

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MERMER İŞLEME TESİSLERİNDE ÜRÜN
MİKTARININ DOĞRUSAL PROGRAMLAMA
TEKNİĞİ YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

Özgür ÖZSAN

Eylül, 2006
İZMİR

MERMER İŞLEME TESİSLERİNDE ÜRÜN MİKTARININ DOĞRUSAL PROGRAMLAMA TEKNİĞİ YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı

Özgür ÖZSAN

Eylül, 2006

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Özgür ÖZSAN, tarafından Doç. Dr. Ferhan ŞİMŞİR yönetiminde hazırlanan “MERMER İŞLEME TESİSLERİNDE ÜRÜN MİKTARININ DOĞRUSAL PROGRAMLAMA TEKNİĞİ YARDIMIYLA BELİRLENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ferhan ŞİMŞİR

Danışman

Prof. Dr. A. Hakan ONUR

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAKMAKÇI

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı gerçekleştirirken bana tüm imkanları sunan ve çalıştığım firma olan Rentaş Mermer Mad. San. ve Tic. Ltd. Şti. yönetimine ve idari personeline teşekkür ederim.

Çalışmamla ilgili değerli önerileri ve katkılarından dolayı danışmanım Doç. Dr. Ferhan ŞİMŞİR'e, ayrıca çalışmaya konu olan programlama tekniği ile ilgili olarak bilgisini paylaşmaktan çekinmeyen ve bana vaktini ayıran arkadaşlarım Araş. Gör. Pınar MIZRAK ÖZFİRAT'a ve Araş. Gör. Kemal ÖZFİRAT'a teşekkürü bir borç bilirim.

Maddi ve manevi her türlü destekleriyle yanımda olan aileme gönülden sevgilerimle.

Özgür ÖZSAN

MERMER İŞLEME TESİSLERİNDE ÜRÜN MİKTARININ DOĞRUSAL PROGRAMLAMA TEKNİĞİ YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

ÖZ

Mermer sektöründe faaliyet gösteren firmaların büyük çoğunluğunda üretimin planlanması ve programlanması tamamıyla tecrübe ve pratikten gelen öngörüler doğrultusunda gerçekleşmektedir. Bu sebepten ötürü hangi ürün çeşitlerinin verimli olacağı ve bu ürünlerin hangi miktarlarda üretileceği her zaman için bir sorun teşkil etmiştir.

Mermer işleme tesislerinde karşılaşılan bu konuyu, gerçekçi ve bilimsel yöntemler dikkate alınarak daha net bir duruma getirmek için bu çalışma düşünülmüştür. Çalışma yapılmak üzere orta büyüklükte bir mermer işletmesi olan Rentaş Mermer Mad. San. ve Tic. Ltd. Şti. seçilmiş ve bir yıl boyunca tüm üretim aşamaları gözlemlenmiştir. Proje kapsamında üretim akım şemaları oluşturulmuş, makine ve ekipmanlar tanımlanmış, kapasite ve üretim kayıplarının takibi için gerekli raporlama sistemleri oluşturulmuştur. Teorik çalışma kapsamında ise doğrusal programlama tekniğinin tanımı, kapsamı ve uygulama yöntemi ortaya konulmuş, modelin çözümü için gerekli olan Lingo 8.0 paket programı üzerinde çalışılmıştır.

Üretim hattı verileri bu bilgisayar programına girilmiş ve modelin çözümü üç ayrı koşul için sağlanmıştır. Üretimi gerçekleştirilen mermer, doğal bir malzeme olduğu için varsayımlar ve kabuller dahilinde en iyi üretim koşulu, en kötü üretim koşulu ve ortalama üretim koşulları adı altında program çalıştırılmıştır.

Sonuç olarak, tesiste üretimi gerçekleştirilebilen ürünlerden hangilerinin daha verimli olduğu, ay içerisinde hangi ürünlerden üretilerek en yüksek gelire ulaşılabileceği ve söz konusu ürünlerden ne kadar üretilmesi gerektiği ortaya konulmuş, böylece firma sahiplerine pazar politikası yürütülmesinde kılavuzluk edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Mermer, Üretim, Planlama, Doğrusal Programlama.

DETERMINATION OF PRODUCT QUANTITY AT MARBLE PROCESSING PLANTS USING LINEAR PROGRAMMING TECHNIQUE

ABSTRACT

Most of the companies in marble sector are planning and programming their production using their experiences, and, practical forecasts. Because of this reason it has always been a problem to know which product is efficient and at which quantity it has to be produced.

This study has been carried out to clarify this subject encountered in marble processing plants with taking into consideration of realistic and scientific methods. Rentaş Marble a middle-size marble plant is chosen to carry out this study, and all production steps there have been observed over a year. In this study, production diagrams are constituted, machines and equipments are determined, and necessary report documents are constituted in relation with capacity and production losses. In the theoretical part of this project, definition, scope and application method of linear programming are defined, and software Lingo 8.0 is used for solving the model.

Data of production line had been used as input in this software and three different solutions were obtained. Marble as a material is a natural stone and because of this, software were run under three different conditions with regard to some suppositions and acceptances, namely for best production conditions, for worst production conditions and for average production conditions.

As a result, the efficiency of products produced at the plant, which product has to be produced within a month to obtain the most revenue, and, the quantity of that product are clarified. By this way, marketing policies for companies are obtained.

Keywords : Marble, Production, Planning, Linear Programming.

İÇİNDEKİLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v

BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....1

BÖLÜM İKİ - ÖRNEK MERMER TESİSİNİN TANITILMASI.....2

2.1	Firmanın Kuruluşu	2
2.2	Firmanın Ocak Makine Parkı.....	2
2.3	Firmanın Fabrika Makine Parkı	2
2.4	Firmanın Ürettiği Mermer Cinsleri ve Özellikleri	3
2.4.1	Çaltepe Mevkii Likya Bej Ocağı.....	4
2.4.2	Bedirli Mevkii Burdur Kahve Ocağı	5
2.4.3	Mürseller Mevkii Likya Gülu Ocağı	6
2.4.4	Mürseller Mevkii Flamingo Ocağı	7
2.5	Fabrika Makine Parkının Teknik Özellikleri	8
2.5.1	Katrak Hattı Makineleri	9
2.5.1.1	Katrak Makinesi.....	9
2.5.1.2	Plaka (Levha) Cila Makinesi	10
2.5.1.3	Köprü Kesme Makinesi.....	11
2.5.1.4	Plaka Epoksi Uygulama Birimi	12
2.5.2	Fayans Hattı Makineleri.....	13
2.5.2.1	ST (Blok Kesme) Makineleri	14
2.5.2.2	Strip Epoksi Uygulama Hattı	14
2.5.2.3	Yatay Yarma Makinesi	16
2.5.2.4	Kalibrasyon Makinesi	17
2.5.2.5	Fayans Cila Makinesi.....	17

2.5.2.6	En Dilme ve Ebatlama Makineleri	18
2.5.2.7	Pah Kırma Ünitesi.....	19
2.5.2.8	Bitiş Ünitesi	19
2.6	Firmanın Ürettiği Ürün Standartları.....	21
2.7	Ürün Standartlarına Bağlı Üretim Süreçleri	22
2.7.1	Katrak Hattı Üretim Süreçleri	23
2.7.2	Fayans Hattı Üretim Süreçleri.....	24
2.8	Fayans Hattı İş-Zaman Etüdü	27
2.8.1	Üretim Takip Raporları.....	27
2.8.2	Fabrika Fayans Hattı Üretim Değerleri	28
2.8.3	Ürün Çeşitlerine Bağlı Fayans Hattı Kayıpları	29
2.8.4	Hat Sonu Ürün Kalite Dağılımı.....	30
2.8.5	Aylık Fayans Üretim Miktarları	30
2.8.6	Fayans Hattı Aylık Çalışma Süresi Hesabı	34

BÖLÜM ÜÇ - DOĞRUSAL PROGRAMLAMA38

3.1	Doğrusal Programlamanın Tanımı	38
3.2	Doğrusal Programlamanın Bileşenleri	38
3.3	Doğrusal Programlama Yönteminin Varsayımları.....	39
3.3.1	Doğrusallık Varsayımı	39
3.3.2	Bölünebilirlik Varsayımı.....	39
3.3.3	Toplanabilirlik Varsayımı	40
3.3.4	Sınırlılık Varsayımı	40
3.3.5	Pozitif Olma Koşulu	40
3.4	Doğrusal Programlamada Modelleme	40
3.5	Doğrusal Programlamada Problem Tesbiti.....	41
3.6	Doğrusal Modelin Kurulması	41

3.6.1	Karar Değişkenleri.....	41
3.6.2	Amaç Fonksiyonu.....	42
3.6.3	Kısıt Koşullar	42
3.7	Doğrusal Programlamanın Hesaplama Yöntemleri.....	43
3.8	Örnek Bir Doğrusal Programlama Problemi	44
BÖLÜM DÖRT - ÖRNEK MERMER TESİSİNDE DOĞRUSAL		
PROGRAMLAMA UYGULAMASI.....		46
4.1	Problemin Tanımlanması.....	46
4.2	İşletmeye Ait Doğrusal Programlama Modelinin Kurulması.....	46
4.2.1	Karar Değişkenleri.....	46
4.2.2	Amaç Fonksiyonu.....	48
4.2.3	Kısıt Koşullar	49
4.2.3.1	Hammadde Kısıtı	49
4.2.3.2	Süre Kısıtları.....	50
4.2.3.3	Sipariş ve Pozitif Olma Kısıtları.....	51
4.3	Çözüm Modelinin Bilgisayar Ortamında Çalıştırılması.....	52
BÖLÜM BEŞ - SONUÇ.....		54
KAYNAKLAR.....		56

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Serbest piyasa ekonomisi içerisinde üretim faaliyetinde bulunan firmaların karşılaştığı en büyük sorun kısıtlı kaynaklar ile sınırsız ihtiyaçların giderilmesi olmaktadır. Kaynakların kısıtlı olması üreticiyi her zaman için bazı konular üzerinde düşünmeye yöneltmektedir, bu konuların başında da düşürülmesi gereken maliyetler gelmektedir. Üretim yapan bir firmada maliyetler üzerinde etkili olan birçok unsur bulunmaktadır, bunları makine, iş gücü, hammadde ve yönetim başlıkları altında toplayabiliriz. Bir işletmede hesaplanarak yapılmış bir teknolojik yatırım beraberinde üretime güçlü başlamayı getirirken, yeterli kalifiye eleman mevcudiyeti de bu güçlü yapıyı uzun vadeli devam ettirebilme yeteneği sağlar. Doğru ve yeterli miktardaki hammadde ise, üretimin niteliği üzerinde etkilidir. Buraya kadarki unsurlar tek başlarına üretim anlamında yeterli yapıyı sağlayamamaktadırlar, güçlü bir kuruluşun belkemiği ise yönetimdir. Yönetim, hammaddenin en uygun şekilde kullanılması, makinelerin doğru dizilimle işlerlik kazanması, iş gücünün doğru zamanda doğru yerde verimli kılınması anlamına gelmektedir. Hammaddenin kısıtlı, teknolojinin pahalı, iş gücünün yetersiz olduğu her işletmede üretim yönetimine gereksinim vardır. Üretim yönetimi bir işletmenin üretim kaynaklarının, üretilmesi istenen miktarının belirlenen kalitede, istenen zamanda ve düşük maliyet ile üretilmesini sağlayacak koordinasyonudur. Üretim ile pazar arasındaki köprüyü kuran üretim yönetiminin işletmelerdeki yansıması üretim planlanması şeklindedir. Hammadde girdisi doğal malzeme olan mermercilik sektöründe faaliyet gösteren firmaların büyük bir kısmı ise üretim planlamasını sadece tecrübeler ve tahminlere dayalı verilerle gerçekleştirmeye çalışmaktadırlar. Her ne kadar doğal bir malzemeye çalışılıyor olsa da, bazı bilimsel metotlar üretimin planlanması adına işletme sahiplerine fikir verebilecek durumdadır. Birden çok ürün çeşidi üretebilen mermer işletmelerinde temel sorun hangi ürün çeşidinin üretilmesinin verimli olduğu ve minimum maliyet veya maksimum kar hedefine ulaşmak için hangi üründen ne kadar üretilmesi gerektiğidir. Endüstri mühendisliği kapsamında uygulama alanı bulan metotlardan birisi olan Doğrusal Programlama Tekniği, bu sorulara yanıt olabilecek kapsam ve yeterliliktedir.

BÖLÜM İKİ

ÖRNEK MERMER TESİSİNİN TANITILMASI

2.1 Firmanın Kuruluşu

Rentaş Mermer, kömür sektöründe faaliyet gösteren Emre Madencilik'in kurucusu Ahmet EREN ile, kömür, krom ve manyezit konularında tecrübeli İsmet BEKTAŞ'ın ortak girişimi sonucu 1996 yılında Burdur ili Yeşilova ilçesinde faaliyete başlamıştır. İlk olarak ocaktan blok mermer üretimi gerçekleştiren firma, 2001 yılı sonunda yine Burdur ilinin Karamanlı ilçesinde yaptığı yatırım ile mermer işleme fabrikasını üretime açmıştır. 30.000 m²'lik açık ve 5500 m²'lik kapalı alana kurulu olan fabrikada halen plaka, fayans ve ebatlı ürünlerin üretimi gerçekleştirilmektedir.

2.2 Firmanın Ocak Makine Parkı

Firma sahip olduğu mermer ocaklarının işletilmesinde aşağıdaki makine ve ekipmanlardan faydalanmaktadır.

- 1 Adet Sumitomo Ekskavatör
- 1 Adet Volvo 360 Ekskavatör
- 2 Adet Volvo 180 – 220 Lastikli Yükleyici
- 2 Adet FH-12 TIR
- 4 Adet Atlas Copco Kompresör
- 6 Adet Marini Elmas Tel Kesme Makinesi
- 1 Adet Koffman Zincirli Kollu Kesim Makinesi
- 2 Adet Kamyon

2.3 Firmanın Fabrika Makine Parkı

Firmanın Karamanlı ilçesinde kurulu olan fabrikasında mevcut makine ve ekipmanlar şu şekildedir

- 1 Adet Gaspari Menotti Katrak
- 2 Adet Quadra ST Makinesi
- 1 Adet Mutlu ST Makinesi
- 3 Adet Yerli Bař Kesme Makinesi
- 1 Adet 14 Gaspari Menotti Plaka Silim Makinesi
- 1 Adet 3+12 Pedrini Fayans Silim Makinesi
- 1 Adet Quadra Köprü Kesme Makinesi
- 1 Adet Komple Fayans Hattı
- 2 Adet Epoksi Fırın Odası
- 1 Adet 40 mt. Epoksi Uygulama Konveyörü
- 2 Adet Akemi Dozaj Pompası
- 2 Adet Komatsu 3,5 ton Forklift
- 1 Adet Ketmak Su Arıtma Tesisi

2.4 Firmanın Ürettiğı Mermer Cinsleri ve Özellikleri

Firma Burdur bölgesinde birden çok mermer ruhsatına sahiptir, bunlardan sadece 4 tanesinde üretim yapılmış veya yapılmaktadır. Firma sahip olduğı ocakları pazar koşullarına ve jeolojik koşullara göre işletmekte olup, aylık ortalama blok üretim kapasitesi 600 m³ tür. Fabrika da ise aylık 5000 m² fayans, 4000 m² de plaka üretimi gerçekleştirilmektedir (veriler son bir yıllık üretim raporlarından alınmıştır).

