmak her zaman mümkün olmamaktadır.

Makine bakım ve onarımları, işçilerin hastalık ve tedavi süreçleri, elektrik kesintileri veya satın almadaki gecikmeler ve işletme organizasyonunda oluşabilecek aksaklıklardan dolayı üretim %100 sağlanamaz. Teorik kapasite, işletmenin

kuruluşunda hedeflenen ve proje üzerinde gösterilen veya makine imalatında gösterilen kapasitedir (Aksöz, 1999).

3.1.2 Pratik (Normal) Kapasite

İşletme koşulları içerisinde oluşabilecek gecikmeler dikkate alınarak sağlanan üretim gücüdür. Pratik kapasite, olağan gecikmelerin teorik kapasiteden çıkartılmasıyla bulunur (Doğan, 2010).

Pratik kapasitenin bilinmesi;

- Hammadde, mamul ve yarı mamul stoklarının belirlenmesi,
- Üretim maliyetlerinin hesaplanmasında giderlerin dağılımı,
- İşletmeye karlılık sağlayacak üretim miktarını belirleme,
- Kısa ve uzun vadede fiyat politikasını belirleme,
- Maliyet düşürmeyi sağlayacak önlemleri almak,
- Normal kapasite ile çalışıldığında kar zarar miktarlarının belirlenmesi gibi hususlarda işletmeciye katkı sağlar (Aksöz, 1999).

3.1.3 Fiili (Gerçek) Kapasite

Fiili kapasite bir işletmenin üretim yaptığı herhangi bir dönemdeki gerçekleşen üretim miktarını ifade eder. Pratik kapasite ulaşılabilir üretim miktarını vermektedir ancak talebe bağlı olarak işletmenin pratik kapasitede çalışması beklenmeyebilir (Mucuk, 1998).

3.1.4 Atıl (Aylak) Kapasite

Atıl kapasite, pratik kapasitenin kullanılmayan kısmını oluşturmaktadır. İşletmenin üretim miktarı pratik (normal) kapasitenin altında olması durumunda oluşan aradaki fark atıl kapasitedir. Bu durum maliyetlerin yükselmesine, talebi arttırmak için fiyatların düşürülmesine, az karlı ürünlerin üretilmesine neden olabilir (Şimşek, 1998).

Talebin üretim karşısında yeterli olmaması, satış hacminin yetersizliği veya yönetimdeki aksaklıklar ve çalışma düzeni eksiklikleri sebebiyle pratik kapasitenin sadece bir kısmından yararlanılabilir. Normal kapasitenin faydalanılamayan kısmı aylak kapasiteyi oluşturur. Pratik (normal) kapasiteden aylak kapasite çıkartıldığında gerçek (fiili) kapasite bulunur. (Normal Kapasite – Atıl Kapasite = Gerçek Kapasite)

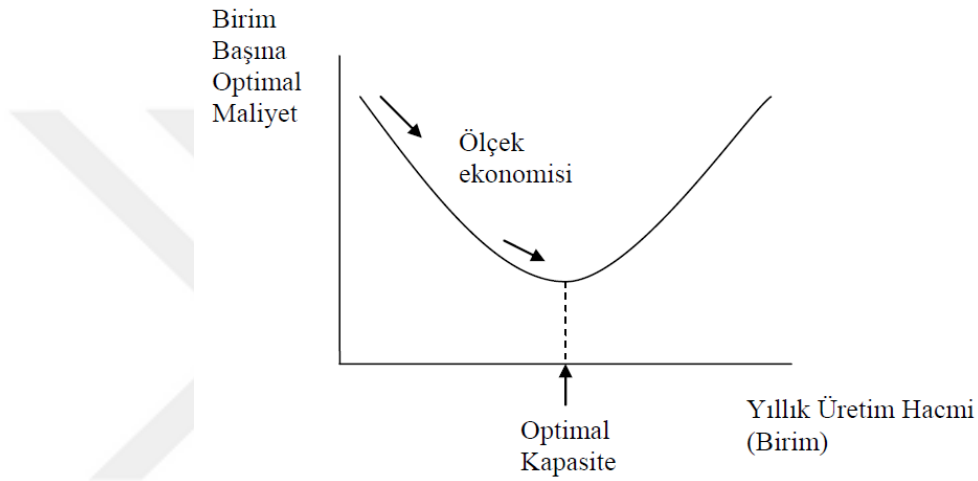
Atıl kapasite, işletmelerdeki üretim ve yönetimdeki aksaklıklardan meydana gelmektedir. Bu aksaklıklar;

- Talebin değerlendirilememesi,
- Sermaye yetersizliği,
- Ekonomik daralmalar,
- Makine ve ekipman bakım onarımının zamanında yapılmaması ve üretime uygun kullanılamaması,
- Hammadde ve malzemenin iyi kalitede olmayışı ve zamanında temin edilmemiş olması,
- Çalışma saatlerinin iyi ayarlanamaması,
- Üretim programının düzensizliği,
- İşletme içi kademelerdeki bilgi alışverişi sıkıntıları,
- Üretimdeki uygulayıcıların plan ve programı yanlış anlaması,
- Yöneticilerin rakip firmaları yetersiz takibi,
- Yeni kanun ve kararların izlenememesi gibi nedenlerdir. Bu nedenlerden dolayı işletmelerde atıl kapasite oranı artmaktadır (Aksöz, 1999).

3.1.5 Optimum (Ekonomik) Kapasite

Bir işletmenin en az maliyetle üretebileceği ürün miktarıdır. İşletmenin temel amaçlarından biri maliyetlerin en aza indirilebilmesidir. Optimum kapasite, ortalama maliyetin en düşük olduğu üretim seviyesine ait kapasitedir. İşletme ekonomisinde optimum kapasite ekonomik kapasite ile eş anlamlı olarak kullanılır (Aksöz, 1999).

Bir işletmede üretim hacminin artmasıyla birim maliyetlerde düşüş gözlemlenir. Bu düşüş sabit maliyetlerin daha çok üretilen ürünlere dağılmasından ve üretimdeki artışa bağlı olarak makine kullanımına bağlı maliyetlerdeki azalma ve diğer tasarruflardan (ölçek ekonomileri) kaynaklanmaktadır. Birim maliyetlerdeki düşüş en iyi faaliyet (optimal kapasite) noktasına kadar devam etmekte, bu düzeyden sonra maliyetlerde artış başlamaktadır. Optimum kapasite düzeyinden fazla üretim yapmak tasarruf edilen avantajları ortadan kaldırmaktadır. (Üreten, 2004).



Şekil 3.2 Ölçek ekonomileri ve optimal kapasite (Üreten, 2004)

İşletmenin ortalama maliyeti optimal kapasitenin en önemli belirleyicisidir. Finansal imkanların ve talebin sınırsız olduğu düşünülen bir işletmede sonsuz kapasite alternatifi vardır. Tesisin büyüklüğü, makine türleri ve adeti ve finansal kaynaklar üretimde sınırlama getirdiği için işletmede kapasite sınırlıdır (Çonkar ve Özdemir, 2009).

İşletme büyüklüğü optimum seviyede olmasa dahi, her işletmenin ortalama maliyetlerinin asgari düzeyde olduğu üretim miktarı bulunmaktadır. Bu üretim miktarı optimum kapasiteyi gösterir.

Uygulamada; ortalama maliyetler yatırım ve işletme giderlerinden faydalanılarak hesaplanmakta ve en düşüğü seçilerek optimum kapasite belirlenmekle beraber

üretim yapan fabrikaların kapasiteleri incelenerek de belirlenebilir. Optimum kapasitenin belirlenmesine ait örnek Tablo 3.1'deki gibidir:

Tablo 3.1 Kapasite maliyetleri (Aksöz, 1999)

KAPASİTE (İĞ)	TOPLAM YATIRIM (milyon TL)	TOPLAM ÜRETİM GİDERLERİ (milyon TL)	ÜRETİM MİKTARI (ton)	BİRİM BAŞINA ORT.TOPLAM MALİYET (TL)
10.368	1400	7403	1100	673
20736	2700	1300	2300	565
31104	3900	1900	3500	543
41472	5200	2500	4600	543
51840	6500	3100	5800	534
62208	7800	3600	6900	522
72576	9100	4300	8100	531

Yukarıdaki tabloya göre birim başına düşen en az ortalama maliyet altıncı sırada gösterilen 62.208 iğlik olduğu için bu kapasite optimum kapasitedir (Aksöz,1999).

3.1.6 Minumum Kapasite

İşletmenin zarar etmeden sahip olduğu üretim gücüdür. Kar ve zararın olmadığı üretim kapasitesidir.

3.1.7 İşletme Kapasitesi

İşletmenin bütünü oluşturulan birimlerin tamamının üretim gücüne denir.

3.2 Kapasite Planlama

Kapasite planlaması, mevcut olan makine ve insan gücünün kapasite ve nitelik açısından hedeflenen üretim miktarını sağlayacak düzeye getirilmesidir (Kobu, 2013).

Kapasite planlaması üretilecek ürünün talebiyle ve tahmin edilen taleple bağlantılıdır. Bu sebeple talep tahmini planlamada ilk aşamadır. Kapasite planlamasının amacı “ne kadar üretilecek” sorusuna yanıt bulabilmektir. İşletmenin üretim hızı ve stok politikası kapasite planlamasını etkilediği için tutarlı bir planlamada üretim hızı, optimum kapasite maliyetlerinin sağlandığı üretim miktarları düzeyinde olmalıdır. Planlama, sağlam verilere dayanarak ve ciddi ekonomik analizlerle değerlendirilerek yapılmalıdır (Chase ve Aquilano, 1995).

Bir işletme üretim miktarını arttırma veya yeni bir ürün üretme kararı aldığında ilk önce yapılması gereken kapasite planlamasıdır. Var olan kapasite değerlendirilmesinin ardından, ilave makine ve bina gerekliliği saptanıp, tezgah yerleştirme ve süreç teknolojisi belirlenir (Doğruer,2005).

Kapasite planlaması; kapasitenin türü, miktarı ve ne zaman ihtiyaç olacağıyla ilgili kararların verilme sürecidir. Kapasite seçimi düzenli veya düzensiz olabilmektedir. Makine teçhizattaki teknolojik gelişmeler işletmeler arası rekabet gücü açısından önemlidir (Doğruer, 2005).

Kapasite değişikliği sürecinde miktar ve zaman bakımından verilecek kararların düzenli bir zaman aralığında verilmesi fayda sağlamaktadır. Bu zaman aralığında;

- Mevcut kapasitenin belirlenmesi
- Kısa ve uzun dönemli kapasite ihtiyaçlarının tahmini
- Alternatif olabilecek kapasitelerin değerlendirilmesi
- Gelecek dönemler için kapasite ihtiyacının hesaplanması ve alternatiflerinin saptanması gibi konular değerlendirilmektedir (Üreten, 2004).

3.3 Kapasite Ölçümü

Fabrikaların üretim kapasitelerini; çıktı ve girdi miktarlarıyla ölçümü mümkündür. Birim zaman başına elde edilen üründen çıktı miktarı elde edilir. Örneğin;

- Ton/ay,
- Parça/dakika,
- Ünite/saat.

Kapasitenin girdi miktarıyla ölçümü ise talebi karşılama şekli eldeki kaynakların miktarına bağlı olduğundan dolayı genellikle hizmet sektöründe görülmektedir. Hastanelerdeki veya otellerdeki yatak sayısı örnek olarak gösterilebilir (Doğan, b.t.).

Kapasite hesaplaması yanlış yapıldığı takdirde üretimde duraklama, yığılma ve aksamalar olabileceğinden, kapasite hesabının doğru yapılması oldukça önemlidir. Plan ve programların istenilen doğrultuda işlemesi için kapasite hesaplarının sağlam temelli yapılması zorunludur (Yamak, 1994).

Tablo 3.2 Farklı tip organizasyonlarda kapasite ölçüleri (Doğruer, 2005)

İŞLETME	ÖLÇÜM
Otomobil fabrikası Çelik fabrikası Meşrubat fabrikası Elektrik şirketi Doğalgaz şirketi	ÇIKTI Otomobil sayısı Ton olarak çelik Litre olarak meşrubatı Mega watt olarak elektrik Milyar m ³ olarak doğalgaz GİRDİ Varil benzin, mazot Koltuk sayısı, yılda taşınan yolcu sayısı Yatak sayısı Yatak sayısı İşçilik ve/veya makine saatleri Vitrin veya satış alanı Koltuk sayısı Sandalye veya masa sayısı Öğrenci veya öğretim elemanı sayısı m ² veya m ³ depolama alanı
Petrol rafinerisi Havayolu işletmesi Hastane Otel Atölye Tüccar Tiyatro/sinema Restoran Üniversite Ambar	

3.4 Makine ve İnsan Gücü Kapasitesi

Kapasite planlaması yapılacak olan işletmelerde makine ve insan gücü kapasiteleri birbirinden bağımsız olarak hesaplanmaktadır. Sermaye yoğun sanayi işletmelerinde makine kullanımı yüksek olduğundan insan gücü kapasitesi makine kapasitesine göre ayarlanmaktadır. Emek yoğun sanayi işletmelerinde ise tam tersi olarak makine kapasitesi insan gücü kapasitesine göre düzenlenmektedir. Fakat bilgisayara dayalı tasarım (CAD) ve bilgisayara dayalı üretim (CAM) sistemlerinden yararlanılarak makine ve insan gücü kapasiteleri birlikte dizayn edilmektedir. Gelişen teknolojiler ve robotların üretimde kullanılmasıyla beraber sanayi işletmeleri insan gücü kapasitesi yerine yüksek teknoloji makinaları kullanmayı tercih etmektedir (Bulut, 2004).

3.4.1 Makine Kapasitesi

Üretim programları düzenlemesinde fabrikadaki makinelerin teorik (maksimum) ve fiilli kapasitelerinin bilinmesi gerekmektedir. Çalışma hızı, güvenilirlik ve dayanıklılık gibi ölçülerle bir makinenin teorik (maksimum) kapasitesi hesaplanabilmektedir. Makinelerin işgücü performanslarının farklı olması, iş akışı içerisinde birbirlerine bağlı olarak çalışmaları, tamir bakım gerektiren süreçlerin olması makine kapasitesini etkilemektedir (Kobu, 1994).

Bir işletmede birden fazla ve çeşitli türde makineler kullanılabilir. Normal (pratik) kapasitede çalışması düşünülen bu makineler arasında iş akışına uygun olarak bir uyum sağlamak gerekmektedir. Örneğin bir fabrikada kapasiteleri farklı 3 birim bulunmakta ve günlük üretim kapasiteleri; I= 7000, II= 4000, III= 8000 birim olduğu hesaplandığında, fabrikanın üretim kapasitesini üretim gücü en az olan II. makine belirler. Ancak bu durumda II. makine, I. makinenin ürettiği ürünün 3000 birimini işleyemeyecek ve III. makineyi de besleyemeyeceği için, I. ve II. makinelerde aylak kapasite meydana gelir ve üretim yapan bu makineler işletme içi kapasite dengesizliğine neden olur. Bu sorun talep durumu uygun koşulda olduğunda II. makineden bir tane daha alınarak üretim gücü 8000 birime yükseltilir ve I. makinenin

alışmasını arttırarak denge sağlanmaya çalışılır. Finansman ve diğer nedenlere bağlı olarak yeni bir makinen alınması durumu söz konusu olmadığında daha düşük kapasiteli makineler de alternatif olarak seçilebilir (Aksöz, 1999).

3.4.2 İnsan Gücü Kapasitesi

İşletmelerde; talep, makine kapasitesi, insan gücü planlaması, personel politikası, zaman standartları ve finansal kaynaklar gibi faktörler dikkate alınarak insan gücü kapasite planlaması yapılmaktadır. Üretilen mal ve hizmete olan talep, insan gücü planlamasını belirlemekte ve diğer faktörler de talebe göre şekillenmektedir. İşçi sayısı, çalışma süresi ve eşdeğer mamul miktarı insan gücü kapasite hesaplamasında ölçü birimi olarak değerlendirilmektedir (zgen, 1987).

Farklı mamuller üreten bir fabrikada, talep tahminleri dikkate alınarak üretim süreleri ve işgücü ihtiyaı hesaplanabilmektedir. Örneğin 3 çeşit mal üretilen bir işletmede;

A= 18 saatte 300 birim,

B= 16 saatte 100 birim,

C= 20 saatte 400 birim üretildiği düşünüldüğünde, işçi kapasitesi hesaplamak için öncelikle birim imalat süreleri en küçük süreye (B=16) bölünerek eşdeğer mamul miktarı bulunmaktadır.

A=> $18/16= 1,13$

B=> $16/16= 1$

C=> $20/16= 1,25$ bu oranlar talep miktarıyla çarpılarak üretilebilecek miktar bulunur.

$(1,13 \times 300) + (1 \times 100) + (1,25 \times 400) = 999$

Sonuç değerlendirildiğinde; her üç üründen istenilen miktarda imalatla bulunmak için B malından 999 birim üretebilecek işgücüne ihtiyaç vardır. İşçilik saati kapasitesi de B malının üretimi için 16 saat işçilik gerektirdiğinden;

$16 \times 999 = 15984$ saat olur.

İşletme, işgücü ihtiyacını yıl içinde değişmeden sürdürmek için; fazla mesai, vardiya sayısını arttırma, stoklama, geçici işçi çalıştırma, dalgalanma gösterebilecek işlerin bir bölümünü dışarıda yaptırma gibi yolları deneyebilmektedir (Aksöz, 1999).

3.5 Talep ve Kapasite

Kapasiteyi belirleyen etmenlerden biri de taleptir. Talep, mevsimsel veya ülkenin ekonomik yapısının yükselme ve alçalma yönündeki inişli çıkışlı dalgalanma hareketlerine göre de farklılık gösterebilir. Bu dalgalanma yanlış talep tahminlerine bağlı olarak kapasitede dengesizlik meydana getirebilir. Bu dengesizliğe işletme dışı kapasite dengesizliği denmektedir. İşletmenin kuruluşu esnasında yapılan yanlış talep tahminlerinden de aynı sorun doğar (Aksöz, 1999).

3.6 Kapasite Ölçümünde Kullanılan Terimler

Sistem Etkinliği (Çalışma Derecesi): Fiili kapasitenin, pratik kapasiteye oranlanmasıyla hesaplanmaktadır.

$$Sistem Etkinliği = \frac{Fiili (gerçek)Kapasite}{Pratik (normal)Kapasite} \quad (1.1)$$

Kapasite Kullanım Oranı: Fiili kapasitenin teorik kapasiteye bölünmesiyle elde edilen sonucun yüzde olarak derecelendirildiği orandır.

$$Kapasite Kullanım Oranı = \frac{Fiili Kapasite}{Teorik Kapasite} \quad (1.2)$$

Sonuç %100 olduğunda üretim programının başarılı bir şekilde uygulandığı anlaşılmaktadır (Cemalcılar, Bayar, Aşkun ve Öz-Alp, 1993).

En İyi İşletim Düzeyi: Bir fabrikanın sahip olduğu kapasitenin, o fabrikanın günlük en yüksek veya 6 aylık ortalaması olup olmadığı bilinmemektedir. “En iyi işletim düzeyi” kavramı bu sorundan kaçınmak için kullanılan bir terimdir.

Tasarlanan bir işlemin minimum ortalama birim maliyetteki çıktı miktarını ifade etmektedir (Chase ve Aquilano,1981).

Dinlenme ve Dağılım Süreleri: Dinlenme süresi, üretim veya hizmet sürecinde çalışanların dinlenmeleri için gerekli zaman dilimlerinin tamamıdır. Dağılım süresi ise üretim veya hizmet sürecinde meydana gelen plansız faaliyetler ve ara verme zamanlarının tamamıdır (Emre, 2009).

