

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR KONFEKSİYON İŞLETMESİNDE ÜRETİM
PLANLAMASI VE OPTİMİZASYONU

Gülseren KARABAY

Nisan, 2010
İZMİR

BİR KONFEKSİYON İŞLETMESİNDE ÜRETİM PLANLAMASI VE OPTİMİZASYONU

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Gülseren KARABAY

Nisan, 2010

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

GÜLSEREN KARABAY, tarafından **PROF. DR. GÜLSEREN KURUMER** yönetiminde hazırlanan “**BİR KONFEKSİYON İŞLETMESİNDE ÜRETİM PLANLAMASI VE OPTİMİZASYONU**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Gülseren KURUMER

Danışman

Prof. Dr. Yalçın BOZKURT

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Banu DURUKAN

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Binnaz MERİÇ

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ender Yazgan BULGUN

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başından sonuna kadar her aşamasında önerileri ile katkıda bulunan, benden desteğini ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili hocam Prof. Dr. Gülseren KURUMER' e, gerek tez izlemelerde gerekse son aşamada işlerinin yoğunluğu arasında bana zaman ayırıp, tezimi inceleyip değerlendiren ve önerileri ile katkıda bulunan Prof. Dr. Banu DURUKAN' a, ilgi ve desteği için değerli hocam Prof. Dr. Yalçın BOZKURT' a, tezimin yazım aşamasında yardımları için Öğr. Gör. Dr. Hakan ÖZDEMİR' e, tezimin düzenleme aşamasında benimle birlikte çalışan, her zaman yanımda olduğunu hissettiren sevgili kardeşim Gülderen KARABAY' a, sevgi ve ilgileri ile zorlukları aşmamda bana güç veren sevgili annem ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca 2009.KB.FEN.022 nolu proje ile doktora tezimin gerçekleşmesini sağlayan Rektörlük Bilimsel Araştırma ve Fon Saymanlığına teşekkür ediyorum.

Gülseren KARABAY

BİR KONFEKSİYON İŞLETMESİNDE ÜRETİM PLANLAMASI VE OPTİMİZASYONU

ÖZ

Ülkemizde konfeksiyon işletmelerinin birçoğu fason üretim gerçekleştirmektedir. Kendi moda ve markalarını yaratmadıkları için tamamen müşteriden gelen talebe uygun olarak kumaş tedariki gerçekleştirilmektedirler. Sipariş üzerine çalışma, işletmeleri zaman baskısı altına aldığı için, çok fazla tedarikçi ile çalışma zorunluluğu doğmaktadır. Tedarikçiler arasında çoğu zaman seçim yapma şansının olmaması nedeniyle, kalite ve teslimat sorunları gibi bir dizi problemle karşılaşilmektedir.

Bu çalışmada, sipariş üzerine üretim yaptıran bir konfeksiyon işletmesinde, sipariş olmaksızın belirli kumaş türlerinde sürekli üretim yaptırılmasına yönelik bir model önerilmiştir. Önerinin çalışma şekli simülasyon yöntemi ile test edilmiştir. Denemeler sonucunda önerilen sistemde kumaş tedarik süresinde istatistiksel olarak önemli bir düşüş sağlandığı, taşıma ve sipariş verme maliyetlerinde sağlanan azalma ile önerilen sistemin toplam maliyetinin mevcut çalışma sisteminin maliyetinden daha düşük olduğu görülmüştür.

Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında önerilen sistemin uygulanabilir olduğunun savunulabileceğine karar verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Konfeksiyon, Stok yönetimi, Simülasyon, Taguchi

PRODUCTION PLANNING IN AN APPAREL COMPANY AND OPTIMIZATION

ABSTRACT

In our country, most of apparel companies are the subcontractors. As they don't produce fashion and have their own brand name, they supply fabrics fully depending on their customer demand. Time compression for these make to order companies force them to work with many fabric supplier without a proper selection. As a result, they face quality and delivery problems time to time.

In this study, working model containing fabric supplying for most used fabrics without collecting order in heavy working season, is proposed for make to order apparel subcontractors. The proposal is tested with simulation method. At the end of the trials, it is concluded that with the proposal working model, the decrease at lead time for fabric supplying is statistically significant, the total cost of the new working model is less than the cost of the current working model because of the decrease at transport and order costs.

As the all results are taken into consideration, it is decided that the feasibility of the proposal working model can be argued.

Keywords: Clothing, Stock management, Simulation, Taguchi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v

BÖLÜM BİR—GİRİŞ1

1.1 Giriş	1
1.2 Üretim Planlaması ve Kontrolü	4
1.2.1 Üretim Planlaması Kavramı	4
1.2.2 Üretim Planlamasının Önemi	5
1.2.3 Üretim Kontrolü	5
1.2.4 Üretim Planlaması Türleri	6
1.2.5 Üretim Planlamasının Uygulama Aşamaları	8
1.2.6 Üretim Planlaması ve Kontrolünü Etkileyen İç ve Dış Faktörler	9
1.2.7 Üretim Planlamasının Diğer İşletme Birimleri ile İlişkisi.....	9
1.3 Stok Yönetimi	10
1.3.1 Stok Kavramı ve Önemi	11
1.3.2 Stok Bulundurma Nedenleri	12
1.3.3 İşletmelerde Stok Türleri ve Bu Stokların Miktarını Belirleyen Faktörler	13
1.3.3.1 Hammadde Stoğu	13
1.3.3.2 Yarı Mamul Stoğu	14
1.3.3.3 Mamul Stoğu	14

1.3.4. Optimum Stok Seviyesi	14
1.3.5 Stok Maliyetleri	15
1.3.6 Sipariş (Parti Büyüklüğü) Miktarlarının Belirlenmesi	16
1.3.6.1 Gereksinim Kadar Sipariş Verme Yöntemi (Lot-for-Lot).....	18
1.3.6.2 Sabit Sipariş Donemi Yöntemi	18
1.3.6.3 Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi	19
1.3.6.4 Ekonomik Sipariş Miktarı Yöntemi (EOQ)	20
1.3.6.5 En Düşük Birim Maliyet	22
1.3.6.6 Periyodik sipariş verme yöntemi	23
1.3.7 Stok Yönetiminde Simülasyon Yönteminin Kullanımı	23
1.4. Simülasyon Yöntemi	24
1.4.1 Simülasyonun Tanımı ve Kapsamı	24
1.4.2 Simülasyon Yönteminde Akış Basamakları	27
1.4.3 Simülasyon Türleri	29
1.4.4 Simülasyon Modelinin Temel Kavramları	31
1.4.5 Simülasyonda Modelleme ve Modelin Doğrulanması	33
1.4.5.1 Simülasyonda Modelleme	33
1.4.5.2 Simülasyon Modelinin Doğruluğu (Verification)	34
1.4.5.3 Simülasyon Modelinin Geçerliliği (Validation)	35
1.4.5.4 Rassal Sayıların Oluşturulması	36
1.4.6 Simülasyon Sonuçlarının Analizi	36
1.4.6.1 Sonlanmayan Sistemlerde Sonuçların Analizi	38
1.4.7 PROMODEL 7.5 © Simülasyon Programı	42
1.4.7.1 Programda Kullanılan Elemanlar	43
1.4.7.2 Programın Oluşturulmasında İzlenen Adımlar	44

1.5. Deney Tasarımı ve Taguchi Yaklaşımı.....	45
1.5.1 Deney Tasarımı	45
1.5.2 Taguchi Deney Tasarımı	47
1.5.3 Taguchi Deney Tasarımında Sonuçların Analiz Edilmesi	49
1.6 Önceki Çalışmalar	52
1.7 Çalışmanın Amacı	58
 BÖLÜM İKİ —MATERYAL METOT	60
 2.1 Çalışmanın Yöntemi	60
2.2 Çalışmanın Yapıldığı İşletme Hakkında Bilgi	61
2.3 Simülasyon Modellerinin Kurulması	62
2.3.1 Simülasyon Modelinde Kullanılacak Geçmiş Döneme Ait Kumaş Siparişi Verilerinin Toplanması	62
2.3.2 Simülasyon Modelinde Kullanılmak Üzere Verilerin Analiz Edilmesi	63
2.3.2.1 İşletmenin En Çok Kullandığı Kumaş Türlerinin Belirlenmesi	63
2.3.2.2 Kumaş Tüketimlerinin Yoğunlaştığı Dönemlerin Belirlenmesi	63
2.3.2.3 Kumaş Siparişlerinin Tedarik Sürelerinin Analizi	64
2.3.3.Simülasyon Modelinin Kurulması ve PROMODEL Simülasyon Programı	64
2.3.3.1 Simülasyon Modelinde Genel Akış.....	64
2.3.3.2 Simülasyon Modelinin Oluşturulmasında İzlenen Adımlar	65
2.3.3.3 Simülasyon Modelinin Oluşturulmasında Kullanılan Veriler, Bileşenler, Varsayımlar, Değişkenler	66

2.3.3.4 Mevcut ve Önerilen Simülasyon Modellerinin Kurulması	69
2.4 Sonuçların Değerlendirilmesi ve Önerilerde Bulunulması	72
2.4.1 Simülasyon Modellerinin Doğruluğunun ve Geçerliliğinin	
Test Edilmesi	72
2.4.1.1 Simülasyon Modellerinin Doğruluğu (Verification)	72
2.4.1.2 Simülasyon Modellerinin Geçerliliği (Validation).....	72
2.4.1.3 Önerilen Sistemin Performansının İstatistiksel Değerlendirmesi	74
2.4.2 Mevcut Sistemde ve Önerilen Modelde Maliyet Hesaplamaları	75
2.4.2.1 Mevcut Sistemde Maliyetin Hesaplanması	76
2.4.2.2 Önerilen Sistemde Maliyetin Hesaplanması	77
2.5 Taguchi Deney Tasarımı	79
2.5.1 Faktörlerin ve Ortogonal Dizin Belirlenmesi	79
2.5.2 Sistemin Performans Ölçütlerinin Belirlenmesi	82
2.5.3 Önerilen Sistemde Etkili Olacak Faktörlerin ve	
Seviyelerinin Belirlenmesi	83
2.5.4 Faktörlerin Sütunlara Atanması ve Deney Planında Faktör	
Seviye Değerleri	84
2.5.5 Taguchi Deney Tasarımında Sonuçların Analizi	87
2.5.5.1 Sinyal Gürültü Oranı	87
2.5.5.2 Standart Analiz	88
2.6. Verilerin Analizinde Uygulanan İstatistiksel Testler	90
2.6.1 Belirlenen Kumaş Türlerinin Geçmiş Verilerinin İstatistiksel Analizi ...	90
2.6.1.1 Simülasyon Modelinde Kullanılacak Gelen Sipariş	
Verilerinin Bağımsızlık Testleri	90
2.6.1.2 Kumaşlara İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Teorik	

Dağılıma Uygunluğu ve Siparişlerin Geliş Aralıklarının Belirlenmesi	91
2.6.2 Simülasyon Deneylerinin Sonuçlarının ve İşletmeden Alınan Verilerin Karşılaştırılmasında Kullanılan İstatistiksel Testler	92
2.6.2.1 t Testi	92
2.6.2.2 ANOVA Testi	93
2.6.3 İstatistiksel Değerlendirmelerde Kullanılan Programlar	97
BÖLÜM ÜÇ—ARAŞTIRMA SONUÇLARI	99
3.1 Çalışmada Kullanılan Firma Verilerinin İstatistiksel Analiz Sonuçları	99
3.1.1 Kumaş Türlerinin Belirlenmesi	99
3.2 Belirlenen Kumaş Türlerinin Geçmiş Sipariş Verilerinin İstatistiksel Analiz Sonuçları	101
3.2.1 Simülasyon Modelinde Kullanılacak Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Bağımsızlık Testlerinin Sonuçları	101
3.2.1.1 40/1 Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Bağımsızlık Testlerinin Sonuçları	101
3.2.1.2 30/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Bağımsızlık Testlerinin Sonuçları	103
3.2.1.3 40/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Bağımsızlık Testlerinin Sonuçları	105
3.2.2 Kumaşlara İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Teorik Dağılıma Uygunluğu ve Siparişlerin Geliş Aralıklarının Belirlenmesi	107
3.2.2.1 40/1 Süprem Kumaşa Ait Siparişlerin Miktar Verilerinin Değerlendirilmesi.....	107

3.2.2.1.1 40/1 Süprem Kumaşa Ait Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin	
Teorik Dağılım Sonuçları	107
3.2.2.1.2 40/1 Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin	
Sipariş Aralığının Belirlenmesi	108
3.2.2.2 40/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar	
Verilerinin Değerlendirilmesi.....	109
3.2.2.2.1 40/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar	
Verilerinin Teorik Dağılım Sonuçları	109
3.2.2.2.2 40/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin	
Verilerinin Aralığının Belirlenmesi	111
3.2.2.3 30/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar	
Verilerinin Değerlendirilmesi	111
3.2.2.3.1 30/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar	
Verilerinin Teorik Dağılım Sonuçları	111
3.2.2.3.2 30/1 Likralı Süprem Kumaşın Gelen Siparişlerin Miktar	
Verilerinin Aralığının Belirlenmesi	113
3.3. Oluşturulan Simülasyon Modelleri	114
3.3.1 Simülasyonu Kurulan Mevcut Çalışma Sistemi Modeli	114
3.3.2 Simülasyonu Kurulan Önerilen Sistem Modeli.....	114
3.4 Kurulan Simülasyon Modelinin Doğruluğu ve Geçerliliği	115
3.4.1 Kurulan Simülasyon Modelinin Doğruluğu	115
3.4.2 Kurulan Mevcut Çalışma Sistemi Simülasyon Modelinin Geçerliliği ..	116
3.4.2.1 Gerçek Verilerin İstatistiksel Değerlendirilme Sonuçları	116
3.4.2.2 Mevcut Durumun Simülasyon Modelinden Elde Edilen Verilerin	
İstatistiksel Değerlendirme Sonuçları	117

3.4.2.3 İşletmeden Alınan Gerçek Verilerin Mevcut Durum Simülasyon Verileri ile Uyumunun (Validation) Test Edilmesi ve Sonuçları	120
3.4.2.4 Önerilen Sistemin Verilerinin İstatistiksel Değerlendirilme Sonuçları	121
3.4.2.5 Önerilen Sistemin Kumaş Tedarik Süresine Etkisinin Test Edilmesi	124
3.5 Mevcut Sistem ve Önerilen Sistemin Maliyetler Açısından Kıyaslanması ...	125
3.6.Taguchi Deney Tasarımı ile Deney Sonuçlarının Optimizasyonu	129
3.6.1 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	129
3.6.1.1 Ortalama Etki (Temel Etki-Faktör Etkisi) Toplam Stok Miktarı İçin Değerlendirme	131
3.6.1.1.1 Standart Analiz.....	131
3.6.1.1.2 Optimum Koşullarda Beklenen Sonuç	133
3.6.1.1.3 Varyans Analizi (ANOVA)	134
3.6.1.1.4 Optimum Sonuç İçin Güven Aralığının Belirlenmesi	134
3.6.1.1.5 S/N Sinyal Gürültü Oranları	135
BÖLÜM DÖRT—SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME.....	138
Kaynaklar	143
EKLER	148

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Giriş

Dünyada, bilim ve teknolojiadaki değişme ve gelişme ile küreselleşme sürecinin hızlanması, uluslararası dağıtım zincirlerinin yaygın ve etkin hale gelmesi nedeniyle, değişen dünya ve pazar şartları her geçen gün şiddetlenen bir rekabete sahne olmaktadır. İşletmeler; başarmak, büyümek ya da en azından varlıklarını sürdürebilmek için gelişen teknolojiye ayak uydurabilmeli ve yeni stratejik avantajlara sahip olmalıdırlar. Günümüzde akıllı işletmeler müşterilerinin beklentilerini göz önünde bulundurarak planlamalarını gerçekleştirmektedirler. Kalite yaklaşımlarının temelini de müşteri beklentilerini ön planda tutmak oluşturmaktadır. Bu nedenlerin ortaya çıkardığı gereksinimler, işletmeleri, yeni sistem ve stratejiler aramaya yönlendirmiştir.

Tekstil ve konfeksiyon sanayi de değişen dünya ve rekabet şartlarında müşterilerinin beklentilerini karşılamak için çaba göstermektedir. Tekstil ve konfeksiyon sanayi moda ya bağlıdır. Ürün yaşam süresi kısadır ve ürün özellikleri hızla değişmektedir. Bu nedenle müşterilerin taleplerinin doğru tahmin edilmesi zordur. Müşteri memnuniyetini arttırmak için tedarik zinciri boyunca süreçlerin kısaltılması gerekmektedir. Tekstil ve konfeksiyon sektörünün içinde bulunduğu pazar, müşteri istekleri ve ekonomik koşullardaki belirsizlikler sektörün faaliyetlerini daha da zorlaştırmaktadır.

Üretim entegre bir sistemdir. Üretim planlamanın amacı da, üretim sürecinde yapılmakta olan faaliyetleri minimum maliyetle gerçekleştirmek, zamanında üretim yapmak ve tüketici taleplerini karşılamaktır. Bu sistem içerisinde yer alan faaliyetler talebin tahmini ile başlayıp, ne zaman ve hangi miktarda üretileceğinin planlanması ile devam etmektedir. Günümüzde, bir yandan tüketicinin sürekli ve hızlı değişen istek ve tercihlerini rekabetçi ortamda karşılamaya çalışan işletmelerin yüz yüze

olduğu zorluklar, diğer bir yandan da bu zorlukları aşmakta yararlanılan teknolojik gelişmeler, üretim planlama çalışmalarının önemini giderek daha da arttırmaktadır.

Müşteri gereksinimlerini rekabet koşulları çerçevesinde karşılayabilmek için, üretim yönetiminin ana unsurlarından olan malzeme yönetimi ve stok yönetiminin önemi son yıllarda giderek artmaktadır. Yüksek kaliteyi minimum maliyetle ve en kısa sürede müşteriye sunmayı hedefleyen firmaların belirli yetenekteki tedarikçilerle çalışmaları gerekmektedir.

Konfeksiyon sektöründe tedarik zincirleri değişkenlik ve belirsizliklerle doludur. Bu koşullar altında kaynakların kısıtlı olması işlemleri zorlaştırmaktadır. Tedarik zinciri içinde müşterilerin isteklerine çabuk cevap verilmesi, kısa çevrim süreleri ile çalışmayı ve esnek olmayı gerektirmektedir. Kısa çevrim süreleri, stok yönetimini ve zincir içinde gerekli güven stoklarını etkilemektedir.

İşçilik maliyeti rekabet edebilmenin tek koşulu değildir. Hızlı ve esnek olabilme yeteneği ile belirsizlikle baş edebilme gücü, ucuz işgücüne karşı rekabette işletmelere avantaj sağlayacak özelliklerdir. Malzeme tedarik süresini mümkün olduğu kadar aşağıya çekmek, müşterinin giderek daha değişken hale gelen stil, renk ve beden isteklerine cevap vermek, ürünü istenilen zamanda üretebilmek işletmelerin maliyet rekabetine karşı kullanabileceği önemli silahlarından biridir.

Sektörün önde gelen firmalarından İspanyol hazır giyim firması Zara, 2-3 hafta içinde müşteriye ürünü sunmasını ve rakipleri arasında en kısa sürede müşteriye ulaşması ile ünlenmesini sağlayan bir strateji uygulamaktadır. Bunu başarabilmek için sezon içinde en fazla kullanılacağını öngördüğü ham kumaşlardan satın aldığı ve stok yaptığı bilinmektedir. Kumaşın stoklarında olması sayesinde, müşteri talebine uygun olarak kesim, baskı ve boyama işlemlerini en kısa sürede gerçekleştirebilmektedir. Bunun dışında anında üretime girebilmek için kapasite rezerve etmektedir (Dutta, 2002).

Ülkemizde işletmelerin birçoğu fason üretim gerçekleştirmektedir. Kendi moda ve markalarını yaratmadıkları için tamamen müşteriden gelen talebe uygun olarak kumaş tedariki gerçekleştirilmektedirler. Sipariş gelecek ürünlerle ilgili olarak herhangi bir öngöründe bulunmanın zorluğu, işletmeleri sipariş geldikten sonra tedarik yoluna sevk etmektedir. Sipariş üzerine çalışma işletmeleri zaman baskısı altına aldığı için, çok fazla tedarikçi ile çalışma zorunluluğu doğmakta ve tedarikçiler arasında çoğu zaman seçim yapma şansının olmaması nedeniyle, kalite ve teslimat sorunları gibi bir dizi problemle karşılaşmaktadırlar.

Az sayıda tedarikçi ile çalışılması, tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesinde kalite ve teslim performansının fiyat kadar önemli olması, kalite kontrolünün tedarikçi bünyesinde yapılması, tedarikçilerle uzun dönemli sözleşmelerin yapılması, coğrafi açıdan yakın tedarikçilerin tercih edilmesi işletmelerin yaşadığı birçok sorunu ortadan kaldıracaktır.

Bu tez kapsamında, Zara firmasının belirli kumaşlar için stok tutma şeklindeki çalışma sisteminin, sipariş üzerine üretim yaptıran bir işletmede gerçekleştirilmesine yönelik bir model oluşturulması önerilmiştir. Çalışma içinde ilk bölümde önerilen çalışma sisteminin temelini oluşturan üretim planlaması, stok yönetimi konularında genel bilgi verilmiştir. Uygulama aşamasında önerilen sistemin simülasyon modeli oluşturulmuş, Taguchi deney tasarımı yöntemi kullanılarak sonuçların optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle ilk bölümde simülasyon yöntemi ve Taguchi deney tasarımı konuları hakkında da bilgi verilmiştir. Deney aşamasında da önerilen sistemin uygulanabilirliği simülasyon yöntemi ve Taguchi yöntemleri yardımıyla araştırılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.2 Üretim Planlaması ve Kontrolü

1.2.1 Üretim Planlaması Kavramı

Bugünkü rekabet ortamında, yöneticiler bir yandan zamanında sevkıyat gerçekleştirmeye, çevrim zamanlarını kısaltmaya ve kaynak kullanım oranlarını en yüksek seviyede tutmaya çalışırken, bir yandan da ara stokları en aza indirmeye çalışmaktadırlar. Ancak bu hedefler birbiri ile çelişki içindedir. Kaynak kullanım oranının en yüksek düzeyde olması durumunda işlerin zamanında bitirilmesi şansı daha yüksektir. Sevkıyatla ilgili sorunların ortadan kalkması ve çevrim zamanlarının kısılması, ara stokların çok olması durumunda kolaylaşmaktadır. Bu nedenle üretim planlamasının temel amacı, bu hedefler arasında bir dengenin kurulmasını sağlamaktır. Üretim planlama ile planlama dönemine ait üretim hedefleri belirlenmektedir.

Üretim planı, belirli zaman aralıklarındaki üretim miktarını, imalatın plana uygun yürümesini kontrol edecek araç ve yöntemleri, tüm fabrikayı kapsayan iş yükü dağıtım düzenini belirleyen; işçisinden yöneticisine kadar fabrikanın tüm çalışanlarına yol gösteren önemli bir araçtır (Kobu, 1996).

Üretim planlamasıyla, işletmenin mevcut kaynakları optimal şekilde kullanılır. Üretimdeki kayıplar en aza indirilir, istenilen kalite düzeyinde üretim yapılabilir. Ayrıca üretim ve stok seviyeleri tespit edilir, hammaddeler zamanında ve istenilen miktarda temin edilir, yeni makine, tezgah ve ekipmanlara ve ek kapasitelere olan gereksinim belirlenir ve böylece üretim aşamasında karşılaşılabilecek olan problemlere önceden çözüm sağlanmış olunur.