Firmanın bünyesindeki mermer ocaklarının dökümü řu şekildedir:

1. Çaltepe Mevkii Likya Bej Ocağı
2. Bedirli Mevkii Burdur Kahve Ocağı
3. Mürseller Mevkii Likya Gülu Ocağı
4. Mürseller Mevkii Flamingo Ocağı

2.4.1 Çaltepe Mevkii Likya Bej Ocağı

İşletme ruhsatı dahilinde 1996 yılında üretime başlamış bu mermer ocağı Burdur ili Yeşilova ilçesi Çaltepe köyünde konuştur. Ocaktaki üretim halen devam etmekte olup, son bir sene içerisindeki talep artışı sebebiyle firmanın sahip olduğu tüm iş makineleri burada faaliyet göstermektedir.



Şekil 2.4.1-1 Çaltepe mevkii “Likya Bej” ocağı genel görünümü

Taşın bünyesinde bulunan ince gerilme çatlakları ve rengindeki hareketli yapı ocağın temel karakteristiğidir. Markalaşmış “Likya Bej” (Lykia Beige) adı altında piyasada ilgi gören ve firmanın en temel taşı olan bu mermerin fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Sertlik (Mohs).....	4 – 4,5
Yoğunluk.....	2,7 g/cm ³
Porozite (%).....	0,195
Basınç Dayanımı.....	1152 kg/cm ²
Elastisite Modülü.....	147666 kgf/cm ²
Aşınma Miktarı.....	25,93 cm ³ /50 cm ²

SiO₂.....: % 0,95
 CaO.....: % 53,74
 MgO.....: % 1,70
 Kızdırma Kaybı.....: % 43,61



Şekil 2.4.1-2 Likya Bej seleksiyon resimleri

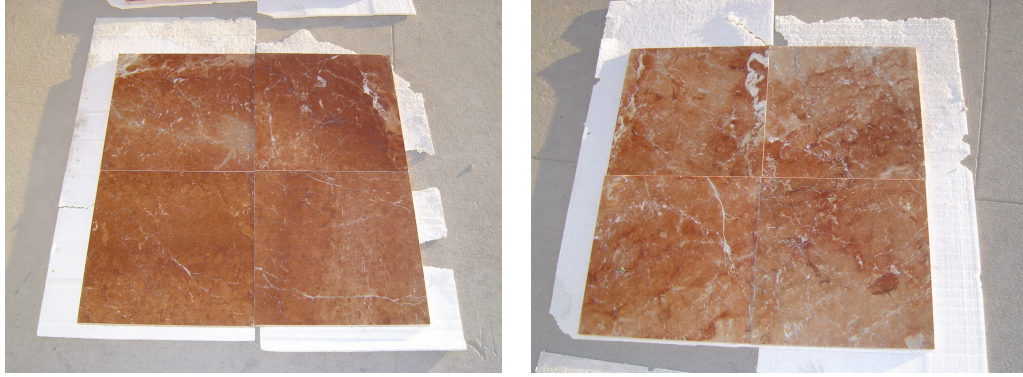
2.4.2 Bedirli Mevkii Burdur Kahve Ocağı

İşletme ruhsatı dahilinde 1996 yılında üretime başlamış bu mermer ocağı Burdur ili Yeşilova ilçesi Bedirli köyü mevkiindedir. Ocaktaki üretime 2005 yılı Mayıs ayında örtü-kazı gerekmesi sebebiyle ara verilmiştir.



Şekil 2.4.2-1 Bedirli mevkii “Burdur Kahve” ocağı genel görünümü

İspanyol “Rose Alicante” taşına benzerliği ile piyasada talep gören bu mermerin ismi yerli ve yabancı piyasada “Burdur Kahve” olarak anılmaktadır. Aşağıda seleksiyon resimleri bulunan Burdur Kahve taşına ait ocak, firmanın öngörüsüne dayanarak 2007 yılında örtü-kazı işleminin ardından tekrar devreye alınacaktır. Aynı ocaktan elde edilen diğer bir mermer çeşidi de “Zambak” adı altında özellikle iç piyasada oldukça geniş talep görmüş ve görmektedir.



Şekil 2.4.2-2 Burdur Kahve seleksiyon resimleri

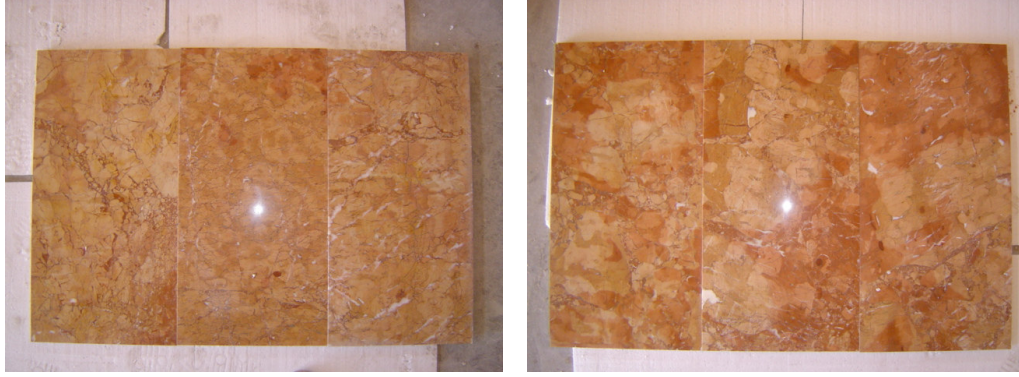
2.4.3 Mürseller Mevkii Likya Gülü Ocağı

İşletme ruhsatı dahilinde 2004 ile 2005 tarihleri arasında üretim yapılmış bu ocak Burdur ili Karamanlı ilçesi Mürseller Köyü mevkiindedir.



Şekil 2.4.3-1 Mürseller mevki “Likya Gülü” ocağı genel görünümü

Burdur Kahve taşına eşdeğer olması düşünülerek üretime alınmış bu ocağın karakter farklılığı nedeniyle pazarda sınırlı rağbet görmesinden dolayı Likya Gülü (Lykia Rose) ismi altında piyasaya sunulmuştur. Halen talebi karşılayacak kadar blok ve moloz üretim sahasında mevcuttur.



Şekil 2.4.3-2 Likya Gülü seleksiyon resimleri

2.4.4 Mürseller Mevkii Flamingo Ocağı

İşletme ruhsatı dahilinde 2003 ile 2004 tarihleri arasında üretim yapmış olan bu ocak Burdur ili Karamanlı ilçesi Mürseller Köyü mevkiindedir.



Şekil 2.4.4-1 Mürseller mevkii “Flamingo” ocağı genel görünümü

Yeşil renk ağırlıklı olan bu mermer homojen olmayan yapısı nedeniyle çok fazla talep görmediği için kısa süreli bir üretim yapılarak “Flamingo” ticari ismi altında piyasaya sunulmuştur. Halen talebi karşılayacak kadar blok ve moloz üretim sahasında bulunmaktadır.



Şekil 2.4.4-2 Flamingo seleksiyon resimleri

Yukarıda genel durumları ve özellikleri anlatılan tüm bu sahalar içerisinde Likya Bej ocağı ayrı bir önem teşkil etmektedir. En çok rezerve sahip ve en çok talep gören bu taşın işlenerek mamul haline getirilmesi de bir o kadar zordur. Yüksek yoğunlukta makine parkı ve iş gücü gerektiren bu taş, ancak kimyasal bir yöntem (Epoxy) kullanılarak mamul hale getirilmektedir. Firmanın sahip olduğu ve yukarıda bahsedilen ocaklarda ise pazarlama ve tanıtım çalışması ile hazırlık çalışması yapılmasına gerek duyulmaktadır. Bu projeye konu olan programlama sisteminin uygulanması sırasındaki tüm çalışmalar, üretimi gerçekleştirilmekte olan bu Likya Bej taşının karakteristikleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

2.5 Fabrika Makine Parkının Teknik Özellikleri

2001 yılı sonunda Burdur ili Karamanlı ilçesinde kurulan firmaya ait fabrika ilk olarak faaliyetine katrak hattı ile plaka üretimiyle başlamıştır. Daha sonra 2002 yılında ilave yatırım ile komple fayans hattı kurulmuş ve fayans ile ebatlı üretim de devreye alınmıştır. Firma ilk makinelerini % 100 İtalyan menşeli kurmuş olup, daha

sonra ki genişletme yatırımlarında yerli makineler de devreye alınarak günümüzde üretimini % 70 yabancı % 30 yerli makine parkı ile gerçekleştirmektedir. Tüm makineler üretim hedefine uygun olarak temelde katrak hattı ve fayans hattı olmak üzere iki ana grup altında toplanmıştır. Aşağıda bu iki hattın sahip olduğu makineler ve teknik özelliklerinden kısaca bahsedilmektedir.

2.5.1 Katrak Hattı Makineleri

Katrak hattı temelde plaka üretiminin gerçekleştirildiği hat olup aşağıdaki makine gruplarından oluşmaktadır.

- 1 adet katrak
- 1 adet plaka cila makinesi
- 1 adet plaka epoksi uygulama birimi
- 1 adet köprü kesme makinesi

2.5.1.1 Katrak Makinesi

Firmada 1 adet 2000 yılı İtalyan yapımı DGSMK2 model Gaspari Menotti marka katrak bulunmaktadır.



Şekil 2.5.1.1-1 Gaspari Menotti marka katrak

Bu katrak 80 lamalı olup 1000 mm strok değerine sahiptir. Araba hareketli katrak grubuna giren bu makine ile en çok 200 cm genişlik, 330 cm uzunluk ve 205 cm yüksekliğe sahip bloklar kesilebilmektedir. Dakikada 800 litre su tüketen bu katrağın toplam kurulu gücü 123 kW'tır. Temel plaka üretim kalınlıkları 2 cm, 2.5 cm, 3 cm ve 4.1 cm dir.

2.5.1.2 Plaka (Levha) Cila Makinesi

Firmada 1 adet 2000 yılı İtalyan yapımı PMM2100/MK2 model Gaspari Menotti marka levha cila makinesi bulunmaktadır.



Şekil 2.5.1.2-1 Gaspari Menotti marka plaka cila makinesi

14 adet parlatici kafaya sahip olan bu cila makinesi ile en çok 8 cm kalınlık ve 210 cm genişliğe sahip plakalar cilalanabilmektedir. Dakikada 350 litre su tüketimi olan bu makinenin toplam kurulu gücü 112 kW'tır. İki adet Protec marka İtalyan yapımı robotlu yükleme – boşaltma sistemi ile desteklenmiş olan cila makinesine plaka beslemesi otomatik olarak yapılmaktadır.



Şekil 2.5.1.2-2 Robot yükleme boşaltma sistemi

2.5.1.3 Köprü Kesme Makinesi

Firmada 1 adet 2000 yılı İtalyan yapımı Axia 38 Full model GMM marka köprü kesme makinesi bulunmaktadır. Çeşitli açılarda kesim kabiliyetine sahip olan bu makine PLC kontrollü kesim yapmaktadır ve plaka kenarlarını düzeltmek veya plakalardan proje ölçülerinde ebatlar kesmek için kullanılmaktadır.



Şekil 2.5.1.3-1 GMM marka köprü kesme makinesi

2.5.1.4 Plaka Epoksi Uygulama Birimi

Üretilmekte olan bej taşının karakteristik özelliği olan kılcal çatlakların kimyasal bir malzeme ile sağlamlaştırılması işleminin yapıldığı birimdir. Kimyasal malzeme olarak yurtdışı kaynaklı “EPOXY” isimli malzeme kullanılmaktadır. Bu malzeme A ve B olmak üzere iki ayrı bileşen halindedir. $\frac{1}{4}$ oranında karıştırılarak malzeme üzerine uygulanır ve çatlak boyunca yerleştikten 8 ila 24 saat sonra sertleşerek mukavemeti sağlar. Daimi olarak 5 işçinin çalıştığı bu birimde uygulama şu şekilde olmaktadır :

- 1) Ham plakalar düz bir zemin üzerine yatırılır.
- 2) Plakalar LPG tüketen hamlaçlar ile ısıtılarak yüzey ve çatlak sularından arındırılırlar.
- 3) Yüzey sıcaklığı 40 dereceye ulaşan plaka üzerine hacimce $\frac{1}{4}$ oranında karışım sağlayan dozaj pompası vasıtası ile homojen epoksi malzemesi tatbik edilir.
- 4) Yüzeye dökülen epoksi spatulalar yardımıyla tüm plaka yüzeyine yayılarak çatlakların içerisine nüfus etmesi sağlanır.
- 5) Uygulama işlemi biten plakanın üzerine naylon örtülerek yeni ham bir plaka aynı işlemler için yatırılır.
- 6) 6 ile 8 saat arasında fabrika ortamında bekleyen plakalar vakumerler yardımıyla kaldırılarak arka yüzleri çevrilir ve tekrar sağlamlaştırma işlemi için yatırılır.
- 7) Arka yüze ön yüzden farklı olarak cam ipliğinden dokunmuş fiber file koyulur ve bu file üzerinden epoksi yapılır. Böylece, filenin mermer plaka yüzeyine epoksi yardımıyla yapışması (laminasyon) sağlanarak mukavim bir arka yüzey desteği elde edilir.
- 8) Kurlenmeye bırakılan plakalar ertesi gün yüzey işlemi için plaka cila makinesinin robot besleme vagonunda istiflenir.



Şekil 2.5.1.4-1 Plaka epoksi uygulama ünitesi

Katrak hattı vardiya ve personel dağılımı :

- Katrak ve plaka cila makineleri....3'er vardiya.... 1 kişi
- Plaka epoksi ünitesi.....1 vardiya..... 5 kişi
- Köprü kesme makinesi.....2 vardiya..... 1 kişi

Hatta toplam 7 kişi çalışmaktadır ve aylık ortalama üretim kapasitesi 4000 m² plaka civarındadır.

2.5.2 *Fayans Hattı Makineleri*

Fayans hattı temelde küçük ebatlı ürün ve çeşitli standartlarda fayans üretiminin gerçekleştirildiği hat olup aşağıdaki makine gruplarından oluşmaktadır.

3 adet ST (blok kesme) makinesi

2 adet kafa kesme makinesi

1 adet strip epoksi uygulama hattı

- 1 adet yatay yarma makinesi
- 1 adet kalibrasyon makinesi
- 1 adet fayans cila makinesi
- 1 adet en dilme (trimming) makinesi
- 1 adet ebatlama makinesi
- 1 adet komple pah kırma ünitesi
- 1 adet tamir-seleksiyon-kasalama ünitesi

2.5.2.1 ST (Blok Kesme) Makineleri

Firmada 2 adet 2000 yılı İtalyan yapımı Quadra marka ST ve 1 adet 2006 yılı Mutlu Makine yapımı ST bulunmaktadır. Her üç ST birer adet kafa kesme makinesi ile birlikte çalışmaktadır. Mevcut ST ler ile bıçak kapasitelerine bağlı olarak en çok 50 cm genişliğinde ve 7 cm kalınlığında stripler kesilebilmektedir. Kesilebilen en büyük blok boyutları 330 cm, x 240 cm, x 220 cm'dir.