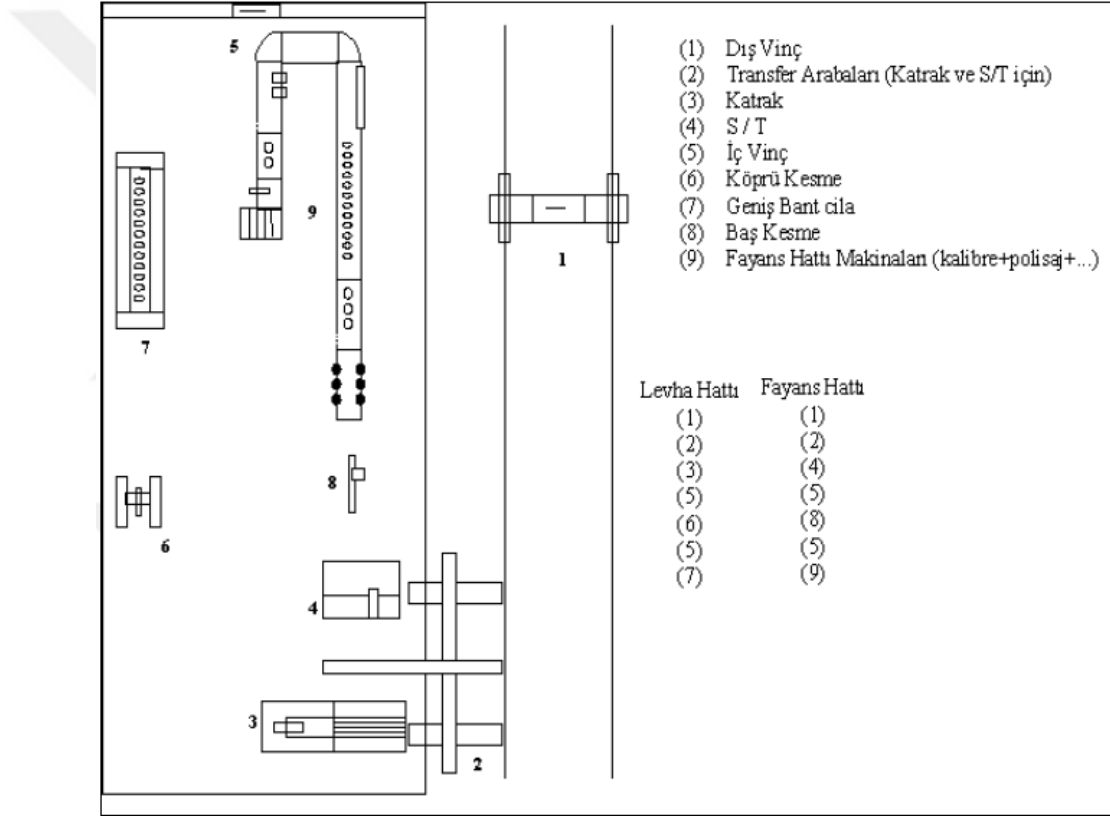


BÖLÜM DÖRT

MERMER FABRİKALARI

4.1 Mermer Fabrikaları

Mermer fabrikaları, mermer ocaklarında üretilen blok mermerlerin kesilip boyutlandırılarak parlatılıp cilalandığı tesislerdir. İşletmenin amacına göre yalnız levha üreten, yalnız plaka üreten veya her ikisini de üretebilen fabrikalar vardır (Karaca, 1997).



Şekil 4.1 Mermer fabrikalarının şematik görünümü (Deliormanlı, 2000)

Ocaklarda ham blokların seçilmesiyle başlayan mermer fabrikalarının üretim sisteminde işletmeler, ham blokları kendi ocaklarından veya başka ocaklardan satın alma yoluyla temin ederler. Blokların kalitesiyle ilgili üretim sürecinde değiştirmek mümkün olmadığı için, bu aşamada blok seçimi oldukça önemlidir. Ocaklardan

alınan bloklar fabrikanın stok sahasında stoklanarak kesim sürecine hazırlanır. Kesim öncesi süreçte ilk adım kesim hattının belirlenmesidir (Akkoyun ve Ankara, 2007).

4.2 Mermer Fabrikalarının Kuruluş Yeri Seçimini Etkileyen Faktörler

Yapılacak olan üretim veya pazarlama faaliyetlerinin yeri belirlenirken özellikle maliyet üstünlüğü sağlayacak olan her şey kuruluş yeri seçiminin en önemli faktörleridir. Bu faktörler dikkate alınırken; hammadde temini, ulaştırma ve satış lojistiği maliyetleri hesaplanarak üretim maliyetlerinin düşürülüp karlılığın ve rekabet seviyesinin yükseltilmesi amaçlanmaktadır. En uygun kuruluş yeri seçiminde, işletmenin en az maliyet ve en yüksek gelir sağlayabileceği yerin belirlenmesine çalışılır (Doğan, 2010).

Mermer fabrikalarının kuruluş yeri seçimini etkileyen faktörler;

- Ekonomik faktörler,
- Doğal faktörler,
- Sosyal faktörler
- Politik, fizyolojik ve psikolojik faktörlerdir.

4.2.1 Ekonomik Faktörler

4.2.1.1 Hammadde Kaynaklarına Olan Mesafe

Mermer ocaklarının fabrikaya mesafesi, hammaddenin (mermer bloklarının) fabrikaya ulaşmasında süre ve taşıma maliyetleri açısından önemi büyüktür. Mermer ocağına uzak mesafede kurulan bir fabrikanın taşıma maliyetleri, taşımacılık, yüke ve bozuk yollara bağlı yakıt sarfıyatı, yük taşıma kapasitesi ve tonaj sınırlamalarına bağlı olarak artış gösterecektir. Bu durumda ürünün birim maliyeti yükselecek buna bağlı olarak da işletmenin rekabet gücü düşecektir (Onargan, Köse ve Deliormanlı, 2005).

4.2.1.2 Pazara Olan Mesafe

Mermer fabrikaları ile pazar arasındaki uzaklık taşıma maliyetlerini arttırarak ürün fiyatını etkiler. Aynı zamanda pazara olan mesafe tüketici açısından seçilebilirliği arttırdığı için mermer fabrikasının pazara yakın alanda kurulması ve en büyük pazarın da dışsatım pazarı olduğu düşünülürse, fabrikaların limanlara yakın bölgelerde kurulması da oldukça önemlidir (Onargan ve diğer., 2005).

4.2.1.3.Sermaye

Bir tesisin işletmeye açık hale gelmesi için, yatırım fikrinin oluşmasından itibaren fabrikanın kurulabilmesi için ihtiyaç duyulan ve gerekli olan mal ve hizmet alımının tamamı sabit sermaye yatırım harcamalarını oluşturmaktadır (Çonkar ve Özdemir, 2009).

Fabrikanın kuruluş yeri seçiminde arsa, inşaat, bina, makineler, su, enerji, iç ve bağlantı yolları, taşıma araçları ve demirbaşlar gibi harcamalar sabit sermaye kapsamındaki giderlerdir.

4.2.1.4 Elektrik

Mermer fabrikaları için gerekli olan 15800 V veya 34500 V'luk elektrik enerjisi yüksek gerilim hatlarından elde edilmektedir. Makinelerde mekanik arızalara ve buna bağlı üretim aksamalarına neden olmamak için kullanılacak enerjinin voltaj gücündeki iniş çıkışlardan korunmuş olması gerekmektedir (Onargan ve diğer., 2005).

4.2.1.5 Su

Mermer fabrikaları için çok önemli bir yeri olan su, kesme ve parlatma işlemleri sırasında kesilen yüzeye verilerek bu işlemlerde kullanılan kesici ve aşındırıcı malzemelerin ömrünü uzatmakta ve kesilen parçaların kesme yüzeyinden

uzaklaştırmaktadır. Fabrika yeri seçiminde su kaynakları dikkate alınmak zorundadır (Deliormanlı, 2000).

4.2.1.6 Yerleşim Yeri

Mermer kesme ve işleme tesislerinin yoğun olduğu yerlerin tercih edilmesi daha kolay müşteri edinebilmek, teknik ve uzman kişilere daha kolay ulaşabilmek, ihtiyaç duyulan malzeme ve yedek parçaları daha kolay temin edebilmek açısından önemlidir (Deliormanlı, 2000).

4.2.2 Doğal Faktörler

4.2.2.1 İklim ve Arazi Yapısı

Mermer fabrikasının kurulacağı bölgeyi seçerken iklim ve arazi yapısını dikkate almak gereklidir. Özellikle kış aylarının soğuk geçtiği bölgelerde su şebekesinde ciddi sorunlar yaşanabilir. Arazi yapısı, ısı farklılıkları, heyelan ve sel tehlikesi içermemesi, deprem kuşağında olup olmaması kara vermede etkindir.

4.2.3 Sosyal Faktörler

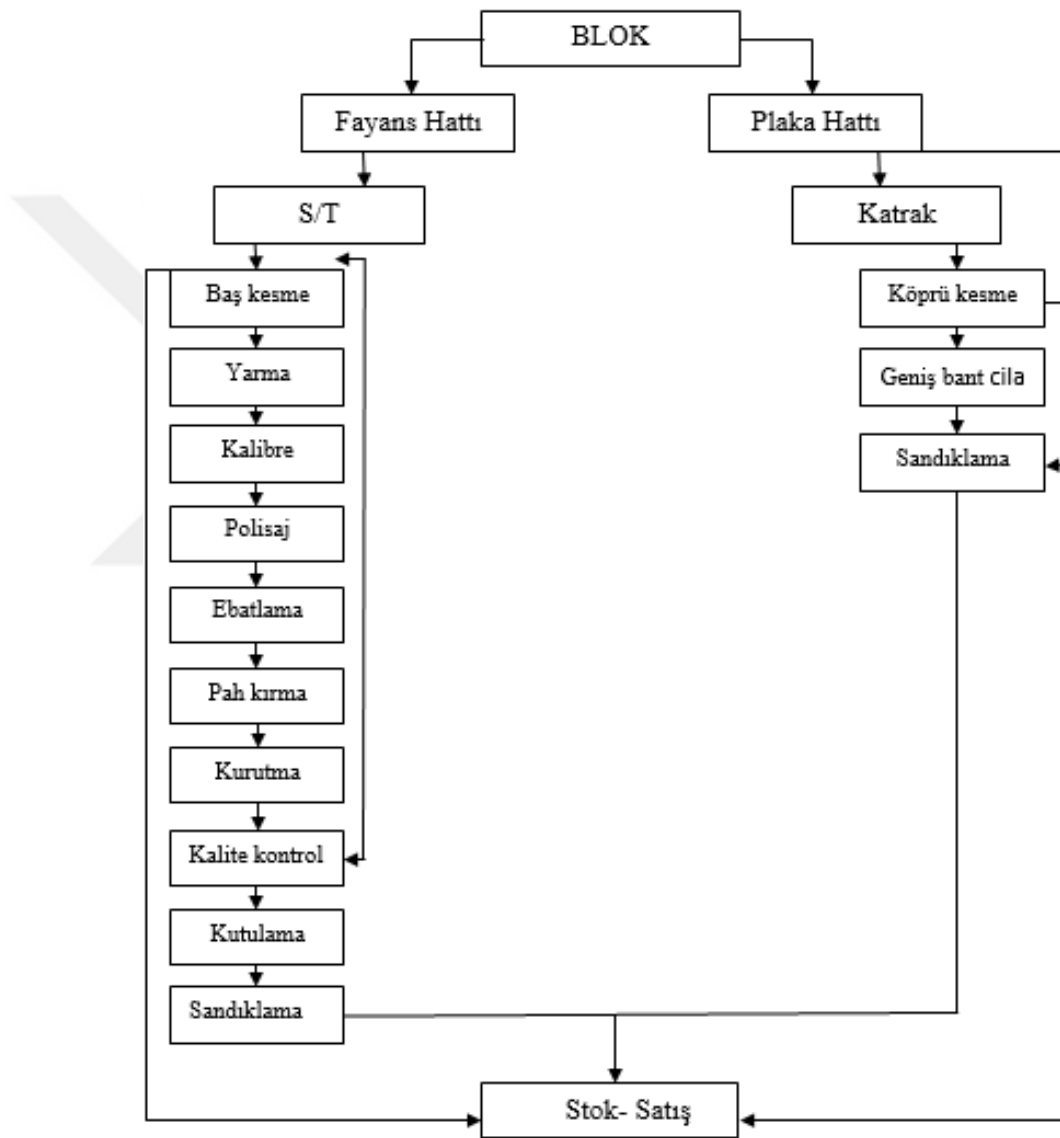
Fabrikanın kurulması düşünülen yerin çevresinde yaşayan toplum, hava kirliliği, suya zarar verilebileceği, gürültü gibi nedenlerle fabrikanın kurulmasına karşı koyabilir. Karar vermede toplumsal değerler de göz önüne alınmalıdır (Doğan, 2010).

4.2.4 Politik, Fizyolojik ve Psikolojik Faktörler

Devlet, fabrikaların belirli yerlerde kurulmasını öngörebilir. Bunun için çeşitli teşvik, vergi indirim veya muafiyeti uygun görebilir. Girişimcinin de ülkenin belirli bir bölgesine duyduğu yakınlık da yer seçiminde etkisi olabilir. (Doğan, 2010).

4.3 Mermer Fabrikalarında Kullanılan Makineler

Mermer fabrikalarında levha (plaka) ve fayans olmak üzere iki üretim bandı bulunmaktadır. Levha (plaka) hattında genellikle banko, şömine, masa ve sehpa yapımında kullanılmak üzere üretim gerçekleştirilmektedir. Fayans hattında ise döşemelik yapı malzemesi üretilmektedir.



Şekil 4.2 Üretim prosesleri gösterimi (Onargan ve diğer., 2005)

4.3.1 Levha (Plaka) Hattı Makineleri

Levha üretim hattında yüksek miktar ve hızda üretim yapılmaktadır. Bloğun yukarıdan aşağıya doğru kesilmesiyle levha (plaka) elde edilir. Levha üretim hattını oluşturan makineler;

- Katraklar,
- Köprü kesme makineleri,
- Geniş bant cila (plaka silim) makineleridir.

4.3.1.1 Katraklar

Mermer bloklarını levhalar şeklinde kesimini sağlayan makinelerdir. Bir tahrik motoru, motorun çevirdiği bir kasnak, kasnağın bağlı olduğu kollar aracılığıyla ortalama $\leftarrow 50\text{cm}$, $50\text{cm} \rightarrow$ ileri geri hareket eden lamalar ve lamaların üzerinde bulunan elmas soketlerden oluşmaktadır (Karaca, 1997).

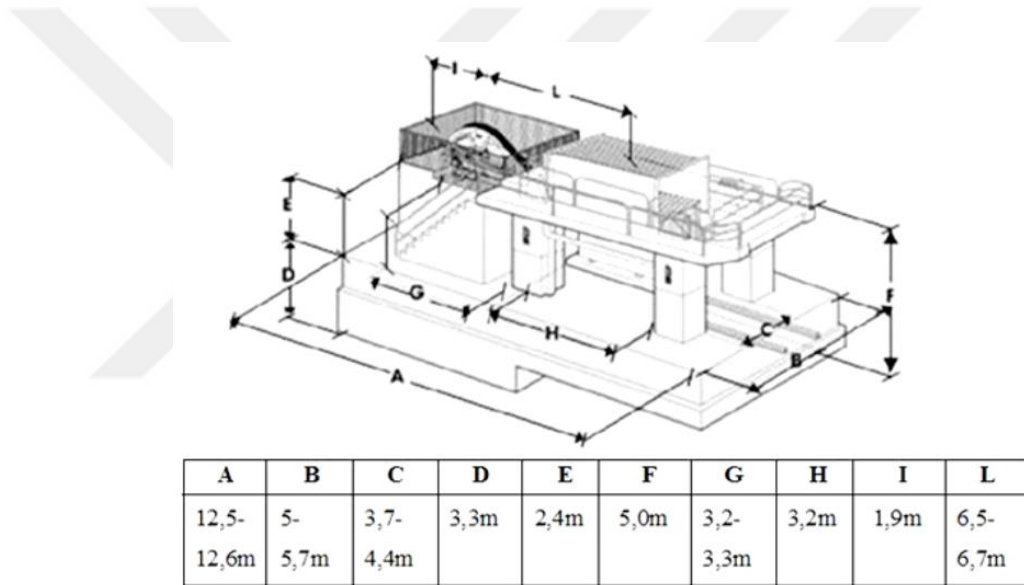
Katraklar lama sayısına göre 35'lik, 40'lık, 60'lık, 70'lik gibi adlandırılırlar. Lamalar kesme yükünü alan parçalardır. Çelik ya da elmaslı lamalarla kesim işlemi gerçekleştirilmektedir. Çelik lamalarla kesim yapıldığında kesim esnasında su ile birlikte silis kumu gerekmektedir. Sert taş kesiminde ise (granit, bazalt vb) su ve metal granülle beslemek gerekir. Kesme işi, lamaların üzerlerinde bulunan soketler yardımıyla gerçekleşmektedir. Soketler kesilecek olan mermerin cinsine göre değişmektedir. Soketler; yumuşak (soft), orta sertlikte (medium hard) ve sert (hard) şeklinde olmak üzere piyasada bulunmaktadır (Onargan ve diğer., 2005).

Kesilecek malzemenin birim kesim kalınlığı, makinenin kesme özelliğine göre değişiklik gösterdiği için oldukça önemlidir. Birim kesim kalınlığının bilinmesi kesici uç dizaynı ve kesim hızlarının belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır (Tönshoff ve Warnecke, 1982).

4.3.1.1.1 Çelik Lamalı Katraklar. Kesilecek olan mermerin kalınlığına ve sertliğine göre kesim kapasiteleri değişmektedir. Kesim işlemine yardımcı olarak

Kapalı kasa katraklarda blok arabası makineye ön taraftan alınır. 40'dan fazla lamaya sahiptir. Plaka kalitesi diğer modellere göre daha iyidir. Ortalama su ihtiyacı 720lt/ dk'dır (Deliormanlı, 2000).

4.3.1.1.4 Araba Hareketli Katraklar. Kesim sırasında blok arabası yukarıya doğru hareket ederek kesim işlemi gerçekleşir. Bu özelliği, diğer makinelerden ayıran en büyük farkıdır. Blok arabası genellikle ön taraftan makine içerisine alınmaktadır. Araba hareketli katraklar genellikle 60'lık ve 70'lik olarak imal edilmektedir. Kesim hızı ve plaka kalitesi daha fazladır. Su ihtiyacı 700lt/dk civarındadır (Onargan ve diğer., 2005).



Şekil 4.4 Elmas soketli araba hareketli katraklar (Onargan ve diğer., 2005)

4.3.1.1.5 Katraklarda Kesme Verimini Etkileyen Faktörler. Mermer fabrikalarında kullanılan çalışma sistemleri aynı olan farklı katrak modelleri mevcuttur. Katraklar köşelerinde bulunan mafsallar yardımıyla ileri geri hareket yaparak kesim işlemini gerçekleştiren makinelerdir. Şaselerinin iki ucundan hidrolik sistemlerle gerdirilmiş şekilde bulunan lamaların sayılarıyla adlandırılmaktadırlar. Tahrik motorunun volan kayış sistemiyle volan üzerindeki mafsallara tahrik vermesiyle tüm şaseyi ileri geri hareket ettirerek lamalarla kesim işlemini gerçekleştirmektedir (Deliormanlı, 2000).

Katraklar, blokların ürün haline getirilme sürecinde önemli bir yere sahiptirler. Plaka kesiminde katrakların verimli şekilde kullanılabilmesi işletmeye büyük katkılar sağlayabilmektedir (Deliormanlı, 2000).

Kesici uçların aralıkları, soket yapısı, kesme hızı, blok boyutu, su miktarı ve basıncı, kalifiye eleman, tamir ve bakım faktörleri katraklarda kesim verimini etkilemektedir.

Onargan (1997)' ye göre katraklarda kesim verimini etkileyen parametreler;

Mermerin özelliği: Mermer yapı bakımından belirli bir sertlikte, çatlakları, damarları ve boşlukları olabilen özelliklere sahiptir. Kesilecek mermerin bu özellikleri belirlenerek kesim parametreleri bu doğrultuda ayarlanmalıdır. Bloğun katrağa verilış yönü ve biçimi de kesim verimini oldukça etkili olduğundan, kesim yönü markalama sürecinde belirtilmelidir.