Üretme ve satın alma kararları, üretim ve kalite kontrolü, işgücü kapasite planlaması, satın alma kararları, stok kontrolü, işlerin çizelgelenmesi ve sıralanması, mamulün teknik özellikleri, üretim süreci üretim planlamasının faaliyetlerini oluşturmaktadır.

1.2.2 Üretim Planlamasının Önemi

Üretim planlaması talep edilen ürünlerin üretimi için işletme kaynaklarının planlı ve verimli bir şekilde önceden dağıtılmasını sağlar. Rekabet şartlarının değişmesi üretim planlamasının önemini arttırırken bir yandan da planlama işlemlerini zorlaştırmıştır. Üretim planlamasının önemini arttıran nedenler kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kobu, 1996);

- İşletmedeki faaliyetlerle ilgili koordinasyonun zor olması
- İşletmeler arasındaki ilişkilerin gelişmesi ve bu durum sonucunda rekabet ortamının oluşması
- Üretim sistemlerinin yoğun ve karışık olması
- Tüketici talep ve tercihlerindeki değişimler
- Teknoloji gibi sebepler nedeniyle hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin artması
- İşletmenin ekonomik düzeyde üretim yapabilmesi için malzeme, hammadde makine ve işgücü kayıplarının minimuma indirilmesinin sağlanmak istenmesi

1.2.3 Üretim Kontrolü

Planlama etkinliğinin olduğu bir ortamda “kontrol” faaliyetinin olmaması düşünülemez. Bu sebeple, üretim işletmelerinde planlama faaliyetleri, üretim planlama ve kontrol olarak ele alınmaktadır. Kontrolün en önemli işlevi, üretim planlarından sapmaların tespit edilmesi ve gerekli düzeltmelerin yapılabilmesi için bilgi geri iletiminin sağlanmasıdır (Acar, 1998).

Üretim yapılan işletmelerde, üretim faaliyetlerinin gelişigüzel bir şekilde yapılmayıp, üzerinde düşünülmüş planlar doğrultusunda gerçekleştirilmesi işletmeler açısından yararlıdır. Ancak yapılan bu planlar belli bir incelemeye ve deneyime dayanmalı, üretim süreci ile uyumlu bir şekilde hazırlanmalıdır. İşletmenin gerçek üretim kapasitesi ve kalitesi doğrultusunda hazırlanmış olan bu planlar üretimin başından sonuna kadar sorumlu personel tarafından kontrol edilmelidir.

Üretim kontrolü ile işletmenin üretim süreç akışının, hazırlanan üretim planları ile tutarlılığı incelenip planlarda sapma olup olmadığına bakılmaktadır. Bu kontroller ile, üretim ile planlama arasındaki sapmalar saptanarak erken önlem alınmalı ve üretimde karşılaşılan problemlerin ileride yaşanmamasına çalışılmalıdır.

1.2.4 Üretim Planlaması Türleri

Üretim planlaması geleceğe yöneliktir ve yöneticinin geleceğe yönelik uygun davranış şekillerini incelemesini sağlar.

Üretim planlaması kapsadığı süreler açısından aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir

1. Kısa vadeli (sürelili) - (1 yıla kadar vadeli)
2. Orta vadeli - (1-5 yıllık)
3. Uzun vadeli - (5 yıldan fazla, genellikle 10-15 yıllık)

Üretim planları uzun, orta ve kısa olmak üzere farklı yönetim düzeylerinde, farklı hedefler ve farklı dönemler için yapılır. Uzun vadeli üretim planlamasında, işletme için stratejik konularda kararlar alınarak planlama yapılırken; orta vadeli planlamada, taktiksel konularda; kısa vadeli planlamada ise, işlemsel konularda planlama yapılmaktadır (Üreten, 1998). Üretim planlamasında dönemler itibarı ile gerçekleştirilen faaliyetler Tablo 1.1' de verilmiştir.

Tablo 1.1 Kapsadığı süre itibarı ile üretim planlama türleri (Üreten, 1998, s.3-4)

Planlanma Zaman Dilimi	Kullanılan Veriler	Çıktılar
Uzun Dönemli Üretim Planlaması (5-10 yıl ve üzeri)	- Uzun Dönemli Talep Tahminleri - Teknolojik, Ekonomik, Politik Koşullara ve Rekabet Koşullarına İlişkin Beklentiler - Sermaye Kısıtlamaları	- Tesis Tasarımına İlişkin Planlar (Kapasite Planlaması, Tesis Yerleştirme...) - Süreç Planlaması ve Teknoloji Seçimi - Ürün Karmasının Belirlenmesi - Kaynakların Üretim araçlarına, Mühendislik ve Pazarlama Faaliyetlerine Dağıtılması
Orta Dönemli Üretim Planlaması (Toplam Üretim Planlaması, 6-18 ay için)	- Satışların Miktar ve Zamanlamasına İlişkin Tahminler - Fazla Mesai, İşe Alma, İşten Çıkarma Politikaları - Stoklara ait Politikalar - Kapasite Kullanım	- İstihdam Planları - Fazla Mesai Planları - Fason Üretim Planları - Stok Planları
Kısa Dönemli Üretim Planlaması (Üretim Programlaması, 1 hafta-birkaç ay)	- Kısa Dönemli Talep Tahminleri - Gerçekleşen Siparişler - Toplam Üretim Planları	- Herbir iş Merkezinde Üretilecek Parçalar için Kısa Dönemli Programlar (her birinin üretim zamanına ve miktarına ilişkin programlar) - İş Merkezlerinin Üretim Programlarının Gerçekleştirilmesi ni Sağlayacak Malzeme İhtiyaç Programları ve Kısa Vadeli Atölye Planları

1.2.5 Üretim Planlamasının Uygulama Aşamaları

Üretim planlamasının amacı; üretim sırasındaki faaliyetleri mümkün olan en az maliyetle, zamanında gerçekleştirerek tüketici taleplerini karşılamaktır. Üretim planlamasında bu amacın gerçekleştirilebilmesi için belirlenen hedefe yönelik çalışmaların yapılması gerekir. Üretim planlaması işleminde izlenen aşamalar şu sırayı izlemektedir (Mucuk, 1993);

Amaçların Belirlenmesi: İşletmenin üst yönetiminin belirleyeceği birincil amaçlar ile diğer yöneticilerin belirleyeceği ikincil amaçların belirlenmesi planlamanın ilk adımıdır.

Fırsatların Araştırılması: Araştırma geliştirme, pazar ve pazarlama konularında en uygun fırsatların araştırıldığı, değerlendirildiği ve verilerin toplandığı aşamadır.

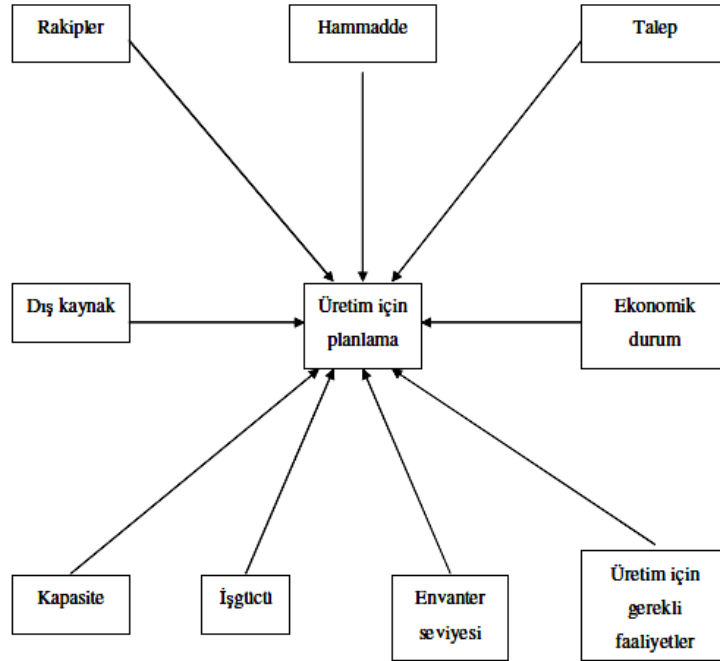
Alternatif Politika ve Stratejilerin Oluşturulması: Fırsatların araştırılması sonucunda elde edilen veriler toplanarak planlamacılar tarafından stratejilere dönüştürülür. Çeşitli alternatifler belirlenerek, en uygununun seçilmesi sonucunda işletmenin en başta belirlenen amacına ulaşması için bir yol çizilmelidir.

Hedeflerin Belirlenmesi: İşletmede hedefler yürütme kademesindeki kişiler tarafından belirlenip, bu hedeflere ulaşmak için planların bazı kısımlarında değişiklikler, eklemeler veya iptaller yapılabilir.

Planın Denetlenmesi: Yapılan planlar belirli periyotlarla kontrol edilmeli, hedeften sapmalar incelenmelidir. Önceden belirlenen durumla, beklenen durum arasında uygunsuzluk, tutarsızlık olduğu saptanırsa gerekli önlemler alınıp, planda değişikliğe gidilmelidir.

1.2.6 Üretim Planlaması ve Kontrolünü Etkileyen İç Faktörler

Şekil 1.1’ de üretim planlamasına etki eden iç faktörler görülmektedir. İç faktörler zamana bağlı olarak kısmen veya tamamen değiştirilebilen faktörlerdir. İç faktörler işletme faaliyetleri ile doğrudan ilgilidir.



Şekil 1.1 Üretim planlaması ve kontrolünü etkileyen iç faktörler
(Demir ve Gümüšoğlu, 1998, s. 370)

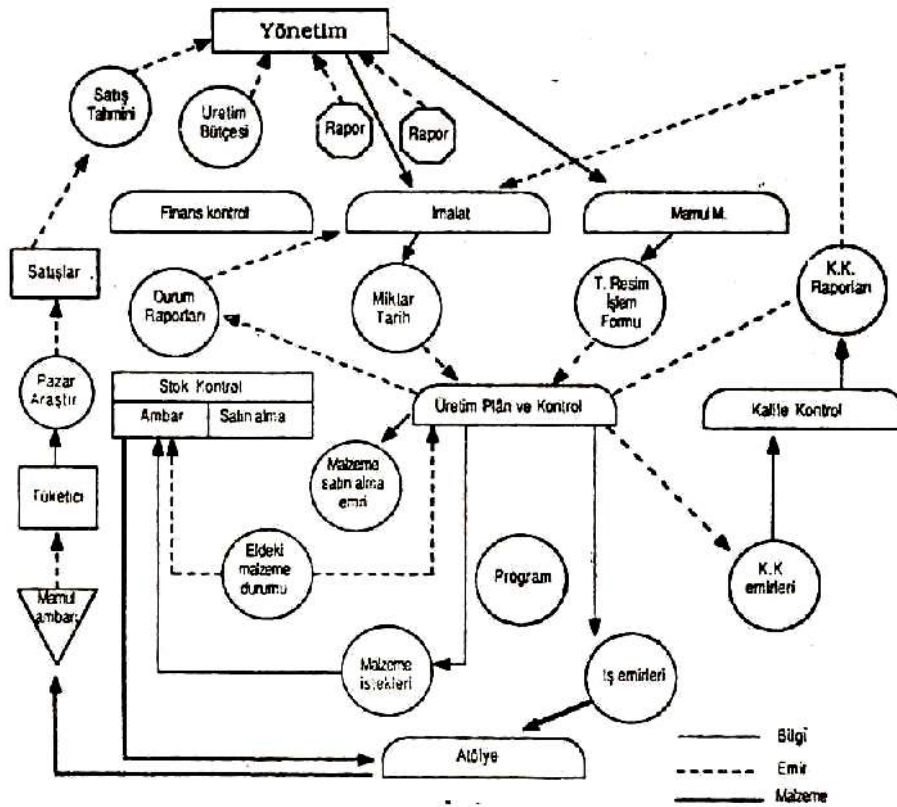
1.2.7 Üretim Planlamasının Diğer İşletme Birimleri ile İlişkisi

Üretim planlama birimi için, işletmelerin büyüklüğü ve tipine göre değişen çok çeşitli organizasyon şekilleri vardır. Gerçekte organizasyon yapısı sabit olmayıp, kuruluş ile birlikte değişmekte ve büyümektedir. Üretim planlama biriminin diğer birimlerle olan ilişkileri ve birimler arası bilgi, emir ve malzeme alış verişi, üzerinde titizlikle durulması gereken bir konuyu oluşturmaktadır (Acar, 2000).

İşletme içinde bulunan farklı bölümler, bölümlerindeki işlemleri yürütürken, hem ortak hem de farklı bilgileri kullanmaktadırlar. Örneğin üretim bölümünün, üretimi sağlıklı bir biçimde gerçekleştirebilmesi için stok seviyeleri, sipariş bilgileri, ham

madde tedarik süreleri bilgilerine gereksinimi vardır. Pazarlama bölümü de aynı bilgilerden yararlanmaktadır, ancak onların kullanım sebebi, satış faaliyetlerini düzenleyebilmektir. Satın alma bölümü ise, ham madde ihtiyaçlarını zamanında karşılayabilmek için bu bilgileri dikkate almalıdır. Muhasebe bölümü de aynı bilgileri kullanarak işletmenin finansal işlevlerini yerine getirmek zorundadır (Acar, 2000).

Şekil 1.2’ de bu ilişkiler ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1.2 İşletme birimleri arasındaki ilişki (Acar, 2000, s.26)

1.3 Stok Yönetimi

Bu çalışma kapsamında belirlenen kumaş türleri için stok tutma, sipariş verme aralıklarının ve stok miktarlarının değişmesi durumunda işletmenin kumaş tedarik sürecindeki durum, maliyetlerinde meydana gelecek değişiklik incelendiğinden bu bölümde stok yönetimi kavramı ele alınmıştır.

1.3.1 Stok Kavramı ve Önemi

Stok gelecekte duyulabilecek talebi karşılamaya yönelik olarak malların biriktirilmesidir. Bir üretim sisteminde mamul üretimine dolaylı veya dolaysız olarak katılan tüm fiziksel varlıklar ve mamuller stok kavramı içinde düşünülmektedir. (Kobu, 2006). Bir üretim sisteminde üretilen mamule dolaysız veya dolaylı olarak katılan bütün fiziksel varlıklar ve mamulün kendisi stok kavramı içinde değerlendirilmektedir.

Stok yönetimi üretim planlama ve kontrolünün ayrılmaz bir parçasıdır.

Stok bulundurmanın işletmeler açısından taşıdığı önem, iki noktada ele alınabilir. Birincisi; stoklar, işletmelerin rekabet stratejisinin önemli bir elemanı kabul edilen müşteri talebini hızla karşılayabilme olanağını sağlamaktadır. Bu, pazar kaybetmemek açısından önemlidir. Üretim işletmelerinde ham madde stoğu ya da yarı mamul stoğunun varlığı, üretim devrinin, daha kısa sürede tamamlanmasını sağlayabilmektedir. Tamamlanmış mal stoğunun varlığı ise özellikle ticaret işletmelerinde pazarlama ve dağıtım işlevinin etkinliği açısından önemli görülmektedir. Stoğun işletmeler için taşıdığı önemin ikincisi; birçok işletmede stokların, işletme varlıkları içinde önemli bir paya sahip olmaları ve stokların kontrol edilebilir olduğunun düşünülmesidir. Stokların kontrol edilebilir olması, elde bulundurulacak stok miktarı ve bu stoğa yatırılacak değerın işletme tarafından belirlenebiliyor olması anlamına gelmektedir (Dilworth, 1993).

Stok kontrolü, gereksinimlerin karşılanması için gerekli maddelerin alınması, elde tutulması arasında denge kuran işlemlerdir. Stok kontrolünün amacı ise, üretimi istenilen düzeyde tutmak, teslim ve satış işlerini önceden saptanan sayılarla gerçekleştirmek için, zaman ve nicelik yönünden en iyi, ekonomik sayılan materyali elde bulundurmayı sağlamaktır (Demir ve Gümüšoğlu, 1998).

Stoklar sağladıkları faydaların yanında bir maliyet unsurudur. Gereğinden fazla stok bulundurma daha fazla sermaye bağlanmasını gerektirdiğinden faiz maliyetinin yükselmesine neden olacaktır. Stokların fazla olması daha büyük bir depo, daha fazla

eleman kullanım gereksinimini doğuracaktır. Ayrıca stoklanan ürünün özelliğine bağlı olarak stoklarda bozulma nedeniyle değer kaybı, çalınma, kaybolma riski söz konusu olacaktır (Bursal ve Ercan, 1999).

1.3.2 Stok Bulundurma Nedenleri

Sipariş üzerine çalışan atölye büyüklüğünde bir sistemde stok bulundurmaya pek gerek yoktur. Hammaddeler, sipariş alındıktan sonra tedarik edilir ve mamul bittiğinde müşteriye derhal teslim edilir. Üretim sistemi büyüdükçe, mamul çeşidi arttıkça, tedarik, talep ve imalata ilişkin faktörlerdeki belirsizlik ve aralarındaki ilişkilerin karmaşıklığı stok bulundurmayı zorunlu kılmaktadır (Kobu, 2006).

Stok maliyetleri ve stok tutmanın getirdiği risklerin dikkate alınmadığı durumda, endüstri işletmelerinde girdi kalemi olarak stoklar, üretim faaliyetlerinin, daha düzenli şekilde devamını sağlamakta, üretim kapasitesinin daha verimli kullanılmasını mümkün kılmakta, üretim faaliyetlerinin minimum maliyete sebep olacak şekilde planlanmasına olanak sağlamaktadır. Bunun bir sonucu olarak da, toplam maliyetlerin, minimum düzeyde seyrini gerçekleştirmektedir. Bu nedenle işletmede tutulacak stok miktarının doğru belirlenmesi önemlidir.

İşletmelerin stok tutma nedenleri şu şekilde sıralanabilir (Akgüç, 1994);

- Gelecek dönemde üretimi planlanan mamul miktarı
- Üretimin mevsimlik durumu
- Emniyet stoğu ihtiyacı
- Büyük alımlarda sağlanacak tasarruflar
- Hammadde fiyatları hakkındaki beklentiler
- Hammadde veya maddenin dayanma süresi
- Firma deposunun kapasitesi
- Piyasadaki rekabet koşulları
- Stok tutma riski ve maliyeti
- Firmanın finansal olanakları

İşletmeler, stokların sağlayacağı avantajlarla sebep oldukları maliyetler arasında, ekonomik bir denge kurarak, minimum maliyet oluşturacak stok seviyelerini belirlemelidirler. Stok kontrolü ile belirli bir stoğu elde bulundurmamakla doğacak maliyetlerle, bulundurmamaktan doğacak kayıplar arasında, bir dengenin sağlanmasına çalışılmalıdır.

1.3.3 İşletmelerde Stok Türleri ve Bu Stokların Miktarını Belirleyen Faktörler

Endüstriyel işletmelerde stoklar, hammadde, yarı mamul ve mamul stoğu olarak üç gruba ayrılmaktadır.

1.3.3.1 Hammadde Stoğu

Hammaddeler dışarıdan alınıp üretimde doğrudan kullanılarak son ürünü elde etmede yararlanılan malzemelerdir. Hammadde stok miktarını etkileyen faktörler şunlardır (Çonkar, bt);

- Gelecek dönemde üretimi planlanan mamul miktarı ve üretimin mevsimsellik özelliği
- Hammadde yokluğu nedeniyle üretimin kesintiye uğramasını engellemek için bulundurulması gereken emniyet stoğunun miktarı
- Büyük miktarlardaki alımların sağlayacağı maliyet avantajı
- Hammadde fiyatlarındaki gelişmelere yönelik beklentiler
- İşletmenin tedarik ve stok kontrolünde etkinliği
- Hammaddenin dayanma süresi
- Stok tutma maliyeti
- Firmanın depolama kapasitesi

1.3.3.2 Yarı Mamul Stoğu

Üretimdeki stok, fabrikanın sistemi içerisinde işlem gören veya işlem görmeyi bekleyen her çeşit malzeme, parça veya montaj parçasından oluşmaktadır. Yarı mamul stok miktarını etkileyen faktörler şunlardır (Çonkar, bt);

- Üretim sürecinin teknik niteliği ve uzunluğu
- Üretim faaliyetlerinin sürekliliği ve miktarı
- Yarı mamullerin işletme bünyesinde üretilmesi ya da başka firmalardan temin edilmesi

1.3.3.3 Mamul Stoğu

Tüm üretim aşamalarından geçerek tamamlanmış, satışa hazır ürünlerdir. Bu ürünler; toptancı, perakendeci veya diğer satış noktalarına gönderilmek üzere stokta bekletilirler. Mamul stok miktarını etkileyen faktörler şunlardır (Çonkar, bt);

- Satış hacmi ve talebin mevsimsellik özelliği
- Piyasadaki rekabet koşulları
- Satış bölgelerinin çeşitliliği ve dağıtım kanallarının işleyişi
- Üretimin sipariş üzerine ya da piyasa için yapılması
- Mamulün fiziki özellikleri ve dayanma süresi
- Stok maliyeti
- Firmanın depolama olanakları

1.3.4. Optimum Stok Seviyesi

İşletme için minimum maliyet yaratan stok seviyesi, sipariş miktarı ve sipariş zamanına bağlıdır. Stok kontrolü optimum seviyenin belirlenmesini amaçlamaktadır. Optimum stok seviyesini etkileyen faktörler şu şekilde sıralanabilir (Meredith, 1992)

- Talep karakteristiği (dönemsellik vb.)
- Tedarik süresi
- Üretim teknolojisi

- Müşteri hizmet düzeyi
- Stok maliyetleri

1.3.5 Stok Maliyetleri

Bir işletmede var olan stoklarla ilgili maliyetlere stok maliyetleri denilmektedir. Stok başlı başına bir maliyet unsurudur. Stok bulundurmanın ve bulundurmamanın bazı maliyetleri vardır. Stok kontrolünde amaç bu maliyetler arasındaki denge noktasının bulunmasıdır.

Stok maliyetlerinin iki kısımda incelenmesi mümkündür (Sezen, bt).

- Sipariş verme maliyetleri
- Elde bulundurma giderleri

Sipariş verme giderleri maddelerin alım veya üretim niceliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Sipariş maliyeti, gerekli bir malzemenin işletme stoğuna alınması için yapılması gereken harcama olup, her sipariş verişte bu maliyet gerçekleşir. Sipariş maliyetleri satın alma bölümüne yollanan talep fişiyle başlar, sipariş emrinin yollanmasına ve izlenmesine ilişkin tüm maliyetleri kapsar.

Sipariş verme giderleri aşağıdaki öğeleri kapsamaktadır (Demir ve Gümüşoğlu, 1998);

- Sipariş fişini hazırlama ve işleme koyma giderleri
- Sipariş miktarının hesaplanması
- Sipariş izleme ve ulaştırma giderleri
- Teslim alma, boşaltma ve kontrol etme giderleri
- Gerekli bilgilerin materyal kayıt fişine kaydedilmesi

Stoklama giderleri, stok miktarının büyüklüğü ile değişkenlik göstermektedir. Malın depoda saklanmasından doğan maliyettir. Bu maliyet bir çok etkene bağlıdır. Bunlardan biri sermaye maliyetidir. Sermaye maliyeti, stoka yatırılan paranın gelir getirici başka bir alanda değerlendirilememesinden kaynaklanan maliyettir, ayrıca bu

para eğer borç alındıysa bunun ödenmesi gereken faiz maliyeti de vardır. Öte yandan eldeki nakit stoklara yatırıldığından başka alanlarda gelir getirici yatırımlarda kullanılamaz. Böylece bir fırsat maliyetiyle karşılaşılır. Fırsat maliyeti (alternatif maliyet), belli bir alternatifin seçilmesi nedeniyle seçilmemiş olan en iyi alternatifin mahrum kalınan bet yararı, seçilmiş olan alternatifin fırsat maliyeti olarak tanımlanmaktadır (Bursal ve Ercan, 1999).