Şekil 2.5.2.1-1 ST ve kafa kesme makineleri

2.5.2.2 Strip Epoksi Uygulama Hattı

Plaka epoksi ünitesinde uygulanan güçlendirme sistemi fayans hattına girecek yarı mamullere de uygulanmaktadır. Uygulama 2 adet kapalı oda fırın, 1 adet dozaj

pompası ve 1 adet uygulama konveyöründen oluşmaktadır. Daimi olarak 9 işçinin çalıştığı bu üniteye uygulama şu şekilde olmaktadır :

- 1 ST'lerden kesilen stripler yüzey suları süzildükten sonra kapalı oda fırınlara yerleştirilirler.
- 2 Nemli stripler 40 dereceye sabitlenmiş bu kapalı oda fırınlarda nemini atıncaya kadar bekletilir.
- 3 Neminden arındırılmış stripler EMA marka kızılötesi (IR) lambalardan oluşan kurutma ve ısıtma fırınına beslenir.
- 4 Çatlak nemini atmış ve yüzey sıcaklığı 40 derece olmuş stripler üzerine dozaj pompası aracılığıyla epoksi karışımı tatbik edilir, bu sırada malzemeler 40 m. uzunluğundaki uygulama konveyörü üzerine aktarılmıştır.
- 5 Tatbik edilen epoksi spatula yardımıyla tüm yüzeye yayılır ve hattan alınmadan önce çöküntü oluşan yerlere tekrar ilave epoksi dökülür.
- 6 Hattan alınan stripler aralarına plastik ayıraç konularak üst üste istiflenir ve kürlenmesi için kış koşullarında tekrar fırına, yaz koşullarında ise açık havaya bırakılır.
- 7 Yeterli sertliğe ulaşan malzeme fayans hattı başına beslenmek üzere hazırlanır.



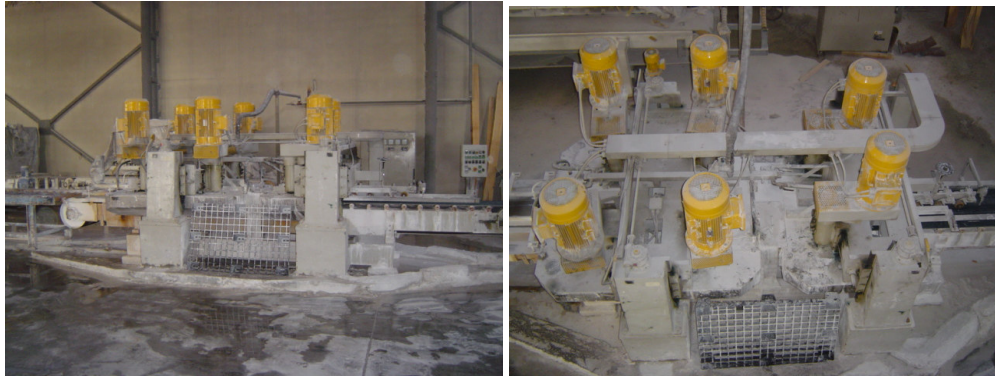
Şekil 2.5.2.2-1 Strip epoksi uygulama ünitesi IR tünel fırını



Şekil 2.5.2.2-2 Strip epoksi kurutma fırınları ve uygulama hattı

2.5.2.3 Yatay Yarma Makinesi

Firmada 1 adet 2000 yılı İtalyan yapımı Guglielmi marka yatay yarma makinesi bulunmaktadır. 3 sağ ve 3 sol olmak üzere 6 adet kafaya sahip olan bu yatay yarma makinesi ile en çok 65 cm ye kadarki genişlikte malzemeler yarılabilmektedir. Her yarılan malzemede 0,7 cm bıçak payı kaybolmaktadır.



Şekil 2.5.2.3-1 Guglielmi marka yatay yarma makinesi

2.5.2.4 Kalibrasyon Makinesi

Firmada 1 adet 2004 yılı yerli yapım kalibrasyon makinesi bulunmaktadır. Seri halde dizilmiş 4 adet kalibre motorundan oluşan bu makine ile her geçişte 4 mm talaş kaldırılmakta ve en çok 65 cm genişlikteki malzemeler beslenebilmektedir.



Şekil 2.5.2.4-1 Yerli yapım 4 kafalı kalibrasyon makinesi

2.5.2.5 Fayans Cila Makinesi

Firmada 1 adet 2006 yılı İtalyan yapımı B065MV – 3+12+1 model Pedrini marka fayans cila makinesi bulunmaktadır. Makine üzerinde seri halde dizili 3 adet aşındırıcı kafa, 12 adet cila kafası ve 1 adet keçe kafası bulunmaktadır. En çok 5 m/dk. ve en çok 65 cm genişlikte malzeme işleyebilen makine ile dünya standartlarında kabul gören parlaklıkta cila kalitesi elde edilmektedir.



Şekil 2.5.2.5-1 Pedrini marka 3 + 12 + 1 fayans cila makinesi

2.5.2.6 *En Dilme ve Ebatlama Makineleri*

Firmada 1 adet 2006 yılı yerli yapım trimming (en dilme) ve ebatlama makinesi bulunmaktadır. En çok 62 cm genişliğe kadar kesim yapabilen bu iki makine arasında kesintisiz akışı sağlayan bir adet otomatik çevirme makinesi bulunmaktadır.



Şekil 2.5.2.6-1 Trimming ve ebatlama makineleri

2.5.2.7 Pah Kırma Ünitesi

Firmada 1 adet 2000 yılı İtalyan yapımı Barsanti marka pah kırma ünitesi bulunmaktadır. En çok 60 cm genişliğe kadarki malzemeleri işleyebilen bu makine ile fayansların kenar üstlerinin kesim izleri boyunca 45 derecelik açı ile 1 mm genişliğinde pahları kırılmakta ve ayrıca yan kalibreler ise fayansın iki kenarından talaş kaldırılarak standart ölçü dahiline getirilmesi sağlanmaktadır. İki kırma kalibre ünitesi ve arada bir adet otomatik çevirme ünitesinden oluşan bu hatta toplam $4+4 = 8$ adet pah kırma motoru ile $2+2 = 4$ adet yan kalibre motoru bulunmaktadır.



Şekil 2.5.2.7-1 Pah kırma makine grubu

2.5.2.8 Bitiş Ünitesi

Fabrikada işlenen taş karakteristik özelliği itibariyle çok gevrek ve kırılğan bir yapıdadır, dolayısıyla hattın başından sonuna kadar kat ettiği mesafe boyunca makinelerin hassasiyetine bağlı olarak bazı çatlama ve küçük kırılmalar gözlenmektedir. Bahsi geçen bu kusurlar tamir amaçlı oluşturulmuş masalarda tek tek giderilmektedir.



Şekil 2.5.2.8-1 Bitiş ünitesi tamirat masaları

Ebat ve bütünlük olarak istenen kaliteye ulaşan bitmiş ürünler seleksiyon ünitesinde renk ve dokularına göre tasnif edilerek ayrı ayrı kasalara özel strafor kutular içerisinde yerleştirilirler. Kasalanan ürünler, kapakları çakılarak ve gerekli kaplama – sağlamlaştırma işlemleri yapılarak sevkıyata uygun hale getirilir.



Şekil 2.5.2.8-2 Bitiş ünitesi seleksiyon masaları

Fayans hattı vardiya ve personel dağılımı :

- 3 adet ST.....3 vardiya...18 kişi
- Strip epoksi hattı...1 vardiya...9 kişi

- Fayans hattı.....2 vardiya...11 kişi
- Bitiş ünitesi.....2 vardiya...13 kişi

Hatta toplam 51 kişi çalışmaktadır ve aylık ortalama üretim miktarı 5000 m² civarındadır.

2.6 Firmanın Ürettiği Ürün Standartları

Firmanın ürettiği bej taşında yüksek maliyetli bir kimyasal güçlendirme işlemi kullanıldığından ve malzemenin çok gevrek olması dolayısıyla hat kayıplarındaki fazlalık taşın birim satış fiyatına yansımakta ve bu sebepten dolayı firma ürettiği ürünlerin % 70'ini yurtdışına, %30'unu da iç piyasada prestijli projelere gönderebilmektedir. Her ürün sahip olduğu kalite özelliklerine göre belli pazarlarda talep görebilir. Firmanın tüm ürün yelpazesini aşağıda belirtilen ölçüler oluşturmaktadır.

Amerika Standartları :

- 1 cm x 30,5 cm x 30,5 cm (3/8" x 12" x 12")
- 1,2 cm x 40,6 cm x 40,6 cm (1/2" x 16" x 16")
- 1,2 cm x 45,7 cm x 45,7 cm (1/2" x 18" x 18")
- 2 cm x 61 cm x 61 cm (3/4" x 24" x 24")
- 2 cm plaka
- 3 cm plaka

İç Piyasa Standartları :

- 2 cm x 30 cm x 30 cm
- 2 cm x 30 cm x 60 cm
- 2 cm x 40 cm x 40 cm
- 2 cm x 60 cm x 60 cm
- 2 cm Plaka
- 3 cm Plaka

Ürünün sahip olması gereken diğer bir özellik ise yüzey niteliğidir. Makine özellikleri ve pazar talebine bağlı olarak fabrikada, aşağıdaki yüzey nitelendirme işlemleri yapılabilmektedir.

Yüzey Nitelikleri :

- Cilalı (tam parlak)
- Honlu (yarı cilalı)
- Patinatolu (antik görünüm)

İstenilen yüzey niteliğine kavuşan standart ölçüye indirgenmiş ürünler kenar işlemlerine göre de iki çeşide ayrılırlar :

Kenar İşlemi :

- Pahlı
- Pahsız

Firma yukarıda bahsedilen tüm niteliklere uygun mamul üretimini gerçekleştirecek makine, ekipman ve donanımına sahiptir.

2.7 Ürün Standartlarına Bağlı Üretim Süreçleri

Yukarıda belirtilen ürün çeşitlerinin üretim süreçleri kullanılan makineler ve uygulanan işlemler bakımından birbirlerine göre farklılıklar göstermeleriyle birlikte, temelde iki ana hat tarafından üretilmektedir :

Katrak Hattı Ürünleri :

- 2 cm plaka
- 3 cm plaka

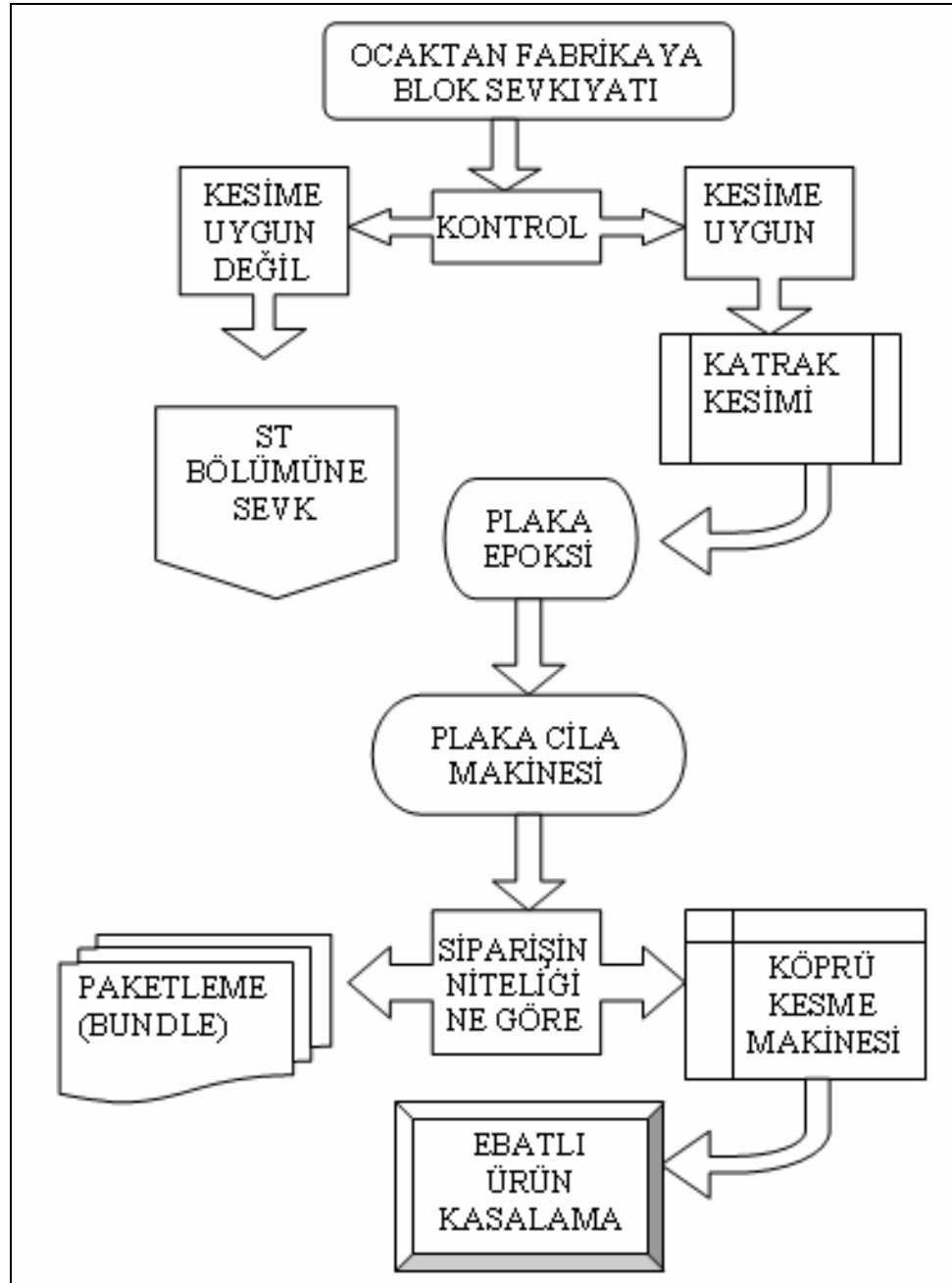
- 2 cm x 60 cm x 60 cm
- 2 cm x 61 cm x 61 cm

Fayans Hattı Ürünleri :

- 1 cm x 30,5 cm x 30,5 cm (3/8" x 12" x 12")
- 1,2 cm x 40,6 cm x 40,6 cm (1/2" x 16" x 16")
- 1,2 cm x 45,7 cm x 45,7 cm (1/2" x 18" x 18")
- 2 cm x 30 cm x 30 cm
- 2 cm x 30 cm x 60 cm
- 2 cm x 40 cm x 40 cm

2.7.1 Katrak Hattı Üretim Süreçleri

Ocaktan fabrika sahasına gelen bloklar stok sahasında yıkanarak teknik personel tarafından katrakta kesime uygunluğu kontrol edilir. Uygun bulunmayan bloklar ST'lerde kesilmek üzere ayrı yerde stoklanırken uygun bulunan bloklar yön tayininin ardından katrak makinesine yerleştirilir. Bej mermerde 12-18 cm/dk hızla kesim yapan bu makineden çıkan 2 cm veya 3 cm ham plakalar plaka epoksi ünitesinde uygulamaya alınır. Epoksi işlemi biten plakalar ertesi gün sipariş kriterine bağlı olarak plaka cila makinesine beslenerek cila, honlama veya patinato işlemlerinden birinden geçer. Arzu edilen yüzey niteliğine kavuşmuş plakalar siparişin niteliğine göre ya plaka grupları halinde ahşap malzeme kullanılarak ambalajlanır (bundle) veya köprü kesme makinesine sevk edilir. Köprü kesme makinesinde çeşitli ölçülere kesilen plakalar kontrol ve diğer işlemler için bitiş ünitesine gönderilir. Burada gerekli tamiratlar ve kalite kontrolleri yapılan ürünler seleksiyonlarına ayrılarak kasalanır ve sevkıyata uygun hale gelir.