Kesici Uç Aralıkları: Lamaların sökülerek soketlerin kaynatılıp tekrar lama ayarlarının yapılması iş yükü ve zaman kaybı olduğundan, soket seçiminde piyasada uzun ömürlü olarak temin edilebilen soketler tercih edilmelidir. Lamaların çerçeveye iki veya üç bıçaklı olarak eşit olmayan şekilde dizilimi bıçakların titreşimini azaltmakta, bıçak ömrünü arttırmaktadır. Soketler arası mesafenin 10-15 cm arası olarak ayarlanarak monte edildiğinde en iyi kesme verimi sağlanmaktadır. Lamalar üzerindeki bütün soketlerin kesme işlemi yapması ölçüt alınmalıdır.

Kesme Hızı: Taşın katrağa girişinde, taşın üst yüzeyindeki pürüzlerin soketler üzerine yüksek basınçla etki etmemesi ve katraktan çıkış aşamasında bloğun altı kısmında yine basınçtan dolayı çatlama kırılma olmaması için yükün ve kesme hızının azaltılması gerekmektedir.

Katraklarda dakikadaki devir sayısı (strok) 102 olması durumunda en yüksek verimin elde edildiği tespit edilmiştir (Demirocak, 2003). Makine imalatçıları ise strok sayısını 90-95 civarında önermektedir.

Blok boyutu: Lamaların altına en uygun şekilde girebilecek en yüksek ebatta blokların kullanılması gerekmektedir. İstenilen boyutlarda blok bulunamaması durumunda monolamalarda düzeltilmiş birden fazla blok kullanılarak kesme işlemi yapılabilmektedir.

Su miktarı ve basıncı: Kesme işleminde su soğutmayı ve taşın yüzeyinde kesmeye bağlı oluşan tozların temizlenmesini sağlayarak kesme verimini arttırmaktadır. Su basıncını yüksek miktarda tutarak soketler üzerine değişik yönlerden ve aynı miktarda gelmesi de kesim verimine katkı sağlamaktadır.

Kalifiye Eleman: Fabrikada sektörün ihtiyaç duyduğu kalifiye eleman çalıştırılması malzeme ve ekipmanın en iyi şekilde kullanılarak verimliliğin artırılması bakımından oldukça önemlidir.

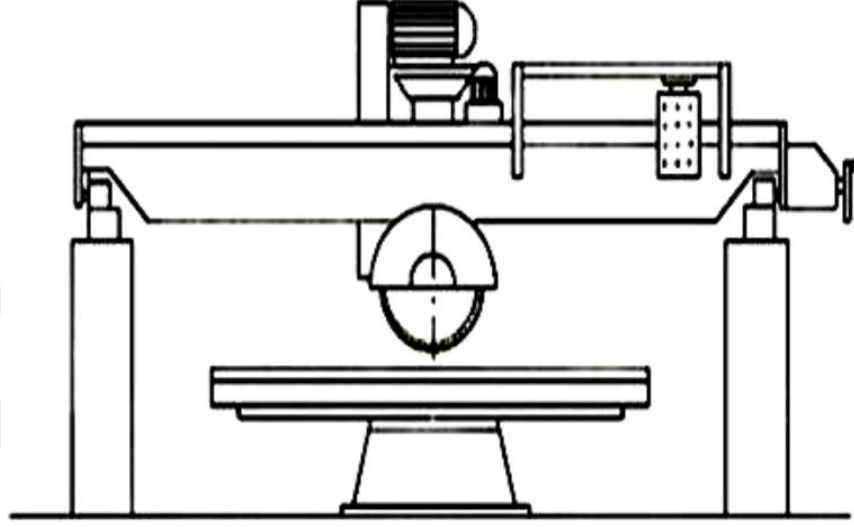
Makinelerin Bakım ve Onarımı: Makine performansının ve ömrünün yüksek olması için, bakım işlerinin periyodik bir şekilde titizlikle yapılması gerekmektedir. Parça maliyetlerinin yüksek olduğu hesaplandığında, bu makinelerdeki bakım ve yedek parça değiştirme işleminin, tüm kesme zamanının %10'unu geçmeyecek şekilde ayarlanması gerekmektedir.

4.3.1.2 Köprü Kesme Makineleri

Plakaların katraktan çıktıktan sonra ebatlanması ve geniş bant cila makinelerine gitmeden önce kenarlarının düzeltilmesi işlemini gerçekleştiren makinelerdir (Karaca, 1997).

Köprü kesme makineleri sağa sola hareketli bir kolon üzerinde bulunan ileri geri hareketli kesici bir gövdeden oluşmaktadır. Mermer plakaları yatay olarak 360 derece dönebilen bir tabla üzerine yerleştirilerek istenilen boyuta getirilebilmektedir. Kesici olarak 300-600 mm arası dairesel testereleler kullanılmakta olup 450 mm'likler tercih edilmektedir. Bıçak ve tabla hareketli köprü kesme olarak iki türü bulunmaktadır (Onargan ve diğer., 2005).

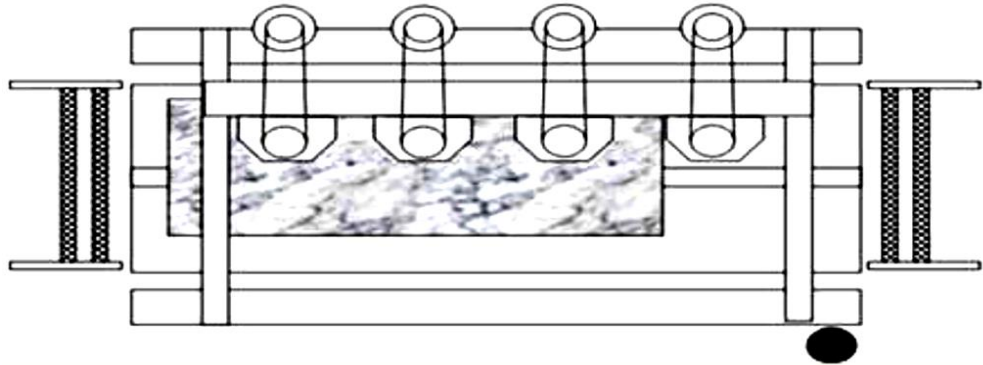
Bıçak hareketli köprü kesme makinelerinde aşağı yukarı yönde hidrolik sistemle kesici gövde hareket ederken tabla seviyesi değişmemektedir. Tabla hareketlilerde ise bıçak sabitken tabla hareket ettirilerek kesim sağlanmaktadır (Onargan ve diğer., 2005).



Şekil 4.5 Bıçak hareketli köprü kesme makinesi (Onargan ve diğer., 2005)

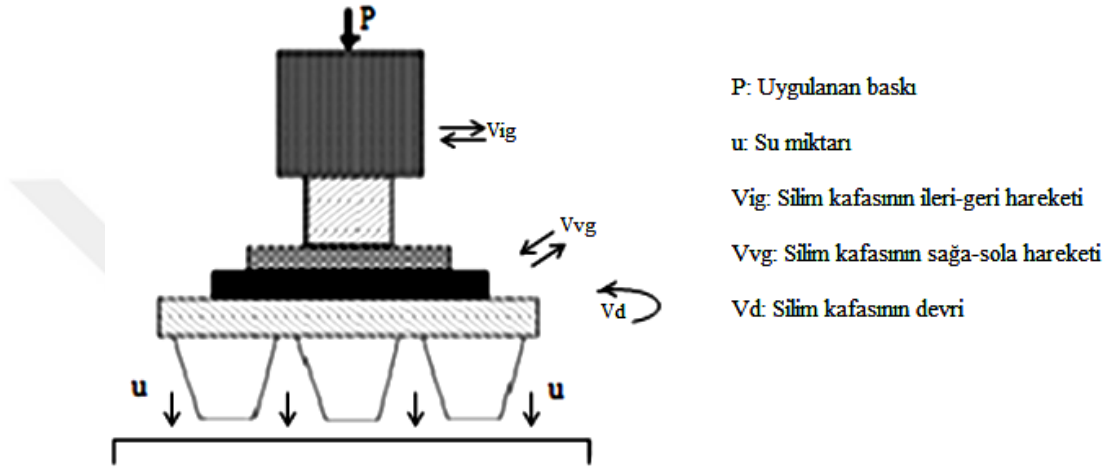
4.3.1.3 Geniş Bant Cila Makineleri

Köprü kesme makinelerinde kenarları düzeltilen plakalardaki kalınlık farklılıklarının ve yüzey pürüzlerinin giderilmesi için kullanılan makinelerdir. Bant genişlikleri 80cm-200cm arasında değişmekte olup, ideal genişlik 200cm olarak kabul edilmektedir. 60cm ve üzeri genişlikte olan ürünler cilalanmaktadır (Deliormanlı, 2000).



Şekil 4.6 Geniş bant cila makinesi (Onargan ve diğer., 2005)

Geniş bant cila makinelerinde kalibre için abrasivler kullanılmaktadır. Katraktan çıkan plakalarda oluşan kalınlık farklılıklarını gidermek için elmas soketli disklerin üzerine hidrolik baskı verilerek bu farklılıklar yüzey şekillerine uygun olarak aşındırma işlemiyle gerçekleştirilmektedir. Plakaların üzerinde kalan partikülleri uzaklaştırmak için son kafaya keçe abrasivler takılmaktadır (Ceylanoğlu ve diğer., 1999).



Şekil 4.7 Köprülü silme cilalama makinesinde aşındırma kuvvet bileşenleri (Onargan ve diğer., 2005)

4.3.2 Fayans Hattı Makineleri

Fayans hattında özel siparişlere göre üretim yapılabilmeyle beraber genellikle 30,5 cm× 30,5 cm× 0,9 cm boyutlarında mermer fayanslar üretilmektedir. Bu hatta;

- S/T
- Baş Kesme
- Cilalama (polisaj)
- Ebatlama
- Yan kalibre+ pah kırma+ kanal açma makineleri bulunmaktadır.

4.3.2.1 S/T Makineleri

Fransız S/T firması tarafından ilk üretimi yapıldığı için, bu makineler ülkemizde de firmanın ismiyle adlandırılmaktadır. Kesim işlemini dönme hızı yüksek olan dairesel hareketlerle; 1,8-3,0m çapında, 4-6mm kalınlığında dairesel bir disk etrafına tutturulmuş olan soketlerle gerçekleştirmektedir. İlerleme hareketin hidrolik sistem aracılığıyla sağlanmaktadır. Kesme derinlikleri disk çapına göre değişmekte, kullanılabilecek en büyük disk boyutu ise motor gücüne göre belirlenmektedir. Disklerdeki elmasların yönü kesime karşıt olmalıdır (Deliormanlı, 2000).

S/T makinesinin özellikleri ve ekonomiklik bakımından en fazla 65cm eninde mermerler kesilebilir. S/T'lerde verim 8 saatte 65-70 m²arasındadır. Kesim, yumuşak(traverten) + orta sert (kristalize mermer) + sert (bej mermer) sırasına göre yapılmalıdır. 180cm çapındakilerde 100-125, 150cm çapındakilerde ise 84 civarında soket bulunmaktadır (Karaca, 1997).

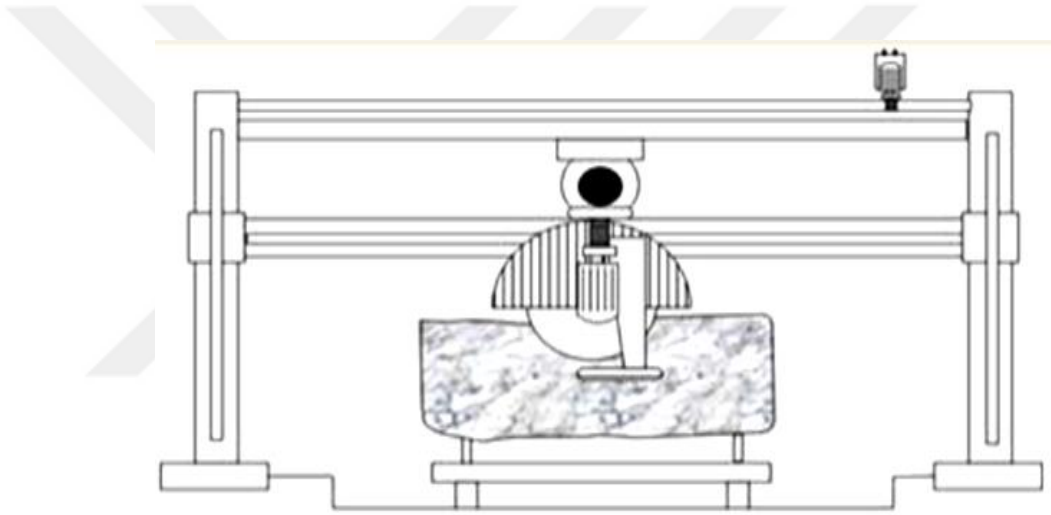
Tek ayaklı, çift ayaklı ve dört ayaklı olmak üzere üç çeşit S/T makinesi mevcuttur. Bunlar kesici ana gövdeyi tutan ayak (kolon) sayısına göre adlandırılmışlardır.

4.3.2.1.1 Tek Ayaklı S/T Makineleri. Üzerinde dairesel kesici bulunan ana gövde tek ayak üzerinde bulunmaktadır. Kesicinin düşey yöndeki hareketi hidrolik veya mekanik olarak itme kuvveti şeklinde bloğu taşıyan vagona verilmektedir. Yatay harekette ise bağımsızdır. Kesim verimi düşük, arıza oranı yüksek olduğu için kullanılmamaktadır (Onargan ve diğer., 2005).

4.3.2.1.2 İki Ayaklı S/T Makineleri. Ana gövde iki ayak arasında bulunmakta olan boyuna hareketi kontrol eden bir köprü üzerinde yer almaktadır. Enine yöndeki kesme hareketi, redüktör düzeneğin elektronik veya mekanik olarak vagonu hareket ettirmesiyle sağlanmaktadır. Düşey yöndeki kesme hareketi ise köprü üzerinde bulunan ana gövdenin hareketiyle sağlanmaktadır (Onargan ve diğer., 2005).

4.3.2.1.3 *Dört Ayaklı S/T Makineleri.* Ana gövde dört ayak üzerindeki farklı iki köprü (iki yanal ayağı birbirine bağlayan) ve bu iki köprüyü birbirine bağlayan üçüncü köprünün üzerinde bulunmaktadır. Vagon sabit olup, enine kesim üçüncü köprü üzerindeki hareket ile, boyuna kesim yanal köprülerle, düşey kesim ise üçüncü köprünün yanal köprüler üzerindeki hareketiyle sağlanmaktadır (Onargan ve diğer., 2005).

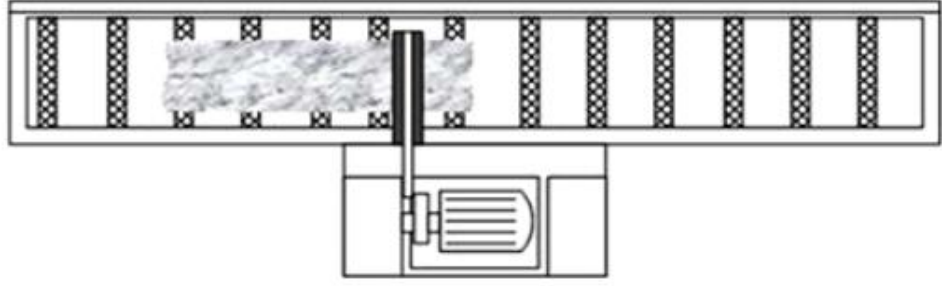
Dört ayaklı S/T makineleri yüksek kesim hızı, güvenli oluşu, insan gücüne ihtiyaç olmayışı ve doğrudan kesim yapabilme gibi avantajlı özelliklere sahip olması bakımından tercih edilen S/T modelidir.



Şekil 4.8 Dört ayaklı S/T makinesi (Onargan ve diğer., 2005)

4.3.2.2 *Kafa (Baş) Kesme Makineleri*

Ortalama 75 cm genişliğe kadar kesim yapabilen bu makineler, S/T makinelerinden gelen uç kısımları bozuk olan levhaların düzeltilmesi maksadıyla kullanılmaktadır. İleri ve geri gidişi sağlayan düzenekleri hidroliktir. Malzemenin türüne göre kesim hızı ayarlanabilmektedir. İş gücü kaybını önlemek için kafa kesme makinelerinin S/T çıkış hattına yakın olması gerekmektedir (Onargan ve diğer., 2005).

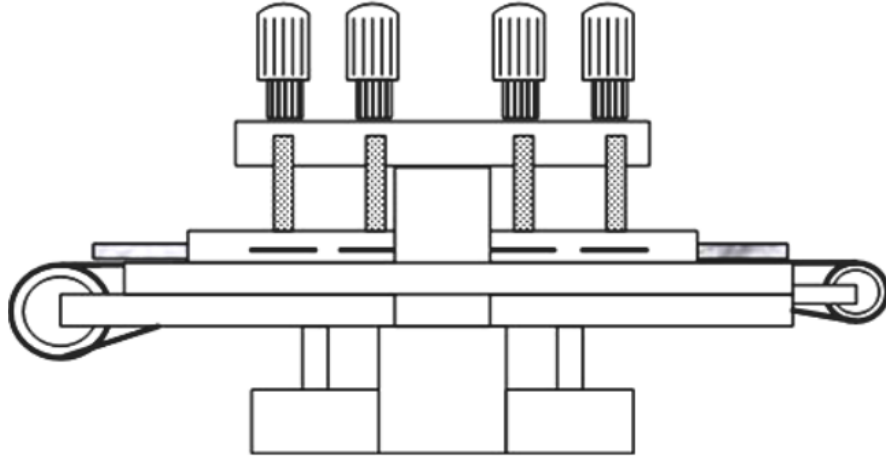


Şekil 4.9 Baş kesme makinesi (Onargan ve diğer., 2005)

4.3.2.3 Yarma Makineleri

Uygun bir devirle çapı 80-160cm arası değişen bir diski döndürebilecek güçte bir tahrik ünitesine sahip olan yarma makinelerinin diskleri üzerinde sabit aralıklarla (0,5-3cm) çevresi boyunca soketler yerleştirilmekte ve bu soketler içerisinde bulunan elmas parçacıkları mermeri aşındırarak kesmektedir (Ceylanoğlu ve diğer., 1999).

Yarma makineleri 2,9-3,1cm kalınlığındaki stripleri 1,1cm'lik iki parçaya ayırırlar. Diskin çapına bağlı olan kesilen plakanın genişliği yaklaşık 70cm'ye kadar çıkabilmektedir.



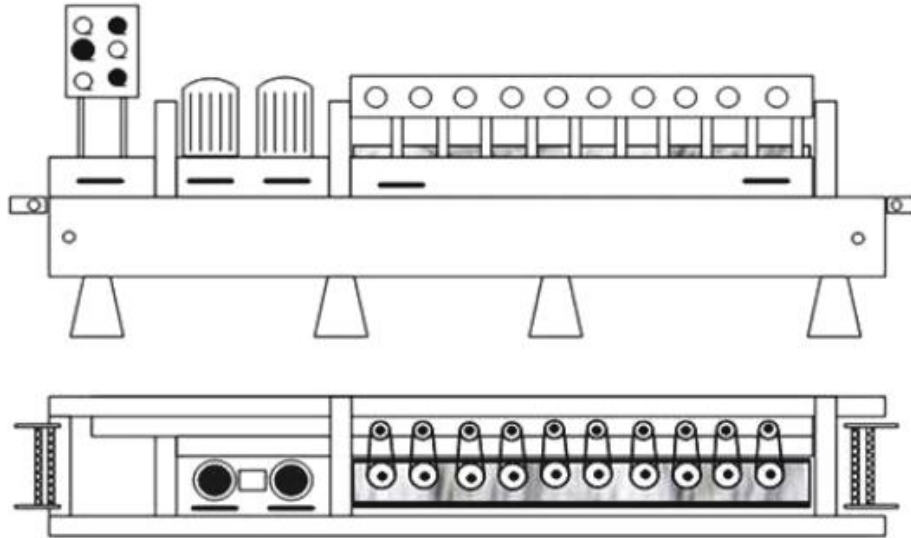
Şekil 4.10 Yarma makinesi (Onargan ve diğer., 2005)

4.3.2.4 Kalibratörler

Plakalar arasındaki kalınlık farklarını gidermek için kullanılan kalibratörlerde 2-3 adet elmaslı aşındırıcı veya 80 numara ve altı abrasivler kullanılmaktadır. İşlem sonrası mermer ürününün tümünde istenilen kalınlık sağlanmaktadır (Onargan ve diğer., 2005).