Stoklama giderlerinin kapsadığı en önemli öğeler şunlardır (Demir ve Gümüsoğlu, 1998);

- Depolama giderleri (Görevliler, bakım, elektrik, kira ...)
- Stok kayıtlarını tutma gideri
- Stoklanan materyalin bakımının giderleri
- Sigorta giderleri
- Stoklara yatırılan paranın fırsat maliyeti
- Stok kayıpları, fireler, stokların zarar görmesi

1.3.6 Sipariş (Parti Büyüklüğü) Miktarlarının Belirlenmesi

Sipariş büyüklüğünün belirlenmesi, planlama dönemleri boyunca ortaya çıkan talepleri karşılamak için toplam maliyeti minimize edecek nihai ürün veya bileşenlerinin hesaplanmasıdır (Şenyiğit ve Yıldırım, 2002).

Gerek üretilecek ürünlerin üretim siparişlerinde, gerekse satın alınacak ürünlerin satın alma siparişlerinde sipariş büyüklüğü çok önemlidir. Sipariş büyüklüğü stokları, nakliye, sipariş sayısını ve dolayısıyla bunlarla ilgili olan bütün maliyetleri etkiler. Stok yönetiminde ana amaç sipariş verme ve stokta taşıma maliyetlerini minimize etmektir.

$\text{Toplam Maliyet} = (\text{Toplam hazırlık maliyeti}) + (\text{Toplam elde bulundurma maliyeti})$

Sipariş planı, net gereksinim miktarı esas alınarak yapılır. Net gereksinim tüm planlama dönemlerini içeren ana üretim çizelgesi için belirlenirse, parçalara ilişkin

net talep bir zaman dizisi oluşturacaktır. Bu dizi, bir planlama dönemine ilişkin çeşitli zaman dönemlerindeki net taleplerden oluşan bir programdır. Talep programını gerçekleştirebilmek için, ne zaman ve ne miktarda sipariş verileceği planlanır. Sipariş miktarlarının belirlenmesi ise, değişik yöntemlerle yapılabilir. Parti büyüklüğü belirleme yöntemlerini, statik ve dinamik olarak iki ayrı grupta toplamak olanaklıdır. Statik sipariş miktarı, bir kez hesaplandıktan sonra, planlama dönemi boyunca değişmeyen bir büyüklüktür. Dinamik sipariş miktarı ise, net talep verilerindeki değişmelere paralel olarak ayarlanabilir (İTÜ İşletme, bt).

Sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri değişkenlerin özelliklerine göre de deterministik (belirli) ve stokastik (belirsiz) olmak üzere iki gruba ayrılır. Deterministik modellerde talebin değeri tam olarak belirlidir ve ölçülebilir ancak uygulamada çok az karşılaşılan bir durumdur. Stokastik modellerin değişkenlerini direkt ölçmek mümkün değildir, diğer bir deyişle bunların değişkenleri tesadüfi değerler alırlar ve ancak olasılık teknikleri ile tahmini değerleri bulunabilir. Eğer, elde geçmişe ait gerçekleşen talep değerleri varsa olasılık dağılımını belirlemek mümkündür (Kobu, 1996).

Bağımlı ve bağımsız stok kalemlerinin sipariş miktarlarının belirlenmesinde kullanılan parti büyüklüğü teknikleri farklılık göstermektedir. Bağımsız talebe sahip nihai ürünler için klasik stok kontrol yöntemleri kullanılarak sipariş miktarları hesaplanabilir. Ancak bağımlı talep yapısına sahip alt parçalar ve ara ürünler için sipariş miktarının klasik stok kontrol yöntemleriyle hesaplanması uygun olmamaktadır (Özyörük, 2003).

Stok kontrolünde en çok kullanılan sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri aşağıda belirtilmiştir (Şenyiğit ve Yıldırım, bt).

- 1- Ekonomik Sipariş Miktarı Yöntemi
- 2- Periyodik Sipariş Miktarı Yöntemi
- 3- En Düşük Birim Maliyet Yöntemi
- 4- Gereksinim Kadar Sipariş Verme Yöntemi

5- Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi

6- Sabit Sipariş Donemi Yöntemi

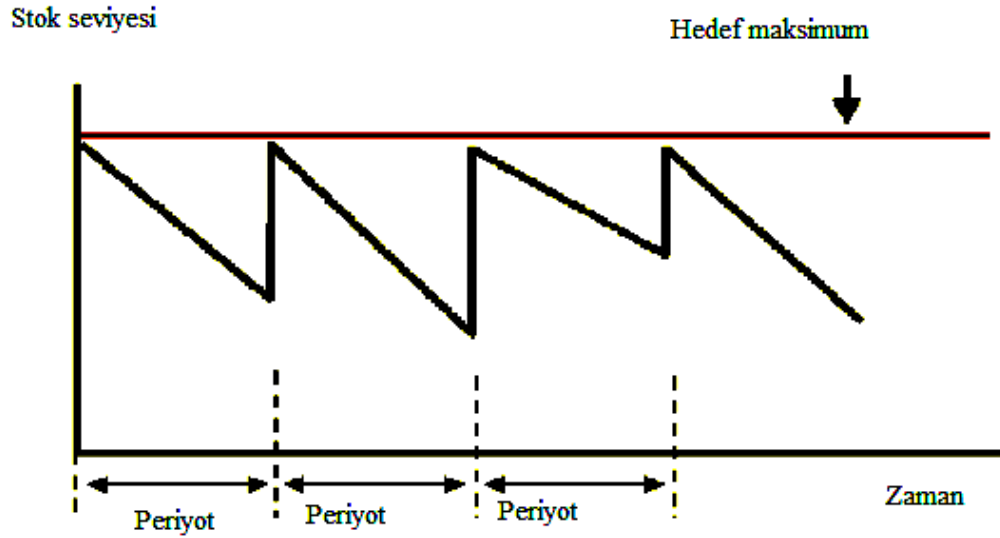
1.3.6.1 Gereksinim Kadar Sipariş Verme Yöntemi (Lot-for-Lot)

Bu yöntem daha çok, satın alınan, pahalı veya bozulma riski yüksek (raf ömrü kısa) olan ya da talebi sürekli olmayan ve büyük sapmalar gösteren birimler için kullanılır. Elde bulundurma maliyetlerini en küçükleyen bu yaklaşımda, net gereksinimlerin miktar ve zamanına eşit olarak siparişler belirlenir. Dönemin her periyodu için gerekli olan talep miktarı kadar sipariş verilir. *i.* periyodun sipariş miktarı sadece *i.* periyodun talebini karşılar niteliktedir, diğer periyotların talebini içermez. Dolayısıyla bir periyottan diğerine stok devir etmez. Bu da elde bulundurma maliyetini ortadan kaldırır. Bu yaklaşımda stok maliyeti ortadan kalkarken her periyot için sipariş verildiğinden sipariş maliyeti artmaktadır. (Aquilano ve Chase ,1995).

En basit parti büyüklüğü belirleme yaklaşımlarındandır. Talep olduğu zaman sipariş verilir. Sipariş maliyetlerinin düşürüldüğü bir ortamda lot-for-lot optimum çözüm olabilir. Yüksek elde tutma ve düşük sipariş verme maliyetine sahip kalemler ve talebi sürekli olmayan birimler için uygundur (Tersine, 1994).

1.3.6.2 Sabit Sipariş Dönemi Yöntemi

Her stok için maksimum stok düzeyi belirlendikten sonra, stokların siparişi için belirli bir sabit süre belirlenir. Süre sonunda eksilen stok seviyeleri tamamlanır (Şekil 1.3). Yöntemde periyotlar içindeki kullanım miktarı sabit değilse her bir siparişin miktarı diğerinden farklı gerçekleşir. Çok kullanılan bir yöntem değildir (Sezen, bt).



Şekil 1.3 Sabit sipariş periyodu yöntemi (Sezen, bt, s.14)

1.3.6.3 Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi

Sipariş süresi yönteminin tam tersidir. Stoklar belirli bir düzeye düştüğünde, önceden belirlenmiş ve stok maliyetlerini en alt düzeyde tutan sabit bir miktar sipariş verilir. Sipariş miktarına dayalı çalışıldığı için, sipariş periyodu her bir sipariş için değişiklik gösterebilir.

Siparişlerin her zaman aynı miktarda verildiği bu yöntem, genelde zorunlu nedenlerle bazı özel malzemeler için kullanılır. Örneğin bu durum, belirli hacimdeki standart paketler halinde satın alınan malzemeler için gerekli olabilir. Bu yöntem, net gereksinimin dönemden döneme büyük değişiklikler gösterdiği bir talep yapısı için çok uygun değildir. Belirlenen sabit sipariş miktarları, planlanan sipariş miktarı değerlerini karşılayacak şekilde dönemlere dağıtılır. Bu sabit sipariş miktarları, üretilen parçalar için kapasite kısıtlarından kaynaklanan bir miktar olabileceği gibi, satın alınan parçalar için de fiyat indirimlerinin söz konusu olduğu miktar, nakliye aracı kapasitesi, taşıma aracı kapasitesi veya tedarikçiden satın alınabilecek en düşük miktar olarak belirlenebilir (İTÜ İşletme, bt).

Talep miktarındaki değişkenliğin oldukça düşük olduğu durumlarda planlama dönemi boyunca oluşan ortalama talebi kullanarak, her periyot için sabit sipariş

miktarı belirlemek en kolay çözüm yoludur. Talep miktarındaki değişkenlik çok olmayacağı için, her periyotta talep miktarının sabit olduğu varsayımı çok büyük bir hata olmayacaktır.

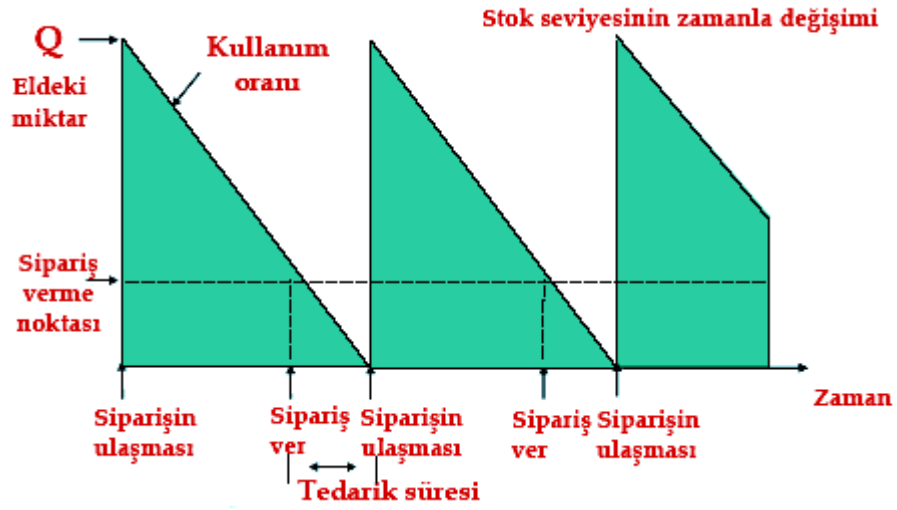
1.3.6.4 Ekonomik Sipariş Miktarı Yöntemi (EOQ)

Firma, optimum maliyetle, işletmenin gereksinimini karşılayacak en uygun stok miktarını belirlemek ister. Bu amaca ulaşmada en çok kullanılan teknik ekonomik sipariş miktarıdır (EOQ). Stok tutma ve sipariş maliyetleri toplamını minimize eden optimal sipariş miktarı bir eşitlik yardımıyla belirlenmektedir. EOQ' nun uygulanabilmesi için bir takım varsayımların yapılması gerekmektedir (Bitim, 2009).

Bu yöntemin varsayımları şunlardır (Aydın, 1999);

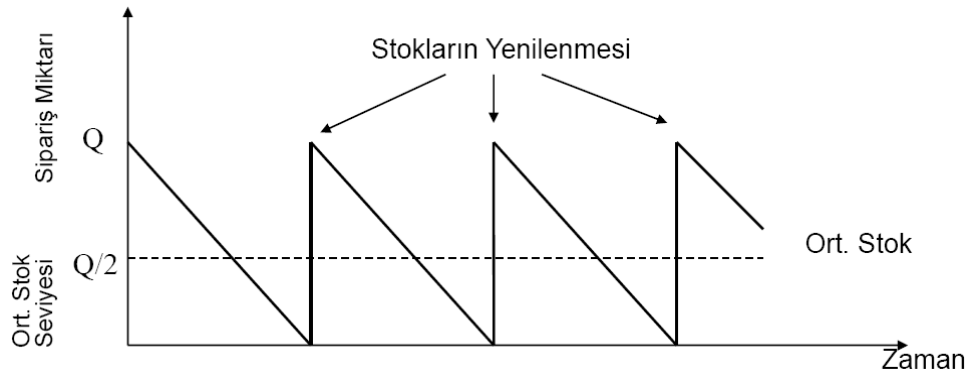
- 1- Talep veya kullanım alanı sabittir
- 2- Satın alma fiyatı ya da üretim maliyeti sabit bir değerdir
- 3- Sipariş gideri, verilen sipariş sayısı ile doğru orantılı olarak değişir
- 4- Stok bulundurma giderleri ortalama stok ölçüsü ile doğru orantılı değişir
- 5- Tedarik süresi sabittir ve sipariş miktarından bağımsızdır

Bu varsayımlara göre limit sonsuza giderken stok, sabit bir talep hızına bağlı olarak azalacaktır. Tedarik süresi sabit kabul edilir. Tedarik süresi sonunda sipariş bir seferde teslim alınır ve stok olarak yerleştirilir. Stok miktarları yeniden sipariş verme düzeyine indiğinde sipariş verilecektir. Her bir sipariş anında değişken miktarlarda (Q_i) sipariş verme yerine, toplam stok maliyetlerini en azlayan miktarda Q ekonomik sipariş miktarı kadar sipariş verilir (Sezen, bt). Şekil 1.4' te sipariş miktarı, sipariş noktası ve sipariş süresi gösterilmiştir.



Şekil 1.4 Ekonomik sipariş modelinde sipariş verme (Gültekin, bt, s.12)

Yıl boyunca, Q ekonomik sipariş miktarı kadar sipariş verildiğinde ortalama stok miktarı $\frac{Q}{2}$ kadar olacaktır. Şekil 1.5' te bu yöntemde oluşacak stok miktarının grafiği görülmektedir.



Şekil 1.5 Ekonomik sipariş modelinde yıllık ortalama stok miktarı (Saraç, 2007, s.10)

EOQ modeli sabit talep miktarı varsayımına dayanarak toplam maliyeti (toplam yıllık sipariş ve stok taşıma maliyeti) minimize ederek sipariş miktarını belirler. Bu miktar stok bulundurma maliyetinin sipariş verme maliyetine eşit olduğu noktadadır (bu nokta aynı zamanda toplam maliyet fonksiyonunun minimum noktasıdır).

Toplam Maliyet= Yıllık stok tutma maliyeti+ Yıllık sipariş maliyeti (Gültekin, bt)

$$TM = \frac{Q}{2}h + \frac{D}{Q}S$$

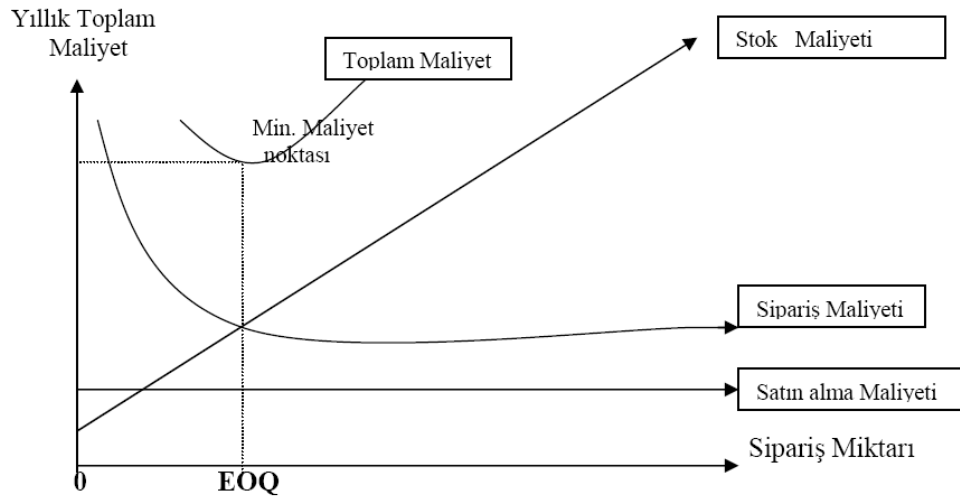
Q :Sipariş miktarı
h :Yıllık stok tutma maliyeti
D :Yıllık talep
S :Sipariş verme maliyeti

Toplam maliyet fonksiyonu minimum noktasına stok tutma ve sipariş verme maliyetlerinin birbirine eşit olduğu noktada ulaşır (Gültekin, bt).

$$\frac{Q}{2}h = \frac{D}{Q}S$$

$$Q' = \sqrt{\frac{2DS}{h}} = \sqrt{\frac{2(\text{Yıllık Talep})(\text{Sipariş Verme Maliyeti})}{\text{Yıllık Stokta Tutma Maliyeti}}}$$

Ekonomik sipariş modelinde maliyetlerin grafiği Şekil 1.6' da görülmektedir.



Şekil 1.6 Optimum sipariş miktarının belirlenmesi (Gültekin, bt, s.8)

1.3.6.5 En Düşük Birim Maliyet

Bu yöntemde birim başına sipariş verme ve elde bulundurma maliyetlerinin toplamından oluşan birim maliyet minimum yapmaya çalışılır (Narasimhan, Mcleavey ve Billington, 1995). Öncelikle ilk dönemin net gereksinimi kadar sipariş verilmesi durumunda birim maliyetin ne kadar olacağını hesaplanır. Daha sonra, bir

sonraki dönemin net ihtiyacı sipariş miktarına eklenerek birim maliyet yeniden hesaplanır. Birim maliyet düşmeye devam ettikçe bir sonraki dönemlerin net gereksinimi sipariş miktarına eklenir. Birim maliyet artmaya başladığında hesaplama bitirilir. Birim maliyeti arttıran dönemden önceki dönemlerin net gereksinimlerinin toplamı sipariş miktarını oluşturur. Birim maliyetin arttığı dönem başlangıç olarak alınarak daha önceki işlemler tekrarlanır. Bu yöntemde karar kriteri birim başına en düşük maliyettir (Acar, 1991).

1.3.6.6 Periyodik sipariş verme yöntemi

Periyodik sipariş verme yöntemi, EOQ yönteminin dönemsel kontrol sistemi olarak kullanılması temeline dayanır. Başka bir deyişle ekonomik dönem sayısı hesaplanır ve her seferinde bu sayıya eşit dönem gereksinimini karşılayacak şekilde sipariş verilir. Bu yöntemde, sipariş verme aralığını belirlemek için önce ekonomik sipariş miktarı hesaplanır. Daha sonra yıllık toplam maliyet, EOQ ile bölünerek bir yılda verilecek sipariş sayısı bulunur. Bir yıldaki toplam dönem sayısının, yıllık sipariş sayısına bölünmesi ile sipariş verme aralığı hesaplanmış olur. Böylece hesaplanan sipariş verme aralığına düşen dönemlerin net ihtiyaçlarının toplanmasıyla sipariş miktarı hesaplanır (Narasimhan, McLeavey ve Billington, 1995)

1.3.7 Stok Yönetiminde Simülasyon Yönteminin Kullanımı

Stok kontrol yöntemlerinin temel işlevi, işletme faaliyetlerinde konu edilen mal (hammadde, yarı mamul ve mamul maddeler) ve hizmetlerin en ekonomik şekilde hangi miktarlarda ne zaman edinilmesi gerektiği sorununa sayısal çözümler üretmektir. Sayısal çözümlemelerde üzerinde durulması gereken en önemli etken söz konusu mal ve hizmete zaman içinde oluşan talep miktarıdır. Deterministik talep durumunda stok kontrol probleminin çözümü için çok iyi bilinen ekonomik ısmarlama (üretim) seviyesi (Economic Order Quantity = EOQ) formülü ile kesin analitik çözümlemeye ulaşılır. Stokastik talep durumunda ise olasılık modelinin en yaygın kullanılan poisson modelinin geçerliliği oranında analitik sonuçlara ulaşmak mümkündür. Ancak talep için belirli bir varsayımın yapılamadığı, fakat genelleme

olanağı olduğu düşünölen bir dönemde elde edilen gözlemlerle genel frekans dağılışının bulunduğı durumlar için simölasyonla bilgisayarda modelleme yöntemine başvurma zorunluluğı vardır (Kaya ve İkiz, bt).

1.4. Simölasyon Yöntemi

Araştırma kapsamında bir konfeksiyon işletmesinde kumaş tedarik sürecinin mevcut durumunun ve önerilen modelin çalışma şekillerinin karşılaştırılmasında simölasyon yöntemi kullanılmıştır. Aşağıda simölasyon yöntemi ile ilgili genel bilgi verilmiştir.

1.4.1 Simölasyonun Tanımı ve Kapsamı

İşletmelerdeki fiziksel ve örgötsel yapının giderek karmaşık bir yapı göstermesi sistem yaklaşımının önemini giderek arttırmaktadır. Sistemdeki problemlerin çözümünde kullanılan araçlardan birisi de simölasyon yöntemidir. Aşağıda çeşitli yazarlar tarafından yapılan simölasyonun tanımları görölmektedir.

Simölasyon gerçek sistemin yapısı ve davranışlarını anlayabilmek için mantıksal ve matematiksel ilişkiler içeren, sistem dışında bilgisayar veya başka bir araçla deney yapma olanağı sağlayan bir yöntemdir (Law, ve Kelton, 1991).

Simölasyon dinamik bir sistemin, bilgisayar programı yardımıyla geliştirmek ve değerlendirmek üzere taklit edilmesidir (Harrel, Ghosh ve Bowden, 2004).

Simölasyon, birçok gerçek problemin çözümünde kaçınılmaz bir çözüm aracıdır. Gerçek sistem hakkında “olursa ne olur” soruları sorarak sistemin davranışlarını analiz etme ve açıklamada kullanılır (Banks, 1998).

Bir sistemin simölasyonu, bu sistemi temsil edecek bir model oluşturma işlemidir. Bu model temsil ettiğı sistem üzerinde yapılması çok pahalı olan veya mümkünse gözökmeyen işlemlerin yapılmasına olanak verir. Bu işlemlerin etkisi altındaki model incelenir. Bundan gerçek sistemin veya ona ait alt sistemlerin davranışları ile ilgili özellikler, tepkiler öngörölür (Erkut, 1991).