Şekil 2.7.1-1 Katrak hattı üretim akış şeması

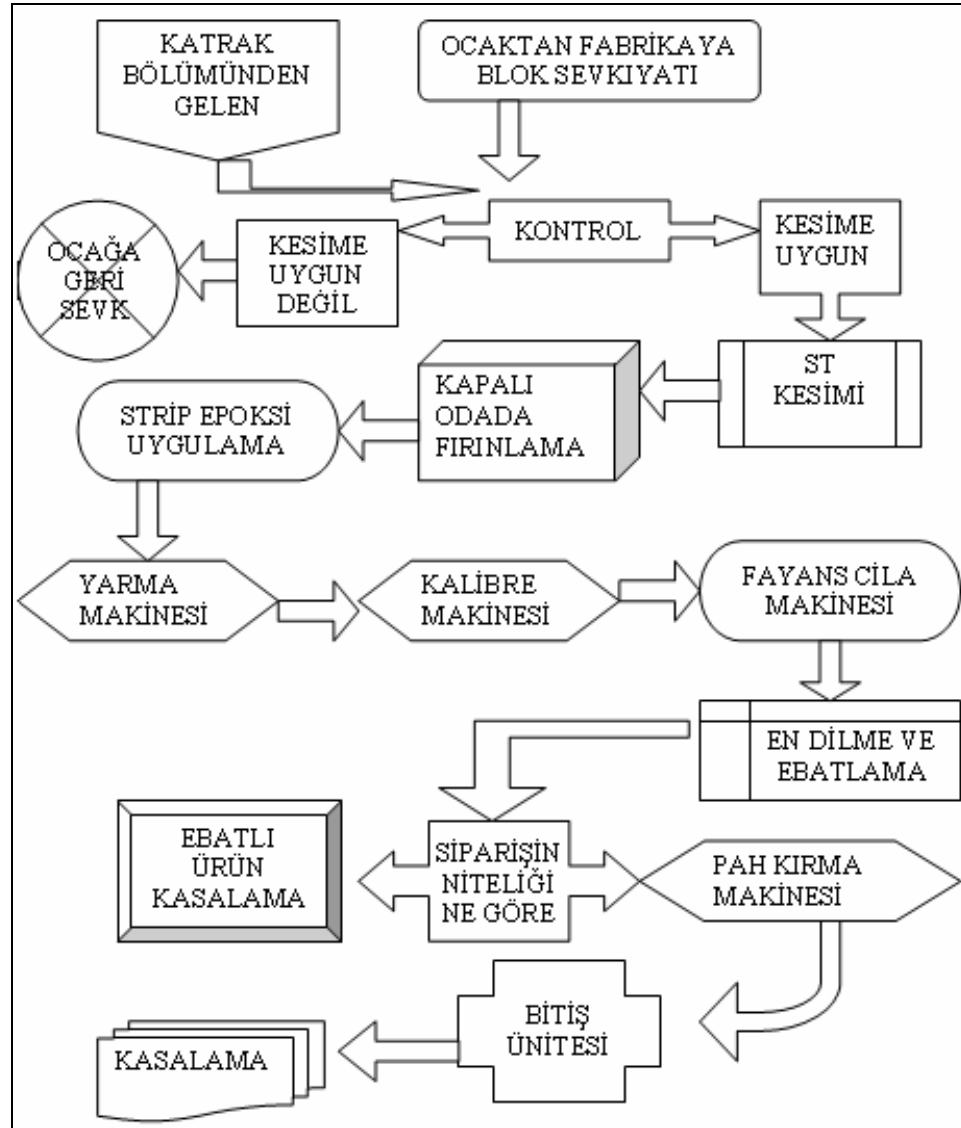
2.7.2 Fayans Hattı Üretim Süreçleri

Ocaktan fabrika sahasına gelen bloklar stok sahasında yıkanarak teknik personel tarafından ST’de kesime uygunluğu kontrol edilir. Katrakta kesime uygun olmayan bloklar dahil tüm blok ve molozlar ST’lerde kesilebilmektedir, ancak burada sadece

uygun olmayan renklere sahip olanlar veya çatlak sistemlerinden dolayı verim alınamayacak olanlar ayrılarak kırılmak üzere ocağa geri gönderilir. ST'lere yerleştirilen blok ve molozlar alınacak nihai ölçülere istinaden çeşitli yarı mamuller halinde kesilir :

- 1 x 30,5 x 30,5 için = 3,1 x 32 x 64 ve 31, x 32 x 32....(cm)
- 1,2 x 40,6 x 40,6 için = 3,4 x 43 x 43....(cm)
- 1,2 x 45,7 x 45,7 için = 3,4 x 48 x 48....(cm)
- 2 x 30 x 30 için = 5,1 x 32 x 64 ve 5,1 x 32 x 32....(cm)
- 2 x 30 x 60 için = 5,1 x 32 x 64....(cm)
- 2 x 40 x 40 için = 5,1 x 43 x 43....(cm)

Yukarıdaki ölçülere kesilen yarı mamuller strip olarak adlandırılır ve bu stripler nemsizleştirme işlemi için kapalı oda fırınlarda bekletilir. Daha sonra strip epoksi uygulama hattında gerekli kimyasal işlemden geçerek beklemeye bırakılan striplerin ertesi gün diğer yüzlerine de aynı kimyasal işlem uygulanır, böylece striplerin her iki yüzeyi de sağlamlaştırma prosesinden geçmiş olur. Tamamen kürlenmiş bu stripler hat başındaki ilk makine olan yatay yarma makinesine beslenir. Yarma makinesinde ortadan ikiye yarılan striplerin yarma izleri bir sonraki kalibrasyon makinesinde kaybedilerek tüm malzemeler standart kalınlığa indirgenir. Kalibrasyon makinesinden çıkan malzemelerin işlem göreceği olan diğer yüzleri çevrilerek fayans cila makinesine girer. Bu makinenin ilk üç kafasında bulunan kalibreler taşın yüzeyindeki fazla epoksiyi kaldırmaya yararken takip eden kafalar ile mermere istenilen yüzey işlemi (cila, honlama, patinato) kazandırılır. Yüzey işlemi bitmiş, standart kalınlığı yakalamış bu malzeme trimming (en dilme) ve ebatlama makinesinden geçerek nihai ölçülere indirgenir. Buraya kadar tüm malzemeler aynı yolu izlerler. 2 x 30 x 30 , 2 x 30 x 60 ve 2 x 40 x 40 ölçülerine sahip mamuller direkt olarak bitiş ünitesine gönderilir. 1 x 30,5 x 30,5 , 1,2 x 40,6 x 40,6 ve 1,2 x 45,7 x 45,7 ölçülerindeki fayanslar ise pah kırma makinesine girerler ve pahlanmış olarak bitiş ünitesi ne sevk edilirler.



Şekil 2.7.2-1 Fayans hattı üretim akış şeması

2.8 Fayans Hattı İş-Zaman Etüdü

2.8.1 Üretim Takip Raporları

Firmada yukarıda detayları anlatılan üretim süreçleri boyunca gerekli üretim değerlerinin elde edilmesi için bazı raporlama formatları hazırlanmıştır. Hazırlanan bu raporlamalar ile fabrikadaki tüm makinelerin fiili kapasiteleri, çalışma verimleri, çalışma süreleri, hat kayıpları ve ürün dağılım oranları bir yıllık süreç boyunca ortaya konulmuştur (Ek – 1, 2, 3).

Hazırlanan Rapor Kapsamları ve Formatları :

- Günlük Üretim Raporu
 - ST'ler
 - Katrak makinesi
 - Fayans cila makinesi
- Aylık Üretim Raporu
 - Katrak makinesi
 - Plaka epoksi
 - Plaka cila makinesi
 - Strip epoksi ünitesi
 - ST'ler
- Fayans Hattı Raporu
 - Yatay yarma
 - Kalibre
 - Fayans silim makinesi
 - Ebatlama makinesi
 - Pah kırma hattı

2.8.2 Fabrika Fayans Hattı Üretim Değerleri

İşletme bünyesinde oluşturulmuş olan raporlama sistemi ile tüm hat ve makinelerin üretim değerleri vardiya bazında kayıt altına alınmaktadır. Aşağıda anlatılacak olan tüm değerler tutulan bir yıllık üretim raporlarından alınmıştır.

Tablo 2.8.2-1 ST Üretim Değerleri

Mamul boyutları (cm)	m ² /ton			m ² /Vard.			dk. / m ²		
	En İyi	En Kötü	Ort.	En İyi	En Kötü	Ort.	En İyi	En Kötü	Ort.
3,1 X 32 X 32~64	4,2	2,8	3,5	56	32	44	13,13	7,50	10,31
3,4 X 43 X 43	3,1	1,7	2,4	45	25	35	16,80	9,33	13,07
3,4 X 48 X 48	2,8	1,7	2,25	43	21	32	20,00	9,77	14,88
5,1 X 32 X 32	2,5	1,5	2	37	17	27	24,71	11,35	18,03
5,1 X 32 X 64	2,3	1,4	1,85	33	17	25	24,71	12,73	18,72
5,1 X 43 X 43	2,2	1,3	1,75	28	16	22	26,25	15,00	20,63

Tablo 2.8.2-2 ST kapasite değerleri

	En İyi	En Kötü	Ortalama
m³	670	440	555
Ton	1835	1205	1520

Tabloda görüldüğü üzere fabrikada ST makinelerinde aylık ortalama 555 m³ (1520 ton) malzeme işleme girmektedir. Tabloda fabrikaya gelen bu bloklardan her ölçü için kesim yapıldığında elde edilecek kesim verimleri ve bu kesim verimleri ile m² başına harcanacak süreler hesaplanmıştır. Süreler, programlama modelinde girdi olarak kullanılacaktır.

2.8.3 Ürün Çeşitlerine Bağlı Fayans Hattı Kayıpları

Bu çalışmaya konu olan programlama tekniğinin sadece fayans hattında uygulanacak olmasından dolayı bu hat içerisinde mesafe kat eden 6 değişik ürüne ait yarı mamullerin hat boyunca kayıpları en iyi ve en kötü prensibine dayanarak ve her makine başına hesaplanmıştır. Makineler doğrusal bir hat boyunca çalıştıkları için % sütunundaki kayıp değerleri her bir makineye giren ve çıkan arasındaki kayıp oranını vermekte iken, toplam kayıp ise hat başından giren malzeme ile hat sonundan çıkan malzeme arasındaki toplam kaybı ifade etmektedir.

Tablo 2.8.3-1 Fayans hattı kayıplar tablosu

	1 X 30,5 X 30,5 cm			1,2 x 40,6 x 40,6 cm			1,2 x 45,7 x 45,7 cm		
	Bant Hızı	Max. Kayıp	Min. Kayıp	Bant Hızı	Max. Kayıp	Min. Kayıp	Bant Hızı	Max. Kayıp	Min. Kayıp
	(m/dk)	(%)	(%)	(m/dk)	(%)	(%)	(m/dk)	(%)	(%)
Strip Epoksi	2,5	6	2	2,5	6	2	2,5	6	2
Yatay Yarma	1,25	11	5	1,25	9	3	1,25	5	2
Kalibrasyon	2,5	15	9	2,5	8	3	2,5	8	3
Fayans Cila	2,4	12	8	2,4	9	5	2,4	9	5
Trimming Ebatlama	2,3	7	5	2,3	6	4	2,3	6	4
Pah Kırma	2,2	21	12	2,2	17	10	2,2	16	9
Toplam Kayıp		45,97	34,84		44,12	24,31		40,96	22,68
	2 x 30 x 30 cm			2 x 30 x 60 cm			2 X 40 X 40cm		
	Bant Hızı	Max. Kayıp	Min. Kayıp	Bant Hızı	Max. Kayıp	Min. Kayıp	Bant Hızı	Max. Kayıp	Min. Kayıp
	(m/dk)	(%)	(%)	(m/dk)	(%)	(%)	(m/dk)	(%)	(%)
Strip Epoksi	2,5	5	3	2,5	5	3	2,5	5	3
Yatay Yarma	1,25	4	2	1,25	3	1	1,25	3	1
Kalibrasyon	2,5	2	1	2,5	2	1	2,5	2	1
Fayans Cila	2,4	5	2	2,4	5	2	2,4	5	2
Trimming Ebatlama	2,3	3	1	2,3	3	1	2,3	3	1
Pah Kırma	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam Kayıp		27,41	8,69		20,21	7,76		20,21	7,76

2.8.4 Hat Sonu Ürün Kalite Dağılımı

Hattan çıkan fayanslar, bitiş ünitesinden önce ön seleksiyona tabi tutulurlar. Bu seleksiyon sonucunda fayanslar ihracatlık, tamir gerektirenler, kırıklar ve ticari kaliteler olmak üzere 4 grup altında toplanırlar. Tamir gerektirenler bitiş ünitesinde gerekli işlemi gördükten sonra ihracatlık sınıf ile birleştirilerek seleksiyon ve kasalamaya sevk edilir. Kırıklar ve ticari kaliteler ise belirli fiyatlardan piyasada talep görmektedirler. Aşağıdaki değerler hattan sağlam çıkan ürünlerin ticari ve ihracatlık % dağılımlarını göstermektedir.

Tablo 2.8.4-1 Pah sonu ürün kalite dağılım oranları

Mamul boyutları	Ticari Sınıf (%)			İhraç Sınıfı (%)		
	En çok	En az	Ortalama	En çok	En az	Ortalama
1 X 30,5 X 30,5	14	9	11,5	91	86	88,5
1,2 X 40,6 X 40,6	18	12	15	88	82	85
1,2 X 45,7 X 45,7	20	14	17	86	80	83
2 X 30 X 30	14	9	11,5	91	86	88,5
2 X 30 X 60	18	13	15,5	87	82	84,5
2 X 40 X 40	19	13	16	87	81	84

2.8.5 Aylık Fayans Üretim Miktarları

Aşağıda verilen tablodaki değerler işletmede tutulan tüm rapor değerlerinin birleştirilmesinden oluşmuştur. Her bir ürünün üretim süreçleri boyunca, fabrika kapasitesi ve hammadde koşulları dikkate alınarak hat kayıpları ve miktarları ‘en iyi’ ve ‘en kötü’ prensibine göre ortaya konulmuştur. Tablodaki ürün başına harcanan blok miktarı, ST’de kesilen miktarın toplam çıkan nihai fayans miktarına bölünmesi ile bulunmuştur.