4.3.2.5 Cilalama (Polisaj) Makineleri

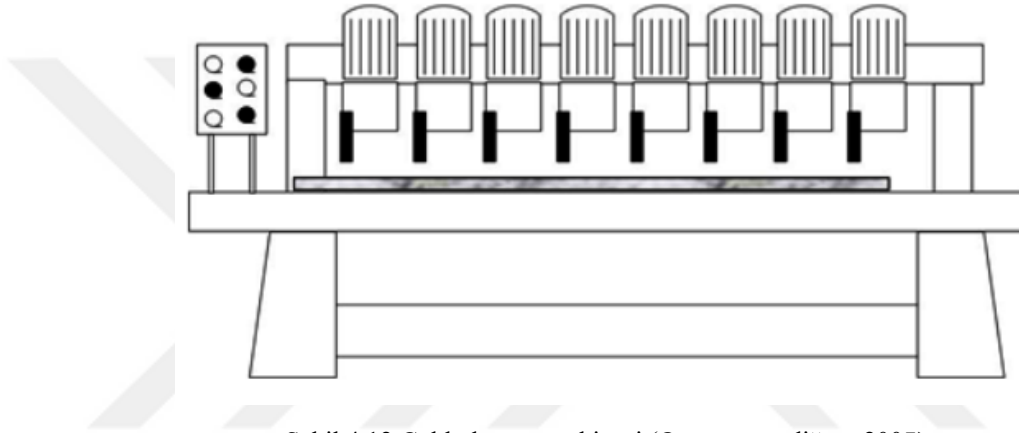
Mermer üzerindeki pürüzlülüğü gidermeyi sağlayan bu makineler, güç ünitelerine bağlı olarak dönen başlıklarda bulunan abrasivler aracılığıyla cilalama işlemini gerçekleştirirler. Aşındırıcı ve cila takılan disklerin sayısı 6-18, çapları 40-48cm arasında değişmektedir. Genişlikleri 30-200cm arasında değişen mermer plakalarını parlatmak için uygun olan türleri mevcuttur. Aşındırma ve parlatma diskleri, kullanılan makinenin özelliğine göre sabit veya sağa sola hareket ettirilebilecek hale getirilebilmektedir. İşlem sırasında başlıklara verilen basınç ve su oranı da üretim kalitesi açısından önemli olmakta, ürün beslemede makineye verilecek olan mermerin benzer yapıda ve türde olması da üretim verimliliği açısından önem kazanmaktadır (Onargan ve diğer., 2005).



Şekil 4.11 Kalibratör + cila makinesi (Onargan ve diğer., 2005)

4.3.2.6 Ebatlama (Çoklu Kesme) Makinesi

Hareketli bir gövde üzerinde bulunan, sağa sola hareket kabiliyetine sahip en az iki testereden oluşan ve her biri bağımsız güç ünitelerince kontrol edilen bu makineler, cilalanmış stripleri ebatlamakta ve hassasiyetle fayans boyutlarını sağlamaktadırlar. Kesme hızları soketlerin durumuna bağlı olarak aynı zamanda kesilecek mermerin jeolojik ve fiziko-mekanik özelliklerine göre belirlenmektedir (Karaca, 1997).



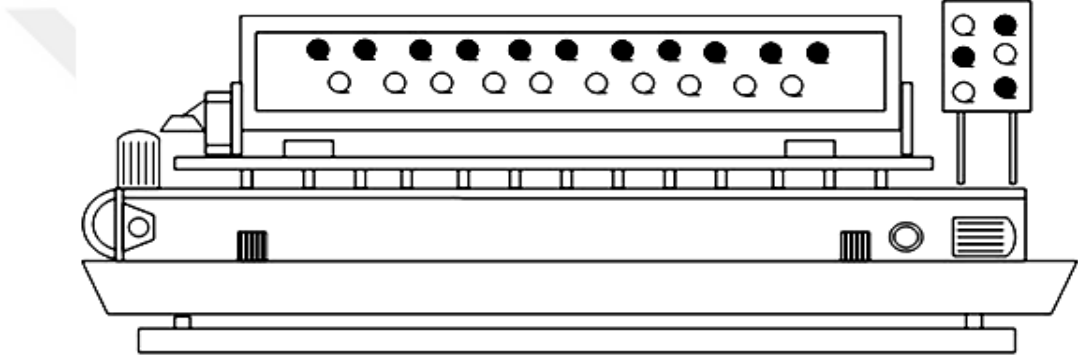
Şekil 4.12 Çoklu kesme makinesi (Onargan ve diğer., 2005)

4.3.2.7 Yan Kalibre + Kanar Pah + Kanal Açma

Bu üç farklı bölüm ayrı işlevlere sahip olmakla beraber genellikle bir makine olarak üretilmektedirler. S/T ve ebatlama makinelerinden çıkan mermerin kenar ölçülerinde farklılıklar olabilmektedir. Aynı ölçüde olması beklenen ürünün fazlalıklarının alınmasında yan kalibreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bant üzerinde hareket eden iki tarafı ölçülendirilmiş fayansın bu kenarlarına ait pahları açılır. İsteğe bağlı olarak hareket esnasında altta bulunan dairesel testerele sayesinde fayansın duvarda kalmasını sağlayacak montaj malzemesini daha iyi kavraması için bir veya iki adet kanal açılmaktadır. Bant üzerinde hareket halinde olan fayansın, 45 derecelik bir makara yardımıyla 90 derece dönerek işlem görmeyen diğer iki kenarının da kalibre ve pahdan geçme işlemi sağlanmaktadır (Karaca,1997).

4.3.2.8 Alın Silme- Cilalama Makineleri

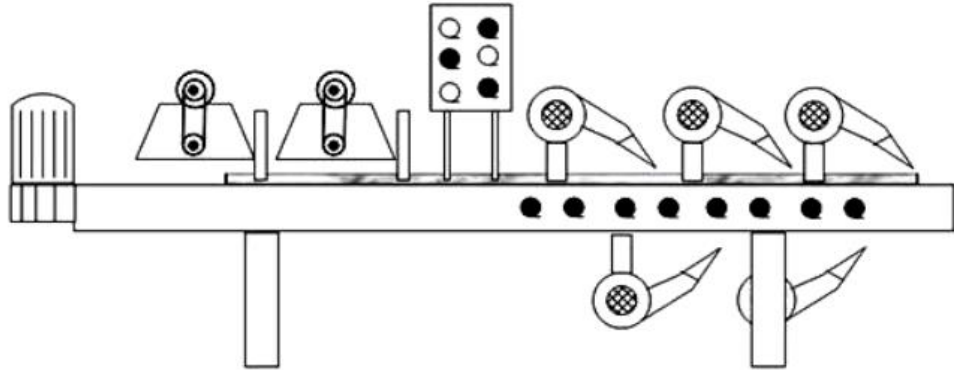
Bir bant üzerindeki mermer plakalarının hareketi esnasında, abrasivler ve cila taşları ile temasıyla kenarlarının silinmesi ve cilalanması amacıyla kullanılmaktadır. Kenar işleme makineleri olarak da adlandırılan bu makineler ile mermer plakalarının kenarlarında parlatma işlemi yapılabildiği gibi açılı kenar işleme, üstten veya alttan pah, isteğe bağlı olarak altta yer alan dairesel testereler aracılığıyla duvarla fayans arasında kalacak montaj malzemesini daha iyi kavraması için bir veya iki kanal açımı yapılabilmektedir (Karaca, 1997).



Şekil 4.13 Alın silme cilalama makinesi (Onargan ve diğer., 2005)

4.3.2.9 Kurutma Makineleri

Kurutma ve temizleme işi fanlardan yüzeye sıcak hava üflenerek yapılmaktadır. İdeal ünite sayısı üçtür.



Şekil 4.14 Kurutma makinesi (Onargan ve diğer., 2005)

4.3.2.10 Kalite Kontrol Masaları

Fayans hatlarının en son ünitesi olan kalite kontrol masaları üretim hattının en sonunda yer almaktadır. Masaya, fayans yüzeyindeki detayları ve var olan hataları gözlemleyebilmek için masa yüzeyine yeterli oranda ışık verilmesi gerekmektedir. Masa yüzeyinde 30 derecelik görüş açısının olması da oldukça önemlidir (Onargan ve diğer., 2005).



BÖLÜM BEŞ

SİMÜLASYON

5.1 Simülasyon Yöntemi

Simülasyon, var olan bir sistemin bilgisayar modelini çalıştırarak sistemi gözlemlemek ve sistem hakkında geçerli bilgiler edinmek için en iyi araçtır (Taha, 2015). Aynı zamanda simülasyon, hareketli bir sistemin bilgisayar programı yardımıyla taklit edilerek değerlendirilmesi ve geliştirilebilmesidir (Harrel, Ghosh ve Bowden, 2004).

Gerçek hayata geçirilmeden benzetimi yapılan sistemin sorunları ile ilgili çözüm alternatiflerinin oluşturulması ve maliyetinin düşük olması, programın işletmeler tarafından kullanımını arttırmaktadır.

Simülasyon yönteminde modelin yapısı ve var olan problemlerin çözümü için deneysel kullanım gerekmektedir. Sistemin davranışlarını anlayabilmek ve yeni bir takım üretim politikaları uygulayabilmek için modele deneyler dahil edilebilmektedir. Bu sebeple deneysel ve uygulamalı bir yöntem olan simülasyon;

- Sistemde meydana gelen değişimleri inceleyerek etkilerini tespit etmek,
- Sistem davranışlarını algılamak,
- Sistem davranışlarıyla ilgili olarak gerekli teori ya da hipotezleri kurmak gibi işlemleri de sağlamaktadır (Pegden ve Shannon, 1995).

Simülasyon, işletmenin verdiği kararların sonuçlarını şansa bırakmak yerine, test ederek ne tür sonuçlar elde edileceğini görme olanağı sağlar ve bu yönüyle kullanılabilecek diğer yöntemlere göre oldukça avantajlıdır. Simülasyon yöntemi;

- Gerçek sistem üzerinde yapılması düşünülen değişikliklerin ve buna bağlı oluşabilecek hataların önüne geçebilecek bilgileri edinmek,

- Kaynak politikalarının geliştirilmesi ve sistem performansının arttırılmasına yönelik çalışmalar yapmak,
- Çalışma sisteminin gerçek uygulamaya geçmeden önce denenebilmesi,
- Sistemin çalışma şeklini detaylı bir şekilde incelenmesi gibi özelliklere sahiptir (Chung, 2004).

Simülasyonun genel uygulama alanları ise;

- Kapasite analizi ve planlaması,
- Üretim Planlama,
- Kaynak ihtiyaç analizi,
- Yerleşim optimizasyonu,
- Darboğaz ve kısıt analizi,
- Detaylı ve karmaşık kaynak modellemesi,
- Çizelge optimizasyonu,
- Ekipman ve personel planlaması,
- Lojistik planlama,
- Envanter yönetimi,
- Teslimat performansı analizi,
- Mühendis ve teknisyen işbaşı ve süreç eğitimidir.

5.1.1 Simülasyon Yönteminin Amaçları

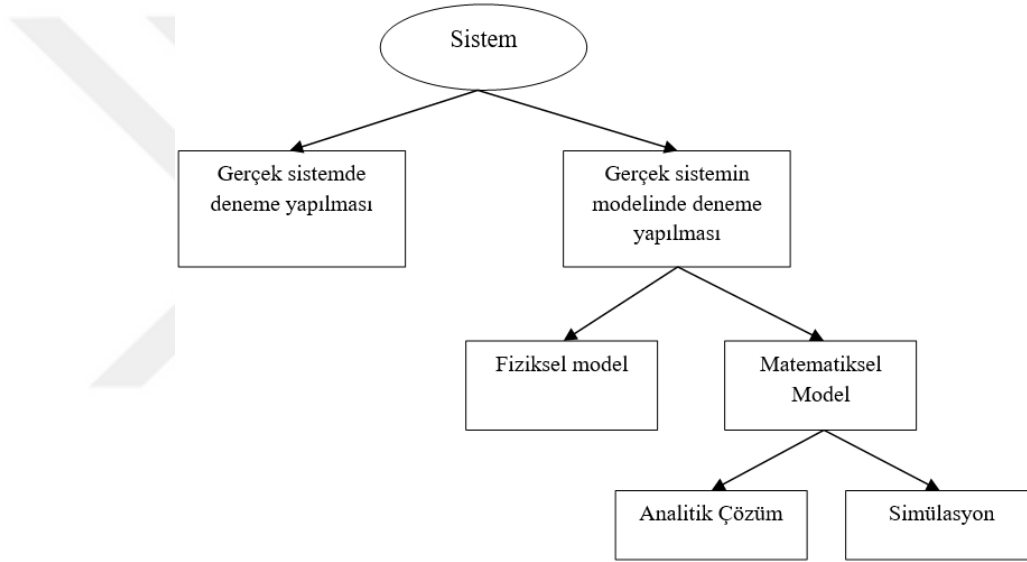
Simülasyon yönteminin başlıca amaçları şu şekildedir:

- Değerlendirme; belirlenen ölçütler doğrultusunda sistemin ne kadar iyi çalıştığının gösterilmesi,
- Karşılaştırma; Sistem tasarım önerileri veya politikalarının kıyaslanması,
- Optimizasyon; sistem performansının en iyi değerini veren etmenlerin kombinasyonunun saptanması,
- Duyarlılık analizi; sistem çalışmasına etki eden faktörlerin belirlenmesi,

- Tahmin; sistem performansını tavsiye edilen koşullar altında tahmini,
- Bir sistemdeki darboğazların saptanması (Pedgen ve diğer., 1995).

5.2 Simülasyon Modeli

Model, yapılacak araştırmadaki elemanları ve elemanların birbirleriyle olan ilişkilerinin uygun şekilde tanımlanmasıdır. Simülasyon modeli, sistem bileşenlerinin birbirleriyle olan ilişkilerini, sistemin çalışmasıyla ilgili varsayımları dikkate alarak matematiksel veya mantıksal sembollerle açıklanmasıdır (Cinemre, 2004).



Şekil 5.1 Sistem deneme yöntemi (Law ve Kelton, 1991)

Çalışma yapılması düşünülen sistem modeli üzerinde, konuya bağlı olarak matematiksel ya da fiziksel model üzerinde çalışma yapılabilir. Çalışmalar genellikle matematiksel model üzerinde uygulanmaktadır. Sistemdeki ilişkileri matematiksel ve mantıksal olarak ifade eden matematiksel model, sistemden gelecek tepkileri, model üzerinde farklılıkların oluşturulmasıyla ölçmektedir. Sistem çok karmaşık olmadığında sorun analitik olarak çözülebilmektedir. Ancak genellikle sistemler çok karmaşık olduğu için analitik çözümü olası değildir. Fiziksel model ise sistemin küçük boyutlardaki halini temsil etmekte ve genellikle mühendislik alanlarında kullanılmaktadır (Law ve Kelton, 1991).

5.3 Simülasyon Modelinde Kullanılan Terimler

Sistem; birbirleriyle etkileşim halinde bir amacı gerçekleştirmeye yönelik bir arada olan (insan, makine vb.) varlıkların bütününden oluşur.

Model; sistem davranışlarını öngörebilecek düzeyde olan gerçek sistemin temsilidir.

Olay; herhangi bir sebepten dolayı sistemin durumunda meydana gelen değişimdir.

Simülasyon modeli aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır (Erkut, 1992):

Değişkenler; sistemin özellikleridir. Kontrol edilebilen ve edilemeyen, bağımlı ve bağımsız, girdi ve çıktı değişkenleri şeklindedirler.

Varsayımlar; modeli gerçek durumundan soyutlayan kabullerdir.

Parametreler; analiz boyunca sabit olarak kalan değerlerdir.

Kısıtlar; değişken değerlerinin sınırlandırmalarıdır.

Ölçütler; sistemin amaçları ve bu amaçların nasıl değerlendirileceğidir.

İlişkiler; sistemdeki değişkenler, bileşenler ve parametreler arasındaki bağlantıdır.

Varlıklar; modelin durumunda farklılıklar meydana getiren nesnelerdir (Chung, 2004).

Kaynaklar; sırada bekleyen dinamik varlıklara hizmet veren varlıktır (Chung,2004).

Kuyruk; işlem görene kadar varlıkların beklediği sıralardır (Chung, 2004).

5.4 Simülasyon Modelinin Doğrulanması (Verification)

Modelin doğrulanması, simülasyon çalıştırılıp işlemler gözlenerek yapılabilir. Tasarlanan model, modeli kuran kişinin hedeflerine uygun bir şekilde çalışıyorsa doğrulanmış demektir. Modelin doğruluğunun en büyük kanıtı çıkan sonuçların çalışmanın amacıyla paralellik göstermesidir (Chung, 2004).

Sistemdeki parçaların hareketliliği net bir şekilde görülebilecek hızda animasyon hazırlanabilir. Ancak animasyon tek başına doğrulama aracı olarak kullanılamaz. Değişkenler ve sayaçlar animasyonlarda kullanılarak istenilen sonuçlar gözlemlenebilir. Model yapısının başka bir kurucu tarafından incelenmesi başka bir doğrulama sistemi olarak değerlendirilebilir. Daha önceden yapılmış çalışmalardan faydalanılarak simülasyon sonuçları karşılaştırılabilir (Pidd, 2004).

5.5 Simülasyon Modelinin Geçerliliği

Modelin geçerliliği, çalışmanın amacıyla modelin ne doğrulukta tutarlı olduğunu kanıtlamak içindir. Geçerliliğin tespitiyle gerçek sistemle modeli arasındaki uyuma bakılır. Modelin davranışlarıyla gerçek sistemdeki davranışlar karşılaştırılır. Bu durumun uyum içinde olması modelin geçerliliğini sağlar. Simülasyon sonuçlarının geçmişe ve geleceğe yönelik yöntemsel ve yapısal olarak geçerliliği araştırılmalıdır (Özden, b.t.).

5.6 Simülasyon Türleri

Simülasyonu statik, dinamik, stokastik, deterministik, kesikli ve sürekli olmak üzere sınıflandırmak mümkündür.

5.6.1 Statik Simülasyon Modeli

Sistemin zaman boyutuna bağlı herhangi bir anındaki durumunu gösteren simülasyon modelidir. İşletmelerin fiziksel konumlarını düzenleme ve montaj hatlarındaki dengeleme işlemleri için kullanılabilir (Özden, b.t.).

5.6.2 Dinamik Simülasyon Modeli

Sistemin zaman boyutundaki gelişimini gösteren simülasyon modelidir. Zaman içerisinde bu simülasyon modelindeki değişkenler ya da varlıklar, değişim ve etkileşimler göstermektedirler. Stok sistemleri, sipariş sistemleri, kuyruk sistemleri bu modelle ifade edilebilmektedir (Özden, b.t.).

5.6.3 Deterministik Simülasyon Modeli

Hiçbir rassal değişken içermeyen simülasyon modelidir. Bu özellikten dolayı simülasyon sonuçları her deneme sonucunda aynı sayısal değeri verir (Özden, b.t.).

5.6.4 Olasılıksal Simülasyon Modeli

Bir ya da birden fazla rassal değişken bulunan simülasyon modelidir. Olasılıksal simülasyon modeli rassal değişkenler üretilerek çalıştırılmaktadır. Deney sonuçları da bu sebepten dolayı rassal olmaktadır. Ölçülmek istenen performans için tahmini değerler elde edilmektedir (Özden, b.t.).

5.6.5 Kesikli Simülasyon Modeli

Zamanın belli noktalarında dikkate alınan değişken değerlerinin değiştiği modeldir. Kesikli sistemlerde olaylar ancak kesin olarak değiştiğinde sistem durumu değişmektedir. Bir kuyruğun uzunluğu ya da müşterinin bekleme süresi istatistikleri sadece yeni gelecek müşterinin kuyruk sistemine ulaşması veya kuyrukta bulunan müşterinin sistemi terk etmesiyle değişebilir (Özden, b.t.).