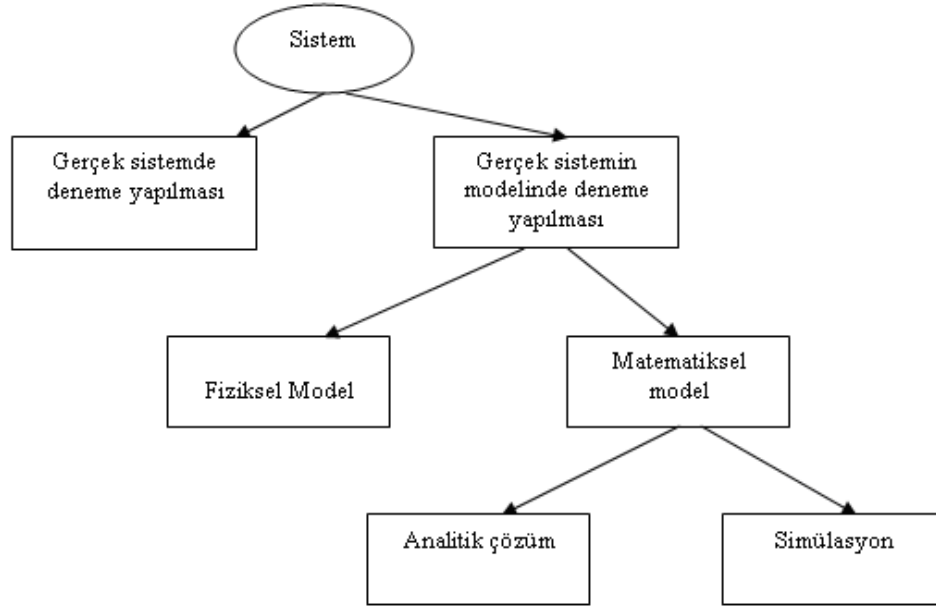
Simülasyon, işletme kararlarını şansa bırakmak yerine, verilen kararların sonuçlarının neler olabileceğini test etme olanağı sağlar. Bu yönüyle zaman alıcı, pahalı ve bazen olumsuz sonuçlar doğurabilen klasik deneme yanılma yöntemine göre oldukça avantajlıdır (Chung, 2004).

Buna göre simülasyon modelinin kurulması ve farklı sistemlerin analiz edilmesinin amaçları şöyle sıralanabilir (Chung, 2004)

- Sistemin çalışmasının ayrıntılı olarak incelenmesi
- Sistem performansını arttırmak üzere çalışma ve kaynak politikalarının geliştirilmesi
- Yeni kavramların ve çalışma sistemlerinin gerçek uygulama yapılmasına gerek kalmaksızın test edilebilmesi
- Gerçek sistemde değişiklik yapmadan ve hatalara neden olmadan bilgi sahibi olmaya olanak tanımaktır.

Sistem; bir amacı gerçekleştirmek için aralarında düzenli bir etkileşimin veya bağımlılığın bulunduğu nesneler topluluğudur. Örneğin; Otomobil üreten bir üretim sisteminde, makineler, iş parçaları ve işçiler; yüksek kalitede bir araç üretmek için birlikte bir montaj hattı oluştururlar. Bir sistem, kendisi dışında ortaya çıkan değişikliklerden etkilenir. Sistemlerin modellerinin kurulabilmesi için, sistem ve sistemin çevresi arasındaki sınıra karar vermek gerekir. Bu karar, sistemin özelliğine ve çalışmanın amacına bağlıdır (Özden, 2008).

Yeni koşulları denemek için gerçek sistemin fiziksel olarak değiştirilmesi kolaysa ve maliyeti yüksek değilse, denemelerin gerçek sistem üzerinde yapılması uygun olacaktır. Gerçek sistemde değişiklik yapmanın mümkün olmadığı ya da maliyetinin yüksek olduğu durumlarda gerçek sistemin modeli üzerinde çalışmak tercih edilmelidir (Şekil 1.7).



Şekil 1.7 Sistemde denemelerin yapılması (Law ve Kelton, 1991, s. 4)

Sistemin modeli üzerinde çalışma yapılmak istenildiğinde çalışma yapılacak konunun özelliğine bağlı olarak fiziksel veya matematiksel model üzerinde çalışılabilir. Fiziksel model sistemin küçük boyutlardaki durumunu ifade etmektedir. Genelde mühendislik konularında kullanımı söz konusudur. Çalışmaların büyük çoğunluğu matematiksel model üzerinde yapılmaktadır. Matematiksel model, sistemdeki ilişkileri mantıksal ve matematiksel olarak ifade etmektedir. Matematiksel model üzerinde değişiklikler yapılarak sistemin vereceği tepkiler ölçülmektedir. Matematiksel modeli kurulan sistem çok karmaşık değilse çözüm analitik olarak bulunabilmektedir. Ancak birçok sistem oldukça karmaşıktır ve analitik olarak çözümü mümkün değildir (Law ve Kelton, 1991).

Matematiksel modeller dinamik ve kararsız etkiler altında çoğu zaman yeterli sonuç vermemektedir. Özellikle talep istatistiksel olarak değişken olduğunda, sistem yeterince kararlı hale gelmediği durumlar söz konusu olmaktadır. Ortalama talebe ulaşılsa da gerçek talebin yakalanmaması olasıdır. Bu durumda çözüm için simülasyon yöntemi tercih edilmektedir (Pidd, 2004).

Simülasyon modeli gerçek sistemi anlamının yanında geliştiren bir sistemdir. Basit hesaplamalardan, elektronik çizelge modeli, lineer, doğrusal programlama, benzetilmiş

tavlama metodu ve genetik algoritma gibi kompleks matematiksel modeller, sezgisel metotlar ve kuyruk modelleri olmak üzere diğer bir sürü model yaklaşımı bulunmaktadır. Bu yöntemler arasından simülasyonun tercih edilmesinin nedenleri şöyle sıralanabilir (Robinson, 2003)

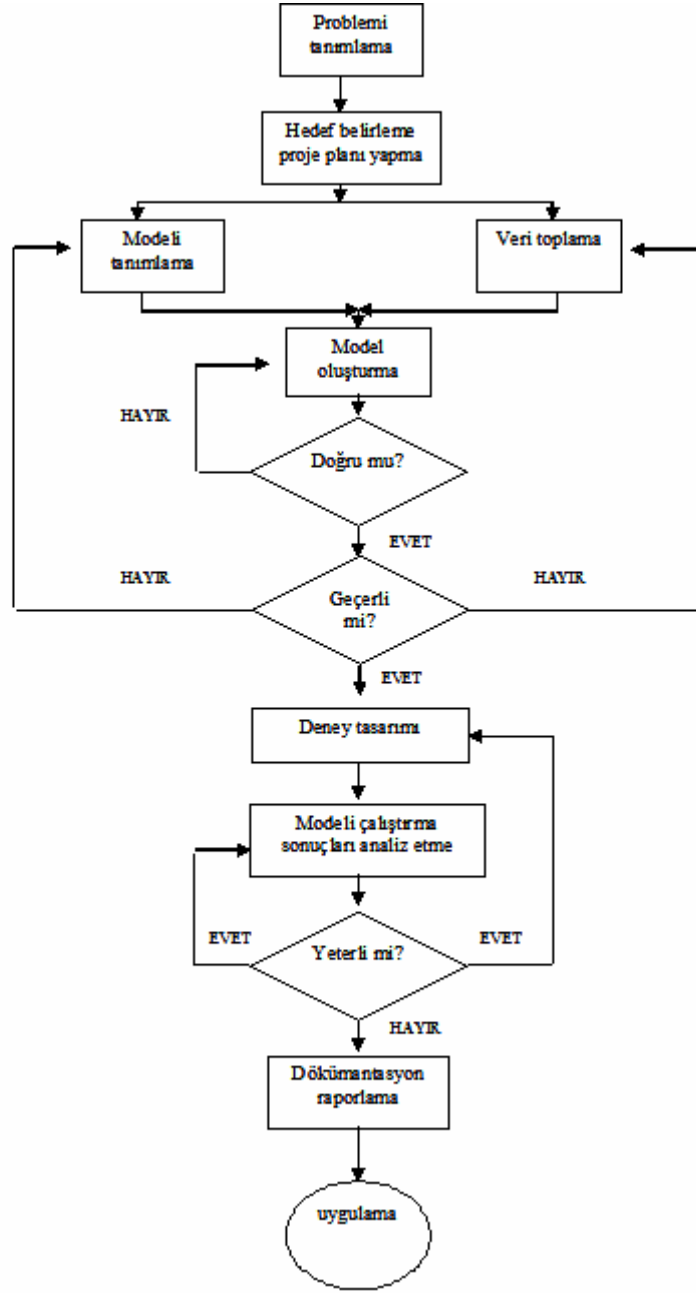
- Değişkenliğin modellenenebilmesi; simülasyon modeli ile değişkenliğin modellenmesi ve etkilerinin değerlendirilmesi mümkündür. Bu, sayılan diğer modellerin pek çoğunun yapamadığı bir şeydir. Modellenen sistem birçok değişkenliğe maruz kalıyorsa sistemin doğru bir şekilde modellenip performansının doğru tahmin edilmesi simülasyon yöntemi ile mümkündür.
- Simülasyon yönteminde kısıtlayıcı kabuller oldukça azdır. Diğer birçok yöntemde kullanılan istatistiksel dağılımlar için kısıtlayıcı varsayımlar söz konusudur. Simülasyon yöntemine benzeyen kuyruk modelinde de kullanılabilecek istatistiksel dağılımlar sınırlıdır.
- Diğer yöntemlerde elde edilen sonuçları anlamak zordur. Simülasyonda ise anlamak oldukça kolaydır. Çoğu zaman animasyondan izleme ve değerlendirme şansı bulunmaktadır.

1.4.2 Simülasyon Yönteminde Akış Basamakları

Şekil 1.8’ de simülasyon yöntemi ile model kurulması ve sonuçların elde edilmesinin akış şeması görülmektedir.

Simülasyon çalışmasına problemin tanımlanması ile başlanmalıdır. Problemin doğru tanımlanması, bundan sonraki basamakların doğruluğunun sağlanması açısından önemlidir.

Problemin tanımlanmasından sonra, simülasyon çalışması ile çözüm aranacak hedefler belirlenmelidir.



Şekil 1.8 Simülasyon yönteminde akış basamakları (Banks, 1998, s. 16)

Basitten karmaşığa doğru oluşturulacak simülasyon modelinin gerçek sistemin bir özeti olması sağlanmalıdır. Modelin kurulmasından sonra çalıştırılması aşamasında gerekli olan veriler tespit edilmeli ve toplanan veriler gerekli yapıda düzenlenmelidir.

Toplanan veriler kullanılarak simülasyon modelinin bilgisayar programının kodlamaları yazılmalı ve programın çalışması sağlanmalıdır.

Programın çalışmasının doğruluğunu kontrol etmek elde edilecek sonuçların doğruluğu açısından önemlidir. Kontrol için programın sağladığı kontrol menüsü (debug) ve animasyonda varlıkların takibi yapılarak program kodlarının doğruluğu değerlendirilmez.

Doğru çalışan programdan elde edilen sonuçların gerçek sistemin sonuçlarını gösterip göstermemesi kurulan simülasyon modelinin geçerliliğini ifade etmektedir. Simülasyon programından elde edilen sonuçlar gerçek sistemden alınan sonuçlarla karşılaştırılmalı ve modelin geçerli olup olmadığına karar verilmelidir.

Geçerliliği kabul edilen sistem, problemin çözümünde olası tüm çözümler için çalıştırılmalıdır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilmeli, yeni denemelerin gerekliliği kontrol edilmelidir. Sonuçlar yeterli ise veriler kaydedilmeli ve uygun şekilde rapor hazırlanmalıdır.

1.4.3 Simülasyon Türleri

Simülasyonun çalışma şekli simülasyon türüne bağlıdır. Simülasyon farklı açılardan türlerine ayrılabilir. Aşağıda simülasyon türlerinin tanımları verilmiştir.

Statik veya dinamik

Sistemin zaman boyutunun herhangi bir anındaki durumunu gösteren simülasyon modeline statik simülasyon modeli, bu modelle yapılan simülasyona da statik simülasyon adı verilir. Zamana bağlı olarak değişkenlik göstermeyen simülasyon türüdür. Statik simülasyona Monte Carlo Simülasyonu da denir (Law ve Kelton, 1991).

Sistemin zaman boyutundaki gelişmesini gösteren simülasyon modeline dinamik simülasyon modeli, bu modelle yapılan simülasyona da dinamik simülasyon denir. Bu modellerdeki değişkenler veya varlıklar zaman içerisinde değişim ve etkileşimler gösterirler. Sipariş sistemleri, kuyruk sistemleri, stok sistemleri dinamik simülasyon modelleriyle ifade edilebilir (Özden, 2008).

Rassal veya deterministik

Bir sistemde kapsanan değişkenlerin değerleri olasılık kurallarına göre belirleniyor ve değişkenlerin değerlerinde bir hata terimi söz konusu ise bu tür sistemlerin simülasyonuna rassal (olasılıklı) simülasyon adı verilir. Rassal simülasyon türünde girdilerden en az biri veya tamamı rastsallık özelliği gösterir. Bu nedenle çıkan sonuçlar da rassaldır (Aksaraylı, 2009).

Sistemdeki değişkenin alacağı değerler için belirli yapıların geçerli olduğu ve olasılık kurallarının bu yapıda rol oynamadığı durumların simülasyon tekniğidir. Deterministik simülasyonda girdilerin hiçbirisi rassal özellik taşımaz. Bu nedenle başlangıç girdisi sisteme tanımlandıktan sonra sistemin sonuçlarının gelecekte ne olacağı bellidir (Aksaraylı, 2009).

Kesikli veya kesiksiz

Kesikli olay simülasyonunda değişkenlerin değerleri zaman içinde birbirinden ayrı noktalarda değişir. Bunun anlamı sistemde değişiklik meydana getiren olayların farklı, ayrı noktalarda gerçekleşmesidir.

Kesiksiz olay simülasyonunda ise her an sistemde değişiklik olabilir. Bir devamlılık söz konusudur. Durum değişkenlerinin zaman içinde sürekli değiştiği sistemlerdir (Yavuz, bt).

1.4.4 Simülasyon Modelinin Temel Kavramları

Temel simülasyon modeli kavramlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

Sistem, Model ve Olay (Banks, 2003)

Sistem; bir amacı gerçekleştirmek için aralarında düzenli bir etkileşimin veya bağımlılığın bulunduğu nesneler topluluğudur.

Model gerçek sistemin temsili halidir. Model sistemin davranışlarını tahmin etmeyi sağlayacak derecede kompleks olmalıdır.

Olay sistemin durumunu değiştiren oluşumlardır. Olaylar da iç kaynaklı ve dış kaynaklı olmak üzere iki grupta değerlendirilmektedir (Yavuz, bt).

- İç kaynaklı- endojen
Sistemle birlikte oluşan olaylar ve faaliyetlerdir.
- Dış Kaynaklı-ekzojen
Ortamla birlikte oluşan olaylar ve faaliyetlerdir.

Temel Simülasyon Model Bileşenleri

Bir araya geldiklerinde simülasyon modelini oluşturan parçalardır. Varlıklar, kaynaklar, kuyruklar ve nitelikler simülasyon modelinin temel bileşenlerdir.

Varlıklar modelin durumunu değiştiren nesnelerdir (Chung, 2004). Varlıklar model boyunca hareket eden dinamik karakterli veya durarak başka varlıklara hizmet eden statik karakterli nesneler olabilirler (Banks, 2003).

Nitelik ise bir varlığa ait özelliktir (Yavuz, bt).

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

Kaynaklar, sırada bekleyen dinamik varlıklara hizmet veren varlıktır (Chung, 2004). Dinamik varlıklar birden fazla kaynak kullanabilirler. Kaynaklar da aynı anda birden fazla varlığa hizmet verebilirler (Banks, 2003).

Fason firmalar, satın alma birimi, ham kumaş deposu sistemi oluşturan parçalara örnek olarak verilebilir.

Sistem Durum Değişkenleri

Durum değişkenleri herhangi bir anda sistemde olan olayları belirlemek için bilgi toplamak amacıyla modelde kullanılırlar. Değişik koşullarda sistem içinde farklı değerler alırlar (Banks, 2003). Maliyet değişkenleri, stok miktarları, sistemde kalma süreleri tanımlanan değişkenlere örnek olarak verilebilir.

Durum (State)

Herhangi bir anda sistemi tanımlayan değişkenler topluluğudur. (makine durumu: boş, meşgul, bozuk) (Yavuz,bt).

Parametreler

Değişkenler arasındaki ilişkileri belirleyen sabit katsayılara parametre denir. Parametreler aynı sistemin farklı durumları için farklı değerler alabilir ve matematiksel ilişkilerden yararlanarak hesaplanır. Sistemde belli değerler verilerek sonuçları görülebilir. Analiz boyunca değiştirilmezler. Sevk edilen kumaş miktarları, kumaşların geliş aralıkları parametrelere örnek olarak verilebilir (Özden, 2008).

Varsayımlar

Modeli, belirlenen konularda soyutlayan kabullerdir (Banks, 2003).

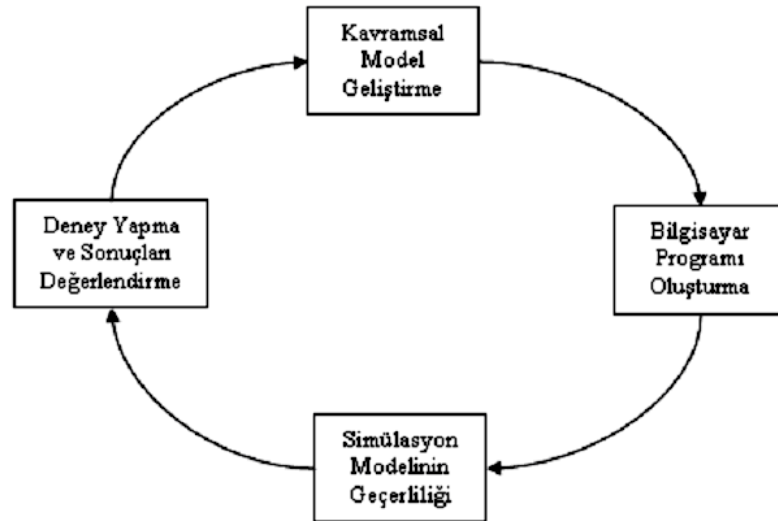
Kısıtlar

Değişkenlerin değerleri ve/veya kaynakların nasıl tahsis edileceği üzerine modele konulan sınırlandırmalara kısıt denir. Kısıtlar, sistem analisti veya sistem yöneticisi tarafından konulabileceği gibi sistemin doğası sonucu ortaya çıkabilir. Sistemin doğası sonucu beliren kısıtlar hiçbir şekilde değiştirilemezken karar vericinin koyduğu kısıtlar değiştirilebilir. Kısıtlar değişkenlerin nasıl değerler alacağı, kaynakların nasıl dağıtılacağı gibi konularda engel olarak sisteme konulabilir (Özden, 2008).

1.4.5 Simülasyonda Modelleme ve Modelin Doğrulanması

1.4.5.1 Simülasyonda Modelleme

Modelleme büyük ve kompleks sistemlerin davranışlarının incelenmesinin temelidir. Model gerçek sistemin açıklamasıdır aynı zamanda da sistemin soyutlanmasıdır. Soyutlama ile model, gerçekleştirilmesi düşünülen amacın ilgilendirdiği bölümü ele almaktadır. Belirlenen amaca uygun olarak modelin sınırları ve ayrıntıları belirlenmelidir (Banks, 2003). Şekil 1.9’ da simülasyon modelinin oluşturulması görülmektedir.



Şekil 1.9 Simülasyon modeli oluşturma (Pidd, 2004, s. 35)

Şekil 1.9 ‘teki akışta adımlar şöyledir ;

Kavramsal model: Geliştirilmesi düşünülen simülasyon modelinin açıklanmasıdır (Robinson, 2003).

Bilgisayar programının oluşturulması: Tasarlanan kavramsal modelin bilgisayarda oluşturulmasıdır (Robinson, 2003).

Sistemin geçerliliği: Belirlenen bir hedefe yönelik olarak oluşturulan simülasyon modelinin sonuçlarının gerçek sistemin sonuçları ile uyumlu olmasıdır (Pidd, 2004).

Deney yapma ve sonuçları değerlendirme: Bir problemi çözmek ya da bir amacı gerçekleştirmek üzere kurulan ve geçerliliği kanıtlanan model üzerinde denemelerin yapılması ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesidir (Pidd, 2004).

1.4.5.2 Simülasyon Modelinin Doğruluğu (Verification)

Simülasyon modelinin doğrulanması, tasarlanan modelin doğru bir şekilde bilgisayar ortamına aktarıldığının gösterilmesidir (Robinson, 2003).

Model, modeli kuran kişinin amaçları doğrultusunda çalışıyorsa doğrulanmış demektir. Modelin doğrulanması, simülasyonun çalıştırılması ve işlemlerin gözlemlenmesiyle yapılabilir. Çalışmanın hedefleriyle paralel çıkan sonuçlar, modelin doğrulandığını gösteren en önemli kanıtlardır (Chung, 2004).

Modelin doğrulanmasında ve hataların düzeltilmesinde bir kaç yardımcı araçtan yararlanılabilir. Örneğin, sistemdeki parçaların veya müşterilerin hareketlerinin sağlıklı olarak görülebileceği bir hızda animasyon yapılabilir. Fakat animasyon tek başına bir doğrulama aracı olarak kullanılmamalıdır. Değişkenler ve sayaçlar istenilen sonuçların bir göstergesi olarak animasyonda kullanılabilir. Diğer bir doğrulama sistemi de, model yapısının bir başka kurucu tarafından incelenmesidir. Simülasyon sonuçları, daha önce yapılmış model sonuçları ile karşılaştırılabilir.

Diğer önemli doğrulama araçlarından birisi de modelin her adımının izlenmesidir (Pidd, 2004).

1.4.5.3 Simülasyon Modelinin Geçerliliği (Validation)

Geçerlilik simülasyon modelinin sistemle ilgili ne kadar doğru sonuçlar verdiği ile ilgilenir. Geçerli bir simülasyon modeli gerçek sistem üzerinde yapılan deneylerle benzer sonuçlar verecektir (Law ve Kelton, 1991).

Simülasyon modelinin geçerliliği modelin amaca uygun çalışacak kadar doğru çalışmasıdır (Robinson, 2003). Doğruluğu test edilen bir modelin belli bir güven aralığı içinde gerçeği temsil etmesi gerekir (Chung, 2004).

Modelin geçerliliği, modelin kullanım alanı içinde çalışmanın amaçları ile yeterli doğrulukta tutarlı olduğunu kanıtlamak için gerçekleştirilir. Geçerliliğin sınanması ile, gerçek sistemle onun temsilcisi olan model arasındaki uyum araştırılır. Doğruluğun değerlendirilmesinde model bilgisayarda veya zihinsel olarak işletilerek ortaya çıkan model davranışları sistem davranışları ile karşılaştırılır. Bunlar uyum içinde ise modelin geçerliliği sağlanmış demektir. Model varsayımlarının ve sonuçlarının geçmişe yönelik, geleceğe yönelik, yapısal ve yöntemsel olarak geçerliliği araştırılmalıdır (Özden, 2008).

Simülasyon modelinin geçerliliğinin test edilmesinde birçok yöntemden söz edilebilir (Law ve Kelton, 1991);

- Görünüş geçerliliği
- İstatistiksel geçerlilik

Görünüş geçerliliği simülasyonun animasyon yardımıyla incelenmesidir. Bu inceleme öznedir.