Tablo 2.8.5-1 1x30,5x30,5 üretimi hat kayıpları

	En İyi	En Kötü	Ortalama
ST de Kesilen Miktar (ton)	1835,00	1205,00	1520,00
ST Verimi (m ² /ton)	4,20	2,80	3,50
Kesilen Strip (m ²)	7707,00	3374,00	5320,00
Strip Epoksi Kaybı (%)	2,00	6,00	4,00
Yarma Başı Hazır Strip (m ²)	7552,86	3171,56	5107,20
Yarma Kaybı (%)	5,00	11,00	8,00
Kalibre Başı Hazır Strip (m ²)	7175,22	2822,69	4698,62
Kalibre Başı Hazır Fayans (m ²)	14350,43	5645,38	9397,25
Kalibre Kaybı (%)	9,00	15,00	12,00
Cila Başı Hazır Fayans (m ²)	13058,89	4798,57	8269,58
Cila Kaybı (%)	8,00	12,00	10,00
Ebatlama Başı Hazır Fayans (m ²)	12014,18	4222,74	7442,62
Ebatlama Kaybı (%)	5,00	7,00	6,00
Ebatlama Çıkışı Hazır Fayans (m ²)	11413,47	3927,15	6996,06
Ebat Kaybı (32x32→30,5x30,5) (%)	9,15	9,15	9,15
Pah Başı Hazır Fayans (m ²)	10369,14	3567,82	6355,92
Pah Kaybı (%)	12,00	21,00	16,50
Toplam Çıkan Nihai Fayans (m²)	9124,84	2818,57	5307,20
Ticari Sınıf Oranı (%)	9,00	14,00	11,50
İhracat Fayans Miktarı (m²)	8303,61	2423,97	4696,87
Ticari Fayans Miktarı (m²)	821,24	394,60	610,33
Ürün Başına Harcanan Blok (ton/m²)	0,20	0,43	0,29

Tablo 2.8.5-2 1,2x40,6x40,6 üretimi hat kayıpları

	En İyi	En Kötü	Ortalama
ST de Kesilen Miktar (ton)	1835,00	1205,00	1520,00
ST Verimi (m ² /ton)	3,10	1,70	2,40
Kesilen Strip (m ²)	5688,50	2048,50	3648,00
Strip Epoksi Kaybı (%)	2,00	6,00	4,00
Yarma Başı Hazır Strip (m ²)	5574,73	1925,59	3502,08
Yarma Kaybı (%)	3,00	9,00	6,00
Kalibre Başı Hazır Strip (m ²)	5407,49	1752,29	3291,96
Kalibre Başı Hazır Fayans (m ²)	10814,98	3504,57	6583,91
Kalibre Kaybı (%)	3,00	8,00	5,50
Cila Başı Hazır Fayans (m ²)	10490,53	3224,21	6221,80
Cila Kaybı (%)	5,00	9,00	7,00
Ebatlama Başı Hazır Fayans (m ²)	9966,00	2934,03	5786,27
Ebatlama Kaybı (%)	4,00	6,00	5,00
Ebatlama Çıkışı Hazır Fayans (m ²)	9567,36	2757,99	5496,96
Ebat Kaybı (43x43→40,6x40,6) (%)	10,85	10,85	10,85
Pah Başı Hazır Fayans (m ²)	8529,30	2458,75	4900,54
Pah Kaybı (%)	10,00	17,00	13,50
Toplam Çıkan Nihai Fayans (m²)	7676,37	2040,76	4238,96
Ticari Sınıf Oranı (%)	12,00	18,00	15,00
İhracat Fayans Miktarı (m²)	6755,21	1673,42	3603,12
Ticari Fayans Miktarı (m²)	921,16	367,34	635,84
Ürün Başına Harcanan Blok (ton/m²)	0,24	0,59	0,36

Tablo 2.8.5-3 1,2x45,7x45,7 üretimi hat kayıpları

	En İyi	En Kötü	Ortalama
ST de Kesilen Miktar (ton)	1835,00	1205,00	1520,00
ST Verimi (m ² /ton)	2,80	1,70	2,25
Kesilen Strip (m ²)	5138,00	2048,50	3420,00
Strip Epoksi Kaybı (%)	2,00	6,00	4,00
Yarma Başı Hazır Strip (m ²)	5035,24	1925,59	3283,20
Yarma Kaybı (%)	2,00	5,00	3,50
Kalibre Başı Hazır Strip (m ²)	4934,54	1829,31	3168,29
Kalibre Başı Hazır Fayans (m ²)	9869,07	3658,62	6336,58
Kalibre Kaybı (%)	3,00	8,00	5,50
Cila Başı Hazır Fayans (m ²)	9573,00	3365,93	5988,06
Cila Kaybı (%)	5,00	9,00	7,00
Ebatlama Başı Hazır Fayans (m ²)	9094,35	3063,00	5568,90
Ebatlama Kaybı (%)	4,00	6,00	5,00
Ebatlama Çıkışı Hazır Fayans (m ²)	8730,57	2879,22	5290,45
Ebat Kaybı (48x48→45,7x45,7) (%)	9,35	9,35	9,35
Pah Başı Hazır Fayans (m ²)	7914,27	2610,01	4795,80
Pah Kaybı (%)	9,00	16,00	12,50
Toplam Çıkan Nihai Fayans (m²)	7201,98	2192,41	4196,32
Ticari Sınıf Oranı (%)	14,00	20,00	17,00
İhracat Fayans Miktarı (m²)	6193,70	1753,93	3482,95
Ticari Fayans Miktarı (m²)	1008,28	438,48	713,37
Ürün Başına Harcanan Blok (ton/m²)	0,25	0,55	0,36

Tablo 2.8.5-4 2x30x30 üretimi hat kayıpları

	En İyi	En Kötü	Ortalama
ST de Kesilen Miktar (ton)	1835,00	1205,00	1520,00
ST Verimi (m ² /ton)	2,50	1,50	2,00
Kesilen Strip (m ²)	4587,50	1807,50	3040,00
Strip Epoksi Kaybı (%)	3,00	5,00	4,00
Yarma Başı Hazır Strip (m ²)	4449,88	1717,13	2918,40
Yarma Kaybı (%)	2,00	4,00	3,00
Kalibre Başı Hazır Strip (m ²)	4360,88	1648,44	2830,85
Kalibre Başı Hazır Fayans (m ²)	8721,76	3296,88	5661,70
Kalibre Kaybı (%)	1,00	2,00	1,50
Cila Başı Hazır Fayans (m ²)	8634,54	3230,94	5576,77
Cila Kaybı (%)	2,00	5,00	3,50
Ebatlama Başı Hazır Fayans (m ²)	8461,85	3069,40	5381,58
Ebatlama Kaybı (%)	1,00	3,00	2,00
Ebatlama Çıkışı Hazır Fayans (m ²)	8377,23	2977,31	5273,95
Ebat Kaybı (32x32→30x30) (%)	10,85	10,85	10,85
Pah Başı Hazır Fayans (m ²)	7468,30	2654,27	4701,73
Pah Kaybı (%)	0,00	0,00	0,00
Toplam Çıkan Nihai Fayans (m²)	7468,30	2654,27	4701,73
Ticari Sınıf Oranı (%)	12,00	18,00	15,00
İhracat Fayans Miktarı (m²)	6572,10	2176,51	3996,47
Ticari Fayans Miktarı (m²)	896,20	477,77	705,26
Ürün Başına Harcanan Blok (ton/m²)	0,25	0,45	0,32

Tablo 2.8.5-5 2x30x60 üretimi hat kayıpları

	En İyi	En Kötü	Ortalama
ST de Kesilen Miktar (ton)	1835,00	1205,00	1520,00
ST Verimi (m ² /ton)	2,30	1,40	1,85
Kesilen Strip (m ²)	4220,50	1687,00	2812,00
Strip Epoksi Kaybı (%)	3,00	5,00	4,00
Yarma Başı Hazır Strip (m ²)	4093,89	1602,65	2699,52
Yarma Kaybı (%)	1,00	3,00	2,00
Kalibre Başı Hazır Strip (m ²)	4052,95	1554,57	2645,53
Kalibre Başı Hazır Fayans (m ²)	8105,89	3109,14	5291,06
Kalibre Kaybı (%)	1,00	2,00	1,50
Cila Başı Hazır Fayans (m ²)	8024,83	3046,96	5211,69
Cila Kaybı (%)	2,00	5,00	3,50
Ebatlama Başı Hazır Fayans (m ²)	7864,34	2894,61	5029,28
Ebatlama Kaybı (%)	1,00	3,00	2,00
Ebatlama Çıkışı Hazır Fayans (m ²)	7785,69	2807,77	4928,70
Ebat Kaybı (32x64→30x60) (%)	12,11	12,11	12,11
Pah Başı Hazır Fayans (m ²)	6842,85	2467,75	4331,83
Pah Kaybı (%)	0,00	0,00	0,00
Toplam Çıkan Nihai Fayans (m²)	6842,85	2467,75	4331,83
Ticari Sınıf Oranı (%)	13,00	18,00	15,50
İhracat Fayans Miktarı (m²)	5953,28	2023,56	3660,40
Ticari Fayans Miktarı (m²)	889,57	444,20	671,43
Ürün Başına Harcanan Blok (ton/m²)	0,27	0,49	0,35

Tablo 2.8.5-6 2x40x40 üretimi hat kayıpları

	En İyi	En Kötü	Ortalama
ST de Kesilen Miktar (ton)	1835,00	1205,00	1520,00
ST Verimi (m ² /ton)	2,20	1,30	1,75
Kesilen Strip (m ²)	4037,00	1566,50	2660,00
Strip Epoksi Kaybı (%)	3,00	5,00	4,00
Yarma Başı Hazır Strip (m ²)	3915,89	1488,18	2553,60
Yarma Kaybı (%)	1,00	3,00	2,00
Kalibre Başı Hazır Strip (m ²)	3876,73	1443,53	2502,53
Kalibre Başı Hazır Fayans (m ²)	7753,46	2887,06	5005,06
Kalibre Kaybı (%)	1,00	2,00	1,50
Cila Başı Hazır Fayans (m ²)	7675,93	2829,32	4929,98
Cila Kaybı (%)	2,00	5,00	3,50
Ebatlama Başı Hazır Fayans (m ²)	7522,41	2687,85	4757,43
Ebatlama Kaybı (%)	1,00	3,00	2,00
Ebatlama Çıkışı Hazır Fayans (m ²)	7447,18	2607,22	4662,28
Ebat Kaybı (43x43→40x40) (%)	13,46	13,46	13,46
Pah Başı Hazır Fayans (m ²)	6444,79	2256,29	4034,74
Pah Kaybı (%)	0,00	0,00	0,00
Toplam Çıkan Nihai Fayans (m²)	6444,79	2256,29	4034,74
Ticari Sınıf Oranı (%)	13,00	19,00	16,00
İhracat Fayans Miktarı (m²)	5606,97	1827,59	3389,18
Ticari Fayans Miktarı (m²)	837,82	428,69	645,56
Ürün Başına Harcanan Blok (ton/m²)	0,28	0,53	0,38

Tabloda hesaplanmış olan her birim m² ürün elde edilmesi için kesilmesi gereken hammadde miktarını belirtir değerler programlama modelinde girdi olarak kullanılacaktır.

2.8.6 Fayans Hattı Aylık Çalışma Süresi Hesabı

ST'lerde bir ay boyunca kesilebilecek en çok ve en az yarı mamul miktarlarının tümünün, daha önce belirtilen hat kayıpları ve makinelerin çalışma hızları dahilinde hattan geçebilmesi için gerekli sürenin hesaplanması ve mevcut durum ile karşılaştırılması gerekmektedir. Aşağıdaki tabloda üretilecek ölçüye göre, her bir makine veya ünitenin kendisine düşen hammaddeyi geçirebilmesi için ayda kaç vardiya çalışması gerektiği hesaplanmıştır. Bu çalışma içerisinde makine hızları sabit değerlerde tutulmuş, her vardiya 7 saat fiili çalışma süresinden hesaplanmıştır.

Tablo 2.8.6-1 (1 x 30,5 x 30,5) üretimine bağlı makine çalışma süreleri

	Giren miktar				Hız	Süre(vrd./ay)		Ürün Başına Süre
	m ²		m.					
Makine	En Çok	En Az	En Çok	En Az	m./dk.	En Çok	En Az	(dk./m ²)
Strip Ep.	7707	3374	24084,38	10543,75	2,5	22,94	10,04	1,25
Yarma	7552,86	3171,56	23602,69	9911,13	1,25	44,96	18,88	2,50
Kalibre	14350,43	5645,38	44845,09	17641,81	2,5	42,71	16,80	1,25
F. Cila	13059,89	4798,57	40812,16	14995,53	2,4	40,49	14,88	1,30
Ebatlama	12014,18	4222,74	37544,31	13196,06	2,3	38,87	13,66	1,36
Pah	10369,14	3567,82	33997,18	11697,77	2,2	36,79	12,66	1,42
	Kesilecek Strip (m ²)		Kesim kapasitesi (m ² /vrd.)			Ürün Başına Süre(dk./m ²)		
	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	Ortalama	En Çok	En Az	Ortalama
ST	7707	3374	56	32	44	13,125	7,50	10,31

Tablo 2.8.6-2 (1,2 x 40,6 x 40,6) üretimine bağlı makine çalışma süreleri

	Giren miktar				Hız			Ürün Başına Süre (dk./m ²)
	m ²		m.			Süre(vrd./ay)		
Makine	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	m./dk.	En Çok	En Az	Sabit Hız
Strip Ep.	5688,5	2048,5	17776,56	6401,56	2,5	16,93	6,10	0,93
Yarma	5574,73	3171,56	17421,03	9911,13	1,25	33,18	18,88	1,86
Kalibre	10814,98	3504,57	33796,81	10951,78	2,5	32,19	10,43	0,93
F. Cila	10490,53	3224,21	32782,91	10075,66	2,4	32,52	10,00	0,97
Ebatlama	9966	2934,03	31143,75	9168,84	2,3	32,24	9,49	1,01
Pah	8529,3	2458,75	27964,92	8061,48	2,2	30,27	8,72	1,06
	Kesilecek Strip (m ²)		Kesim kapasitesi (m ² /vrd.)			Ürün Başına Süre(dk./m ²)		
	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	Ortalama	En Çok	En Az	Ortalama
ST	5688,5	2048,5	45	25	35	16,80	9,33	13,07

Tablo 2.8.6-3 (1,2 x 45,7 x 45,7) üretimine bağlı makine çalışma süreleri

	Giren miktar				Hız	Süre(vrd./ay)		Ürün Başına Süre (dk./m ²)
	m2		m.					
Makine	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	m./dk.	En Çok	En Az	Sabit Hız
Strip Ep.	5138	2048,5	16056,25	6401,56	2,5	15,29	6,10	0,83
Yarma	5035,24	1925,59	15735,13	6017,47	1,25	29,97	11,46	1,67
Kalibre	9869,07	3658,62	30840,84	11433,19	2,5	29,37	10,89	0,83
F. Cila	9573	3365,93	29915,63	10518,53	2,4	29,68	10,44	0,87
Ebatlama	9094,35	3063	28419,84	9571,88	2,3	29,42	9,91	0,91
Pah	7914,27	2610,01	25948,43	8557,41	2,2	28,08	9,26	0,95
	Kesilecek Strip (m2)		Kesim kapasitesi (m ² /vrd.)			Ürün Başına Süre(dk/m ²)		
	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	Ortalama	En Çok	En Az	Ortalama
ST	5138	2048,5	43	21	32	20,00	9,77	14,88

Tablo 2.8.6-4 (2 x 30 x 30) üretimine bağlı makine çalışma süreleri

	Giren miktar				Hız			Ürün Başına Süre (dk./m ²)
	m ²		m.			Süre(vrd./ay)		
Makine	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	m./dk.	En Çok	En Az	Sabit Hız
Strip Ep.	4587,5	1807,5	14335,94	5648,44	2,5	13,65	5,38	1,25
Yarma	4449,88	1717,13	13905,88	5366,03	1,25	26,49	10,22	2,50
Kalibre	8721,76	3296,88	27255,50	10302,75	2,5	25,96	9,81	1,25
F. Cila	8634,54	3230,94	26982,94	10096,69	2,4	26,77	10,02	1,30
Ebatlama	8461,85	3069,4	26443,28	9591,88	2,3	27,37	9,93	1,36
Pah	7468,3	2654,27	24486,23	8702,52	2,2	26,50	9,42	1,42
	Kesilecek Strip (m ²)		Kesim kapasitesi (m ² /vrd.)			Ürün Başına Süre(dk/m ²)		
	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	Ortalama	En Çok	En Az	Ortalama
ST	4587,5	1807,5	37	17	27	24,71	11,35	18,03

Tablo 2.8.6-5 (2 x 30 x 60) üretimine bağlı makine çalışma süreleri

	Giren miktar							Ürün Başına Süre (dk./m ²)
	m ²		m.			Hız	Süre(vrd./ay)	
Makine	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	m./dk.	En Çok	En Az	Sabit Hız
Strip Ep.	4220,5	1687	13189,06	5271,88	2,5	12,56	5,02	0,63
Yarma	4093,89	1602,65	12793,41	5008,28	1,25	24,37	9,54	1,25
Kalibre	8105,89	3109,14	25330,91	9716,06	2,5	24,12	9,25	0,63
F. Cila	8024,83	3046,96	25077,59	9521,75	2,4	24,88	9,45	0,65
Ebatlama	7864,34	2894,61	24576,06	9045,66	2,3	25,44	9,36	0,68
Pah	6842,85	2467,75	22435,57	8090,98	2,2	24,28	8,76	0,71
	Kesilecek Strip (m ²)		Kesim kapasitesi (m ² /vrd.)			Ürün Başına Süre(dk./m ²)		
	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	Ortalama	En Çok	En Az	Ortalama
ST	4220,5	1687	33	17	25	24,71	12,73	18,72

Tablo 2.8.6-6 (2 x 40 x 40) üretimine bağlı makine çalışma süreleri

	Giren miktar				Hız			Ürün Başına Süre (dk./m ²)
	m ²		m.			Süre(vrd./ay)		
Makine	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	m./dk.	En Çok	En Az	Sabit Hız
Strip Ep.	4037	1566,5	12615,63	4895,31	2,5	12,01	4,66	0,93
Yarma	3915,89	1488,18	12237,16	4650,56	1,25	23,31	8,86	1,86
Kalibre	7753,46	2887,06	24229,56	9022,06	2,5	23,08	8,59	0,93
F. Cila	7675,93	2829,32	23987,28	8841,63	2,4	23,80	8,77	0,97
Ebatlama	7522,41	2687,85	23507,53	8399,53	2,3	24,33	8,70	1,01
Pah	6444,79	2256,29	21130,46	7397,67	2,2	22,87	8,01	1,06
	Kesilecek Strip (m ²)		Kesim kapasitesi (m ² /vrd.)			Ürün Başına Süre(dk/m ²)		
	En İyi	En Kötü	En İyi	En Kötü	Ortalama	En Çok	En Az	Ortalama
ST	4037	1566,5	28	16	22	26,25	15,00	20,63

Tabloda hesaplanmış olan ürün başına her bir makinenin çalışma süreleri programlama modelinde girdi olarak kullanılacaktır.