5.6.6 Sürekli Simülasyon Modeli

Sistem durumunu belirleyen değişken değerlerinin zaman içerisinde sürekli değiştiği modeldir. Nüfusun değişimi, bir sıvının borudan akması gibi sistemler sürekli simülasyon modeli ile ifade edilebilmektedir (Özden, b.t.).

5.7 Simülasyonun Avantajları

Banks ve arkadaşlarına göre (1996) simülasyon kullanmanın bazı üstün ve avantajlı tarafları vardır. Bunlar;

- Yeni politikalar, bilgi akışları, yeni donanımsal tasarımlar, örgütsel prosedürler, fiziki yerlerin planlanması, karar kuralları, işlemsel prosedürler, ulaştırma sistemleri gibi durumlar gerçek sistemi aksatmadan incelenip denenebilir.
- Simülasyon çalışmasıyla sistem üzerinde “ne olursa – ne olur” sorularına cevap bulunabilir. Özellikle yeni sistemlerin tasarımında önemli bir avantajdır.
- Simülasyon çalışması sistemin nasıl yönetileceğini düşünmek yerine sistemin nasıl yönetileceğinin anlaşılmasını sağlar.
- Değişkenlerin birbirleriyle olan etkileşimlerini ortaya çıkarmak için kullanılabilir.
- Ekonomik incelemede olayın yavaşlatılması veya hızlandırılması için zaman ayarlanabilir.
- Sistemdeki olayın niçin ve nasıl meydana geldiğini anlamak için hipotezler uygunluk için test edilebilir.
- Sistem performansında değişkenlerin önemleri ile ilgili bilgi edilebilir.

Bu avantajların yanı sıra Özden’e (2008) göre;

- Simülasyon esnek bir çözüm yöntemidir.
- Sistem verilerinin detaylı olmadığı durumlarda da kullanılabilir.

- Yapılması düşünölen deneylerden elde edilecek veriler, simölasyon modelinden daha az maliyetli elde edilir ve zaman bakımından da tasarruf sağlar.
- Deney üzerinde analist istediği zaman simölasyonu durdurup yeniden başlatabilir.
- Simölasyonda parametreler kontrol altına alınır, yapılacak deneylerle sistemi etkileyen değişkenler ortaya çıkarılır ve darboğazlar belirlenir.
- Gerçek hayatta karşılaşılan birçok problem dinamik ve stokastik özellikler taşıdığı için ve problemin matematiksel formölü olmadığı için simölasyon yöntemiyle çözümü sağlanır.
- Karar vericileri daha geniş kapsamlı düşünmeye iter.
- Yeni girişimler açısından dışsal etmenlerden koruma ve içerdeki faaliyetlerin optimal planlanması bakımından veri toplamayı sağladığı için yöneticilerin ve karar vericilerin fayda görebileceği bir tekniktir.
- Yapılması düşünölen teknolojik yatırımların sonuçlarını önceden inceleme imkanı sağlayarak yatırımların uygunluğunu araştırır ve bu sayede sağlıklı kararlar alınmasını destekler.
- Mevcut sistem üzerinde herhangi bir değişikliğe gitmeden, düşünölen yeni politikalar ve işletme stratejileri denenebilir. Bu sayede verimliliğin hangi yönde değişeceği önceden saptanabilir.

5.8 Simölasyonun Dezavantajları

Tütek ve Gümüşoğlu'na göre (2000) simölasyon kullanımının bazı dezavantajları olabilmektedir. Bunlar;

- Simölasyon incelenen sistemin etkinliğiyle ilgili sebep- sonuç ilişkileri bakımından sayısal verilere bağlı ipuçları verir. Sayısal bilgiler dışında bilgi vermez.
- Simölasyon sonuçları her zaman kesin sonuçlar vermeyebilir.
- Analitik yöntemlere kıyasla daha çok uzmanlık isteyen bir yöntemdir.
- Simölasyon sonuçları analitik teknik sonuçlarına benzemediğı için

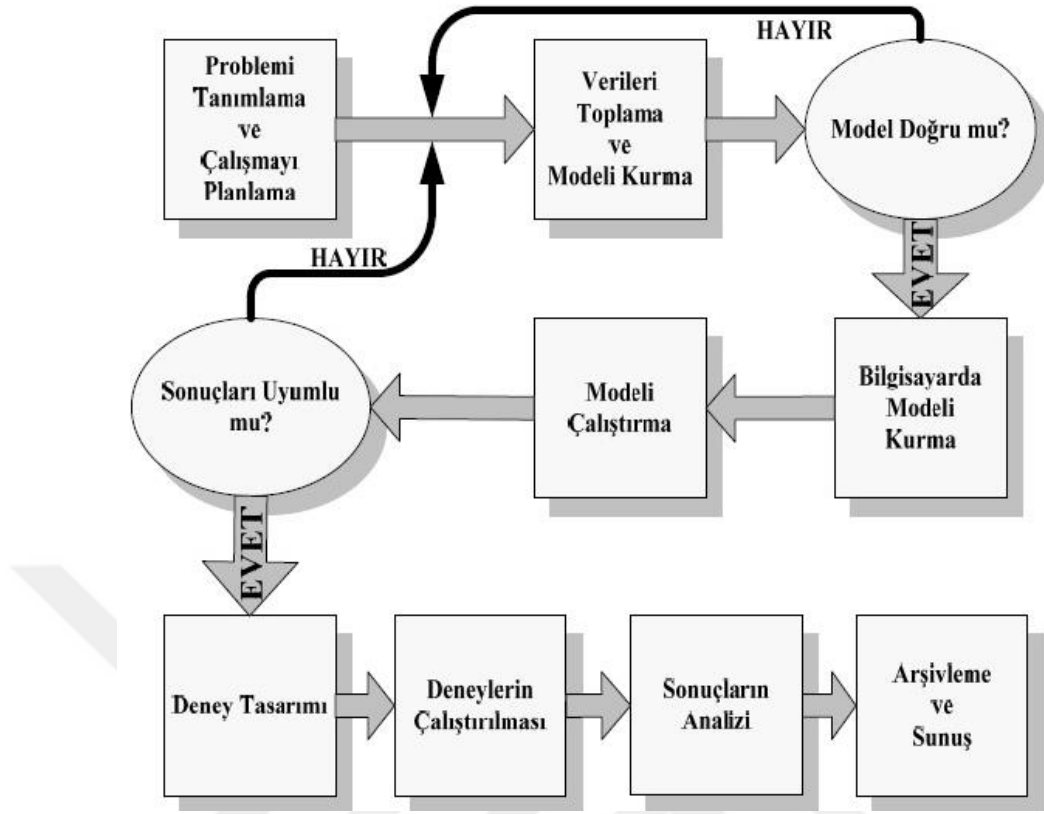
yorumlanması zor olabilmektedir.

- Modelde gerçeğe yakın olmayan varsayımlar ve sağlıklı olmayan verilerin kullanımında gerçek sistemden uzaklaşıp yanlış kararlar alınmasına sebep olabilir.
- Simülasyon sorun karşısında çözüm değil, çözüm değerlendirme yolu geliştirir.
- İstatiksel olarak kabul edilebilecek sonuçlara ulaşmak genellikle zaman alıcı deneyler gerektirdiği için zaman ve maliyet açısından olumsuzdur.
- Parametrelerin modelde ilk değerlerinin belirlenmesi ya mümkün değildir ya da oldukça zordur.

5.9 Simülasyon Çalışmasının Aşamaları

Simülasyon çalışması bazı önemli aşamalardan meydana gelmektedir. Ancak çalışmaların hepsi aynı sıraya bağlı olarak aynı basamaklardan oluşmayabilir (Winston, 1991).

Literatürde simülasyon çalışmasının aşamalarıyla ilgili farklı diyagramlar bulunmaktadır. Genel olarak bakıldığında bir simülasyon çalışmasında izlenecek adımlar Şekil 5.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.2 Simülasyon çalışmasının aşamaları (Law ve Kelton, 1999)

5.9.1 Problemin Tanımlanması

Simülasyon çalışmasındaki amaç sistemdeki problemi çözmektir. Modelde uygulanacak olan adımlar problemi çözmeye yöneliktir. Bu sebeple yapılacak olan çalışmada problemin belirlenmesi ve net bir şekilde ortaya konması çalışmanın doğru ilerleyebilmesi açısından oldukça önemlidir.

5.9.2 Verilerin Toplanması

Sistemle ilgili matematiksel bilgilerin ulaşıldığı aşamadır. Bu aşamada modellenilecek sistemin iyi gözlenmiş olması ve amaca uygun olarak hangi verilere ihtiyaç olduğu doğru oranda tespit edilmesi gerekmektedir. Modelin sisteme yakın olması bakımından verilerin çokluğu önemlidir.

5.9.3 Simülasyon Modelinin Kurulması ve Test Edilmesi

Modelin gerçek sistemi ne oranda doğru olarak bilgisayara aktarıldığını anlama aşamasıdır. Doğrulama sürecinin kullanımında kabul gören öneriler;

- Modelle ilgili tüm kodların araştırma ekibine anlatılması,
- Sistemde meydana gelen her faaliyet için bir akış diyagramının oluşturulması,
- Modelden alınan çıktıların dikkatlice kontrol edilmesi ve istatistiksel testlerle doğrulanması,
- Simülasyon bitiminde model girdilerinin çıktısını alırken parametre değerlerinin değiştirilmediğini kontrol etmek ve modelde kullanılan değişkenleri doğru tanımlamak (Banks ve diğer., 1996).

5.9.4 Deneyin Çalıştırılması ve Çıktıların Alınması

Simülasyon modelinin çalıştırılmasının ardından; model, performansı dahilinde mevcut problemin çözümü için kullanılabilir. Model sonuçlarının geçerlilik ve istatistiksel güvenilirlik analizlerinin yapılması önemlidir (Winston, 1991).

BÖLÜM ALTI

ÇALIŞMA

6.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Yapılan çalışma İzmir ilinde kurulu olan, fayans ve plaka üretimi yapan bir mermer fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada bilgi teknolojileri yöntemlerinden biri olan simülasyon tekniğinin, mermer fabrikalarının üretim optimizasyonu sürecinde kullanılabilirliği üzerine bir değerlendirme sunulmuştur. Maliyet hesapları dikkate alınmayarak üretim miktarının optimizasyonu amaçlanmıştır.

Çalışma optimizasyon yöntemlerinden biri olan simülasyon uygulamalarından Rockwell Arena 14 programıyla gerçekleştirilmiştir.

6.2 Çalışmanın Yapıldığı Fabrikanın Tanıtımı

Çalışmanın yapıldığı fabrika, 2003 yılında İzmir Kemalpaşa’da üretime başlamıştır. Türkiye’nin farklı bölgelerinde 3 yeni tesis kurarak üretim kapasitesini arttırmıştır.

İzmir Kemalpaşa’daki ana fabrika 11.000m² kapalı ve 35.000m² açık alana sahiptir. Standart boyuttaki karo ve plaka üretimi yapan tesisin yıllık üretim kapasitesi 1.000.000 m²’dir. İşletmeden alınan bilgiye göre üretimin %80’i ihraç edilmektedir.

Fabrikanın hammadde kaynağı olan ocakları üç ayrı bölgede yer almakta ve bu ocaklardan; bej, beyaz mermer ve traverten elde edilmektedir. Ocaklarının yakınında kurulu olan 3 ayrı fabrikadan “rasyonel üretim” hedefiyle yarı işlenmiş olan ürünler, İzmir’deki tam donanımlı fabrikaya ulaştırılarak üretim süreci tamamlanmaktadır.



Şekil 6.1 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasından görünüm (Kişisel arşiv, 2018)



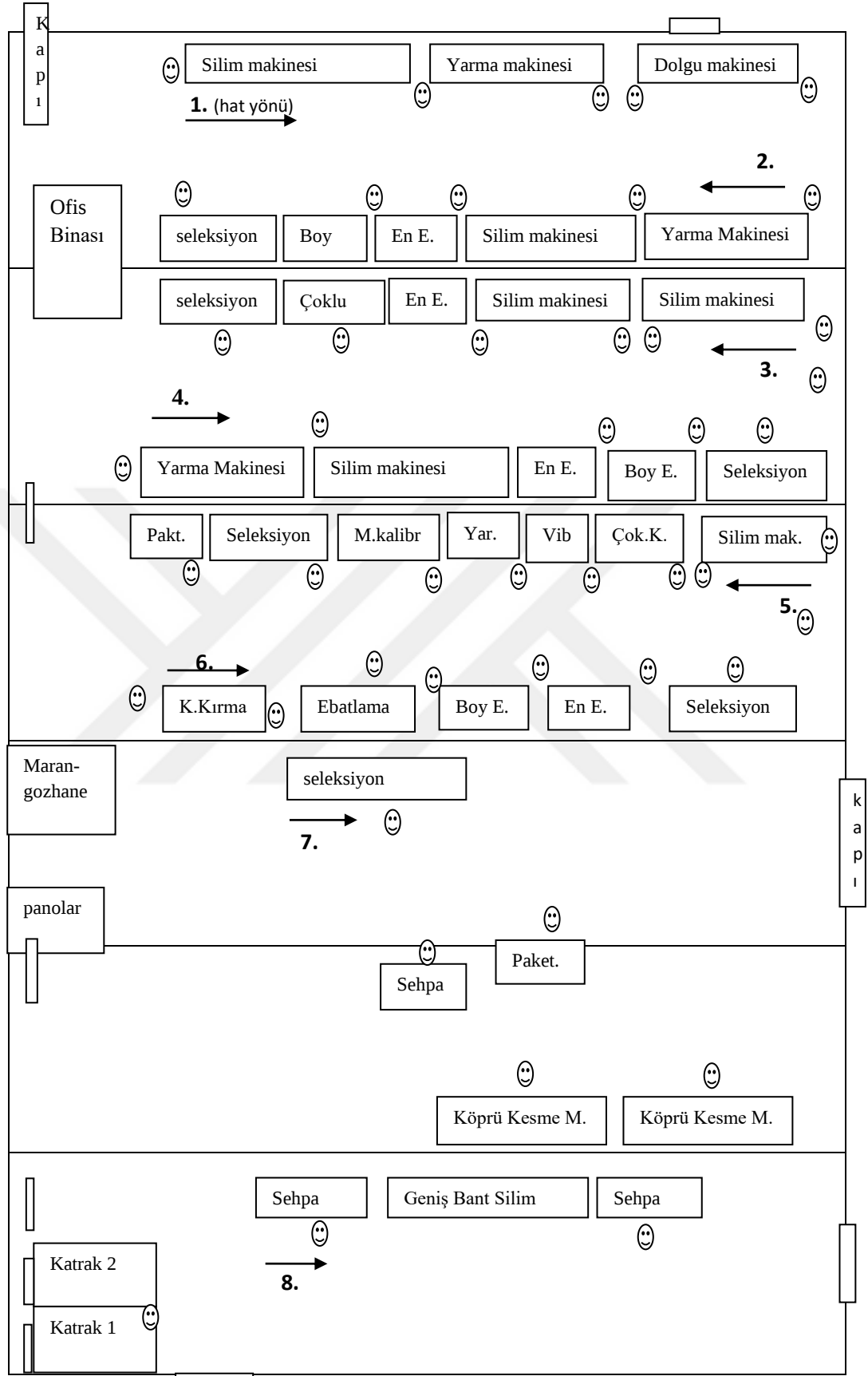
Şekil 6.2 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının fayans hatlarından görünüm (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 6.3 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının plaka hattından görünüm (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 6.4 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasından görünüm (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 6.5 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının şematik görünümü

6.2.1 Çalışmanın Yapıldığı Fabrikada Kullanılan Makineler

Çalışmanın yapıldığı fabrikada değişik ölçü ve uygulamada kullanılan 6 fayans ve 2 katrak hattı bulunmaktadır. Blok mermerler siparişler doğrultusunda katrak hattında plakalar haline dönüştürülmekte, diğer fabrikalardan sipariş ölçüleri doğrultusunda kesilen fayanslar ise işlenmek üzere fayans hattına getirilmektedir.

Fabrikanın fayans hattında kullandığı makineler ve miktarları aşağıdaki gibidir:

Tablo 6.1 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının fayans hattında kullanılan makineler ve miktarları

Makine	Miktar
Silim makinesi	6 adet
Yarma makinesi	3 adet
Dolgu makinesi	1 adet
Ebatlama makinesi	10 adet (2 adeti çoklu kesim)
Kenar kırma makinesi	1 adet
Seleksiyon masası	5 adet
Vibrasyon makinesi	1 adet
Mini Yarma Makinesi	1 adet
Mini Kalibre Makinesi	1 adet
Shrink (naylonlu pakitleme) makinesi	1 adet

Tablo 6.2 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının katrak hattında kullanılan makineler ve miktarları

Makineler	Miktar
Katrak	2 adet
Geniş Bant Silim Makinesi	1 adet
Köprü Kesme Makinesi	2 adet
İç Vinç (5'er tonluk)	2 adet
Dış (portal) Vinç	1 adet
Blok Çevirme	1 adet
Paketleme (çemberleme)makinesi	2 adet

Fabrika genellikle aşağıdaki ölçülerde fayans üretimi yapmakta olup, verilecek olan siparişe göre farklı ölçülerde de üretim yapabilmektedir.

Tablo 6.3 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasında üretilen fayans ölçüleri

	Fayans Ölçüleri (cm)
Beyaz ve Bej Mermer,	$1 \times 7,5 \times 15$
	$1 \times 10 \times 10$
	$1 \times 15 \times 15$
	$1 \times 30,5 \times 30,5$
	$1 \times 30,5 \times 60,9$
	$1,2 \times 15 \times 45,7$
	$1,2 \times 15 \times 91,4$
	$1,2 \times 20 \times 20$
	$1,2 \times 20 \times 40,6$
	$1,2 \times 20 \times 91,4$
Traverten	$1,2 \times 30,5 \times 60,9$
	$1,2 \times 40,6 \times 40,6$
	$1,2 \times 40,6 \times 60,9$
	$1,2 \times 45,7 \times 45,7$
	$1,2 \times 45,7 \times 91,4$
	$1,2 \times 60,9 \times 60,9$
	$1,5 \times 60,9 \times 60,9$
	$2 \times 60,9 \times 60,9$
	$2 \times 60,9 \times 121,8$

6.3 Çalışmanın Yapıldığı Sistemin Açıklanması

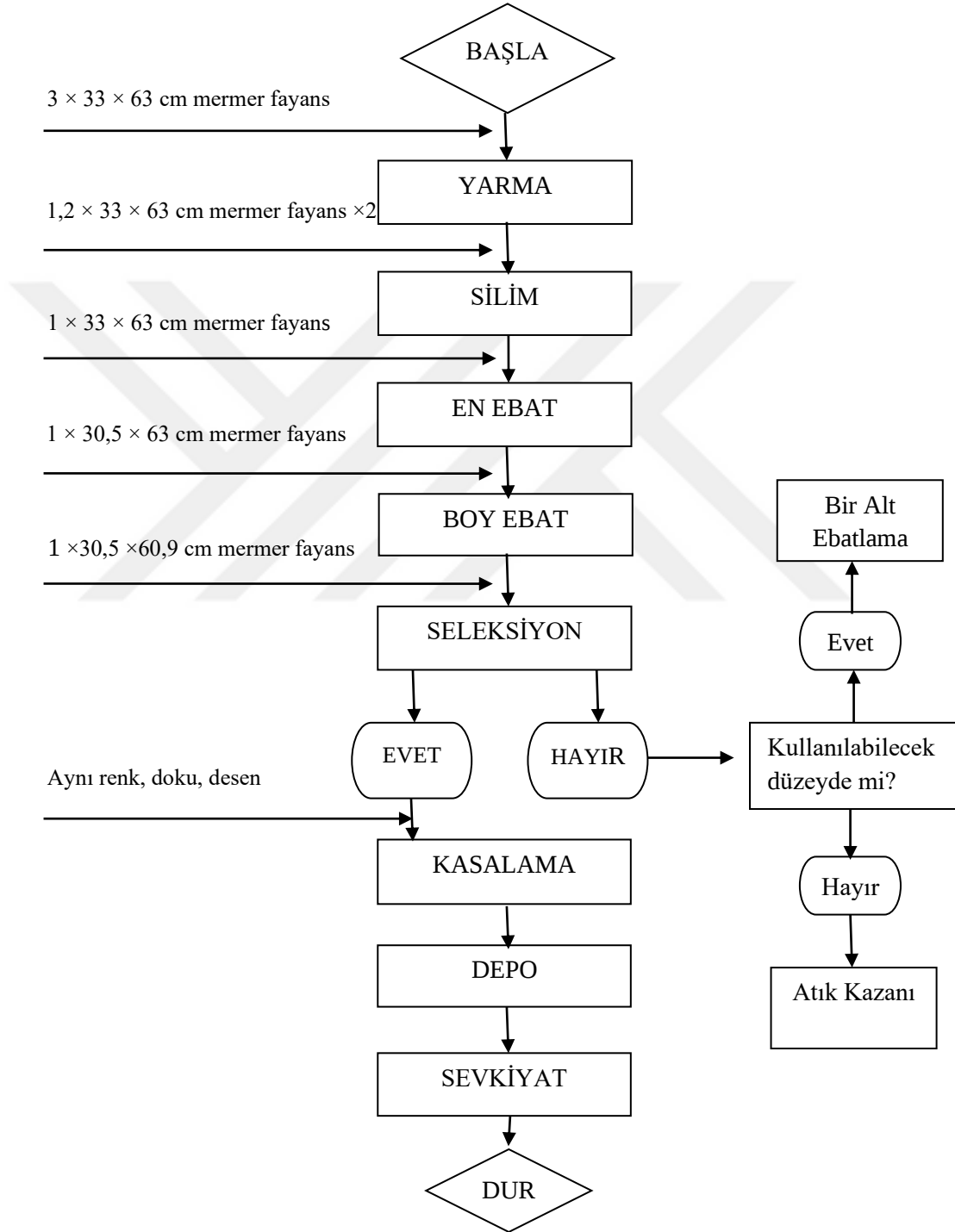
Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasında çeşitli ölçütlerde fayans ve plaka üretimi yapılmaktadır. Ürünler, mermer ocaklarının yanında kurulu olan fabrikada üretim giderlerini azaltmak için sipariş doğrultusunda S/T kesimleri yapılmış halde İzmir Kemalpaşa'daki fabrikaya getirilmektedir.