İstatistiksel geçerlilikte ise, simülasyondan elde edilen sonuçlarla gerçek sistemden elde edilen sonuçların sayısal olarak karşılaştırılması söz konusudur. Bu nedenle objektif bir değerlendirmedir. Elde edilen veriler arasında istatistiksel olarak önemli fark yoksa model geçerlidir.

1.4.5.4 Rassal Sayıların Oluşturulması

Simülasyon modelinden beklenen rassallık, $U(0,1)$ dağılıma sahip bağımsız ve eşit dağılımlı rasgele sayılar oluşturan bir sayı üretici ile sağlanır (Banks, 2003).

Gerçek sistemlerin olasılıklı stokastik davranışı her zaman düzgün dağılım göstermez. Bir sistem içinde karşılaşılan stokastik işlemler üstel, normal, gamma gibi diğer teorik dağılımlarla açıklanabilmektedir (Dengiz, bt). Bunun için simülasyon modellerinde rassal süreçleri oluşturmak için önce düzgün dağılıma sahip rassal sayılar üretilir ve bunlar diğer dağılımlara ilişkin rassal sayılara dönüştürülürler (Aksaraylı, bt).

Herhangi bir rassal sayının elde edilme olasılığı diğer sayılarla eşit ve kendinden önce elde edilen sayılardan bağımsızdır.

$$P(X=x_i) = \text{sabit } i = 1, 2, \dots, t$$

1.4.6 Simülasyon Sonuçlarının Analizi

Simülasyonun amacı incelenen sistemde gelişme sağlanması ya da sistemdeki bir problemin çözülmesidir. Bu nedenle simülasyondan elde edilen verilerin doğru olması önemlidir.

Simülasyon modelleri sonuçların analizi bakımından “Sonlanan (Terminating)” ve “Sonlanmayan (Nonterminating)” simülasyon olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Sonlanan simülasyonda, sistemi sonlandıran doğal bir olay vardır ve sistem bu olayla beraber başlangıç koşullarına geri dönmektedir. Sonlanmayan simülasyonda ise sistemi sonlandıran doğal bir olay yoktur ve temel sorun simülasyonun ne zaman

durdurulacağıdır. Sonlanmayan simülasyon literatürde “Steady-State Simulation” olarak da bilinmektedir (Law ve Kelton, 1991).

Sonlanan sistemde simülasyonun çalışması sırasında elde edilen veriler sürekli değişkenlik gösterir. Bu değişkenlik, verilerin gösterdiği değişkenliğin herhangi bir istatistiksel dağılıma uymamasını ifade etmektedir. Bu verilere geçici çıktılar denilmektedir. Sonlanmayan sistemde ise kararlı durum söz konusudur. Kararlı durum, elde edilen verilerin sabit bir istatistiksel dağılıma göre değişkenlik göstermesidir (Robinson, 2003).

Simülasyon çıktılarının değerlendirilmesinde simülasyonun sonlanan veya sonlanmayan olmasına göre sistemin kararlı hali veya geçici hali üzerinde durulması gerekmektedir (Pidd, 2004).

Simülasyonun bir tekrarı (run-koşum), rassal sayıların kullanılmasıyla rassal olaylar meydana getirecek şekilde çalıştırılmasıdır (Robinson, 2003).

Simülasyonun bir tekrarı, simülasyondan elde edilecek sonuç örneklerinden sadece birini temsil etmektedir. Elde edilen tekrar sonuçlarının ortalamasının alınması, sistemin performansının belirlenmesinde istatistiksel olarak çok fazla bilgi vermeyecektir. Sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilebilmesi için güven aralığı hesabı yapılması gereklidir. Ancak bunun için de örneklerle ilgili aşağıdaki varsayımların doğruluğunun sağlanması gerekmektedir (Harrel Ghosh ve Bowden, 2004).

- Örneklerin birbirinden bağımsız olması ve birbirini takip eden örneklerin arasında korelasyon olmaması
- Örneklerin eşit dağılımı yani zamandan bağımsız olması
- Örneklerin normal dağılım özelliği gösteriyor olması

Hem sonlanan hem de sonlanmayan simülasyonda yukarıdaki varsayımların doğruluğu durumunda aynı istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmaktadır.

Sonlanan simülasyonda, simülasyonunun farklı rassal sayıların kullanılmasıyla gerçekleşen her tekrarının sonunda elde edilen sonuçlar birbirinden farklı ve bağımsız olmaktadır. Sonlanmayan simülasyonlarda ise durum böyle değildir. Sistem sürekli kaldığı yerden devam ettiği için, sistemin uzun süreli bir tekrarı yapılırken sistemin kararlı hale geldiği noktadan itibaren istatistiklerin alınması gerekmektedir (Chung, 2004).

1.4.6.1 Sonlanmayan Sistemlerde Sonuçların Analizi

Sonlanmayan simülasyon sisteminde simülasyonun çalışması sürekli dir. Sonlanmayan simülasyonda kararlı halde çalışabilmek için başlangıç koşullarının etkilerinin simülasyon sonuçlarından ayrılması gerekmektedir (Bank, 2003).

Sonlanmayan sistemlerin analizinde aşağıdaki konuların incelenmesi gerekmektedir (Chung, 2004).

- Başlangıç koşulları
- Kararlı durumun (Isınma periyodunun) belirlenmesi
- Otokorelasyon
- Kümeleme (gruplama) yöntemiyle bağımsız gözlem değerlerinin elde edilmesi
- Tekrar uzunluğu

Başlangıç Koşulları

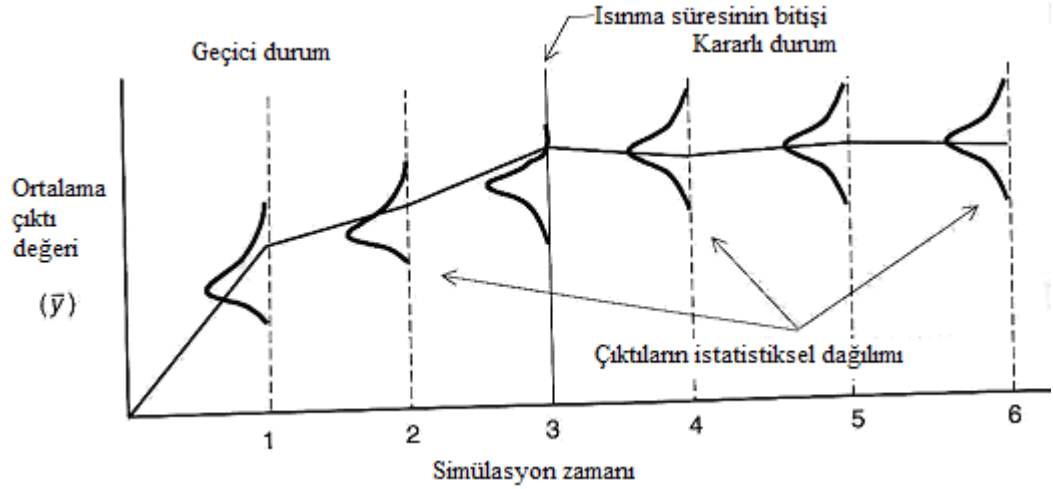
Sonlanmayan sistemler bir kere çalışmaya başladıktan sonra sürekli çalışmaya devam edebilirler. Sistem çalışmasına ara verse de, açıldığında kapandığı koşullardan başlayarak tekrar çalışmaya devam edecektir. Sistem, hiçbir varlık(entity) yokken (boş) çalışmaya başlayabilir. Sistem boşken çalışmaya başlarsa, sistemin dolması ve belli bir dengeye gelmesi için belli zaman geçmesi gerekecektir (Chung, 2004).

Kararlı Durumun (Isınma Periyodunun) Belirlenmesi

Simülasyon sisteminin çalışmaya başladığı anda, sistem içinde herhangi bir varlık olmadığı için, yer imleri, kaynaklar boş olmaktadır. Bu nedenle sistem çalışmaya başladığı anda elde edilmeye başlanan sistem verileri herhangi bir istatistiksel dağılıma uymamakta, büyük değişkenlik göstermektedir. Sistem çalışmaya devam ettikçe sistem verilerindeki değişkenlik belli bir dengeye gelmekte, elde edilen veriler belli bir istatistiksel dağılıma uygun olarak değişkenlik göstermeye başlamaktadır. Bu dengenin oluştuğu noktaya kadar geçen süre sistemin ısınma süresidir. Dengeli duruma geçtiği nokta, kararlı hale geldiği nokta olarak adlandırılmaktadır. Sistem kararlı hale gelene kadar grafikte tırmanan bir görüntü gözlemlenecektir. Sistem kararlı hale geldiğinde sistemin çıktısı olan değişkenler istatistiksel olarak daha düzenli sonuçlar vermeye başlayacaklardır (Robinson, 2003).

Isınma periyodu boyunca elde edilen verilerin sistemin sonuçlarının değerlendirilmesinde dikkate alınması sonuçları olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, sonlanmayan sistemler arasındaki istatistiksel karşılaştırmanın sistemin kararlı hale geldiğinde elde edilen verilerle yapılması gerekir. Isınma süresi sistemin kararlı hale geçmesine izin verecek kadar uzun olmalıdır (Banks, 2003).

Sistemin kararlı hale geldiği noktayı belirlemede en çok kullanılan yöntem grafik metodudur. Bu metotta sistemin çıktılarını gösteren grafiğin eğimi bir süre sonra sıfır olacak ve tırmanma eğilimindeki grafik düzleşecektir. Düzleşmenin başladığı nokta sistemin kararlı halinin başladığı noktadır. Şekil 1.10' da sistemin kararlı hale gelme grafiği görülmektedir (Harrel, Ghosh ve Bowden, 2004).



Şekil 1.10 Sistemin kararlı hale gelme grafiği (Harrel Ghosh ve Bowden, 2004, s.240)

Otokorelasyon

Sonlanmayan sistemlerin bir diğer sorunu da çıktıları arasındaki otokorelasyondur. Sonlanmayan sistemde, modelin çalışması birbirini takip eden durum değişkenlerinin sıralanmasını içerdiği için elde edilen verilerin bağımsız olmaması söz konusudur (Pidd, 2004).

Daha öncede belirtildiği gibi otokorelasyon birbirini takip eden verilerin birbirlerinden etkilenme eğilimini ifade etmektedir. Otokorelasyondan kaynaklanan en önemli problem, sistemin performansı ile ilgili varyansın daha küçük tahmin edilmesidir. Bu durum sistemlerin birbiri ile karşılaştırılmasında da sorunlara neden olacaktır. Sonlanmayan sistemlerin analizinde sistemin kararlı hale geldiği noktadan itibaren verilerin alınması ile sistem gerçek verilerle temsil edilir hale gelecektir. Bu durumda, otokorelasyon da başarılı performans göstergeleri arasındaki ilişkiyi ifade edecektir. Bu da varyansın daha düşük tahmin edilmesi sorununu ortadan kaldıracaktır (Chung, 2004).

Bağımsız Sonuç Değerlerinin Elde Edilmesi

Sonlanmayan sistemlerin çıktılarının kararlı hale gelebilmesi ve istatistiksel analizinin yapılabilmesi için sistemin yeterince uzun süre çalıştırılması gerekmektedir. Başka bir deyişle simülasyon sonuçları ısınma periyodundaki verilerin değerlendirmeden çıkarılmasından sonra kullanılabilir hale gelecektir. Sonlanmayan sistemlerde bağımsız gözlem değerlerinin elde edilmesinde farklı yöntemler kullanılabilir (Harrel Ghosh ve Bowden, 2004).

Çoklu Tekrarla Bağımsız Veriler Elde Edilmesi

Birçok bağımsız veri elde edilmesinin en basit yoludur. Çoklu tekrar metodunda sistem aynı koşullar altında birçok kez çalıştırılmaktadır. Her çalıştırmada farklı bir rassal sayı kullanılarak aynı koşullar altında birbirinden bağımsız veriler elde edilmiş olmaktadır (Pidd, 2004).

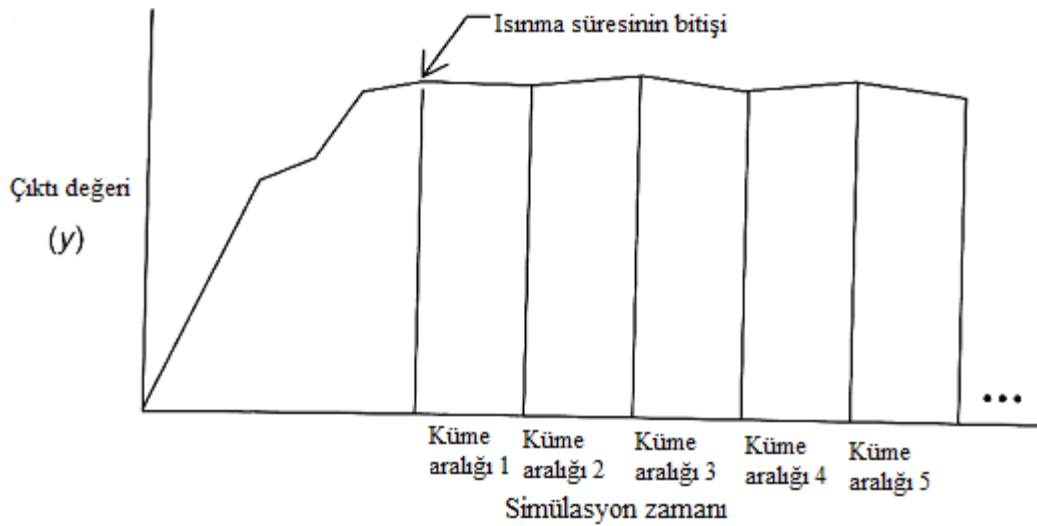
Isınma periyodunda elde edilen verilerin değerlendirme dışı bırakılması ve tekrar zamanının yeterince uzun tutulması şartıyla çoklu tekrarlar yapılarak bağımsız gözlem değerleri elde edildiği yöntemdir. Burada ısınma periyodunun olması gerekenden kısa olması riski söz konusudur. Ancak simülasyon modelinin her çalıştırılışında (tekrar) elde edilen sonuçlar birbirinden bağımsızdır. Her tekrarda, simülasyon farklı bir rassal sayı seçerek çalışmaya başlayacağından birbirinden bağımsız veriler elde edilmesi söz konusudur. Bu nedenle tercih edilmesi önerilmektedir (Robinson, 2003).

Kümeleme(Gruplama) Yöntemiyle ile Bağımsız Veriler Elde edilmesi

Kümeleme yönteminde sistem kısa süreli çoklu tekrarlar yerine uzun süreli tek tekrar çalıştırılmaktadır. Daha sonra çalışma periyodu gruplara ayrılarak, her grup ayrı bir tekrar kabul edilmektedir (Chung, 2004). Bu yöntemde önemli olan küme uzunluklarının ve sayısının yeterli büyüklükte belirlenmesidir. Kümeler arasında bir

otokorelasyon olma durumuna karşı küme sayısının fazla olması gerekmektedir (Pidd, 2004).

Kümeleme yönteminde uzun süreli tek tekrar, eşit aralıklı gruplara ayrılarak mümkün olduğunca bağımsız istatistiksel veriler elde edilir. Burada mümkün olduğunca sözü bir simülasyonun tekrarındaki verilerin genelde aralarında otokorelasyon olmasından kaynaklanmaktadır. (Harrel, Ghosh ve Bowden, 2004) Veriler arasında otokorelasyon olup olmadığının sağlıklı bir şekilde test edilebilmesi için 100 gözlemden fazla veri olması gerekmektedir. Şekil 1.11’ de verilen grafikte kümeleme ile bağımsız verilerin elde edilmesi görülmektedir.



Şekil 1.11 Kümeleme ile bağımsız verilerin elde edilmesi (Harrel Ghosh ve Bowden, 2004, s.245)

1.4.7 PROMODEL 7.5 © Simülasyon Programı

Üretim sistemlerinin simülasyonuna yönelik olarak bir çok simülasyon programı bulunmaktadır. PROMODEL simülasyon programı da bunlardan birisidir ve çalışmada bu program kullanılmıştır. Aşağıda PROMODEL simülasyon programı hakkında genel bilgi verilmiştir.

1.4.7.1 Programda Kullanılan Elemanlar

PROMODEL, temel model elamanlarının bir araya getirilmesi ile model kurulmasına olanak sağlayan bir paket simülasyon programıdır. PROMODEL’de kullanılan temel elamanlar şunlardır.

Yer İmleri (Locations): Yerleşim planına yerleştirilmiş iş istasyonları ya da makinelerini temsil etmektedir. Gelen varlıkların tutulduğu ve gerekli işlemlerin gerçekleştiği yerlerdir. Makineler, kuyruklar, konveyörler, coğrafi yerleri vb. yer imleri ile temsil edilmektedir.

Varlıklar (Entities): Sisteme giriş yapan ve işlem gördükten sonra sistemi terk eden iş parçalarını temsil etmektedir. Müşteriler, stoklar, koliler örnek olarak verilebilir.

Yol ağları (Pathwork): Malzeme hareketlerinin takip edeceği yolları, koridorları temsil etmektedir.

Kaynaklar (Resources): Malzeme taşıma yada işleme için kullanılan operatör yada forklift gibi kaynakları temsil etmektedir. Taşıma işlemi için kamyon bir kaynak olacaktır ve bu bölümde tanımlanacaktır.

İşlemler (Process): Malzeme hareketlerinin yada işlemlerin mantığını ifade etmektedir.

Nitelikler (Attributes): Varlıklara veya yer imlerine iliştilirilmiş nitelik oluşturan sayısal etiketlerdir.

Gelişler (Arrivals): İş parçalarının sisteme nasıl giriş yapacaklarını tanımlamakta kullanılmaktadır.

1.4.7.2 Programın Oluşturulmasında İzlenen Adımlar

Aşama 1- Temel Model Elemanları

1. Model Hakkında Genel Bilgi Verilmesi

Modelin kurulma amacı, özel olarak belirtilmesi gerekli şartlar yazılabilmektedir. İsteğe bağlı olduğu için programın çalışmasında etkin değildir. Bilgilendirme amaçlıdır.

2. Arkaplan Grafiği, Yerleşim Planının Eklenmesi

Simülasyon modelinin görsel yönünü kuvvetlendirmek, modelin işleyişini görselleştirmek amacıyla oluşturulan arka plan işlemidir. Bu da isteğe bağlıdır. Programın işleyişinde etkisi yoktur.

3. Yer İmlerinin Tanımlanması

Yer imleri modelde kullanılan iş istasyonlarını tanımlamakta kullanılmaktadır. Yer imlerinin kapasitesi, sayısı bu kısımda belirlenmektedir.

4. Varlıkların Tanımlanması

Varlıkları sisteme gelen işleri, üzerinde işlem görecekt kişi, malzemeyi... tanımlamakta kullanılmaktadır.

5. Gelişlerin Tanımlanması

İşlem görecekt varlıkların, sisteme geliş zamanı, aralığı, miktarı gelişlerde tanımlanmaktadır.

Aşama 2- Yollar ve Kaynaklar

1. Yol Ağlarının Tanımlanması

Varlıkların yer imleri arasında izleyecekleri yolların tanımlanmasıdır.

2. Kaynakların Tanımlanması

Varlıkların işlem göreceği noktalara taşınmasında kullanılan araçların tanımlanmasıdır.

Aşama 3- Sistem İş Akışı

İşlemlerin Tanımlanması

Varlıkların yer imlerinde göreceği işlemlerin sürelerinin, bekleme sürelerinin ve göreceği işlemlerin kodlandığı bölümdür.

1.5 Deney Tasarımı ve Taguchi Yaklaşımı

Faktöriyel deney tasarımı, yüzey yanıt deney tasarımı, Latin kare tasarımı gibi birçok deney tasarım metodu bulunmaktadır. Bu çalışmada Taguchi deney tasarım yöntemi kullanılmıştır. Bu nedenle aşağıda Taguchi deney tasarımı hakkında bilgi verilmiştir.

1.5.1 Deney Tasarımı

Mühendislik ve araştırma-geliştirme çalışmalarında ulaşılmak istenen başlıca hedef gerek tasarlanan sistemin, gerekse geliştirilmek istenen ürünün maksimum performansa sahip olmasıdır. En iyi sonuçların elde edileceği şartları ortaya koyabilmek için öncelikle performansı belirleyen özellik belirlenmekte ve bu özelliği etkileyen faktörler incelenmektedir. Ardından bu faktörlerin performansı belirleyen özellik üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi ve en uygun kombinasyonunun bulunması için deneyler yapılmaktadır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen performans göstergesi değerlendirilerek optimum şartlar tespit edilmektedir. Bu yaklaşım çerçevesinde yapılan deneyler sisteme sorulan soru, deney sonuçları da sistemin verdiği cevap olarak algılanabilir. Kritik olan nokta ise doğru cevabı alabilmek için doğru sorunun sorulmasının gerekliliğidir (Savaşkan, Taptık ve Ürgen, 2004).

Temel olarak deney tasarımı yöntemleri yüzyıl başında tarımsal araştırmalarda kullanılarak Fischer tarafından geliştirilmiştir (Montgomery, 2001; Yang vd., 1998). Fisher ayrıca, deney verilerinin analizi için bugün bir klasik haline gelmiş olan “ varyans analizi” (ANOVA) yöntemini de geliştirmiştir (Şirvancı, 1997).

Deney tasarımı teknikleri sadece istatistiksel bir yaklaşım değil, tüm araştırma-geliştirme faaliyetlerinde kullanılabilecek, kaliteyi artıran, maliyetleri düşüren, sonuçların güvenilirliğini sağlamlaştıran, tüm diğer kalite tekniklerini destekleyen ve tamamlayan tekniklerdir. Uygulamada getirdikleri avantajlar performans ve kalitenin arttırılması, kaynakların verimli kullanılması, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin hızlandırılması ve ürünün ve/veya sürecin kalite özelliklerini belirleyen değerlerin kontrol edilemeyen veya edilmesi zor/maliyetli faktörlere karşı daha az duyarlı olması şeklinde sıralanabilir (Kaylan, 2004).

Kurulan varsayımların parametrelerini doğru tahmin etmek ve problemlere doğru ve geçerli çözümler getirmek için deneylerin planlama ve uygulamasında istatistiksel kurallara uymak gerekir. Deneysel hatayı en aza indirmek ve incelenen değişken üzerinde etkiye bulunan faktör değişkenlerinin rollerini ve etkinliklerini doğru olarak ortaya koymak için deney tasarımlarına (deneme desenleri, deneme planları) uygun davranmak gerekir. Değişik deneme türlerinde ve farklı faktör sayısı ve seviyelerinde hangi tür bir uygulama yapmak gerektiği deney tasarımları kuralları göz önüne alınarak kararlaştırılır (Özdamar, bt).

Klasik deney tasarım yöntemleri, kullanımları endüstriyel şartlar altında verimli ve sağlıklı olmayan yaklaşımlardır. Sistemi etkileyen faktörlerin sayısı arttıkça gerekli olan deney sayısı da çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Tüm faktörlerin kombinasyonlarının denendiği deneylere tam faktöriyel deney denilmektedir. Her bir kombinasyon için en az 1 deneme yapılmaktadır. $N_1, \dots, N_n$ seviyeleri bulunan n faktörlü tam faktöriyel deney tasarımında $N_1 \times \dots \times N_n$ adet deney uygulamasına gereksinim duyulmaktadır. Faktör sayısının çok olduğu durumlarda sonuçlara ulaşmak için gerekli deney sayısı çok fazla olmaktadır (Şirvancı, 1997).