Mevcut durumda ise, üretim süreci boyunca ünite ve makineler aşağıda belirtilen sürelerde çalıştırılmaktadır :

ST ler.....:3 ST x 3 vrd/gün. x 24 gün/ay x 7 saat/vrd x 60 dk./saat = **90720 dk./ay**

Strip Epoksi.:1 vrd/gün. x 24 gün/ay x 7 saat/vrd x 60 dk/saat = **10080 dk./ay**

Fayans Hattı.:2 vrd/gün x 24 gün/ay x 7 saat/vrd x 60 dk/saat = **20160 dk./ay**

Yukarıdaki değerler tablolardaki makinelerin aylık en çok çalışma süreleri ile karşılaştırıldığında mevcut durumun üretimin tümünü gerçekleştirmek için yeterli olduğu görülmektedir, hatta bazı makinelerin 2 vardiya yerine 1 vardiya çalıştırılması bile yeterli olmaktadır.

BÖLÜM ÜÇ

DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

3.1 Doğrusal Programlamanın Tanımı

Sınırlı kaynakların kullanımını optimum kılmak için tasarlanmış bir matematiksel modelleme yöntemi olan doğrusal programlama, II. Dünya Savaşı sırasında askeri alanda kullanılmak üzere Amerikan Hava Kuvvetleri adına çalışan özel bir şirket tarafından geliştirilmiştir (Taha, 2000).

Firma analiz yöntemleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan bu teknik, yalın bir anlatımla, kıt kaynakların birbirleri ile rekabet durumunda olan kullanım alanları arasında en iyi paylaşılması sorunu ile ilgilenir. Bu haliyle doğrusal programlama, birden fazla ürün üreten ve kaynak kullanan işletmelerin sorunlarını çözmede kullanılabilecek bir firma analiz yöntemidir (Öğüt, 1980). Örneğin, işletme problemleri yönünden doğrusal programlama, para, makine, araç, gereç, zaman, insan gücü, v.b. gibi kaynakları bazı sınırlayıcı koşullar altında en uygun yararı sağlayacak biçimde bir arada nasıl kullanmak gerektiğini çözümleyen bir teknikler dizisidir (Bakoğlu, 1982).

3.2 Doğrusal Programlamanın Bileşenleri

Bu yöntemin uygulanabilmesi için sorunun üç kantitatif bileşenden oluşması gerekmektedir ve ancak bu üç bileşeni içeren sorunlar doğrusal programlamaya konu olabilir (Sarı, 2001).

- 1) Amaç: Kar amacı güden bütün işletmelerde ekonomik açıdan geliştirilen amaç iki yönlüdür, biri karın maksimizasyonu, diğeri ise maliyetin minimizasyonudur.
- 2) Seçenekli Üretim Yöntemleri: Belirlenen amacın gerçekleştirilmesi ile sorunun doğrusal programlamaya konu olabilmesi için firmanın birden fazla

ürün üretmesi yada belli bir ürünü değişik sayıda üretim faktörü kombinasyonu ile üretmesi gerekmektedir.

- 3) Üretim Kaynağı Sınırlamaları: Sınırlı kaynak kavramı, belli üretim faktörlerinin belli (sabit) miktarlarda var olması olarak ifade edilebilir. Bir işletmede en iyi biçimde gerçekleşmesi istenen amaç için ayrılacak iş gücü, para, makine, malzeme gibi kaynakların sınırlı olması, bu kaynakları kullanmak için yarışan üretim faktörleri arasında nasıl paylaşılması gerektiği sorunu doğurur. Kaynaklar sınırlı değil ise herhangi bir sorun da bulunmamaktadır.

3.3 Doğrusal Programlama Yönteminin Varsayımları

Her yöntemde olduğu gibi doğrusal programlama yöntemi de belli varsayımlarla sınırlandırılmıştır. Bu varsayımlar aşağıda belirtilmiştir.

3.3.1 Doğrusallık Varsayımı

Bu varsayım işletmenin girdileri ile çıktıları arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu gösterir. Üretim düzeyi artarken aynı oranda üretim girdileri de artmaktadır. Matematiksel modele indirgenmiş bu ilişkinin denklemlerinin tek katsayı ile belirlenen doğrusal formda denklemler olduğu kabul edilmektedir.

3.3.2 Bölünebilirlik Varsayımı

Üretim faktörlerinin ve üretilen ürünlerin kesirlerle tanımlanabilen küçük ünitelerinin kullanılabilmesi ve üretilebilmesi olanağına bölünebilirlik denir.

3.3.3 Toplanabilirlik Varsayımı

Bu varsayım çeşitli üretim faaliyetleri tarafından kullanılan üretim faktörleri toplamının kullanılan toplam faktör miktarına eşit olması koşuludur.

3.3.4 Sınırlılık Varsayımı

Üretim faaliyetlerinin ve üretim faktörlerinin sayı bakımından sınırlı olma koşulunun yanı sıra bazı üretim faktörlerinin miktar bakımından da sınırlı olması, sınırlılık varsayımı olarak adlandırılır. Sınırsız sayıda üretim faktörü ve sınırsız sayıda üretim faaliyeti bulunan bir işletmede herhangi bir sorun olduğu kabul edilemez.

3.3.5 Pozitif Olma Koşulu

Doğrusal programlama probleminde faaliyetlerle ve faktörlerle ilgili değişkenlerin negatif bir değer almasının işletmede bir anlamı olmadığından, üretim düzeyinin sıfır ya da sıfırdan büyük değer alması şarttır.

3.4 Doğrusal Programlamada Modelleme

Model, incelenmekte olan sistemin bir görünümüdür. Böyle bir görünüm üzerinde çalışarak esas sistemin bünyesi, elemanları arasındaki ilgiler ve sistemde oluşabilecek değişimlerin sistemin tesirliliğine olan etkileri hakkında tahmine çalışılır. Kısaca, uygun matematik ve mantıksal işlemlerle çalışan sembolik bir model yardımıyla probleme çözümler bulunabilir. Model aracılığı ile tüm sistem yerine model üzerinde oynayarak olay hakkında bilgi edinilir. Modelin kurulmasında uygulanması gereken işlemler şu şekildedir (Sultan, 1993).

- Problemin tespitini müteakip formüle edilmesi
- Faaliyet ve fonksiyonları içeren bilgilerin toplanması

- Simgelerin saptanması ve malzeme denge elemanlarının yazılması
- Üretim ile ilgili katsayıların belirlenmesi
- Gerekli kabullerin yapılması
- Modelin kurulması

3.5 Doğrusal Programlamada Problem Tesbiti

Belirli koşullara bağlı olan değişkenler yada fonksiyonlar ile bu değişkenlere bağlı olan belirli bir fonksiyonun değerini en küçük ya da en büyük yapan değişkenlerin kümesini belirleme problemine en elverişlilik (optimization) problemleri denilmektedir. İşletme koşullarında ise bu problemin yansıması, sınırlı kaynakların ve kısıtlayıcı koşulların etkisi altında çalışmakta olan üretim faktörlerinin optimum şekilde kullanılarak en elverişli kar – maliyet durumunun ortaya konulması olmaktadır. Tespiti yapılan problem yukarıda belirtilen model kurma çalışmalarının ardından doğrusal programlama ile çözüme uygun hale getirilmeye çalışılır. Modellenen problem ise daha sonra tanımlanacak uygun teknikler ile çözülür (Bakoğlu, 1982).

3.6 Doğrusal Modelin Kurulması

Doğrusal programlama modeli bir yöneylem araştırması olarak düşünüldüğünde üç temel elemanı olacaktır:

- Belirlenecek karar değişkenleri
- Optimum kılınacak amaç (hedef)
- İçinde bulunulan kısıtlar

3.6.1 Karar Değişkenleri

Probleme konu olan ve bulunması istenen değerlere karar değişkenleri denir. Karar değişkenleri $X_1, X_2, \dots, X_n$ gibi simgeler ile, kar ve maliyet katsayıları da $C_1, C_2, \dots, C_n$ gibi simgeler ile belirtilirler. Modeli geliştirmede ilk adım karar

değişkenlerinin açıkça tanımlanmasıdır. Karar değişkenleri bu şekilde tanımlandıktan sonra, bundan yararlanarak amaç fonksiyonu oluşturulur.

3.6.2 Amaç Fonksiyonu

Tüm doğrusal programlama problemlerinde amaç fonksiyonu adı verilen, $X_1, X_2, \dots, X_n$ değişkenlerinin bir doğrusal Z fonksiyonu bulunur ve bu fonksiyon $C_1, C_2, \dots, C_n$ sabit katsayıları göstermek üzere

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

biçiminde gösterilir. Problemin amacı isteğe bağlı olarak Z 'yi maksimum veya minimum yapan $X_1, X_2, \dots, X_n$ değerlerinin belirlenmesidir. Örneğin amaç fonksiyonu kazanca karşılık tutulmuşsa Z 'yi maksimum yapan, masraf veya maliyetlere karşılık tutulmuşsa, bu defa Z 'yi minimum yapan değerler araştırılır.

3.6.3 Kısıt Koşullar

Modelin son elemanı ise hammadde ve talep gibi konularla ilgili olarak içinde bulunulan duruma ait kısıtlamalardır. İşletmenin sahip olduğu bu sınırlı kaynaklar $b_1, b_2, \dots, b_i$ şeklinde gösterilebilir. Üretim tekniği yada üretim yolları da a_{ij} katsayıları ile gösterilirse, doğrusal programlama modelinin kısıtlayıcı denklem takımı aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n \leq b_2$$

.....

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n \leq b_m$$

Burada 'm' tane eşitsizlik ve 'n' değişkenli denklem sistemi vardır. Denklemden 'a_{ij}' bir birim 'i' ürününü üretmek için 'b_i' kaynağından gerekli olan miktarı gösterir.

Problemin önemli varsayımlarından birisi olan pozitif olma koşulu da matematiksel olarak denklem halinde ifade edilir :

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0$$

Yukarıda tanımlanan kısıtların tümünü sağlayan herhangi bir çözüm ‘Uygun Çözüm’ olarak adlandırılır. Model bir bütün halinde ele alındığında birden çok uygun çözüm ile karşılaşılacağı hususu uygun çözümler içinden en elverişlisini bulmak gerektiği sonucunu doğurur ki, bu sonuca da ‘Optimum Uygun Çözüm’ denir (Yıkılmaz, 2002).

3.7 Doğrusal Programlamanın Hesaplama Yöntemleri

Doğrusal programlama problemlerinin çözümünde pek çok hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Bugün en çok kullanılan 3 yöntem içerisinde ‘Grafik Çözüm’, ‘Simpleks Çözümü’ ve ‘Bilgisayar Ortamında Çözüm’ bulunmaktadır. Grafik yöntemde öncelikle modelin tüm kısıtlarının sağlandığı uygun çözümleri içeren çözüm uzayı belirlenir. Daha sonra dışbükey çokgen şeklinde olan bu çözüm uzayındaki bütün noktalar arasından optimum çözüm belirlenmeye çalışılır. Simpleks yöntemine temel oluşturan bu çözüm yöntemi çok sayıda kısıt koşulları içeren problemlerde yetersiz kalmaktadır. Simpleks yönteminin temel prensibi ise en elverişli çözüme ardışık yaklaşım yolu ile ulaşmaktır. Bu yöntemde grafik çözüm ile belirlenen dışbükey çokgen çözüm bölgesi üzerindeki köşelerin sistemli olarak araştırılması sağlanır (Aslan 2002). Bahsedilen bu her iki yöntem de sınırlı ve az sayıda kısıt koşul içeren modellerde uygulama alanı bulmaktadır. Günümüzde karşılaşılan doğrusal programlama modelleri yüzlerce hatta binlerce kısıt içerebilmektedir. Böyle modelleri kolaylıkla çözmeyi sağlayan çeşitli ticari yazılımlar piyasada kullanılmaktadır. Bu çalışmaya konu olan doğrusal programlama tekniği Burdur ilinde kurulu bir mermer işleme fabrikası olan Rentaş Ltd. Şti. firmasının fayans hattında uygulanacak olup, oluşturulan model LINGO 8.0 yazılımı ile çözülecektir.

3.8 Örnek Bir Doğrusal Programlama Problemi

Fikir vermesi açısından, iki değişkenli bir problem yardımıyla, doğrusal programlama probleminin temel elemanları, modeli ve grafik çözümü ortaya konulacaktır.

Renk Ltd. Şti., M1 ve M2 hammaddelerinin karışımından elde edilen iç ve dış duvar boyaları üretmektedir. Aşağıdaki tabloda problemin temel verileri sunulmuştur:

Tablo 3.8-1 Renk Ltd. Şti. üretim verileri

	Ton başına hammadde miktarı (ton)		Günlük maksimum kullanılabilirlik (ton)
	Dış boyada	İç boyada	
M1 hammaddesi	6	4	24
M2 hammaddesi	1	2	6
Ton başına kar (1000 pb)	5	4	

Ayrıca, yapılan bir pazar araştırmasından da, günlük iç boya talebinin en çok 2 ton olduğu belirlenmiştir. Yine aynı araştırmadan, günlük iç boya talebinin günlük dış boya talebinden fazla olduğu ve bu fazlalığın günde en çok 1 ton olduğu saptanmıştır. Firma günlük karını maksimum kılacak şekilde, dış ve iç boyanın optimum üretim miktarlarını belirlemek istemektedir.