Çalışmada üretimin fayans hattı uygulamaya alınmış olup, uygulamanın yapıldığı gün fabrikanın 4.bandında gerçekleştirilen $1 \times 30,5 \times 60,9$ ölçülerinde sipariş verileri olan beyaz mermer ürünleri değerlendirmeye alınmıştır. Sistemdeki 4 nolu üretim bandının günlük üretim kapasiteleri m^2/dk cinsinden hesaplanmıştır.

6.3.1 Çalışmanın Yapıldığı Üretim Bandının İş akışı

Ocak yakınındaki kurulu fabrikaların S/T hattından çıkan mermer fayanslar, çalışmanın yapıldığı işletmenin üretim bölümünün yanında iskiflenmektedir.

Buradan üretim hattına alınan $3 \times 33 \times 63$ cm ölçülü beyaz mermer fayans ilk olarak 4 nolu üretim bandındaki ilk makine olan yarma makinesine sonsuz girişli olarak verilir. Aşağıda çalışmanın yapıldığı üretim bandındaki iş akışı şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.6 Çalışmanın yapıldığı üretim bandının iş akış şeması

Yarma makinesinde 6mm'lik testereyle dilimlenerek metraj olarak 2 katı ürün elde edilir. İşlem sonucunda $1,2 \times 33 \times 63$ cm ölçüsünde iki adet mermer fayans elde edilir.

Yarma makinesinden iki katı fazla olarak çıkan ürünün üzerinde testere izleri bulunmaktadır ve bu izlerin giderilmesi için malzeme, banttaki sıyırıcı bariyere takılarak alttaki malzeme geçtikten sonra banda düşmekte ve operatör aracılığıyla kesilen pürüzlü yüzeyi yukarı gelecek şekilde banda bırakılarak, silim makinesine gitmektedir.

Malzeme sonsuz beslemeli olarak silim makinesine girişte ilk olarak 4 kafalı kalibreden (malzeme kalınlığını eşit hale getirme işlemi) geçmektedir. Bu işlem esnasında malzeme yaklaşık olarak 1mm incelmektedir. Ardından yüzey pürüzsüzleştirme (honlama), yüzey cilalama ve plütore (cılanın izlerini alma işlemi) işlemleri gerçekleştirilerek makineden çıkmaktadır.

Silim makinesinden $1,0 \times 33 \times 63$ cm olarak çıkan malzeme en ebatlama makinesinde dayamaya dayatılarak enleri kesilmektedir.

$1,0 \times 30,5 \times 63$ cm olarak boy ebatlama makinesine gelen malzemeyi çalışan, dik yönde duran dayamaya iterek malzemenin boy ebatlama işlemi tamamlanmaktadır.

$1,0 \times 30,5 \times 60,9$ cm ölçüsüne dönüşen ürün banttan seleksiyon masasında yıkanıp kurutulduktan sonra, fırçalanarak üzerindeki toz ve atıklardan arındırılma işlemi tamamlanmaktadır. Bu işlemin ardından çalışan; taşın çatlaklığına, dokusuna, desenine ve rengine bakarak gerekli ayrımları yapmaktadır. Benzer özellikteki ürünler sevkiyata hazır halde kasalara alınıp, olmayanlar ise eğer kullanılabilecek düzeydeyse bir alt ebatlama için ayrılmaktadır. Kullanılamayacak düzeyde olanlar ise artık kazanlarına atılmaktadır.

6.3.2 Çalışmada Kullanılan Malzeme ve Özellikleri

“Tarihin her döneminde, değişik alanlarda rastladığımız, uygarlık seviyesine göre kullanım alanları değişen ve her dönemde olduğu gibi günümüzde de önemini koruyan mermer; kalker ve dolomitik yapıdaki kayaçların ısı ve basınç altında değişime uğrayarak kristalleşmesi sonucu oluşan bir çeşit kaya olarak tanımlanmaktadır” (Tosun, 2007, s.4).

Mermer bilimsel olarak yüksek basınç ve ısı altında değişime uğrayan kalker (CaCO_3) ve dolomitik kalkerlerin ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) metamorfizma sonucu yeniden kristalleşerek oluşan taşlar olarak tanımlanmaktadır. Endüstrideki ticari tanımı ise; endüstriyel alanda kesilip ebatlanabilen, işlenip cilalanabilen ve parlayan, dekoratif amaçlı kullanılan ve ticari bir değere sahip olan her türlü kayaca mermer denir (Onargan, ve diğer., 2005).

Mermer, tam kristalleşmiş doğal taşlardır. Renkleri genellikle beyaz ve açık gridir. Bileşimlerinde birçok madde bulunabilmektedir (Korutürk, 2002).

Çalışmada fabrikanın ocaklarında üretilen aşağıda görülen beyaz mermer kullanılmıştır.



Şekil 6.7 Çalışmada kullanılan beyaz mermer (Kişisel arşiv, 2018)

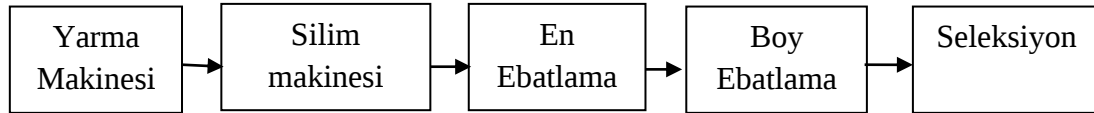
Mohs skalasına göre sertlik derecesi 3 olan mermerlerin fiziko mekanik özellikleri kesilebilme gücünü etkilemektedir. Çalışmada kullanılan beyaz mermerin fiziko mekanik özellikleri ise aşağıdaki gibidir.

Tablo 6.4 Çalışmada kullanılan mermerin fiziko mekanik özellikleri

Özellikler	Değerler
Yoğunluk	2,440 kg/ m ³
Açık Porozite	%1,40
Eğilme Dayanımı	22,00Mpa
Donma Sonrası Eğilme Dayanımı Kaybı	%8,40
Atmosfer Basıncında Su Emme	%0,70
Termal Şok ile Eskimeye Karşı Direnci	%70 kütle kaybı, %1,85 dinamik elastikiyet kaybı
Kaydırmazlık Direnci	SRV: 10
Aşınma Direnci	8,840m m ³ /50cm ²
Yanma Tepkisi	Class A1

6.3.3 Çalışmada Kullanılan Makinelerin Özellikleri

Çalışmanın yapıldığı üretim hattında birer adet yarma makinesi, silim makinesi, en ebatlama makinesi, boy ebatlama makinesi ve seleksiyon masası bulunmakta olup makine dizilimi aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.8 Çalışmanın yapıldığı mermer fabrikasının 4 numaralı üretim hattı makine dizilimi

6.3.3.1 Yarma Makinesi ve Teknik Özellikleri



Şekil 6.9 Çalışmada kullanılan yarma makinesi (Özteknikmakine, b.t.)

Tablo 6.5 Çalışmada kullanılan yarma makinesi teknik özellikleri (Öztekni makine, b.t.)

Testere Elektrik Motoru	22 kW (6 adet)
Konveyör Bant Motoru	0,55 kW (1 adet)
Köprü Kaldırma Motoru	1,5 kW (1 adet)
Testere Çapı (No: 1 ve 2)	625mm (2 adet)
Testere Çapı (No: 3 ve 4)	650mm (2 adet)
Testere Çapı (No: 5 ve 6)	850mm (2 adet)
Köprü Hareketi	Manuel ve elektrik motoru ile (dijital)
Hassas Ayar	10 / 100mm
Maksimum Çalışma Genişliği	630mm
Bant Genişliği	150mm
Maksimum Çalışma Kalınlığı	160mm
Minimum Çalışma Kalınlığı	8mm
Toplam Elektrik Gücü	134,05 kw
Su Gereksinimi	200 lt/dk
Makine Uzunluğu	6700mm
Makine Yüksekliği	2050mm
Makine Genişliği	2200mm
Makine Ağırlığı	7960kg

6.3.3.2 Silim Makinesi ve Teknik Özellikleri



Şekil 6.10 Çalışmada kullanılan silim makinesi (Kişisel arşiv, 2018)

Tablo 6.6 Çalışmada kullanılan silim makinesinin teknik özellikleri (Jouffroy, b.t.)

Model	410
Boy	12100mm
En	1550mm
Yükseklik	2200mm
Maks. işlenebilir genişlik	650mm
Kalibrasyon iğleri	4 N°
Pürüzsüzleştirme	10 N°
Maksimum işlenebilir kalınlık	100mm
Minumum işlenebilir kalınlık	10mm
Taşılama taşı taşıma plakasının çapı	480mm
Makine ağırlığı	16000Kg
Elmas plaka	710mm
Kalibratör mili gücü	22kW
Kemer besleme motor gücü	4kW
İş mili motor gücü	7,5kW
Işın çevirme motor gücü	2,2kW
Kurulu toplam güç	169kW
Min/maks. Kayış besleme hızı	0,6÷4,5 m/1'
Su ihtiyacı	400 Lt/1'
Hava gereksinimi	250 Lt/1'

6.3.3.3 En- Boy Ebatlama Makinesi ve Teknik Özellikleri



Şekil 6.11 Çalışmada kullanılan en ebatlama makinesi (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 6.12 Çalışmada kullanılan boy ebatlama makinesi (Kişisel arşiv, 2018)

Tablo 6.7 En- boy ebatlama makinelerinin teknik özellikleri

Testere sayısı	3
Testere çapı	350mm
Çalışma genişliği	70/950mm
Çalışma kalınlığı	8-40 (8-70*) mm
Bant yürütme motor gücü	1,5/2 kw/hp
Testere motor gücü	7,5/11 kw/hp
Makine ebatları	4250×2150×2050mm
Toplam elektrik gücü	24/35 kw/hp
Makine ağırlığı	3000mm

6.3.4 Sistem Verilerinin Analizi ve Sistem Parametrelerinin Hesaplanması

Mermer fabrikasında 6'sı fayans, 2'si katrak olmak üzere 8 tane üretim hattı bulunmaktadır. Üretimin hangi bantta yapılacağı, sipariş ölçülerine göre belirlenmektedir. Bu doğrultuda çalışma için üretimin fayans hattı değerlendirmeye alınmış olup, çalışmanın yapıldığı gün fabrikanın 4. Bandında gerçekleştirilen $1 \times 30,5 \times 60,9$ cm ölçülerinde sipariş verileri olan beyaz mermer değerlendirmeye alınmıştır.

Fabrikada 35'i üretimde, 10'u idari kadroda olmak üzere toplam 45 kişi çalışmaktadır. Çalışma saatleri hafta içi 5 gün 08:00 – 18:00 arasındadır. Fabrikanın günlük çalışma süresi 9 saattir.

Yetkili gerek gördüğü takdirde; işçiler üretim hatlarındaki yoğunluğa bağlı olarak bantlar arasında yer değiştirme yapabilmektedir. Normal şartlarda her makine önünde 1 işçi bulunmaktadır.

Çalışmanın yapıldığı 4 nolu üretim bandında 5 işçi bulunmaktadır. İşçilerden bir tanesi yarma makinesine fayans vermekte, diğer bir işçi yarma makinesinden ikiye bölünmüş malzemenin bir parçasını çevirerek silime hazır hale getirmekte, diğer bir işçi silim makinesinden çıkan fayansı en ebat makinesinde dayama işlemini yapmakta, diğer bir işçi en ebattan çıkan fayansı boy ebatlama makinesinde dayatma yapmakta, son işçi ise seleksiyon masasına gelen ürünün renk, doku, çatlak gibi kalite kontrollerini yapmaktadır.

Fabrikanın önceki üretim süreçlerinde mevcut makine hızları üretim mühendisi ve yardımcıları tarafından yükseltip düşürülerek en uygun işlem hızı tespit edilmeye çalışılmıştır. Makine hızlarının arttırıldığında üründe kırılma, çatlama, ürün yüzeyinde farklılıklar gibi sorunlarla karşılaşmıştır. Bu sebeplerden dolayı makine hızları en uygun hızda çalıştırılarak üretim süreci işlemlerine devam edilmiştir. Sistemin fiili kapasite hesaplaması bu doğrultuda hesaplanmıştır.

Üretim hattı çalışmaya başladığında kronometreyle ölçüm yapılarak, her bir makinenin dakikada kaç m² ürün işlediği ölçülmüştür. Makinelerin en yüksek kesim hızında çalıştığı varsayılarak yapılan hesaplamada maksimum kapasiteleri hesaplanmıştır.

6.4 Üretim Hattı Simülasyon Uygulaması

Bu çalışmada Rockwell Arena 14 akademik versiyonu kullanılmıştır. Üretim hattı makine işleme süreleri sabit değerleri Rockwell Arena 14 simülasyon programındaki

modüllere girilerek sistem çalıştırılmıştır.

6.4.1 Rockwell Arena Simülasyon Programı

Rockwell Automation tarafından geliştirilen Rockwell Arena programı bir simülasyon ve otomasyon yazılımıdır.

Arena programı bir model oluştururken veya oluşturulan modeli çalıştırırken SIMAN komutlarını kullanmaktadır. Ancak program özelliği gereği komut bilgisine hemen hemen hiç ihtiyaç duymamaktadır. Arena Windows altında çalıştığından dolayı menüler, pencereler ve araç çubuklarıyla çalışmak konusunda oldukça kolaylık sağlamaktadır. Başarılı bir simülasyon modeli oluşturmak için Arena yazılımında, gerekli olan animasyon, girdi ve çıktı verilerinin analizleri gibi fonksiyonlar detaylı ve kapsamlı bir şekilde görülmektedir (Kelton, Sadowski ve Sturrock, 2004).

Arena ile deneysel bir model oluşturmak için farklı biçimlerdeki modüllerden faydalanılır. Bu modüller bağlayıcı çizgilerle birbirine bağlanmakta ve bu sayede varlıkların akış yönü belirlenmektedir (Takus ve Profozich, 1997).

Arena istatistiksel verilerin elde edilmesi bakımından kullanışlıdır. Kaynağın kullanımda olduğu süreler, kuyruktaki en fazla ve en az varlık sayısı, kaynağın kullanım süreleri gibi değerleri elde etmek mümkündür. Arena benzetim programı kullanım amaçlarına göre aşağıdaki şekilde sınıflanmaktadır (Kelton, Sadowski ve Swets, 2010).

Basic Edition: Giriş düzeyinde olan, yalnızca temel şablonları içeren sürümüdür.

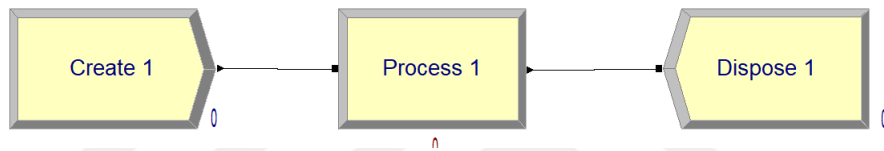
Student Edition: Öğrencilerin yazılımı öğrenmeleri için hazırlanmış ücretsiz sürümüdür. Ticari olmayan amaçlar için kısıtlı modeller içermektedir.

Research Edition: Akademik kullanım için olan sürümüdür. Professional Edition' dan farkı ticari olmayan kullanımlı olmasıdır.

Professional Edition: Genel amaçlı olan sürümüdür. Yaygın olarak kullanılan araçları ve modülleri içermektedir. Kullanıcıya özel şablonlarını hazırlama imkanı sunmaktadır.

Enterprise Suite: Arenada kullanılabilecek olan bütün araç ve şablonları içermektedir.

Mermer fabrikasının simülasyon modelinde aşağıdaki modüller kullanılmıştır.



Şekil 6.13 Arena 14 simülasyon programında kullanılan modüller

Create: Bir simülasyon programındaki varlıkların başlangıç noktasını oluşturan modüldür. Varlıklar işlem görmek için sisteme gönderilir ve gelişler arası süreye dayanarak bu modülden ayrılır.

Process: Bu modülde simülasyon içindeki temel işlemler gerçekleştirilmektedir. Kaynakları tutma ve bırakma gibi seçenekler mevcuttur.

Dispose: Simülasyon modelindeki varlıklar için son noktadır. Varlıklar sistemden çıkmadan önce istatistikleri kayıt edilebilmektedir. Sistemden ayrılan varlık sayısı da görülebilmektedir (Aydın, b.t.).

Çalışmada beyaz mermer kullanıldığı için create modülüne bu isim verilmiş, gelişler arası süre için sabit bir değer verilmiştir. Çalışmanın üretim hattındaki makineler process modülünde isimlendirilerek işlem görme süreleri modüle girilmiştir.



Şekil 6.14 Çalışmanın yapıldığı üretim hattının simülasyon modeli

6.4.2 Üretim Hattı Simülasyon Modeli

Sistem üç farklı model ele alınarak incelenmiştir. Sistem değerlendirilirken yalnızca makine kapasiteleri hesaplamaya dahil edilmiştir. Sisteme giren parça metrekare birim olarak alınmıştır.

Fabrikanın üretim hattında gerçekleşen makine işlem süreleri Tablo 6.8'deki gibidir.

Tablo 6.8 Makine işlem süreleri

Makineler	1.Model (dk/ m ²)	2.Model (dk/ m ²)	3.Model (dk/ m ²)
Yarma	1,203	0,962	0,801
Silim	1,203	1,203	0,801
En ebatlama	0,687	0,520	0,687
Boy Ebatlama	0,687	0,330	0,687
Seleksiyon	0,687	0,330	0,687

Birinci modelde üretim hattının fiili kapasitesi incelenmiştir. Bir günlük mevcut üretim değerleri programa girilerek benzetimi yapılmıştır.

İkinci modelde üretim hattının normal kapasitesi incelenmiştir. Tüm makine hızları kesilecek taşın özellikleri dikkate alınarak kendi kesim hızlarında çalışacak şekilde benzetimi yapılmıştır.