1.5.2 Taguchi Deney Tasarımı

Genichi Taguchi, kendi adıyla anılan yaklaşımı ile deneylerin gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesindeki verimliliği artıracak bir çözüm getirmiştir. Bu sayede deney öncesinde yapılan ayrıntılı analiz ve değerlendirmelerle gereken deney sayısını önemli şekilde düşürmek mümkün olmuştur. Taguchi metodu bir deney tasarım tekniği olmanın ötesinde yüksek kalitede sistem tasarımı için son derece faydalı bir tekniktir. Diğer taraftan deney sayısında elde edilen azalma, faktörler arasındaki etkileşimlerin belirli ölçüde göz ardı edilmesinden kaynaklanmaktadır (Ross, 1989).

Taguchi metodunda, tam faktöriyel deney tasarımının öngördüğü tüm deneylerin yapılması yerine belli kombinasyonlarda deney yapılması ve en iyi deney kombinasyonlarının seçilmesi söz konusudur. Optimum kombinasyonların belirlenmesi için Taguchi' nin belirlediği kurallar çerçevesinde seçim yapılması gerekmektedir. Taguchi' nin yönteminde deney kombinasyonlarının belirlenmesinde ortogonal diziler kullanılmaktadır. Taguchi yönteminde kullanılan ortogonal dizilerin belirlenmesinde faktör sayısı, faktörlerin seviye sayıları ve faktörler arasındaki etkileşimler belirleyici olmaktadır. Ortogonal dizilerin verdiği sonuçların istatistiksel anlamı oldukça yüksektir. Bu nedenle belirlenen diziye uygun olarak yapılan deneylerin sonuçları istatistiksel açıdan güvenilir sonuçlar vermektedir. (Roy, 1990).

Tablo 1.2' de tam faktöriyel ve Taguchi deney sayılarının karşılaştırması görülmektedir.

Tablo. 1.2 Tam Faktöryel ve Taguchi Deney sayıları (Roy, 1990, s.42)

Faktör sayısı	Seviye sayısı	Tam Faktöryel Deney Sayısı	Taguchi Deney Sayısı
2	2	4 (2^2)	4
3	2	8 (2^3)	4
4	2	16 (2^4)	8
7	2	128 (2^7)	8
15	2	32768 (2^{15})	16
4	3	81 (3^4)	9

Taguchi'nin ortaya koyduğu üretim, kalite sistemi ve deney tasarımı faaliyetler üretim öncesi kalite kontrol (offline kalite kontrol), ve üretim ve sonrası kalite kontrol (online kalite kontrol) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Üretim öncesi kalite kontrol pazar araştırması ve ürün süreç tasarımı araştırması kapsamını incelemektedir. Üretim ve sonrası kalite kontrol ise ürünün imalatı sırasındaki ve sonrasındaki kalite faaliyetlerini kapsamaktadır. Taguchi deney tasarımı kavramını üretim öncesi kalite kontrol aşamasında ürün ve süreç tasarımı için kullanmıştır. Her iki tasarımda da amaç, ürün ve süreçte varyasyon (hedef değerden sapma) yaratan ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı, kontrol edilebilen faktörlerin değerlerini optimal seçerek, ürün ve süreçteki varyasyonu en aza indirmektir (Şirvancı, 1997).

Bu modern yaklaşım çerçevesinde Taguchi deney tasarımı metodu optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılı bir metot olarak ortaya çıkmaktadır. Taguchi metodu, çözümün sadece en az sayıda deneyle elde edilmesini sağlamakla kalmayıp, yüksek kalitede süreç ve ürün geliştirilmesini her açıdan desteklenmektedir. Buna, sürecin veya ürünün üretim şartlarına ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı minimum hassasiyeti göstermesi, gerekli toleransların en düşük maliyetle sağlanması ve Taguchi kayıp fonksiyonu sayesinde ürünün toplumda yol açtığı kaybı minimize

ederek yeni bir kalite maliyeti anlayışı çerçevesinde değerlendirilmesi de dahildir (NUTEK, bt).

Taguchi Deney Tasarımı tekniğine göre yapılacak bir çalışmada izlenecek adımlar aşağıdaki şekildedir (Yang ve Tarng1998):

1. Faktörlerin seçimi ve aralarındaki etkileşimlerin değerlendirilmesi (beyin fırtınası, akış diyagramı, sebep sonuç diyagramı gibi metotlar kullanılarak)
2. Faktörlerin seviyelerinin belirlenmesi
3. Doğru dengeli tasarımın seçimi
4. Faktörlerin ve/veya aralarındaki etkileşimlerin dengeli deney düzenindeki kolonlarla eşleştirilmesi
5. Deneylerin daha önceki adımlarda planlanan şekilde gerçekleştirilmesi
6. Sonuçların analizi
7. Onama (doğruluğunun sağlamanın yapılması) deneylerinin yapılması

1.5.3 Taguchi Deney Tasarımında Sonuçların Analiz Edilmesi

Taguchi deney tasarımından elde edilen sonuçlarla aşağıdaki sorulara cevap aranmaktadır (Roy, 1990).

- Deney için optimum koşullar nelerdir
- Hangi faktörler sonuca ne kadar etki etmektedir
- Optimum koşullarda deney sonuçları ne olacaktır

Bir önceki bölümde verilen adımların izlenmesi sonucunda, süreç veya ürün için optimum performansın elde edileceği deney parametreleri belirlendikten sonra, deneyde ele alınan faktörlerin kalite değeri üzerindeki etkisi tahmin edilerek optimum deney parametreleri sonucunda elde edilebilecek kalite değeri öngörülebilmektedir. Uygun ortogonal dizinin öngördüğü şekilde yapılan deneylerin sonuçları varyans analizi (ANOVA) ya da faktör etkilerinin grafiksel gösterimi ve sinyal gürültü oranları metotları ile değerlendirilip yorumlanmaktadır. Optimum parametreler belirlenmekte ve yapılacak doğrulama deneyleri ile uygunluğu gösterilmektedir.

Sinyal Gürültü Oranları

Taguchi deney tasarımı yönteminde elde edilen deney sonuçları sinyal/gürültü (S/N) oranına çevrilerek değerlendirilmektedir. Sinyal/gürültü oranı değeri küçük değer iyi, büyük değer iyi, nominal değer iyi olarak kalite değerinin hedeflendiği değere göre farklı şekillerde hesaplanmakta ve analiz edilmektedir (Şirvancı, 1997).

Aşağıda formülleri verilen sinyal gürültü oranlarındaki semboller şunları ifade etmektedir (Roy, 1990).

S/N: Sinyal gürültü oranı (Signal to Noise)

n: Deney sayısı

y: Deney sonucunda elde edilen çıktı (sonuç)

En Küçük-En İyi

Bu seçenekte Y çıktı değişkeninin hedef değeri sıfırdır. Bu durumu ifade eden sinyal gürültü oranı aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$SN_S = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

En Büyük-En İyi

Y'nin çıktı değeri sonsuzdur. Sinyal gürültü oranı aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$SN_L = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

Nominal(Hedef) Değer –En iyi

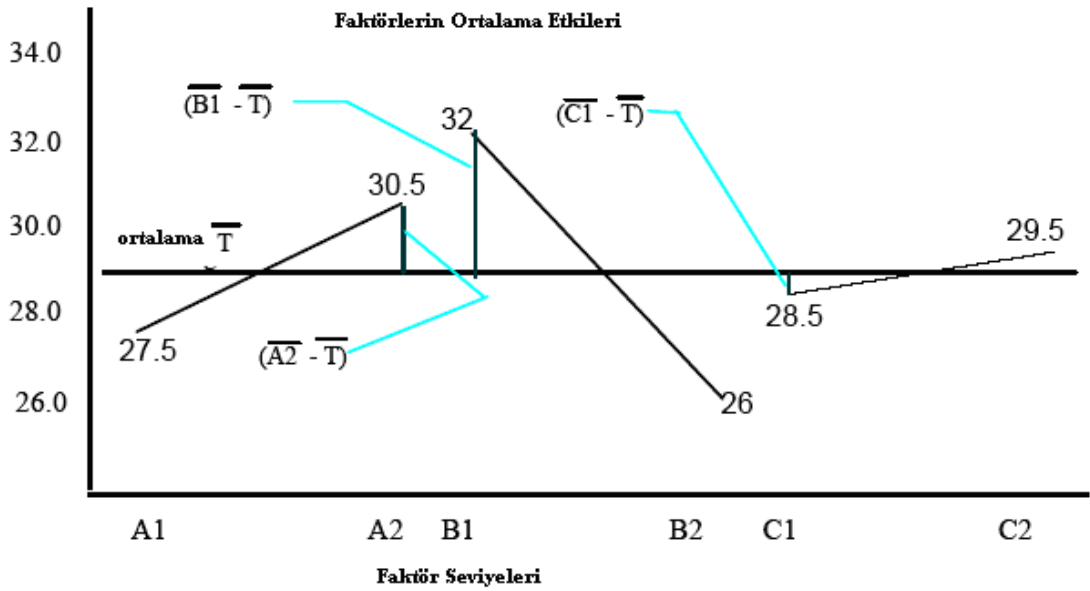
Bu seçenekte Y için bir hedef değer belirlenmiştir ve karşılaştırma bu değere göre yapılmaktadır. Sinyal gürültü oranı aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$SN_t = 10 \log \left(\frac{\bar{y}^2}{s^2} \right)$$

Hangi S/N oranı değerlendirmede kullanılırsa kullanılsın, sonuç olarak karşımıza çıkan değerlerde daha büyük olan S/N oranı daha iyi deney sonucunu ifade etmektedir. Böylelikle deneylerde ele alınan faktörlerin seviyeleri içerisinde en yüksek S/N oranına sahip olan değerler en iyi performansı verecektir.

Faktörlerin Sonuç Üzerine Etkisi (Faktör Etkisi)

Faktör etkisi ile faktörlerin farklı seviye değerlerinin sonucu ne kadar etkilediği anlatılmaktadır. Bu etki farklı seviye değerlerinde çıktıların ortalama değeri hesaplanıp karşılaştırılarak ölçülmektedir. Şekil 1.12’ de faktör seviyelerinin farklı değerlerinde ortalamadan ne kadar farklı bir sonuç (etki) elde edildiği grafikte görülmektedir.



Şekil 1.12 Taguchi Yönteminde Ortalama Etkilerin Hesaplanması (NUTEK, bt, s. 48)

ANOVA (Varyans Analizi)

Varyans analizi(ANOVA) ile hangi süreç üzerinde hangi faktörlerin ne derecede önemli oldukları istatistiksel olarak ortaya konulur (Yang vd., 1998). Varyans analizinde serbestlik derecesi, kareler toplamı, ortalama kareler ve F değerleri hesaplanarak karşılaştırmada kullanılmak üzere Anova Varyans tablosu oluşturulmaktadır.

Hem S/N oranı, hem de varyans analizi yardımı ile de faktörlerin, süreci optimum performansa ulaştıracak kombinasyonu tespit edilir. Diğer önemli bir nokta ise deney tasarımının dengeli olmasıdır, yani faktörlerin birbirinden bağımsız olarak değerlendirebilmesini sağlaması ve bunun için de tasarımda faktörlerin farklı seviyeleri için her test edilen şart altında eşit sayıda örnekleme yapılmasıdır. Taguchi'nin standart tasarımları bu sistem üzerine kurulmuştur (Ross, 1989).

1.6 Önceki Çalışmalar

Black ve diğer. (1993) 5 ayakta çalışan işçi ve 13 dikiş makinesinde modüler sistemde üretimde simülasyon metodu uygulamışlardır. Modelde işçiler birden fazla operasyonda çalıştırılmıştır. Farklı işçi sayılarında eldeki yarı mamul stokları hesaplanmış, çalışan işçi sayısına göre makine kullanım oranları hesaplanmış ve sistemin optimum sonuçlara ulaşması sağlanmıştır.

Leung ve Yeung (1994) Konfeksiyon sanayinde zaman en önemli rekabet unsurudur. Hızlı cevap verme stratejisi de tedarik zinciri bileşenleri arasında süreci kısaltmada kullanılabilecek ortak stratejidir. Bu çalışmada konfeksiyon sanayinin teslim süresini en çok etkileyen kumaş oluşturma ve giysi yapma aşamaları PERT yöntemi ile sayısal olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca bu teknikle olası gecikecek siparişler hesaplanmıştır.

Chen ve Harlock (1999) bir dokuma işletmesinde değişik kumaş türlerinde müşteri siparişlerini terminlere uygun olarak tamamlamak ve makine kapasite kullanım oranlarını yükseltmek amacıyla simülasyon metodu ile çalışma yapmışlardır. Ayrıca önerdikleri sistemin diğer dokuma işletmelerinde de uygulanabileceğini göstermişlerdir. Sistemle gerekli işgücü ve hazırlık süreleri hakkında da bilgi edinilmektedir.

Toni (2000), moda kavramının en yoğun olduğu İtalyan hazır giyim sektöründe çalışma yapmıştır. İtalyan hazır giyim sektörü hızın ve rekabetin yoğun olduğu ve

Quick Response* yönteminin müşteri memnuniyeti için çok önemli olduğu bir sektördür. Çalışmalar Benetton firmasından elde edilen verilerle gerçekleştirilmiştir. Verilere uygun bir simülasyon modeli kurarak üretim planlama için bir sistem geliştirilmeye çalışılmıştır. Simülasyon metodu ile bir işletme için zaman performansının ancak işletme dışı zaman performansının geliştirilmesi ile sağlanabileceği görülmüştür.

Forza ve Vinelli (2000) çalışmalarında konfeksiyon sanayinde zaman baskısını analiz etmişlerdir. Üretim planlamasında kullanılan şema üzerinde iyileştirme yapılması gereken işlemler belirlenmiştir. Çalışmalarında inceledikleri örnek olayda, kumaş boyama işleminin gerçekleştiği kumaş tedarik sürecinin ve giysinin nihai ürün haline gelme sürecinin kısaltılması ve tüm bunların sağlanabilmesi için tedarik zinciri üyeleri arasında iyi bir bilgi akışının gerekliliği sonuçlarına varılmıştır.

King, Brain ve Thoney (2002) iplik üreten bir işletmede stok kontrolü üzerine bir stokastik simülasyon çalışması uygulamışlardır. Stok kontrolünde oransal türev ve min/max algoritmalarını karşılaştırmışlardır. Çalışmada oransal türev yöntemi yükleme performansı, stokların varyansı ve hazırlık aşamasında değişim sayısı kriterlerinde daha iyi sonuçlar vermiştir. Oransal türev yönteminde kapasite kullanım oranları, sözleşmeye bağlı talebin toplam süreç üzerinde daha kararlı bir etki gösterdiğini göstermişlerdir.

Freiman ve Singh(2002)' nin hazırladığı bu çalışmada tekstil ve konfeksiyon sektörü, sektörün Avrupa ve İspanya'daki durumu ve Zara firması incelenmiştir. Zara firmasının kalıp ve numune hazırlama işlemleri, malzemelerin tedarik edilmesi, çizelgeleme, üretim, dağıtım, büyüme, satış, mağaza stratejileri incelenmiştir. Kalıpların hazırlanmasında tedarikçi firmadan yararlanılmaktadır. Sezonun başlangıcında o sezonun kumaş ihtiyacının %50-60'ı için anlaşma yapılmış olmaktadır. Bu anlaşmalar temel ürünler ve başlangıçtaki koleksiyonların ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılmaktadır. Kalan ihtiyaç sezon içinde gerçekleştirilmektedir.

* Tedarik süresini mümkün olduğu kadar aşağıya çekerek sezona en yakın zamanda üretebilmek ve sezon içindeki perakende satışlarına göre stil, renk ve beden üretimini ayarlayabilmektir.

Bir koleksiyona talep yoksa onun tekrar üretimleri iptal edilmektedir. Talep olan koleksiyonların tekrarları kumaş hazır olduğu için bir hafta içinde tamamlanmaktadır.

Bouhia ve Abertnathy (2003) bu çalışmada temel üretim materyallerini ortalama talebe göre tedarik eden konfeksiyon üreten bir işletmenin performansını maksimum yapan üretim politikaları formüle edilmiştir. Simülasyon modeli ile bu üretim stratejileri karşılaştırılmış ve ortalama tedarik zinciri performansını arttıran sipariş ve çizelgeleme politikaları seçilmiştir. Bunu yaparken farklı kapasite kaynaklarına ve maliyet yapısına sahip farklı tedarikçi kombinasyonları karşılaştırılmıştır. Stok tutma maliyetini minimum yaparken siparişlerin karşılanma oranını ve tedarikçi karını maksimum yapan bir strateji belirlenmiştir. Bu çalışmalarda lineer programlama tekniğini kullanmışlardır.

Huang ve Yan (2004) çalışmalarında sipariş tahmini güncellemesi ile iki basamaklı satın alma anlaşması konusunu incelemişlerdir. Satın alma anlaşması alıcıya, daha sonrasında yapılacak talep tahmini güncellemesi ile başlangıç anlaşması yapılmadan işlemlere başlama fırsatı sunmaktadır. Çalışmada dinamik programlama yardımıyla talebin istatistiksel dağılımlarının optimum durumunu elde etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarla talep tahminlemesinin geliştirilebileceği noktaları ve satın alma anlaşmasının yapılıp yapılamayacağını değerlendirmişlerdir. Buna göre anlaşma yapılıp yapılmamasına karar verilecek kritik bir nokta elde etmişlerdir.

Hashemipour(2004) çalışmasında işletme şartlarını dikkate alarak süreç planlama ve çizelgeleme işlemlerini entegre eden bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Program yönetimin siparişi kabul etmeden önce üretim maliyetleri ve terminlerin gerçekleştirilmesi konularında ön bilgi vermektedir. Ayrıca siparişin maliyetinin düşürülmesi ve sevk süresinin kısaltılması için de öneriler sunmaktadır.

Jin(2004) bu çalışmada Bucklin' in gecikme ve spekülasyon kavramlarına dayanılarak karışık bir strateji uygulanması önerilmiştir. Üreticiler belirsiz bir taleple karşı karşıyadır. Sık ve az siparişle ihtiyacı karşılama ve kıvraklık önemli bir rekabet aracı haline gelmiştir. Küresel tedarik yoluyla ucuz üretim yapmak mümkündür, ancak

bu durumda zamanında müşteri gereksinimlerini karşılamak sorun olmaktadır. Buna dayanılarak önerilen karışık strateji için, toplam maliyet ve dağıtım zamanı dikkate alınarak, küresel ve yerel kaynakların ideal kombinasyon noktası bulunmaya çalışılmıştır.

Teng ve Jaramillo (2004) tedarik zinciri içinde ürünlerin hareketlerini ve tedarik zinciri boyunca haberleşme ağını geliştiren modeller önermişlerdir. Önerilen modeller, stok maliyetlerinin minimize edilmesi ve fırsatların değerlendirilmesi konusunda tekstil ve konfeksiyon işletmelerindeki planlamacılara yardımcı olmayı hedeflemektedir. Küresel rekabet arttıkça tekstil ve konfeksiyon firmaları müşterilerinin isteklerini karşılayabilmek için onlara daha yakınlaşmaya başlamışlardır. Tekstil ve konfeksiyon firmaları bu isteklerin doğru zamanda, doğru yerde, istenilen özelliklerde ve düşük maliyetle karşılanabilmesi için, istekleri doğru tercüme edecek araçlara gereksinim bulunmaktadır. Doğru ve etkin karar verme ile işletmeler istenilenlere yanıt verebileceklerdir. Bu çalışma içinde tahminleme ve stok yönetimi ile tedarik zinciri içindeki kayıpların elimine edilmesine ve böylece tekstil ve konfeksiyon işletmelerinin üretim faaliyetlerinin küreselleşmesindeki rekabetle mücadele edebilmesine olanak sağlamaktadır.

Al-Zubaidi ve Tyler (2004) çalışmalarında mağazada ürün tedariki için simülasyon metodu kullanılarak inceleme yapılmıştır. Çalışmada sabit miktarda ve sabit aralıklarla olmak üzere iki tedarik stratejisi incelenmiştir. Çalışma değişik miktarlarda ve değişik aralıklarla olmak üzere farklı senaryolarla denenmiş ve sonuç olarak tedarik sürecinin iki haftadan fazla aralıklarla gerçekleşmesi durumunda kayıp satışların oldukça artacağı sonucuna varılmıştır.

Fu ve diğer.(2005) fason üretici bir firmanın, bir ürünün siparişini tahmin ettiği fakat miktarını tahmin edemediği bir durumda, stok yönetimi ve üretim planlama konusunu incelemiştir. Bu çalışmada siparişe göre üretim yapılması durumunda karı maksimum yapan optimum stok ve üretim kararları sunulmuştur. Çalışmada ayrıca üreticinin yeterli üretim kapasitesi olmaması durumunda, belli bir sınıra kadar başka bir üreticiden üretim olanağı sağlaması önerilmiştir. Ayrıca optimum kararların hassasiyet analizi yapılmıştır.

Yang ve diğer. (2005) Çin'deki konfeksiyon işletmelerinin stok yönetimi konusundaki mevcut durumlarını incelemişler ve pek çok yerel işletmenin hatalı yönetim nedeniyle stok sorunu yaşadığını belirlemişlerdir. Sabit sipariş miktarı modeli ve işletmelerden örnek olaylara dayanılarak, ekonomik sipariş miktarı, güven stoku, sipariş verme noktası, stok devir hızı, stok tutma maliyeti konularını sayısal olarak analiz etmişlerdir. Bunun dışında iyi bir stok yönetimi için işletmelerin kalifiye işgücü ve stok yönetimi konusunda iyi bir teknolojik alt yapının gerekliliğine dikkat çekmişlerdir.

Wasusri ve Tanratpatkul(2005) konfeksiyon işletmelerinin karşı karşıya kaldığı zaman baskısında süreçleri kısaltmaya yönelik olarak, tedarik zinciri yönetiminde yeniden çizelgeleme işleminin nerelerde yapılması gerektiği ve bu uygulamanın tedarik zinciri performansını süreç bazından ne kadar etkilediğini hesaplamışlardır. Bunun için simülasyon yöntemi uygulamışlar ve inceledikleri işletmede dört kritik noktada verilerin kontrol edilerek yeniden çizelgelenmesinin toplam süreci belirgin bir şekilde azalttığını göstermişlerdir.

Sirovetnukul ve diğer. (2007) Tayland'da üretim yapan bir konfeksiyon firmasında kişiye özel üretimin bant sistemi ve modüler sistemde uygulanmasında elde edilen sonuçları simülasyon modeli kurarak karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Modelde karar verme parametresi olarak işçilerin niteliğini, süreçleri, iş istasyonu sayısını, üretim maliyeti, parti büyüklüğünü kullanmıştır. Değerlendirme için performans kriteri olarak da kalite, zaman esneklik, yarı mamul stok miktarı, makine ve işçi kullanım oranları dikkate alınmıştır.