Modelin değişkenleri :

X_1 = Dış boyanın günlük üretim miktarı (ton)

X_2 = İç boyanın günlük üretim miktarı (ton)

Amaç fonksiyonu :

$$\text{Maks. } Z = 5 X_1 + 4 X_2$$

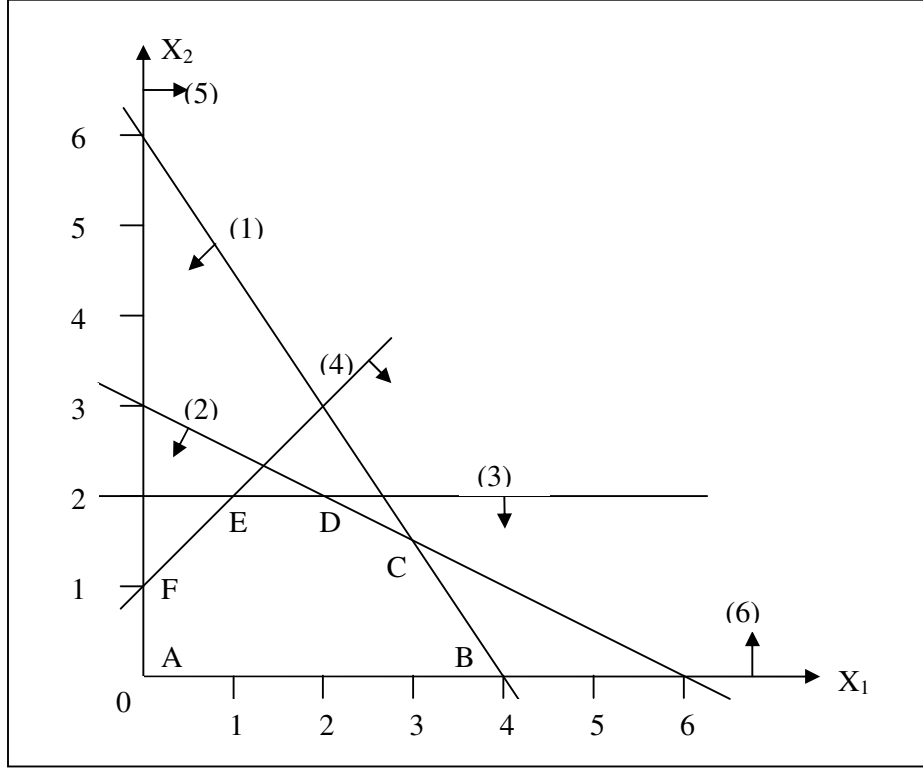
Kısıt koşullar :

$$6 X_1 + 4 X_2 \leq 24 \quad (1) \qquad X_2 - X_1 \leq 1 \quad (4)$$

$$X_1 + 2 X_2 \leq 6 \quad (2) \qquad X_1 \geq 0 \quad (5)$$

$$X_2 \leq 2 \quad (3) \qquad X_2 \geq 0 \quad (6)$$

Oluşturulan bu modelin tümü ele alındığında sonsuz denebilecek sayıda uygun çözüm bulunabilecektir. Aşağıdaki grafikte tüm kısıt koşullar grafik üzerine işlenmiştir.



Şekil 3.8-2 Örnek problemin çözüm grafiği

Grafikten görüldüğü üzere kısıt koşullar kesim noktaları bir dışbükey çokgen ortaya koymaktadır. A, B, C, D, E, F noktaları ile gösterilen çokgene problemin çözüm uzayı denir. Bu uzayın sınırları üzerindeki veya içindeki herhangi bir nokta, tüm kısıtları sağlayan uygun bir çözüm noktasıdır.

BÖLÜM DÖRT

ÖRNEK MERMER TESİSİNDE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA UYGULAMASI

4.1 Problemin Tanımlanması

Rentaş A.Ş. firması çeşitli ölçü ve niteliklerde fayans üretebilen makine ve donanımına sahip bulunmaktadır. Kuvvetli bir pazar politikası oluşturmamış olan firmada üretim çeşidi ve miktarını mevcut sipariş politikaları belirlemektedir. Ancak firmada yapılan gözlem ve takipler sonucu her ürünün üretilmesinin karlı olmadığı tespit edilmiş ve üretimin müşteriye göre değil, verimliliğe göre programlanması amaçlanmıştır. Bunu gerçekleştirebilmek için de aylık hedeflenen maksimum gelire göre ürün dağılımının yapılması gerekmiş ve bunun için bu çalışmaya konu olan doğrusal programlama tekniğinden yararlanılmıştır. Teknik üç ayrı duruma göre çalıştırılacak olup bunlar, en iyi üretim koşullarına göre, en kötü üretim koşullarına göre ve ortalama üretim koşullarına göre dir.

4.2 İşletmeye Ait Doğrusal Programlama Modelinin Kurulması

4.2.1 Karar Değişkenleri

Aşağıdaki tabloda her ürün için atanan karar değişkenleri, parametreler ve her ürünün birim satış fiyatları belirtilmiştir.

Tablo 4.2.1-1 Modelde kullanılacak karar değişkenleri

Ürünler	Değişkenler	Birim Fiyat (İhracat)	Birim Fiyat (Ticari)
30,5 için Strip	YM1	-	-
40,6 için Strip	YM2	-	-
45,7 için Strip	YM3	-	-
30 için Strip	YM4	-	-
60 için Strip	YM5	-	-
40 için Strip	YM6	-	-
1 x 30,5 x 30,5	X1	25 \$/m ²	19 \$/m ²
1,2 x 40,6 x 40,6	X2	26 \$/m ²	20 \$/m ²
1,2 x 45,7 x 45,7	X3	27\$/m ²	21\$/m ²
2 x 30 x 30	X4	20 \$/m ²	14 \$/m ²
2 x 30 x 60	X5	22 \$/m ²	16 \$/m ²
2 x 40 x 40	X6	24 \$/m ²	18 \$/m ²

TF(i) = Ticari ürünlerin satış fiyatları (\$/m²), (i = 1, 2, ... ,6)

EF(i) = İhracat ürünlerin satış fiyatları (\$/m²), (i = 1, 2, ... ,6)

X(i) = Ürünlere göre üretim miktarı (m²) (i = 1, 2, ... ,6)

EO(i) = Ürünlere göre İhracat oranı (%), (i = 1, 2, ... ,6)

YM(i) = Her ürünün yarı mamul hali (yarma işlemi öncesi hali), (i = 1, 2, ... ,6)

STSÜRE (i)= Her ürünün 1 m² sinin ST makinesinde üretilme süresi, (i = 1, 2, ... ,6)

SESÜRE (i)= Her ürünün 1 m² sinin strip epoksi ünitesinde işlem süresi, (i = 1, 2, ... ,6)

YRSÜRE (i) = Her ürünün 1 m² sinin yarma makinesinde işlem süresi, (i = 1, 2, ... ,6)

KLSÜRE (i) = Her ürünün 1 m² sinin kalibre makinesinde işlem süresi

CLSÜRE (i) = Her ürünün 1 m² sinin cila makinesinde işlem süresi, (i = 1, 2, ... ,6)

EBSÜRE (i) = Her ürünün 1 m² sinin ebatlama makinesinde işlem süresi, (i = 1, 2, ... ,6)

PHSÜRE (i) = Her ürünün 1 m² sinin pah makinesinde işlem süresi, (i = 1, 2, ... ,6)

STKAPASİTE = ST makinelerinin aylık en çok çalışma süresi, (i = 1, 2, ... ,6)

SEKAPASİTE = SE ünitesinin aylık en çok çalışma süresi,

YRKAPASİTE = Yarma makinesinin aylık en çok çalışma süresi

KLKAPASİTE = Kalibre makinesinin aylık en çok çalışma süresi

CLKAPASİTE = Cila makinesinin aylık en çok çalışma süresi

EBKAPASİTE = Ebatlama makinesinin aylık en çok çalışma süresi

PHKAPASİTE = Pah makinesinin aylık en çok çalışma süresi

HAMMADDE (i) = 1 m² mamul üretebilmek için gereken hammadde miktarı, (i = 1, 2, ... ,6)

MAXHAMMADDE = Aylık en çok kesilebilecek hammadde miktarı

MİNMIKTAR(i) = Ay içerisinde her bir üründen en az üretilmesi gereken miktar , (i = 1, 2, ... ,6)

4.2.2 Amaç Fonksiyonu

İşletme fayans hattına yönelik olarak kurulacak doğrusal modelin amacı aylık satış gelirlerinin maksimizasyonu olarak belirlenmiştir. Fayans hattı sonunda üretilen ürünler kalitelerine göre ayrı pazarlarda farklı fiyatlardan satışa sunulduğu için, amaç fonksiyonu da bu kriter üzerine kurulmuştur. En çok hammadde ve yarı mamul üretimi, en az hat kayıpları ve en çok ihracat oranı öngörülmüştür.

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^6 \{ [TF(i) * X(i) * (1-EO(i))] + [EF(i) * X(i) * EO(i)] \} \dots (i = 1, 2, \dots ,6)$$

Tablolardan elde edilen “En iyi üretim koşullarına göre” değerler amaç fonksiyonunda yerine konulduğunda :

$$\begin{aligned} \text{Max } Z \text{ En İyi} = & [19 * X_1 * (1-0,91)] + [25 * X_1 * 0,91] + [20 * X_2 * (1-0,88)] + \\ & [26 * X_2 * 0,88] + [21 * X_3 * (1-0,86)] + [27 * X_3 * 0,86] + [14 * X_4 * (1-0,91)] + \\ & [20 * X_4 * 0,91] + [16 * X_5 * (1-0,87)] + [22 * X_5 * 0,87] + [18 * X_6 * (1-0,87)] + \\ & [24 * X_6 * 0,87] \end{aligned}$$

Tablolardan elde edilen “En kötü üretim koşullarına göre” değerler amaç fonksiyonunda yerine konulduğunda :

$$\begin{aligned} \text{Max } Z \text{ En Kötü} = & [19 * X_1 * (1-0,86)] + [25 * X_1 * 0,86] + [20 * X_2 * (1-0,82)] + \\ & [26 * X_2 * 0,82] + [21 * X_3 * (1-0,80)] + [27 * X_3 * 0,80] + [14 * X_4 * (1-0,86)] + \\ & [20 * X_4 * 0,86] + [16 * X_5 * (1-0,82)] + [22 * X_5 * 0,82] + [18 * X_6 * (1-0,80)] + \\ & [24 * X_6 * 0,80] \end{aligned}$$

Tablolardan elde edilen “Ortalama üretim koşullarına göre” değerler amaç fonksiyonunda yerine konulduğunda :

$$\begin{aligned} \text{Max } Z \text{ Ortalama} = & [19 \cdot X_1 \cdot (1-0,885)] + [25 \cdot X_1 \cdot 0,885] + [20 \cdot X_2 \cdot (1-0,85)] + \\ & [26 \cdot X_2 \cdot 0,85] + [21 \cdot X_3 \cdot (1-0,83)] + [27 \cdot X_3 \cdot 0,83] + [14 \cdot X_4 \cdot (1-0,885)] + \\ & [20 \cdot X_4 \cdot 0,885] + [16 \cdot X_5 \cdot (1-0,845)] + [22 \cdot X_5 \cdot 0,845] + [18 \cdot X_6 \cdot (1-0,84)] + \\ & [24 \cdot X_6 \cdot 0,84] \end{aligned}$$

4.2.3 Kısıt Koşullar

4.2.3.1 Hammadde Kısıtı

Fabrikada ürüne çevrilmek üzere ocaktan gelen hammadde miktarı değişiklik göstermesine rağmen sonuçta kısıtlı bir miktardadır. En iyi üretim koşullarında ocaktan sevkiyatı yapılabilecek hammadde miktarı ST makinelerinin kesebildiği kadardır ve aylık en çok 670 m^3 (1835 ton), en az 440 m^3 (1205 ton) ve ortalama 555 m^3 tür (1520 ton).

$$\sum_{i=1}^6 [\text{HAMMADDE}(i) \cdot X(i)] \leq \text{MAXHAMMADDE}$$

Tablolardan elde edilen “En iyi üretim koşullarına göre” değerler kısıt koşulunda yerine konulduğunda :

$$[(0,2 \cdot X_1) + (0,24 \cdot X_2) + (0,25 \cdot X_3) + (0,25 \cdot X_4) + (0,27 \cdot X_5) + (0,28 \cdot X_6)] \leq 1835$$

Tablolardan elde edilen “En kötü üretim koşullarına göre” değerler kısıt koşulunda yerine konulduğunda :

$$[(0,43 \cdot X_1) + (0,59 \cdot X_2) + (0,55 \cdot X_3) + (0,45 \cdot X_4) + (0,49 \cdot X_5) + (0,53 \cdot X_6)] \leq 1205$$

Tablolardan elde edilen “Ortalama üretim koşullarına göre” değerler kısıt koşulunda yerine konulduğunda :

$$[(0,29*X1)+(0,36*X2)+(0,36*X3)+(0,32*X4)+(0,35*X5)+(0,38*X6)]\leq 1520$$

4.2.3.2 Süre Kısıtları

Her bir ürünün her bir makine veya üniteye geçirdiği süreler tablolardan daha önce hesaplanmış idi. Makinelerin ay boyunca kaç gün kaç saat hangi hızda çalıştıkları belli olduğundan her makine için hesaplanacak aylık en çok çalışma süreleri bu değerlerden küçük olmak durumundadır.

$$\sum STS\ddot{U}RE(i) * YM(i) \leq STKAPAS\grave{I}TE$$

$$\sum SES\ddot{U}RE(i) * YM(i) \leq SEKAPAS\grave{I}TE$$

$$\sum YRS\ddot{U}RE(i) * X(i) \leq YRKAPAS\grave{I}TE$$

$$\sum KLS\ddot{U}RE(i) * X(i) \leq KLKAPAS\grave{I}TE$$

$$\sum CLS\ddot{U}RE(i) * X(i) \leq CLKAPAS\grave{I}TE$$

$$\sum EBS\ddot{U}RE(i) * X(i) \leq EBKAPAS\grave{I}TE$$

$$\sum PHS\ddot{U}RE(i) * X(i) \leq PHKAPAS\grave{I}TE$$

Her strip yarma makinesinden geçtikten sonra 2 adet fayans olmaktadır, yani her YM den 2 adet X elde edilmektedir.

$$X(i) = 2*YM(i) \dots\dots\dots i = 1, 2, \dots, 6$$

Programda her ürüne yönelik makine başına üretim süreleri için aşağıdaki tablodaki değerler kullanılacaktır.