Üçüncü modelde ise üretim hattının optimum kapasitesi incelenmiştir. Üretimdeki darboğazların sebepleri belirlenerek iyileştirmeler yapılmış ve sistemden yeni veriler elde edilerek benzetimi yapılmıştır.

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR

7.1 Sonuç

Bu çalışmada bir mermer fabrikasının fayans üretim hatlarından biri günlük net çalışma süresi 9 saat üzerinden değerlendirmeye alınarak, makinelerin çalışma kapasiteleri Rockwell Arena 14 simülasyon programı ile benzetimi yapılmıştır. Maaliyet hesapları dikkate alınmayarak üretim miktarının optimizasyonu amaçlanmıştır.

Mermer fabrikalarının makine dizaynı üretim verimliliği açısından en uygun sıralamaya sahiptir. Bu sebepten çalışma yapılırken sisteme ait üretim hattına alternatif bir model oluşturulamamış, simülasyon programı yardımıyla sistemdeki aksaklıklar tespit edilerek üretim kapasitesini mevcut şartlar altında optimize edilmeye çalışılmıştır.

Yapılan çalışmada 3×33×63cm boyutundaki fayanslar, fayans hattı üretiminden geçerek 1×30,5×60,9cm ölçüsünde fayanslara dönüştürülmüştür.

7.2 Birinci Model

Birinci modelde fabrikanın çalışılan üretim hattında yarma makinesinin kesim hızı silim makinesinin hızından yüksektir. Buradaki darboğazı önlemek için yarma makinesinin kesim hızı silim makinesiyle aynı hıza düşürüldüğü ve aynı zamanda silim makinesinin ebatlama makinelerine ürün yetiştiremediği gözlemlenmiştir. Ebatlama makinelerine ürün yetişmediğinden dolayı işletme bu makinelerdeki enerji kaybını önlemek için makineleri durdurmuş, silim sonrası biriktirme yaparak ebatlama makinelerini bu biriktirmeden sonra çalıştırmıştır. Silim makinesi hızı yarma makinesi hızına eşitlendiğinden dolayı Ek 1, Şekil A.5'te görüldüğü üzere sistemde kuyruk oluşmamaktadır. Simülasyon modeli çalıştırıldığında elde edilen çıktılar Ek 1'deki gibidir.

7.3 İkinci Model

Üretim hattında kullanılan makinelerin hızları, kullanılan taşın özelliği dikkate alınarak Tablo 6.8’de görüldüğü üzere kendi çalışma hızlarına göre ayarlanmış ve sistem bu şekilde değerlendirmeye alınmıştır. Sistem bu şekilde çalıştırıldığında Ek 2, Şekil A.12’de görüldüğü gibi silim makinesinde kuyruk oluşmuştur. Simülasyon modeli çalıştırıldığında elde edilen çıktılar Ek 2’deki gibidir.

7.4 Üçüncü Model

Sistemdeki darboğazların sebepleri önceki aşamalardan hareketle belirlenmiştir. Bu doğrultuda işletme yarma makinesi için özel testere imal ettirmiş, silim makinesinin ise abrasivlerini değiştirmiştir. Makinelerin genel bakım ve kontrolleri de yapılarak sistem yeniden incelenmiş, bu modele ait veriler Tablo 6.8’de belirtilmiştir. Yarma ve silim makineleri kesim hızları aynı hıza yükseltilmiş olup diğer makine hızları sistem kapasitesini belirleyen yarma ve silim makinesine göre ayarlanmıştır. Bu veriler dahilinde Ek 3, Şekil A.19’da görüldüğü üzere sistemde kuyruk oluşmamaktadır. Simülasyon modeli çalıştırıldığında elde edilen çıktılar Ek 3’teki gibidir.

Siparişle çalışan mermer fabrikasında üretim sürecinde sıkıntı genellikle üretimde çalışan personelin devamsızlığı ve silim makinesinin en ebatlama makinesine ürün yetiştirememesinden kaynaklanmaktadır.

Simülasyon modeli raporları incelendiğinde de silim makinesinde kuyruk olduğu görülmektedir. Aynı zamanda raporlarda; üretim miktarı, kuyrukta ne kadar ürün beklediği makine anlık kullanımları, bekleme süreleri, varlık süreleri de görülmektedir.

Sistemde en düşük verimde çalışan silim makinesi olduğundan dolayı sistemin kapasitesini de belirleyen silim makinesidir. Bu sebeple Tablo 7.1’de de görüldüğü üzere çalışmanın birinci ve ikinci modelindeki simülasyon çıktıları benzer

miktardadır. Gerçek sistemle arasındaki fark ise seleksiyon aşamasında renk, doku farklılığından ve kesim hatalarından kaynaklı kayıplardan oluşmaktadır.

Tablo 7.1 Gerçek sistemde ve simülasyon modellerinde gerçekleşen ürün miktarları

Sistemler	1.Model (m ²)	2.Model (m ²)	3.Model (m ²)
Gerçek Sistem	414	418	520
Simülasyon Modeli	443	447	537

Üretimde, darboğaz süreçlerinin iyileştirilmesiyle sistem kapasitesi fiili durumundan yaklaşık %25 oranında artmıştır. Bu da işletmenin bir yandan karlılığını arttırırken diğer yandan sipariş teslim sürelerini de kısaltacaktır.

Sistemdeki üretim kapasitesini;

- Makinenin teknik özellikleri,
- Mermerin fiziko mekanik özellikleri,
- Mermerin ebatları,
- Makinelerde kullanılan malzemeler (abrasiv, testere vb gibi),
- Yüzey işleme türü (honlu, cilalı),
- İşgücü (kalifiye eleman, süreklilik, makine besleme ve seleksiyon) gibi özellikler etkilemektedir.

İşletmede zaman zaman bazı üretim hatları çalışmamaktadır. Böyle dönemlerde sipariş yoğunluğuna göre aksaklıkların çözülememesi durumunda, üretimde diğer hatlardaki boş makinelerin kullanımını da değerlendirilebilir.

Düşük maliyet ve zaman karlılığı bakımından tercih nedeni yüksek olan simülasyon yöntemiyle, birçok alanda geliştirilebilecek çalışmalar yapılabilir.

Maliyet, işçi vb. veriler simülasyon programına girilerek sistem daha detaylı değerlendirilebilir. Farklı simülasyon programları da kullanılarak mermer fabrikalarının istenilen alanda optimizasyonu değerlendirilebilir.



KAYNAKLAR

- Aksöz, İ. (1999). *Fabrika organizasyonu*. İzmir: DEU Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi.
- Acar, N. (1989). *Üretim planlaması ve yöntem uygulamaları*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Akkoyun, Ö. ve Ankara, H. (2007). Kalite maliyet modelleri ve mermer fabrikaları için bir uygulama. *Madencilik*, 46 (1), 3-14
- Aydın, İ. (b.t.). *Benzetim ve modelleme arena modülleri*. 26 Kasım 2018. http://web.firat.edu.tr/iyadin/BMU_421_Benzetim_ve_modelleme_Arena_hafta9.pdf
- Banks, J., Carson J.S., ve Nelson, B.L. (1996). *Discrete-Event System Simulation* (2.Baskı). NJ: Upper Saddle River.
- Banks, J. (1998). *Handbook of simulation*. USA: Wiley, John & Sons.
- Beşkese, M.B. (2003). *Bilişim teknolojisi yatırımlarının değerlendirilmesine yönelik uygun yöntemin seçilmesi modeli-ERP yazılımı seçimi uygulaması*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Browne, J., Harhen, J., ve Shivnan, J. (1996). *Production management systems*. Harlow, England: Prentice Hall.
- Bulut, Z. A. (2004). *İşletmeler açısından kapasite planlaması ve kapasite planlamasına etki eden faktörler*. 29 Ocak 2018, <http://www.mevzuatdergisi.com/2004/08a/06.htm>

Cemalcılar İ., Bayar D., Aşkun İ. C. ve Öz-Alp Ş. (1993). *İşletmecilik Bilgisi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını.

Ceylanoğlu, A., Görgülü, A. E., ve Durutürk, Y.S. (1999) *Bazı mermer birimleri için optimum aşındırıcı-cilalama koşullarını belirleme çalışmaları*. Proje no: 108, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.

Chase, R. B., ve Aquilano N. J. (1981). *Production and operations Management* (4. Baskı). Homewood: Richard D. Irwin.

Chase, R.B., ve Aquilano, N.J. (1995). *Production and operations management*. Homewood, Illinois: Richard D. Irwin Inc.

Chung, C.A. (2004). *Simulation modeling handbook*. USA: CRC Pres.

Cinemre N. (2004). *Yöneylem araştırması* (2. Baskı). İstanbul: Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş.

Çonkar, M. K. ve Özdemir, Ş. (2009). *Kobi girişimcileri için yatırım projelerinin hazırlanması ve değerlendirilmesi*. 1 Nisan 2019, <http://www.ito.org.tr/itoyayin/0020578.pdf>

Deliormanlı, A.H., (2000). *Marble processing plant design with the aid of computer simulation*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Demir, M. H. ve Gümüşlüoğlu, Ş. (2003). *Üretim yönetimi (işlemler yönetimi)* (6. Baskı). İstanbul: Beta.

Demir, O., (1990). *İşletmelerde üretim planlaması ve kontrolü*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Demirocak, Y. (2003). *Fabrika işletmeciliği*. Ankara: JMO Yayınları.

Doğal taşlar, (b.t). 17 Mart 2019, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Taslar>

Doğan, Ü. (2010). *Kuruluş yeri seçimi*, 20 Ocak 2018, <http://kisi.deu.edu.tr/uzeyme.dogan/kurulusyerisecimi.pdf>

Doğan, Ü. (b.t.). *Kaynak (resource) gereksinimleri planlaması*, 7 Ocak 2018, http://kisi.deu.edu.tr/uzeyme.dogan/dosyalar/KAYNAK_GEREKSINIMLERI_PLANLAMASI.pdf

Doğruer, İ.M. (2005). *Üretim organizasyonu ve yönetimi*. İstanbul: Alfa.

Ellram, L. Ve Cooper, M. (1993). Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy. *International Journal of Logistics Management*, 1 (2), 1-10.

Emre, A. (2009). Ekonomimizin önemli sorunları. *İstanbul Tormak Sanayi Sitesi: Verimlilik ve İş Etüdü Semineri*.

Erkut, H., (1992). *Yönetimde simülasyon yaklaşımı*. (2. Baskı). İstanbul: İrfan Yayıncılık.

Fogarty, D.W., Blackstone, J.H. ve Hoffman, T.R. (1991). *Production & inventory management*. Cincinnati: South-Western Publishing.

Gallagher, C. C. ve Knight, W. A. (1986). *Group technology production methods in manufacture*. NY: John Wiley & Sons.

Gülerman, A. (1976). *Mühendislik ekonomisi ve işletme yönetimi*. İzmir: Ege Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Yayınları

Gültekin, Kaan (1996). *Mermer sektörünün potansiyeli*. İzmir: İzmir Ticaret Odası Yayınları

Gürcan, S. ve Sabah, E. (2003). Türkiye'de ve Afyon'da mermer sektörünün gelişimi. *Afyon: Türkiye IV. Mermer Sempozyumu*, 387-398.

Haluk, E. (1992). *Yönetimde simülasyon yaklaşımı*. İstanbul: İrfan.

Harrel, C., Ghosh, B. ve Bowden, R. (2004). *Simulation using promodel* (2. Baskı). Boston: Mc Graw Hill.

Harrison D.K., ve Petty, D. J. (2002). *Systems for planning and control in manufacturing* (1. Baskı). Oxford: Jordan Hill.

İMİB (2018). *2018 Çalışma raporu*. 1 Temmuz 2019, http://www.imib.org.tr/wp-content/uploads/2019/04/IMIB19_FAALİYET_RAPORU-LR.pdf

Jouffroy. (b.t.). *Calibrating, dressing and polishing machines for marble*. 6 Aralık 2018, https://www.jouffroy.fr/sites/default/files/Atelier/Polissoir/catalogue_simec_lm600rx.pdf

Karabulut, G. (2011). *Doğal taşlar ve Çin Halk Cumhuriyeti rekabeti*. İstanbul: İTO

Karaca, Z. (1997). *Mermer işleme tesislerinin teknik ve ekonomik optimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Kazan, H. (1997). *Bilgisayar destekli tasarım ve üretim sistemleri ve bir işletme uygulaması*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Kelton, W.D., Sadowski, R.P. ve Sturrock, D.T. (2004). *Simulation with arena* (3. Baskı). New York: McGraw Hill.

Kelton,W.D., Sadowski, R.P. ve Swets,N.B. (2010) *Simulation with Arena* (5. Baskı). U.S.A: McGraw-Hill Inc.

Kobu, B. (1994). *Üretim yönetimi* (8. Baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayını.

Kobu, B. (1996). *Üretim yönetimi* (9. Baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayını.

Kobu, B. (2013). *Üretim yönetimi*. (16. Baskı). İstanbul: Beta Basım A.Ş.

Köktürk, U. (2002). *Endüstriyel hammaddeler* (4. Baskı). İzmir: DEU Mühendislik mimarlık Fakültesi Yayını.

Law, A.M. ve Kelton, W.D. (1991). *Simulation modelling and analysis* (2. Baskı). New York: Mc Graw-Hill.

Mertins, K. (1985). *Steuerung rechnergeführter fertigungssysteme*. München: Wien:Carl Hanser Verlag.

Mucuk İ. (1987). *Modern işletmecilik* (3. Baskı). İstanbul: Türkmen Kitapevi.

Mucuk, İ. (1998). *Modern işletmecilik* (8.Baskı). İstanbul: Türkmen Kitabevi.

Oden, W.H. Langenwalter, G.A. ve Lucier, R.A. (1993). *Handbook of material & capacity requirements planning*. New York: McGraw-Hill.

Onargan, T. (1997). Katraklarda kesme verimini etkileyen faktörler. *Mermer Dergisi*, 10, 86-87.

Onargan, T. Köse, H. ve Deliormanlı, A. H. (2005). *Mermer* (3. Baskı). Ankara: Başak Matbaacılık.

Özden, Ü. H. (b.t.). *Simülasyon*. 18 Ekim 2018,
<http://www.unalozden.com/DOWNLOAD/simulasyon.pdf>

Özgen, H. (1987). *Üretim Yönetimi*. Adana: Bizim Büro Basımevi.

Özteknikmakine. (b.t.). Yatay yarma makinesi nedir?. 4 Aralık 2018,
https://www.ozteknikmakine.com/?ucx=eyJzYXlmYSIgOiAidXJ1bmxlc1kZXRheSIsICJsYW5nIiA6ICJ0ciIsICJwMSIgOiAiMSIsICJwMiIgOiAiMTAiLCAicDMiIDogIjIyIn0=&t=OZY YM%20630*6

Pegden, C. D. Shannon, R. E. ve Sadowski, R.P. (1995). *Introduction to simulation using SIMAN* (2. Baskı). New York: McGraw-Hill.

Pidd, M. (2004). *Computer simulation in management science*. (5. Baskı). USA: Johnson & Wiley Books.

Prokopenko, J. (2003). *Verimlilik yönetimi uygulamalı el kitabı*. (3. Baskı). (O. Baykal, N. Atalay, E. Fidan, Çev.). Ankara: MPM Yayınları. (1 Kasım 1987).

Quinn, F.J. (1997). What's the buzz?. *Logistics Management*, 36 (2), 43-7.

Selim, H. M., Askin, R. G. ve Vakharia, A. J. (1998). Cell formation in group technology: review, evaluation and directions for future research. *Computers and Industrial Engineering*, 34 (1), 3-20.

Steven, N. (1989). *Production and operations analysis*. Homewood: Richard D. Irwin.

Şimşek, M.Ş. (1998). *İşletme bilimine giriş*. Ankara: Nobel Yayınları.

Taha H. A. (2015). *Yöneylem araştırması*. (6.Baskı). (Ş. A. Baray, Çev.). İstanbul: Literatür. (Orijinal çalışma basım tarihi 1996)

- Takus A. D. ve Profozich M. D. (1997). Arena® Software Tutorial. *Atlanta, Georgia: Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, 541-544.
- Tanyaş, M. ve Baskak, M. (2003). *Üretim planlama ve kontrol*. İstanbul: İrfan Yayıncılık ve Tanıtım Limited Şirketi.
- Tekin, M. (1996). *Üretim yönetimi* (3. Baskı). Konya: Arı Ofset Matbaacılık.
- Tersine, R. J. (1988). *Principles of inventory and materials management* (3. Baskı). New York: Norh-Holland.
- Tosun, A. (2007). *Türkiye'nin mermer ihracatını arttırma olanaklarının araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Tönshoff, H.K., Warnecke, G., (1982). Research on stone saving. *Advances in ultra hard materials application technology*. N.Y: *De Beers Industrial Diamond Division*, 1, 36-49.
- Tütek H. H. ve Gümüsoğlu Ş. (2000). *Sayısal yöntemler-yönetisel yaklaşım*. İstanbul: Beta Basım Yayım A.Ş.
- Üreten, S. (1998). *Üretim / işlemler yönetimi (planlama ve denetim kararları, karar modelleri ve iyileştirme yaklaşımları)*. Ankara: Gazi Üniversitesi Yayınları.
- Üreten, S. (2004). *Üretim işlemler yönetimi stratejik kararlar ve karar modelleri* (4.Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Vollmann, T. E., Bery, W. L. ve Whyberk, C. D. (1988). *Manufacturing planning and control systems*. Homewood: Richard D. Irwin.
- Winston, L. ve Wayne, L. (1991). *Operations research applications and algorithms*. Boston: PWS- KENT Publishing Company.

Yamak, O. (1994). *Üretim yönetimi sistemler ilkeler teknikler*. İstanbul: Alfa Basım.

Yelken N. ve Demir H. (1978). *Üretim planlaması ve kontrolü*. İzmir: Ege Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları.