Kritchanchai ve Wasusri (2007) çalışmalarında dört farklı tekstil tedarik zinciri örnek olayını inceleyerek, tedarik zinciri uygulamasında başarılı olunması için, tedarikçi ilişkileri, müşteri ilişkileri ve bilgi akışlarının birbirine entegre edilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır. İşletme büyüklerine göre tedarik zinciri problemleri de farklılaşmaktadır. Küçük işletmelerde işletme içinde üretim planlama, bilgi akışı, stok kontrolü ve yönetimi temel problemleri olmaktadır. İyi bir planlama ve stok

kontrolü için bilgi akış sistemi iyi düzenlenmelidir. Büyük işletmelerde ise bilgi akışı sistemi işletmenin kendi içinde oldukça iyidir ancak bu işletmelerde de işbirliği içinde olduğu işletmelerle aralarındaki güven problemi nedeniyle bilgi akışı gerçekleşmemektedir.

Kumar ve Arbi (2007) konfeksiyon sanayinde tedarik zinciri yapısı içinde dışarıdan satın alma işlemini kısa termin süreli ve uzun termin süreli talepler için karşılaştırmışlardır. Buna göre yüksek miktarda uzun terminli ürünlerin işçilik maliyetinin ucuz olduğu Asya ülkelerinde yapılmasının avantajlı olduğunu ancak kısa vadeli, az miktardaki siparişlerde bu ülkelerin avantaj sağlamadığını göstermişlerdir.

Cuc ve Tripa (2007) bu çalışmalarında Zara fenomenini incelemişlerdir. Araştırmadan, rakipleri ucuz işgücü nedeniyle Çin’de üretim yapmaya yönelirken, Zara firmasının talebin ve tedarik zincirinin dikey entegrasyonuna yöneldiği, firmaya kısa dönüşler, esneklik ve stoklarında düşüş olarak geri döndüğü anlaşılmıştır. Zara, rakiplerinden farklı olarak moda ürünleri 12-15 günde müşteriye sunmakta, kitle üretiminden uzak durup, erkek ve bayanlar için küçük partiler halinde ürünler üreterek yapay bir kıtlık yaratmaktadır. Rakipleri aylarca aynı koleksiyonu mağazada tutarken, Zara mağazalarında her hafta iki koleksiyon satışa sunulmakta ve koleksiyonların satışı bir ay içinde tamamlanmaktadır. Müşteriye sunum zamanını, üretim maliyetinden öncelikli tutarak, operasyonel mükemmellik yerine fark yaratma stratejisini tercih etmektedir.

Greasley (2008) ARENA simülasyon programını kullanarak denizaşırı bir tekstil deposu için gerekli depolama alanını tahminleyen kesikli olay simülasyon modeli önermiştir. Simülasyon modeli günlük sayısal değerleri kullanarak planlama işleminin yapılmasına olanak tanımaktadır. İşlemler sırasında oluşan yarı mamul sayısı elde edilerek gerekli alan için hesaplama yapılmıştır. Bunun dışında yine işlemler arasında oluşan kuyruk sayıları tespit edilerek gerekli alan hesaplamaları yapılmıştır. Oluşturulan model sayesinde örme aşamasında verilen kararların boyama aşamasındaki sonuçları da model sayesinde değerlendirilebilmiştir.

Karacapilidis (2008) Tekstil sektöründe üretim yönetiminde kullanılmak üzere bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Sistemi geliştirirken sektörün özelliklerini dikkate alarak tüm çizelgeleme parametrelerine cevap verecek nitelikte olması tasarlanmıştır. Sistemin amacı stokları azaltmak, verimliliği arttırmak, müşteri hizmet seviyesini arttırmak ve kontrol düzeyini arttırmaktır. YFADI adı verilen sistemin iki temel özelliği üretim siparişini küçük iş parçalarına bölerek her birini birbirine paralel farklı işyerlerine göndermesi ve gelen tüm müşteri siparişlerinin kabul edilmesidir.

Dong ve Leung (2009) çalışmalarında satıcı stok sistemi ile çalışan konfeksiyon üreticilerinin sipariş tamamlama konusundaki problemlerini analiz etmişlerdir. Satıcı ve üretici arasındaki ilişkiyi organize eden sipariş tamamlama modeli önerilmiştir. Önerilen modele simülasyon yöntemiyle optimizasyon uygulanmıştır. Bunun için öncelikle satıcı stok stratejisinde satıcının tahmin edilen müşteri hizmeti düzeyini karşılayacak şekilde simülasyon programı yapılmıştır. Üretim kapasitesi kısıtları da dikkate alınıp genetik algoritma ve simülasyon kullanılarak dinamik optimizasyon uygulanmış ve üreticinin üretim işlemlerinin dengesi ve satıcının müşteri tatmini sağlanmaya çalışılmıştır.

1.7 Çalışmanın Amacı

Tekstil ve konfeksiyon sanayi modaya bağlıdır. Konfeksiyon sektöründe ürünler model, malzeme ve renk açısından çok fazla çeşitlilik göstermektedir . Bu nedenle ürün yaşam süresi kısadır ve hızlı bir değişim söz konusudur. Müşteri talebinin hızlı karşılanması doğru tahminleme yapma ve tedarik zinciri içinde çevrim sürelerinin kısaltılmasına bağlıdır. Sektör içinde, müşteri taleplerinin ürün çeşitliliği açısından değişkenliği nedeniyle doğru tahmin yapmak oldukça zordur.

Müşteri isteklerinin sürekli değişmesi, bu sektörde çalışan firmaları da hızlı, istenilene uygun hareket etmeye zorlamaktadır. İşletmeler bu durumun bir parçası olarak, çok fazla tedarikçi işletme ile çalışmak durumunda kalmaktadırlar. Çok fazla tedarikçi işletme ile çalışılarak siparişin yerine getirilmeye çalışılması da kalite

sorunları ve taşıma maliyetlerinin artması, süreç kontrol işlemlerinin yetersiz kalması gibi birçok sorunu beraberinde getirmektedir.

Sektörün yapısına bağlı olarak malzeme tedarik süreçleri toplam çevrim süresi içinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu tez kapsamında, fason konfeksiyon üretimi yapan işletmelerin ham kumaş tedarik sürecinin kısaltılmasına yönelik bir çalışma sistemi simülasyon yöntemi kullanılarak tasarlanmıştır.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL METOT

Bu bölümde, uygulama yapılan işletme, çalışmada araç olarak kullanılan simülasyon programı, uygulama yapılan işletmeden toplanan verilerin analizinde kullanılan istatistiksel testler ve yöntemler ve sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan Taguchi deney tasarım yöntemi konularını kapsayan çalışma yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Analiz ve test sonuçları araştırma sonuçları bölümünde yer almaktadır.

Değerler büyüdükçe simülasyonun çalışma hızı düşmektedir. Simülasyon programının çalışma hızının artırılması için sipariş miktarı, maliyetler, stok miktarı verileri 1/100 oranında değerlerle ifade edilmiştir.

2.1 Çalışmanın Yöntemi

Tasarlanan sistemin kurulması ve uygulanması için aşağıdaki aşamalar izlenmiştir.

1. Uygulama yapılacak işletme ile görüşülmesi, işletmenin incelenmesi
2. Simülasyon modelinin oluşturulması
 - Simülasyon modelinde kullanılacak geçmiş döneme ait kumaş siparişi verilerinin toplanması
 - Simülasyon modelinde kullanılmak üzere verilerin analiz edilmesi
 - En çok kullanılan kumaş türlerinin belirlenmesi
 - Kumaş siparişlerinin yoğunlaştığı dönemlerin belirlenmesi
 - Kumaş tedarik sürecinin analizi
 - Mevcut sistemin simülasyon modelinin PROMODEL 7.5 © programında oluşturulması
 - Önerilen sistemin simülasyon modelinin PROMODEL 7.5 © programında oluşturulması

3. Simülasyon Modelinin Değerlendirilmesi

- Oluşturulan simülasyon sistemlerinin doğruluklarının ve geçerliliklerinin test edilmesi
 - Önerilen ve mevcut 60 e maliyetlerin hesaplanması ve karşılaştırılması
4. Belirlenen kumaş türlerinin tümünün ortalama tedarik sürecinin Taguchi deney tasarımı yöntemi ile belirlenmesi ve optimizasyonu

2.2 Çalışmanın Yapıldığı İşletme Hakkında Bilgi

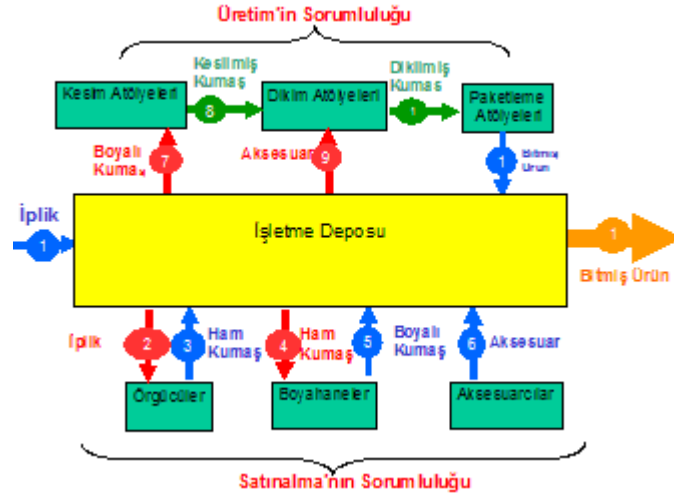
Uygulama yapılan işletme, H&M, Zara, Tommy Hilfiger, Bershka gibi tanınmış markaların siparişlerini alarak fason örme kumaş ve giysi üretmektedir. Yıllık yaklaşık 12.000 ton kumaş siparişi verilmektedir.

İşletmenin çalışma sistemi Şekil 2.1’de görülmektedir. Firma malzeme tedarik, kesim ve üretim işlemlerini tamamen fason işletmelerde yaptırmaktadır. Kendi bünyesinde iplik, ham ve boyalı kumaş deposu bulunmakta ve firma her türlü iş akışını deposu üzerinden gerçekleştirmektedir.

Firma, gerek siparişler miktar ve çeşitlilik açısından çok değişkenlik gösterdiği için, gerekse siparişlerin analizi konusunda gerekli alt yapısı ve eğitimli elemanı olmadığı için, kullanılacak ham kumaşların cinsi ve miktarıyla ilgili sağlıklı öngöründe bulunamamaktadır. En çok kullanılan Ne 30 ve Ne 40 numaralı iplikler için stok tutulmakta, ancak sipariş geldikten sonra kumaş ördürme işlemi başlatılmakta, talep kadar sipariş yöntemi uygulanmaktadır. Bu nedenle sipariş verme aralıkları rastsaldır. Yoğun dönemlerde gerekli kumaşları ördürebilmek için birçok fason örgü işletmesine iş dağıtmak zorunda kalınmaktadır. Çok fazla fason örgü işletmesi ile çalışılması firmanın taşıma maliyetlerini arttırmakta, süreç kontrolünü zorlaştırmakta, kalite sorunları oluşturmaktadır.

Genel olarak fason üretim yapan ve yaptıran tüm firmaların ortak sorunu olan bu konu için bir çözüm modeli önerilmiştir. Çözüm modelinde anlaşma yapılan fason

örme işletmelerine sabit aralıklarla, sabit miktarlarda kumaş siparişi verilmesi, sürekli kumaş sevkıyatı gerçekleştirmelerinin sağlanması için sürekli üretim anlaşması yapılması önerilmiştir. Önerilen modelin firmaya sağlayacağı avantajlar ve getireceği yükler değerlendirilmiştir.



Şekil 2.1 İncelenen işletmede genel iş akışı

2.3 Simülasyon Modellerinin Kurulması

2.3.1 Simülasyon Modelinde Kullanılacak Geçmiş Döneme Ait Kumaş Siparişi Verilerinin Toplanması

Çalışma kapsamında kullanılan veriler, işletmenin kendisinin yazılımını gerçekleştirdiği üretim yönetimi programının raporlamalar bölümünden alınmıştır.

Raporda, işletmenin 2007 yılı boyunca aldığı tüm ürün siparişleri için fason örgü işletmelerine verdiği kumaş siparişlerinin verileri bulunmaktadır. Rapor, fason örme işletmesine siparişin verildiği tarih, sipariş miktarı, kumaş cinsi, iplik numarası, iplik eğirme sistemine göre iplik türü, likra oranı, sipariş tamamlandıktan sonra kumaşın işletme deposuna kabul edildiği tarih ayrıntılarını içermektedir.

2.3.2 Simülasyon Modelinde Kullanılmak Üzere Verilerin Analiz Edilmesi

2.3.2.1 İşletmenin En Çok Kullandığı Kumaş Türlerinin Belirlenmesi

İşletmeden alınan 2007 yılına ait raporda veriler öncelikle örgü türü temel alınarak gruplandırılmıştır. Her örgü türü için tüketilen kumaş miktarlarına ait tek tek tüm kumaş siparişleri toplanmıştır. Buna göre öncelikle 2007 yılı içinde en çok tüketilen kumaş türlerinin *süprem, **likralı süprem, ***futter, ****ribana olduğu belirlenmiştir. Ancak konfeksiyon sektöründe modaya bağlı olarak çalışıldığı için, bu temel kumaş türlerinin de kendi içlerinde küçük alt birimlerde değerlendirilmesi gerekmektedir. İplik eğirme şekli, lif cinsi, ipliği oluşturan lif kompozisyonu, likra oranı, likranın numarası, iplik numarası sürekli değişmekte ve çalışılan kumaş türlerinin çeşitliliği artmaktadır.

Veriler bu faktörler açısından da gruplandırılmış ve çalışmada kullanılmak üzere şu kumaş türleri belirlenmiştir.

- SUPREM 40/1 (%100 Co, likrasız, penye)
- LYC SUPREM 30/1 (%95 Co, %5 likra, likra numarası 30 denye, penye)
- LYC SUPREM 40/1 (%95 Co, %5 likra, likra numarası 30 denye, penye)

2.3.2.2 Kumaş Tüketimlerinin Yoğunlaştığı Dönemlerin Belirlenmesi

Firma mevsimsel olarak farklı kumaşlarla çalışmaktadır. Yazlık ürünler için üretim yaptığı şubat-mayıs ayları içinde süprem ve likralı süprem ağırlıklı kumaşlarla çalışılırken, mevsimlik ve kışlık ürünlerin çalışıldığı temmuz-kasım aralığında futter kumaşlar yoğun olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada likralı ve likrasız süprem kumaşların yoğun çalışıldığı dönem seçilmiştir. Belirlenen 30/1, 40/1 likralı süprem ve 40/1 süprem kumaşların yıllık tüketimlerinin aylara yaygın verileri incelendiğinde her üçünün ortak olarak yoğun çalışıldığı aralığın mart-mayıs dönemi olduğu görülmüştür. Bu nedenle simülasyon

programının her üç kumaşında yoğun olarak çalışıldığı bu üç aylık dönem için çalıştırılmasına karar verilmiştir. İlgili Tablo 3.2 araştırma sonuçlarında verilmiştir.

2.3.2.3 Kumaş Siparişlerinin Tedarik Sürelerinin Analizi

İşletmenin kumaş siparişlerinin tedarik süreci analizinde, ham kumaş siparişlerinin belirlenen tarih aralıkları için dökümünü veren işletmeden alınan rapordan yararlanılmıştır. Siparişlerin veriliş tarihleri ile tamamlanan siparişin depoya girişini gösteren tarihler arasındaki farkların ortalaması alınarak her siparişin tedarik edilme süresi bulunmuştur. Ortalama tedarik süresinin hesaplanmasında kullanılan rapordan bir kesit Tablo 2.1’ de verilmiştir. Ortalama tedarik süresi sonuçları araştırma sonuçları bölümünde verilmiştir.

Tablo 2.1 Kumaş tedarik süresinin hesaplanmasında kullanılan rapordan örnek kesit

İplik	İplik No	İslemTrh	Komp	Kumas Lycra	Miktar	Puss	Takip No	SipTrh
Penye	30/1	29.12.2007	%95 Co %5 Lyc	Likralı Suprem Tam- 30 Denye	598	34	23605	12.12.2007
Penye	30/1	29.12.2007	%95 Co %5 Lyc	Likralı Suprem Tam- 30 Denye	557,3	34	23605	12.12.2007
Penye	30/1	28.12.2007	%95 Co %5 Lyc	Likralı Suprem Tam- 30 Denye	700,1	34	23605	12.12.2007
Penye	30/1	28.12.2007	%95 Co %5 Lyc	Likralı Suprem Tam- 30 Denye	700,4	34	23605	12.12.2007
Penye	30/1	18.12.2007	%95 Co %5 Lyc	Likralı Suprem Tam- 30 Denye	301,1	34	23605	12.12.2007
Penye	30/1	18.12.2007	%95 Co %5 Lyc	Likralı Suprem Tam- 30 Denye	612,6	34	23605	12.12.2007
Penye	30/1	18.12.2007	%95 Co %5 Lyc	Likralı Suprem Tam- 30 Denye	569,7	34	23605	12.12.2007

2.3.3. Simülasyon Modelinin Kurulması ve PROMODEL Simülasyon Programı

2.3.3.1 Simülasyon Modelinde Genel Akış

Bu çalışmanın başlangıcında, anlaşmalı fason örme işletmesi ile sözleşme yapılarak, belli kumaş türlerinde sürekli üretim yaptırmayı öneren çalışma sisteminin kumaş tedarik süresinde sağlayacağı düşüşün istatistiksel olarak önemli olacağı düşünülmüş ve H_0 hipotezi bu şekilde kurulmuştur.

Alternatif hipotez de önerilen sistemin kumaş tedarik süresinde sağlayacağı düşüşün istatistiksel olarak önemli olmadığıdır. Bu hipotez üzerinden bundan sonraki çalışma adımları izlenmiştir.

$H_0 : \mu_1 = \mu$ (Önerilen sistemde tüm sistem zamanı değişkeninin (ortalama kumaş tedarik süresi) değerindeki düşüş önemsizdir)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (Önerilen sistemde tüm sistem zamanı değişkeninin (ortalama kumaş tedarik süresi) değerindeki düşüş önemlidir)

2.3.3.2 Simülasyon Modelinin Oluşturulmasında İzlenen Adımlar

Simülasyon Modelinin kurulmasında PROMODEL 7.5 ©simülasyon programından yararlanılmıştır.

PROMODEL simülasyon programında modelin oluşturulması sırasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

Aşama1- Temel Model Elemanlarının Tanımlanması

1. Model Hakkında Genel Bilgi Verilmesi

Modelle ilgili herhangi bir açıklama girilmemiştir.

2. Arka plan Grafiği, Yerleşim Planının Eklenmesi

Modelle ilgili herhangi bir arka fon oluşturulmamıştır.

3. Yer İmlerinin Tanımlanması

Kurulan modelde müşteri, satın alma, sevk deposu, anlaşma yapılan fason işletme, fason işletme, boyahane işlemlerin gerçekleştiği yer imleri olarak belirlenmiştir.

4. Varlıkların Tanımlanması

Müşteri siparişleri ve anlaşmalı fasondan gelen ham kumaş işlem görececek olan varlıklardır.

5. Gelişlerin Tanımlanması

Sisteme gelecek varlık, geleceği yer imi, her defasında kaç adet geleceği, ilk geliş zamanı, kaç defa geleceği, gelişler arası süre tanımlanmaktadır. Müşteri siparişleri ve ham kumaşların hangi sıklıkla, hangi miktarlarda, ne kadar süre ile sisteme giriş yapacağı tanımlanmıştır.

Aşama2- Yollar ve Kaynakların Tanımlanması

1. Yol Ağlarının Tanımlanması

Gelen siparişlerin ve ham kumaşların, belirlenen yer imleri arasında gezerken izleyeceği rotalar belirlenmiştir.

2. Kaynakların Tanımlanması

Modelde herhangi bir kaynak kullanılmamıştır.

Aşama3- Sistem İş Akışının Tanımlanması

İşlemlerin Tanımlanması

Gelen siparişlerin ve ham kumaşların gittikleri yer imlerinde görecekları işlemler ve süreleri tanımlanmıştır.

2.3.3.3 Simülasyon Modelinin Oluşturulmasında Kullanılan Veriler, Bileşenler, Varsayımlar, Değişkenler

Modelde tanımlanan bileşenler

Lokasyonlar- Yer imleri

- Müşteri

- Satınalma bölümü
- Sipariş geldikten sonra stokta kumaş yetersizse üretim siparişi verilen fason örgühaneler
- İşletmeye anlaşma şartlarına uygun olarak sürekli kumaş besleyen anlaşma yapılan fason örgühaneler
- Sevk deposu
- Ham kumaş deposu
- Boyahane

Varlıklar

- Ham kumaş
- Müşteri siparişi

Modelle İlgili Varsayımlar

- Müşteri, satın alma, fason örme işletmesi, anlaşma yapılan fason örme işletmesi, boyahane (öğle tatilinde makineler çalışmaya devam edeceği için) günde 9 saat olmak üzere haftada 6 gün çalıştığı kabul edilmiştir.
- Öğle tatili ve çay saatleri gibi dinlenme zamanları dikkate alınmamıştır.
- Ham kumaş depoları ve kuyruklar 7 gün 24 saat çalışmaktadır.
- Anlaşma yapılan fason örme işletmelerinin, anlaşma şartlarında örülmüş, uygun kalite kontrolü yapılmış kumaşı belirlenen sevk aralıkları ile eksiksiz olarak gerçekleştirdikleri varsayılmaktadır.
- Taşıma ücretleri için ayrı bir çalışma yapılmadığından her siparişe ve anlaşma yapılan fasonların her sevkıyatına sabit bir değer olarak eklenmiştir.
- Sipariş verme maliyeti her siparişe sabit bir değer olarak eklenmiştir.
- Anlaşmalı fasonların sevkıyatları ve sipariş edilen kumaşların taşıma süreleri tecrübe değerleri üzerinden normal dağılım olarak sisteme konulmuştur.
- Herhangi bir kaza, taşıma aracının bozulması gibi sorunlar dikkate alınmamıştır.
- Gelen siparişlerin tek varyantlı olduğu kabul edilmiştir.
- Örme makinesinin saatte 15 kg üretim yaptığı kabul edilmiştir.

- Anlaşmalı fason örme işletmesinin kumaş örme maliyetinde indirim yapmadığı kabul edilmiştir. Anlaşmalı fason kumaş ördürme ve fason kumaş ördürme maliyetleri aynı kabul edilmiştir.
- Sipariş alındıktan sonra sipariş verilen fason işletmeler için taşıma süreleri 24 saat olarak kabul edilmiştir. Anlaşma yapılan işletmelerin kumaşları anlaşmada belirlenen günlerde, aksatmadan işletmeye ulaştırdığı varsayılmıştır. Bu nedenle ayrıca ek taşıma süresi verilmemiştir.
- Mevcut çalışma sisteminin maliyetinin hesaplanmasında, sipariş üzerine üretim yapıldığı için malzeme için gerekli sermayenin müşteri tarafından ödendiği kabul edilmiştir. Bu nedenle sermaye maliyeti eklenmemiştir.
- Sermaye maliyetinin hesaplanmasında yıllık faiz oranı %10 kabul edilmiştir.
- 1 kg iplik fiyatı 10 TL kabul edilmiştir.