Tablo 4.2.3.2-1 Ürüne yönelik birim makine süreleri

	ST		Ort.	SE	YR	KL	CL	EB	PH
	En Kötü	En İyi							
Ürün	Süre (dk/m ²)	Süre (dk/m ²)	Süre (dk/m ²)	Süre (dk/m ²)	Süre (dk/m ²)	Süre (dk/m ²)	Süre (dk/m ²)	Süre (dk/m ²)	Süre (dk/m ²)
YM1	13,13	7,50	10,31	-	-	-	-	-	-
YM2	16,80	9,33	13,07	-	-	-	-	-	-
YM3	20,00	9,77	14,88	-	-	-	-	-	-
YM4	24,71	11,35	18,03	-	-	-	-	-	-
YM5	24,71	12,73	18,72	-	-	-	-	-	-
YM6	26,25	15,00	20,63	-	-	-	-	-	-
X1	-	-	-	1,25	2,50	1,25	1,30	1,36	1,42
X2	-	-	-	0,93	1,86	0,93	0,97	1,01	1,06
X3	-	-	-	0,83	1,67	0,83	0,87	0,91	0,95
X4	-	-	-	1,25	2,50	1,25	1,30	1,36	-
X5	-	-	-	0,63	1,25	0,63	0,65	0,68	-
X6	-	-	-	0,93	1,86	0,93	0,97	1,01	-

Tablo 4.2.3.2-2 Makinelerin aylık en çok çalışma süreleri

Makine/Ünite	Max. Çalışma Süresi
ST	90720 dk./ay
Strip Epoksi	10080 dk./ay
Yarma	20160 dk./ay
Kalibre	20160 dk./ay
Cila	20160 dk./ay
Ebatlama	20160 dk./ay
Pah	20160 dk./ay

4.2.3.3 Sipariş ve Pozitif Olma Kısıtları

Firmanın düzenli olarak çalışmakta olduğu müşterilerine yönelik taahhüdü altına girdiği miktarlar mutlaka her ay üretilmek durumundadır. Ayrıca her ürün mutlaka pozitif bir değer olmalıdır.

$$X(i) \geq \text{MİNMIKTAR}(i) \dots\dots\dots (i = 1, 2, \dots, 6)$$

Bu miktarlar :

$$\text{MİNMIKTAR } 1 = 1 \times 30,5 \times 30,5 \dots\dots\dots 850 \text{ m}^2/\text{ay}$$

$$\text{MİNMIKTAR } 2 = 1,2 \times 40,6 \times 40,6 \dots\dots\dots 1770 \text{ m}^2/\text{ay}$$

$$\text{MİNMIKTAR } 3 = 1,2 \times 45,7 \times 45,7 \dots 675 \text{ m}^2/\text{ay}$$

Bu miktarlara göre kısıt koşulları :

$$X1 \geq 850$$

$$X2 \geq 1770$$

$$X3 \geq 675$$

$$X4 \geq 0$$

$$X5 \geq 0$$

$$X6 \geq 0$$

4.3 Çözüm Modelinin Bilgisayar Ortamında Çalıştırılması

İşletme koşullarına yönelik olarak oluşturulmuş bu doğrusal programlama modeli Lingo 8.0 versiyon paket programı ile çözülmüştür. Daha önce de bahsedildiği gibi 3 ayrı koşula göre çalıştırılan programın 3 ayrı sonucu olup, sonuçlar ve bu sonuçlara yönelik açıklamalar aşağıda belirtilmiştir.

MODEL:

SETS:

COVER/1..6/:X, YM, TF, EF, EO, HAMMADDE, STSURE, SESURE, YRSURE, KLSURE, CLSURE, EBSURE, PHSURE, MINMIKTAR;

ENDSETS

DATA:

TF =	19	20	21	14	16	18	;
EF =	25	26	27	20	22	24	;
HAMMADDE=	0.2	0.24	0.25	0.25	0.27	0.28	;
STSURE =	7.5	9.33	9.76	11.35	12.73	15	;
SESURE =	1.25	0.93	0.83	1.25	0.63	0.93	;
YRSURE =	2.5	1.86	1.67	2.5	1.25	1.86	;
KLSURE =	1.25	0.93	0.83	1.25	0.63	0.93	;
CLSURE =	1.3	0.97	0.87	1.3	0.65	0.97	;
EBSURE =	1.36	1.01	0.9	1.36	0.68	1.01	;
PHSURE =	1.42	1.06	0.95	0	0	0	;
MINMIKTAR =	850	1770	675	0	0	0	;
EO=	0.91	0.88	0.86	0.91	0.87	0.87	;

ENDDATA

MAX = @SUM(COVER(I): (TF(I) * X(I) * (1-EO(I))) + (EF(I) * X(I) * (EO(I))));

@SUM(COVER(I): HAMMADDE(I) * X(I)) <= 1835;

@SUM(COVER(I): STSURE(I) * YM(I)) <= 90720;

@SUM(COVER(I): SESURE(I) * YM(I)) <= 10080;

@SUM(COVER(I): YRSURE(I) * X(I)) <= 20160;

@SUM(COVER(I): KLSURE(I) * X(I)) <= 20160;

@SUM(COVER(I): CLSURE(I) * X(I)) <= 20160;

```

@SUM(COVER(I): EBSURE(I)*X(I))<= 20160;
@SUM(COVER(I): PHSURE(I)*X(I))<= 20160;

@FOR(COVER(I): 2*YM(I)=X(I));

@FOR(COVER(I): X(I)>=MINMIKTAR(I));

```

En İyi Üretim koşuluna Göre Sonuç

Objective value: 214232.9

Variable	Value	Reduced Cost
X(1)	6207.250	0.000000
X(2)	1770.000	0.000000
X(3)	675.0000	0.000000
X(4)	0.000000	0.000000
X(5)	0.000000	0.000000
X(6)	0.000000	0.000000

En Kötü Üretim Koşuluna Göre Sonuç

Objective value: 85090.64

Variable	Value	Reduced Cost
X(1)	975.4651	0.000000
X(2)	1770.000	0.000000
X(3)	675.0000	0.000000
X(4)	0.000000	6.123721
X(5)	0.000000	6.611163
X(6)	0.000000	6.918605

Ortalama Üretim Koşuluna Göre Sonuç

Objective value: 136960.0

Variable	Value	Reduced Cost
X(1)	2386.207	0.000000
X(2)	2300.000	0.000000
X(3)	875.0000	0.000000
X(4)	0.000000	0.000000
X(5)	0.000000	0.000000
X(6)	0.000000	0.000000

BÖLÜM BEŞ

SONUÇ

Üretim kriterlerini pazarın yönlendirmesi ile gerçekleştiren işletmede yapılan bu çalışmada üç ayrı durum için üç ayrı sonuç ortaya çıkmıştır. İşletmede en iyi koşullarla üretim yapıldığı zaman hedeflenen gelir miktarı 214232.9 \$/ay olmaktadır, bu hedefe ulaşırken firma ürün dağılımı şu şekilde olmalıdır :

$$1 \times 30,5 \times 30,5 = 6207,25 \text{ m}^2$$

$$1,2 \times 40,6 \times 40,6 = 1770 \text{ m}^2$$

$$1,2 \times 45,7 \times 45,7 = 675 \text{ m}^2$$

$$2 \times 30 \times 30 = 0 \text{ m}^2$$

$$2 \times 30 \times 60 = 0 \text{ m}^2$$

$$2 \times 40 \times 40 = 0 \text{ m}^2$$

İşletmede en kötü koşullarla üretim yapıldığı takdirde ise hedeflenen gelir miktarı 85090,64 \$/ay olarak gerçekleşecek, ancak ürün dağılımı ise şu şekilde olacaktır :

$$1 \times 30,5 \times 30,5 = 975,46 \text{ m}^2$$

$$1,2 \times 40,6 \times 40,6 = 1770 \text{ m}^2$$

$$1,2 \times 45,7 \times 45,7 = 675 \text{ m}^2$$

$$2 \times 30 \times 30 = 0 \text{ m}^2$$

$$2 \times 30 \times 60 = 0 \text{ m}^2$$

$$2 \times 40 \times 40 = 0 \text{ m}^2$$

İşletmedeki üretim koşullara ortalama değerlerde gerçekleştiği zaman ise hedeflenen gelir miktarı 136960 \$/m² olarak gerçekleşecektir ve bu değer içindeki ürün dağılımı ise şu şekilde olmalıdır :

$$1 \times 30,5 \times 30,5 = 2386,207 \text{ m}^2$$

$$1,2 \times 40,6 \times 40,6 = 2300 \text{ m}^2$$

$$1,2 \times 45,7 \times 45,7 = 875 \text{ m}^2$$

$$2 \times 30 \times 30 = 0 \text{ m}^2$$

$$2 \times 30 \times 60 = 0 \text{ m}^2$$

$$2 \times 40 \times 40 = 0 \text{ m}^2$$

İşletme koşullarındaki gerek mevsimsel, gerek idari ve gerekse hammadde koşullarından dolayı her zaman iyi veya her zaman kötü koşullarla üretim gerçekleşmeyecek olmasından dolayı, ortalama üretim koşullarına göre elde edilen sonucun, firmanın mevcut portföyünü yönlendirirken ve yeni siparişler alırken dikkate alması gerektiği sonuç olduğu kesindir. Dolayısıyla firmanın mevcut üretmesi gerekenler haricinde aşağıda belirtilen üç ürün için boş kapasitesi mevcut bulunmaktadır ve bu kapasiteler farklı mamul boyutları için aşağıda verildiği şekildedir:

$$1 \times 30,5 \times 30,5 = 1536,207 \text{ m}^2$$

$$1,2 \times 40,6 \times 40,6 = 530 \text{ m}^2$$

$$1,2 \times 45,7 \times 45,7 = 200 \text{ m}^2$$

Mermer fabrika teknolojisi her ne kadar gelişmiş olursa olsun kullanılan hammaddenin doğal bir malzeme olmasından dolayı üretim hiçbir zaman kesin değerlerle gerçekleştirilememektedir. Doğa koşulları bu sektör üreticilerine her zaman için yüksek toleranslar bırakarak üretim planlarının hazırlanmasını şart koşturmaktadır. Bu proje ile elde edilen değerler hiçbir zaman bire bir gerçekleştirilemeyecektir, ancak bu çalışma firmanın ürün yelpazesindeki ürünlerden hangilerinin üretiminin yüksek değerde olduğunu, sipariş politikasında tercih edilmesi gereken ürünlerin hangisi olduğunu ve üretilebilirlik sınırlarını fark etmesini sağlayacaktır.

Firma fayans hattında uygulanan bu programın çözümleri, son bir yıllık gözlem ve tecrübeler ile karşılaştırıldığında sonuçların gerçekleşen üretim ile örtüştüğü görülmüştür. Firmada yeni üretim dönemlerinde pazar ve müşteri ilişkileri, ortalama koşullara göre hazırlanmış model çözümüne bağlı olarak gerçekleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

Aslan, D. (2002). *Üretim Planlama* (4. Baskı). İzmir : D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi

Bakoğlu, H. (1982). *Doğrusal programlama*. İzmir : D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Kütüphanesi

Ögüt, C. (1980). *Yöneylem I ders notları*. İzmir : D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi

Sarı, A. (2001). *Üretim planlamasında doğrusal programlama tekniğinin kullanımı*. İzmir : D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Bitirme Projesi

Sultan, A. (1993). *Linear Programming*. CA- San Diego : Academic Press

Taha, H. A. (2000). *Yöneylem Araştırması* (6. Baskı). (Ş. A. Baray ve Ş. Esnaf, Çev.). İstanbul : Literatür Yayıncılık. (Orijinal çalışma basım tarihi : 1968)

Yıkılmaz, S. (2002). *Doğrusal programlama ile üretim programlama*. İzmir : D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Bitirme Projesi

[illegible]

EK – 2. Fayans hattı üretim raporu

AGUSTOS 2006 FAYANS HATTI VERİLERİ

<u>Yatay Yarma makinesi</u> <table border="1"> <tr> <td>Çıkması gereken adet</td><td>37158</td></tr> <tr> <td>Çıkan adet</td><td>35655</td></tr> <tr> <td>Verim:</td><td>% 95,96</td></tr> <tr> <td>Kayıp:</td><td>% 4,04</td></tr> </table>	Çıkması gereken adet	37158	Çıkan adet	35655	Verim:	% 95,96	Kayıp:	% 4,04	<u>Ebatlama Makinesi</u> <table border="1"> <tr> <td>Giren taş adet</td><td>30338</td></tr> <tr> <td>Çıkan taş adet</td><td>28335</td></tr> <tr> <td>Verim :</td><td>% 93,44</td></tr> <tr> <td>Kayıp :</td><td>% 6,56</td></tr> </table>	Giren taş adet	30338	Çıkan taş adet	28335	Verim :	% 93,44	Kayıp :	% 6,56								
Çıkması gereken adet	37158																								
Çıkan adet	35655																								
Verim:	% 95,96																								
Kayıp:	% 4,04																								
Giren taş adet	30338																								
Çıkan taş adet	28335																								
Verim :	% 93,44																								
Kayıp :	% 6,56																								
<u>Kalibre Makinesi</u> <table border="1"> <tr> <td>Giren taş adet</td><td>35694</td></tr> <tr> <td>Çıkan taş adet</td><td>34651</td></tr> <tr> <td>Verim :</td><td>% 97,08</td></tr> <tr> <td>Kayıp :</td><td>% 2,08</td></tr> </table>	Giren taş adet	35694	Çıkan taş adet	34651	Verim :	% 97,08	Kayıp :	% 2,08	<u>Pah Kırma Hattı</u> <table border="1"> <tr> <td>Giren taş adet</td><td>29123</td></tr> <tr> <td>Kırık</td><td>% 2,43</td></tr> <tr> <td>Köşe kırığı</td><td>%10,80</td></tr> <tr> <td>Tamir</td><td>%42,33</td></tr> <tr> <td>Silim hatalı</td><td>%16,91</td></tr> <tr> <td>Atık</td><td>%0,27</td></tr> <tr> <td>2. kalite</td><td>%18,61</td></tr> <tr> <td>Export</td><td>%7,59</td></tr> </table>	Giren taş adet	29123	Kırık	% 2,43	Köşe kırığı	%10,80	Tamir	%42,33	Silim hatalı	%16,91	Atık	%0,27	2. kalite	%18,61	Export	%7,59
Giren taş adet	35694																								
Çıkan taş adet	34651																								
Verim :	% 97,08																								
Kayıp :	% 2,08																								
Giren taş adet	29123																								
Kırık	% 2,43																								
Köşe kırığı	%10,80																								
Tamir	%42,33																								
Silim hatalı	%16,91																								
Atık	%0,27																								
2. kalite	%18,61																								
Export	%7,59																								
<u>Fayans Cila Makinesi :</u> <table border="1"> <tr> <td>Tek yüz silime giren adet</td><td>31663</td></tr> <tr> <td>Tek yüz silimden çıkan adet</td><td>29963</td></tr> <tr> <td>Verim :</td><td>%94,63</td></tr> <tr> <td>Kayıp :</td><td>%5,37</td></tr> </table>	Tek yüz silime giren adet	31663	Tek yüz silimden çıkan adet	29963	Verim :	%94,63	Kayıp :	%5,37																	
Tek yüz silime giren adet	31663																								
Tek yüz silimden çıkan adet	29963																								
Verim :	%94,63																								
Kayıp :	%5,37																								

EK – 3. Aylık üretim raporu

.....AĞUSTOS 2006..... ÜRETİM RAPORU

KATRAK HATTI

KATRAK

Kesilen blok sayısı..... :	19	adet
Kesilen toplam m3..... :	131,93	m3
Çıkan 3'lük plaka	0	m2
Çıkan 2'lik plaka	4712,79	m2
Çıkan 4'lük plaka	24,3	m2
Toplam m2..... :	4737,09	m2
Verim	35,91	m2/m3

PLAKA EPOKSİ

Çalışılan vardiya sayısı.... :	14	vrd.
Epoksilenen plaka..... :	1783,1	m2
Filelenen plaka	790,45	m2
Dolgulanan Limra..... :	0	m2
Toplam m2..... :	2573,55	m2
Verim..... :	183,83	m2/vrd

PLAKA SİLİM

Çalışılan vardiya sayısı.... :	44	vrd.
Cilalanan plaka..... :	2813,04	m2
Honlanan plaka	2199,34	m2
Patinato plaka..... :	369,19	m2
Toplam m2..... :	5381,57	m2
Verim	122,31	m2/vrd

STRİP HATTI

ST

Kesilen blok sayısı..... :	100	adet
Kesilen blok hacmi..... :	477,63	m3
Kesilen moloz sayısı.... :	41	adet
Kesilen moloz hacmi.... :	165,95	m3
Toplam m3..... :	643,58	m3

Çıkan Ebatlı mal..... :	5096,36	m2
Çıkan Ebat Artığı..... :	1196,93	m2
Toplam m2..... :	6293,29	m2

Verim-toplam..... :	9,78	m2/m3
Verim-ebatlı	7,92	m2/m3
Verim-toplam	3,56	m2/ton
Verim-ebatlı	2,88	m2/ton

STRİP EPOKSİ

Çalışılan vardiya sayısı.. :	23	vrd.
Epoksilenen strip m2 si. :	7936,01	m2
Verim	345,04	m2/vrd