EKLER

EK 1: Birinci Model Raporları

18:54:00

Category Overview

Haziran 21, 2019

üretim optimizasyonu

Replications:1

Time Units:Minutes

Key Performance Indicators

System

Number Out

Average

446

Model Filename: F:\raporlar\tez model1

Page1of7

Şekil A.1 Birinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	4.4670	(Correlated)	4.4670	4.4670
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	45.1675	(Correlated)	0.00	90.3350
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	49.6345	(Correlated)	4.4670	94.8020

Other

Number In	Value			
mermer	541.00			
Number Out	Value			
mermer	446.00			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	49.2629	(Correlated)	0.00	95.0000

Şekil A.2 Birinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Process

Time per Entity

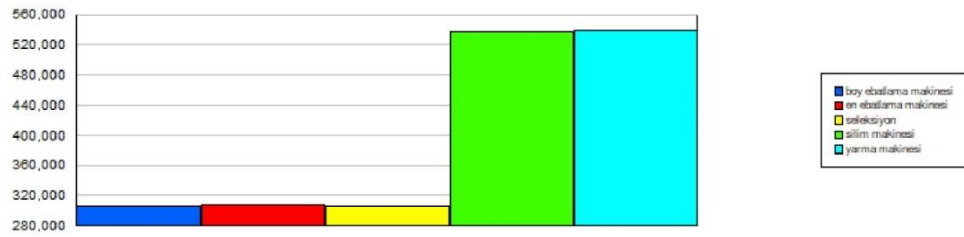
VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
en ebatlama makinesi	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
seleksiyon	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
silim makinesi	1.2030	(Correlated)	1.2030	1.2030
yarma makinesi	1.2030	(Correlated)	1.2030	1.2030

Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi	0.00	0,000000000	0.00	0.00
en ebatlama makinesi	0.00	0,000000000	0.00	0.00
seleksiyon	0.00	0,000000000	0.00	0.00
silim makinesi	0.00	0,000000000	0.00	0.00
yarma makinesi	45.3705	(Correlated)	0.00	90.7410

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
en ebatlama makinesi	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
seleksiyon	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
silim makinesi	1.2030	(Correlated)	1.2030	1.2030
yarma makinesi	46.5735	(Correlated)	1.2030	91.9440

Accumulated Time

Accum VA Time	Value
boy ebatlama makinesi	306.40
en ebatlama makinesi	307.09
seleksiyon	306.40
silim makinesi	537.74
yarma makinesi	538.94



Şekil A.3 Birinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

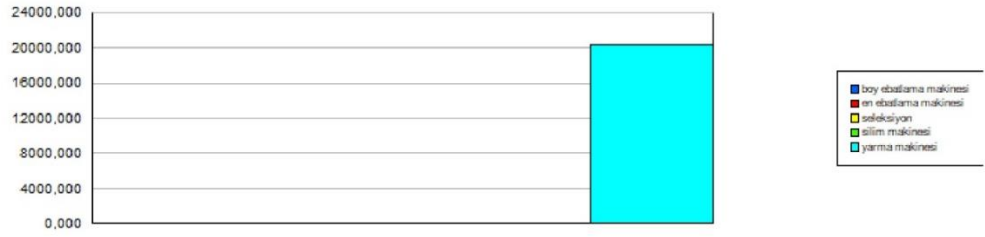
Process

Accumulated Time

Accum Wait Time

Value

boy ebatlama makinesi	0.00
en ebatlama makinesi	0.00
seleksiyon	0.00
silim makinesi	0.00
yarma makinesi	20325.98

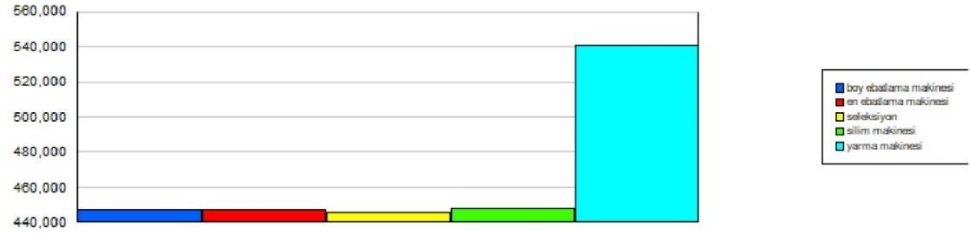


Other

Number In

Value

boy ebatlama makinesi	447.00
en ebatlama makinesi	447.00
seleksiyon	446.00
silim makinesi	448.00
yarma makinesi	541.00



Şekil A.4 Birinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Process

Other

Number Out	Value
boy ebatlama makinesi	446.00
en ebatlama makinesi	447.00
seleksiyon	446.00
silim makinesi	447.00
yarma makinesi	448.00

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
en ebatlama makinesi.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
seleksiyon.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
silim makinesi.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
yarma makinesi.Queue	45.4720	(Correlated)	0.00	90.9440

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
en ebatlama makinesi.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
seleksiyon.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
silim makinesi.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
yarma makinesi.Queue	45.5610	(Correlated)	0.00	92.0000

Şekil A.5 Birinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Instantaneous Utilization

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kontrol	0.5674	0,008586045	0.00	1.0000
makine 1	1.0000	(Insufficient)	0.00	1.0000
makine 2	0.9978	(Insufficient)	0.00	1.0000
makine 3	0.5687	0,005646782	0.00	1.0000
makine 4	0.5681	(Correlated)	0.00	1.0000

Number Busy

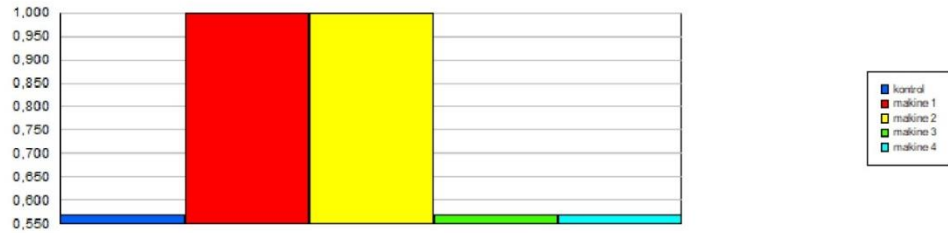
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kontrol	0.5674	0,008586045	0.00	1.0000
makine 1	1.0000	(Insufficient)	0.00	1.0000
makine 2	0.9978	(Insufficient)	0.00	1.0000
makine 3	0.5687	0,005646782	0.00	1.0000
makine 4	0.5681	(Correlated)	0.00	1.0000

Number Scheduled

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kontrol	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 1	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 2	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 3	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 4	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization

	Value
kontrol	0.5674
makine 1	1.0000
makine 2	0.9978
makine 3	0.5687
makine 4	0.5681



Şekil A.6 Birinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

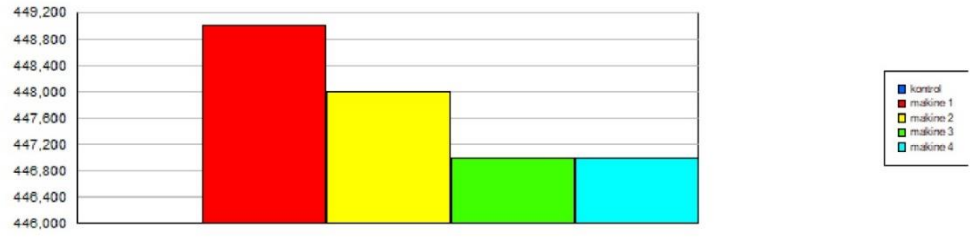
Resource

Usage

Total Number Seized

Value

kontrol	446.00
makine 1	449.00
makine 2	448.00
makine 3	447.00
makine 4	447.00



Şekil A.7 Birinci model rapor çıktısı

EK 2: İkinci Model Raporları

19:01:17

Category Overview

Haziran 21, 2019

Üretim optimizasyonu

Replications: 1

Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

System

Number Out

Average

447

Şekil A.8 İkinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	3.3450	(Correlated)	3.3450	3.3450
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	45.2690	(Correlated)	0.00	90.5380
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	48.6140	(Correlated)	3.3450	93.8830

Other

Number In	Value			
mermer	541.00			
Number Out	Value			
mermer	447.00			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	48.3360	(Correlated)	0.00	94.0000

Şekil A.9 İkinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Process

Time per Entity

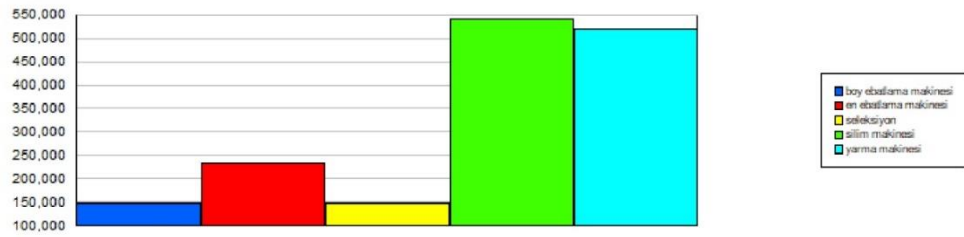
VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi	0.3300	(Correlated)	0.3300	0.3300
en ebatlama makinesi	0.5200	(Correlated)	0.5200	0.5200
seleksiyon	0.3300	(Correlated)	0.3300	0.3300
silim makinesi	1.2030	(Correlated)	1.2030	1.2030
yarma makinesi	0.9620	(Correlated)	0.9620	0.9620

Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi	0.00	0,000000000	0.00	0.00
en ebatlama makinesi	0.00	0,000000000	0.00	0.00
seleksiyon	0.00	0,000000000	0.00	0.00
silim makinesi	45.3705	(Correlated)	0.00	90.7410
yarma makinesi	0.00	0,000000000	0.00	0.00

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi	0.3300	(Correlated)	0.3300	0.3300
en ebatlama makinesi	0.5200	(Correlated)	0.5200	0.5200
seleksiyon	0.3300	(Correlated)	0.3300	0.3300
silim makinesi	46.5735	(Correlated)	1.2030	91.9440
yarma makinesi	0.9620	(Correlated)	0.9620	0.9620

Accumulated Time

Accum VA Time	Value
boy ebatlama makinesi	147.51
en ebatlama makinesi	232.44
seleksiyon	147.51
silim makinesi	538.94
yarma makinesi	519.48



Şekil A.10 İkinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

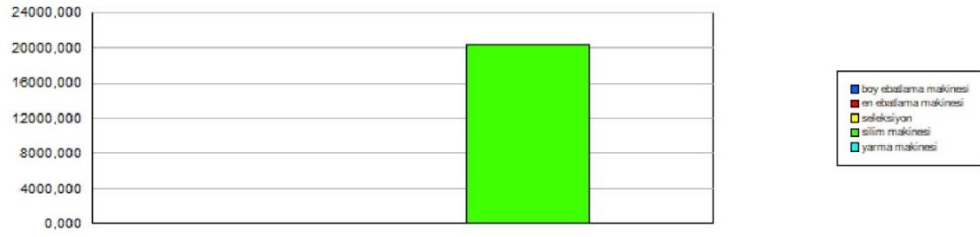
Process

Accumulated Time

Accum Wait Time

Value

boy ebatlama makinesi	0.00
en ebatlama makinesi	0.00
seleksiyon	0.00
silim makinesi	20325.98
yarma makinesi	0.00

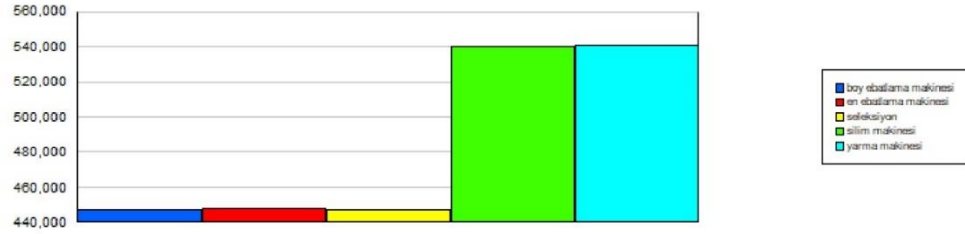


Other

Number In

Value

boy ebatlama makinesi	447.00
en ebatlama makinesi	448.00
seleksiyon	447.00
silim makinesi	540.00
yarma makinesi	541.00



Şekil A.11 İkinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Process

Other

Number Out	Value
boy ebatlama makinesi	447.00
en ebatlama makinesi	447.00
seleksiyon	447.00
silim makinesi	448.00
yarma makinesi	540.00

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
en ebatlama makinesi.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
seleksiyon.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
silim makinesi.Queue	45.4720	(Correlated)	0.00	90.9440
yarma makinesi.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
en ebatlama makinesi.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
seleksiyon.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
silim makinesi.Queue	45.3989	(Correlated)	0.00	91.0000
yarma makinesi.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Şekil A.12 İkinci model rapor çıktısı

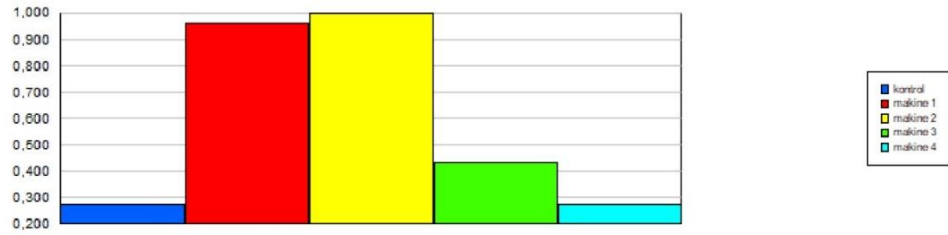
Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Instantaneous Utilization				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kontrol	0.2732	0,003888200	0.00	1.0000
makine 1	0.9620	(Correlated)	0.00	1.0000
makine 2	0.9982	(Insufficient)	0.00	1.0000
makine 3	0.4306	0,004004367	0.00	1.0000
makine 4	0.2732	0,003669357	0.00	1.0000
Number Busy				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kontrol	0.2732	0,003888200	0.00	1.0000
makine 1	0.9620	(Correlated)	0.00	1.0000
makine 2	0.9982	(Insufficient)	0.00	1.0000
makine 3	0.4306	0,004004367	0.00	1.0000
makine 4	0.2732	0,003669357	0.00	1.0000
Number Scheduled				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kontrol	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 1	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 2	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 3	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 4	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Scheduled Utilization				
	Value			
kontrol	0.2732			
makine 1	0.9620			
makine 2	0.9982			
makine 3	0.4306			
makine 4	0.2732			



Şekil A.13 İkinci model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

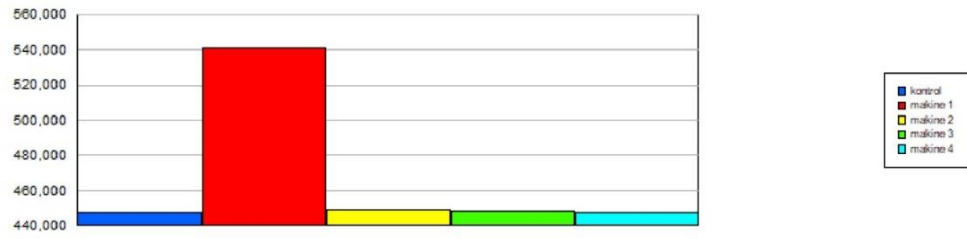
Replications: 1 Time Units: Minutes

Resource**Usage**

Total Number Seized

Value

kontrol	447.00
makine 1	541.00
makine 2	449.00
makine 3	448.00
makine 4	447.00



Şekil A.14 İkinci model rapor çıktısı

EK 3: Üçüncü Model Raporları

19:07:38	Category Overview	Haziran 21, 2019
Üretim optimizasyonu		
Replications: 1	Time Units: Minutes	
Key Performance Indicators		
System	Average	
Number Out	537	
Model Filename: F:\raporlar\tez model3		
Page	1	of 7

Şekil A.15 Üçüncü model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	3.6630	(Correlated)	3.6630	3.6630
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	3.6630	(Correlated)	3.6630	3.6630

Other

Number In	Value			
mermer	541.00			
Number Out	Value			
mermer	537.00			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
mermer	3.6538	(Correlated)	0.00	4.0000

Şekil A.16 Üçüncü model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
en ebatlama makinesi	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
seleksiyon	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
silim makinesi	0.8010	(Correlated)	0.8010	0.8010
yarma makinesi	0.8010	(Correlated)	0.8010	0.8010

Wait Time Per Entity

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi	0.00	0,000000000	0.00	0.00
en ebatlama makinesi	0.00	0,000000000	0.00	0.00
seleksiyon	0.00	0,000000000	0.00	0.00
silim makinesi	0.00	0,000000000	0.00	0.00
yarma makinesi	0.00	0,000000000	0.00	0.00

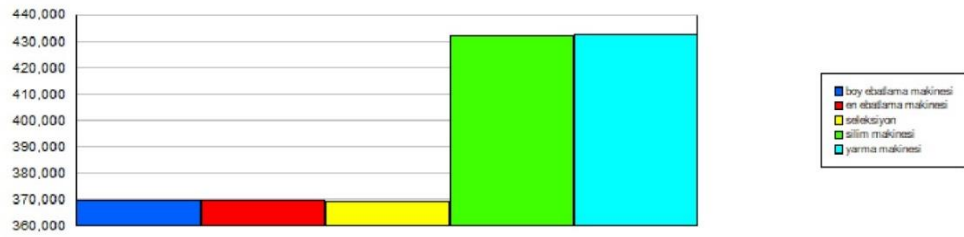
Total Time Per Entity

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
en ebatlama makinesi	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
seleksiyon	0.6870	(Correlated)	0.6870	0.6870
silim makinesi	0.8010	(Correlated)	0.8010	0.8010
yarma makinesi	0.8010	(Correlated)	0.8010	0.8010

Accumulated Time

Accum VA Time

	Value
boy ebatlama makinesi	369.61
en ebatlama makinesi	369.61
seleksiyon	368.92
silim makinesi	431.74
yarma makinesi	432.54



Şekil A.17 Üçüncü model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Process

Accumulated Time

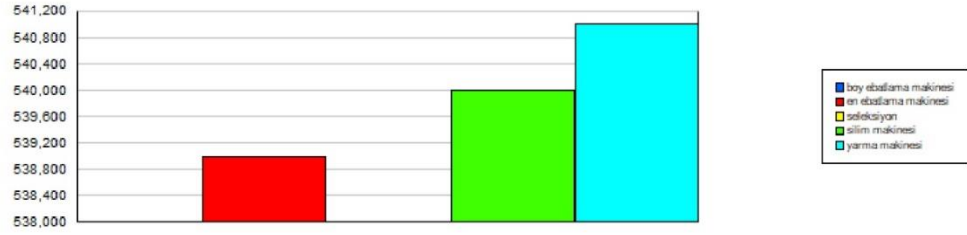
Accum Wait Time

	Value
boy ebatlama makinesi	0.00
en ebatlama makinesi	0.00
seleksiyon	0.00
silim makinesi	0.00
yarma makinesi	0.00

Other

Number In

	Value
boy ebatlama makinesi	538.00
en ebatlama makinesi	539.00
seleksiyon	538.00
silim makinesi	540.00
yarma makinesi	541.00



Number Out

	Value
boy ebatlama makinesi	538.00
en ebatlama makinesi	538.00
seleksiyon	537.00
silim makinesi	539.00
yarma makinesi	540.00

Şekil A.18 Üçüncü model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
en ebatlama makinesi.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
seleksiyon.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
silim makinesi.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
yarma makinesi.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
boy ebatlama makinesi.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
en ebatlama makinesi.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
seleksiyon.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
silim makinesi.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
yarma makinesi.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Şekil A.19 Üçüncü model rapor çıktısı

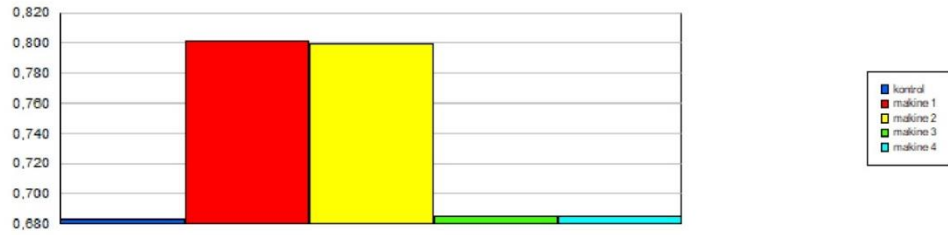
Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Instantaneous Utilization				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kontrol	0.6832	(Correlated)	0.00	1.0000
makine 1	0.8010	(Correlated)	0.00	1.0000
makine 2	0.7999	(Correlated)	0.00	1.0000
makine 3	0.6852	(Correlated)	0.00	1.0000
makine 4	0.6845	(Correlated)	0.00	1.0000
Number Busy				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kontrol	0.6832	(Correlated)	0.00	1.0000
makine 1	0.8010	(Correlated)	0.00	1.0000
makine 2	0.7999	(Correlated)	0.00	1.0000
makine 3	0.6852	(Correlated)	0.00	1.0000
makine 4	0.6845	(Correlated)	0.00	1.0000
Number Scheduled				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kontrol	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 1	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 2	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 3	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
makine 4	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Scheduled Utilization				
	Value			
kontrol	0.6832			
makine 1	0.8010			
makine 2	0.7999			
makine 3	0.6852			
makine 4	0.6845			



Şekil A.20 Üçüncü model rapor çıktısı

Üretim optimizasyonu

Replications: 1 Time Units: Minutes

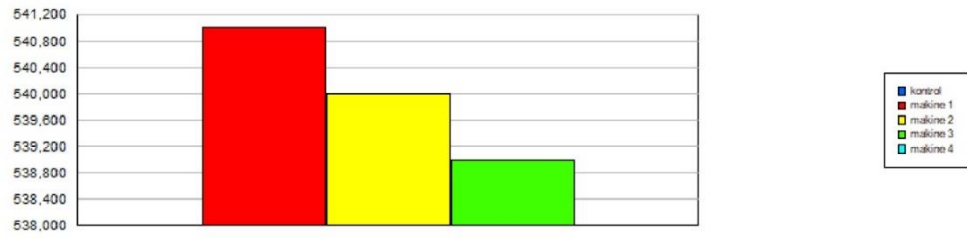
Resource

Usage

Total Number Seized

Value

kontrol	538.00
makine 1	541.00
makine 2	540.00
makine 3	539.00
makine 4	538.00



Şekil A.21 Üçüncü model rapor çıktısı