Modelde Kullanılan Veriler

- Ham kumaşların sevkiyat aralıkları
- Ham kumaşların sevkiyat miktarları
- Siparişlerin geliş aralıkları
- Sipariş miktarlarının istatistiksel dağılımı
- Makine kapasiteleri

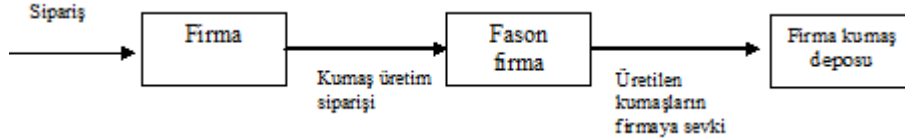
Modelde Kullanılan Değişkenler

- Tüm Sistem Zamanı: Tüm kumaşların belirlenen dönemde gerçekleşen ortalama kumaş tedarik süresini gösteren değişkendir.
- Toplam Stok Miktarı: Depodaki toplam kumaş miktarını yani tüm kumaşların toplam ortalama stok miktarını gösteren değişkendir.
- Depodan Karşılama Zamanı: Tüm ham kumaşların depodan karşılanan bölümü için ortalama kumaş tedarik süresini gösteren değişkendir.
- Fasondan Karşılama Zamanı: Ham kumaşların sipariş geldikten sonra fason örme işletmesine sipariş verilerek ördürüldüğü kısım için kumaşların ortalama tedarik süresini gösteren değişkendir.

- Toplam Fasonda Kumaş Ördürme Maliyeti: Sipariş alındıktan sonra sipariş verilmesi(mevcut durum) durumunda kumaşların ördürme maliyetini gösteren değişkendir.
- Toplam Anlaşmalı Fasonda Ördürme Maliyeti: Anlaşma üzerine sürekli kumaş üretimi yaptırıldığında oluşan toplam kumaş ördürme maliyetini gösteren değişkendir.
- Tüm Kumaşlar Fasonda Örülseydi Maliyet: Mevcut sistemle çalışmada oluşacak toplam maliyet

2.3.3.4 Mevcut ve Önerilen Simülasyon Modellerinin Kurulması

İncelenen sistemde siparişler çok değişkenlik gösterdiği için, sipariş alındıktan sonra fason örme işletmesine kumaş siparişi verilmektedir. Üretilen kumaşlar işletme deposuna gelmektedir. Şekil 2.2’ de mevcut çalışma sisteminde akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 2.2 Mevcut çalışma sisteminde akış diyagramı

Simülasyon modeli kurulurken mevcut sistemde bulunan işlem göreceğ işlerin temsil edilmesi için siparişler ve ham kumaşlar varlıklar olarak tanımlanmıştır. Sistemi tanımlamak için işin yapılacağı yer imlerinin tanımlanması yapılmıştır. Aynı şekilde mevcut sistemin modelinin kurulabilmesi için, mevcut sistemle ilgili veriler kullanılmıştır. Veri olmayan noktalarda ise varsayım, kabuller yapılmıştır. Sistemin öncelikle **mevcut çalışma** sistemi için simülasyon modeli kurulmuştur. **Kurulan modelde**, işletmenin 2007 yılı verilerinden yararlanılarak belirlenen kumaş siparişlerinin istatistiksel dağılımına uygun olarak sipariş gelmektedir. Gelen siparişler fason örme firmasını temsil eden yer imine yönlendirilmekte ve orada makine kapasitelerine bağlı olarak işlem görme süresi kadar beklemektedir. İşlem tamamlandıktan sonra örülen kumaş işletmenin kumaş deposuna gönderilmektedir.

Bu şekilde gelen siparişlerin tamamlanma süresi, tedarik süresi olarak hesaplanmaktadır.

Kurulan mevcut durumun simülasyon sistemi, gelen sipariş miktarı, gelen siparişler için kumaş tedarik süresini, fason örme işletmesinde kumaş üretim maliyetini, gelen sipariş adedini modelin kurulma aşamasında atanan değişkenler yardımıyla hesaplamaktadır.

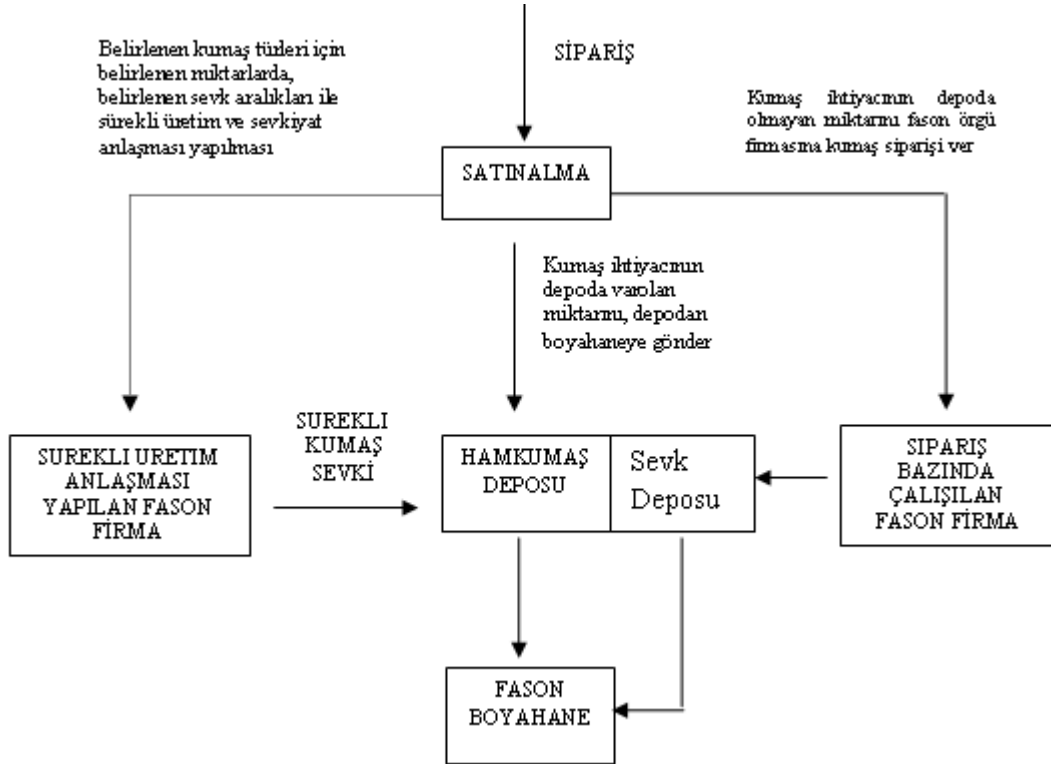
Simülasyon modelinin mevcut durumu yansıttığı istatistiksel olarak test edildikten sonra, işletmenin kumaş tedarik süresinin kısaltılmasını amaçlayan yeni bir çalışma sistemi önerilmiştir.

Önerilen sistemde; firma verilerinin analizi sonucu belirlenmiş olan kumaş türlerini üretilip, istenilen miktarda, istenilen sevk aralıklarında sevk edebilecek fason örme işletmeleri ile anlaşma yapılacaktır. Anlaşma yapılan fason örme işletmeleri devamlı olarak kumaş üreteceklerdir. Gelen müşteri siparişini karşılayacak kadar ham kumaş işletmenin ham kumaş deposunda varsa doğrudan stoktan boyahaneye sevk edilecektir. Siparişin stokta olmayan, karşılanmayan kısmı için ayrı bir fason örme işletmesine sipariş verilip ürettirilecektir. Kalan kumaşın üretimi tamamlandıktan sonra firmaya gelecektir. Fason örme işletmesinden gelen kumaşlar işletmenin ham kumaş deposunda sevk deposu denilen ayrı bir yerde depolanacak ve bu kumaşların kayıtları, stok kumaşların kayıtları içine dahil edilmeyecektir. İlgili oldukları sipariş için boyahaneye sevk edileceklerdir. Önerilen sistemle, mümkün olduğunca az stok tutulması, firmanın kumaş tedarik işleminin süresinin kısaltılması amaçlanmıştır. Oluşacak stok, anlaşma yapılarak çalışılan fason örme işletmesinden gelen kumaşlarla, müşteriden gelen siparişler arasındaki zaman farkından kaynaklanmaktadır. Sipariş alınana kadar kumaşların depoda beklemesi söz konusudur.

Önerilen çalışma sistemi için kurulan simülasyon programı, gelen sipariş miktarını, gelen siparişler için kumaş tedarik süresini, fason örme işletmesinde kumaş üretim maliyetini, gelen sipariş adedini, anlaşma yapılan fason işletmeden

sevk edilen toplam kumaş miktarını, anlaşmalı fasonda ördürülen kumaşlar için maliyetlerini, modelin kurulması aşamasında atanan değişkenler yardımıyla hesaplamaktadır.

Önerilen sisteme ait akış diyagramı Şekil 2.3’de görülmektedir.



Şekil 2.3 Önerilen çalışma sisteminde akış diyagramı

Simülasyon modelini oluşturulmasında kullanılan program kodları ekler bölümünde EK 1’de verilmiştir.

2.4 Sonuçların Değerlendirilmesi ve Önerilerde Bulunulması

2.4.1 Simülasyon Modellerinin Doğruluğunun ve Geçerliliğinin Test Edilmesi

2.4.1.1 Simülasyon Modellerinin Doğruluğu (Verification)

Simülasyon modelinin doğruluğu aşağıdaki sırada test edilmiştir. Simülasyon modelinin doğruluğunu kontrol etmek için; sistem basit bir modelden karmaşık bir modele adım adım getirilmiştir. Başlangıçta tek kumaş türü için sistem kurulmuştur. Sistemin doğru çalıştığını görmek amacıyla geçici olarak değişkenler konulmuş ve diğer değişkenlerle olan sonuçların uyumu kontrol edilmiştir. Bunun dışında, sistemin çalışması sırasındaki simülasyon izleri incelenmiştir. Gelen varlıkların kodları bazında bulundukları noktalar takip edilerek sistemin çalışma mantığı kontrol edilmiştir. Kontrolün kolaylaştırılması için sisteme gelen kumaş siparişlerinin miktarları başlangıçta sabit sayılar olarak girilmiştir. Simülasyonun çalışması sırasında animasyonda varlıkların hareketi gözlenmiştir. Tek kumaş türü için çalışması kontrol edilen sistemin doğru çalıştığına karar verildikten sonra kademeli olarak kumaş türü sayısı 3'e kadar çıkartılmıştır. En son olarak da sabit sayılar yerine siparişlerin geliş miktarlarına ait uygun istatistiksel dağılımlarla kumaş siparişi gelmesi sağlanmıştır.

2.4.1.2 Simülasyon Modellerinin Geçerliliği (Validation)

Sonlanmayan simülasyon sistemlerinin çıktılarının analizinde, uygulama aşamasında elde edilen sonuçların değerlendirilmesi sırasında bahsedilen aşamalar sırasıyla izlenmiştir.

Sonlanmayan bir sistemin değerlendirilmesinde izlenen aşamalar şöyle olmaktadır.

- Sistemin dengeye geldiği ısınma süresinin belirlenmesi ve bu kısmın sistemden atılması, yani bu süre zarfındaki kayıtların sistemin kayıtlarına dahil edilmemesi

- Kümeleme yapılarak veya bağımsız tekrarlarla bağımsız örnekler elde edilmesi
- Kümeleme yapılması durumunda bir tekrarın zaman uzunluğunun belirlenmesi

Bu aşamaların izlenmesi ile bağımsız simülasyon sonuçlarına ulaşılmaktadır. Verilerin bağımsız olması istatistiksel dağılımların ön şartıdır.

Yapılan çalışmada kumaş tedarik sürecinin kısaltılması ana hedef olduğu için, ısınma süresinin belirlenmesinde önerilen sistemin çalışması sırasında siparişlerin ortalama karşılanma zamanını (ortalama kumaş tedarik süresini) gösteren tüm sistem zamanı değişkeni ölçüm kriteri olarak seçilmiştir.

Öncelikle mevcut sistemin ısınma süresinin bulunabilmesi için simülasyon sistemi 250 tekrar çalıştırılmıştır. Elde edilen tüm sistem zamanı değişkenine ait verilerin zamana göre grafiği çizdirilmiştir. Grafiğin dengeli hale geldiği nokta ısınma süresi olarak belirlenmiştir.

Mevcut sistemden elde edilen simülasyon verilerinin bağımsızlığının sağlanması için bağımsız tekrarlar yapılmasına karar verilmiştir. Bağımsız verilerin elde edilmesi, ısınma süresinin hesaplanması ve sistemin kararsız olacağı bu zamanın sistem sonuçlarının hesaplanmasına dahil edilmemesi için sistem ısınma süresi dikkate alınarak bir kez daha 250 tekrar çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçların bağımsızlığı ve normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir.

Tez çalışmasının amacı fason kumaş tedarik sürecinin kısaltılması olduğu için, gelen siparişi karşılayacak kumaş miktarının tedarik süresi (tüm sistem zamanı değişkeni) sistemler arasında kıyaslama kriteri olarak kabul edilmiştir. İşletmeden alınan geçmişe dönük kumaş tedarik süreci verileri, mevcut çalışma sistemi için kurulan simülasyon programından elde edilen verileriyle, MINITAB 15.0 istatistiksel değerlendirme programında yapılan hipotez testi ile karşılaştırılmıştır. Test istatistiklerinin değerlendirilmesinde $\alpha=0.05$ olarak kabul edilmiştir.

Sistemlerin karşılaştırılması için kurulan hipotezler $\alpha = 0.05$ ' de şöyledir.

$H_0 : \mu_1 = \mu$ (Tüm sistem zamanı değişkeni ortalamaları arasında fark yoktur)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (Tüm sistem zamanı değişkeni ortalamaları farklıdır)

Bu hipotezin değerlendirilmesinde, t testi sonucunda elde edilen p değeri ve ortalamalar arasındaki farkın güven aralığı dikkate alınmıştır.

Simülasyondan elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluğunun değerlendirilmesinde STAT FIT programından yararlanılmıştır.

Simülasyon modelinin geçerliliği için yapılan test sonuçları araştırma sonuçlarında verilmiştir.

2.4.1.3 Önerilen Sistemin Performansının İstatistiksel Değerlendirmesi

Sistemin geçerliliğine karar verildikten sonra önerilen sistemin kararlı hale geldiği, verilerin belli istatistiksel dağılıma uygun olarak dalgalanma gösterdiği periyodun başlangıç noktası belirlenmiştir.

Sistem, sıfır, başlangıç noktasından kararlı periyoda geçinceye kadar sürede boş olduğundan istatistiksel veriler belli bir istatistiksel dağılıma uymadan sürekli değişkenlik göstermektedir. Isınma periyodu denilen bu periyodun belirlenebilmesi için sistem 250 kez tekrar çalıştırılmıştır. Sistemin çalıştırılması sonucunda, önerilen sistemde tüm kumaşların ortalama tedarik süresini gösteren tüm sistem zamanı değişkenine ait, elde edilen verilerin grafiği çizdirilmiştir. Grafikten önerilen sistemin ısınma süresi bulunmuştur. Sistemin ısınma süresi simülasyon programına girildikten sonra, önerilen sistem bir kez daha 250 tekrar çalıştırılmıştır. Elde edilen tüm sistem zamanı değişkeni verilerine bağımsızlık testleri uygulanmıştır. Mevcut sistemin verilerinin ve önerilen sistemin simülasyonundan elde edilen verilerin normal dağılım özelliği gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle önerilen sistemde tüm

sistem zamanı değişkeninde elde edilen düşüşün öneminin istatistiksel olarak değerlendirmesinde “t” testi uygulanmıştır.

T testi yapılırken kurulan hipotezler şöyledir.

$H_0 : \mu_1 = \mu$ (Önerilen sistemde tüm sistem zamanı değişkeninin değerindeki düşüş önemsizdir)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (Önerilen sistemde tüm sistem zamanı değişkeninin değerindeki düşüş önemlidir)

Bu hipotezin değerlendirilmesinde, t testi sonucunda elde edilen p değeri ve ortalamalar arasındaki farkın güven aralığı dikkate alınmıştır.

2.4.2 Mevcut Sistemde ve Önerilen Modelde Maliyet Hesaplamaları

Önerilen çalışma sisteminde, gelen siparişlerle anlaşmalı fason örme işletmesinden gelen kumaşların miktarı ve geliş aralıkları arasındaki dengeye göre, işletmenin deposunda belli bir kumaş stoku oluşmaktadır. Henüz sipariş gelmeden, kumaş ürettirilmesi işletme maliyetlerini etkilemektedir. Önerilen sistemin amacı kumaş tedarik süresi kısaltılırken, siparişler ve stoka üretilen kumaşların miktar ve sevk aralıkları arasında denge kurarak mümkün olduğunca az stok oluşmasını sağlamaktır.

Mümkün olduğunca az stok oluşmasını sağlamak üzere, sistemin toplam depo kumaş hacmi değişkenlerine ait optimum deney koşulları belirlenmiştir. Bu nedenle önerilen sistem ve mevcut sistemin maliyetler açısından karşılaştırılması toplam stok miktarı değişkenleri için belirlenen optimum deney koşullarında yapılmıştır. Belirlenen optimum faktör seviyesi değerlerinin simülasyon programına girilmesinden sonra, simülasyon sistemi 250 ‘er tekrar çalıştırılmıştır. Simülasyon sisteminin çalışmasından elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Kurulan simülasyon modelinde maliyetlerin karşılaştırmasının yapılabilmesi için, anlaşma yapılan fason örme işletmesinde sürekli kumaş ürettirilmesi durumunda oluşacak maliyet ve mevcut sistemde çalışılmaya devam edildiğinde yani kumaşlar sipariş geldikten sonra üretilseydi oluşacak maliyetin hesaplanmasında kullanılacak değişkenler oluşturulmuştur. Bu değişkenler aşağıda açıklanmıştır. Mevcut ve önerilen sisteme ait maliyetler araştırma sonuçları bölümünde gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

2.4.2.1 Mevcut Sistemde Maliyetin Hesaplanması

İşletmede uygulanan mevcut sisteme ait maliyetlerin hesaplanmasında kumaş ördürme maliyeti, sipariş verme maliyeti, taşıma maliyeti kullanılmıştır. Mevcut çalışma sisteminin maliyetinin hesaplanmasında, sipariş üzerine üretim yapıldığı için, malzemenin (kumaşın) müşteri tarafından sağlandığı dolayısıyla sermaye maliyetini oluşmayacağı kabul edilmiştir. Bu nedenle hesaplamalara sermaye maliyeti eklenmemiştir. Simülasyon sisteminin çalışması sırasında sipariş geldikçe kumaş türlerinin her biri için kumaş ördürme maliyetleri hesaplanmaktadır. Simülasyon sonlandıktan sonra sistem, kumaş türleri için hesaplanan maliyetlerden tüm kumaşlar için toplam maliyeti hesaplamaktadır. Simülasyon modelinde maliyetin hesaplanmasında kullanılan formüller ve formüllerde kullanılan değişkenlerin anlamları aşağıda verilmiştir.

Taşıma maliyeti (TAM): Çalışma kapsamında taşıma maliyetleri konusunda bir inceleme yapılmadığı için, her sipariş 100 TL taşıma maliyeti olarak hesaplamalara eklenmiştir. Taşıma maliyeti mevcut ve önerilen olmak üzere her iki sistemde de eşit alındığı için maliyet değerinin değişmesi her iki sistemi de aynı oranda etkileyecektir. Toplam taşıma maliyeti sisteme gelen sipariş adedine bağlı olarak değişmekte ve mevcut ve önerilen sistemde bu şekilde farklılık göstermektedir.

Sipariş maliyeti (SİVM): Her sipariş için sabit bir sipariş maliyeti hesaplamalara eklenmiştir. Sipariş başına sembolik olarak 35 TL sabit olarak kabul edilmiştir. Sipariş maliyeti her mevcut ve önerilen olmak üzere her iki sistemde de eşit alındığı

için maliyet değerinin değişmesi her iki sistemi de aynı oranda etkileyecektir. Sipariş adedine bağlı olarak mevcut ve önerilen sistemde toplam sipariş maliyeti değişmektedir.

Toplam sipariş adedi (TSA): Belirlenen dönem boyunca gelen toplam sipariş adedidir.

Toplam sipariş miktarı (TSİM): Belirlenen dönem boyunca ilgili kumaş için gelen toplam sipariş miktarıdır.

Fason kumaş ördürme maliyeti (FKÖM): 1 kg kumaşın örme maliyetidir. Kg başına 60 kuruş kabul edilmiştir. (Bu maliyet Örne Sanayicileri Derneği' nin web sayfasından alınmıştır.)

Tüm kumaşlar fasonda maliyet (TKFM): Siparişlerin tamamının sipariş geldikten sonra fasonda üretilmesi durumunda oluşacak toplam kumaş ördürme maliyettir.

$$TKFM = Lycsup30_TKFM + Lycsup40_TKFM + Sup40_TKFM$$

$$Sup40_TKFM = ((Sup40_FÜK + Sup40_SKG) * FKÖM) + (SİVM * Sup40_TSA) + (Sup40_TSA * TAM)$$

$$Lycsup40_TKFM = ((Lycsup40_FÜK + Lycsup40_SKG) * FKÖM) + (SİVM * Lycsup40_TSA) + (Lycsup40_TSA * TAM)$$

$$Lycsup30_TKFM = ((Lycsup30_FÜK + Lycsup30_SKG) * FKÖM) + (SİVM * Lycsup30_TSA) + (Lycsup30_TSA * TAM)$$

2.4.2.2 Önerilen Sistemde Maliyetin Hesaplanması

Önerilen sistemde maliyetlerin hesaplanmasında kumaş ördürme maliyeti, taşıma maliyeti, sermaye maliyeti kullanılmıştır. Önerilen sistemde anlaşma üzerine sürekli

üretim yapan fason örme işletmesine ayrıca sipariş verilmediği için stoktan karşılanan siparişler için sipariş maliyeti hesaplanmamıştır. Stokta kumaş olmadığı için karşılanamayan siparişler için ayrıca fason örme işletmesine sipariş verildiğinde sipariş maliyeti hesaplanmıştır. Simülasyon sisteminin çalışması sırasında her kumaş sevkiyatında kumaş türlerinin örme maliyetleri hesaplanmaktadır. Simülasyon sonlandıktan sonra sistem kumaş bazındaki maliyetlerden tüm kumaşlar için anlaşmalı fason örme işletmesinde gerçekleşen toplam örme maliyetini hesaplamaktadır. Simülasyon modelinde maliyetin hesaplanmasında kullanılan formüller ve formüllerde kullanılan değişkenlerin anlamları aşağıda verilmiştir.

Toplam anlaşmalı fason maliyeti (TAFM) : Önerilen sistemle çalışılması durumunda oluşacak toplam maliyet.

Taşıma maliyeti (TAM): Her kumaş sevki için sabit bir değer taşıma maliyeti olarak hesaplamalara eklenmiştir. Sipariş başına 100 TL kabul edilmiştir.

Anlaşmalı fason taşıma maliyeti (AFTAM): Anlaşmalı fasondan sürekli sevk edilen kumaşların toplam taşıma maliyetidir.

Toplam taşıma maliyeti(TTAM): Simülasyonun çalıştırıldığı dönem boyunca fasona gönderilen siparişlerin toplam taşıma maliyeti. Toplam taşıma maliyeti sisteme gelen sipariş adedine bağlı olarak değişmekte ve mevcut ve önerilen sistemde bu şekilde farklılık göstermektedir.

Sipariş Maliyeti (SİVM): Her sipariş için sabit bir sipariş maliyeti hesaplamalara eklenmiştir. Sipariş başına 35 TL sabit olarak kabul edilmiştir.

Toplam Sipariş Maliyeti (TSİVM): Dönem boyunca gerçekleşen toplam sipariş maliyetidir. Sipariş adedine bağlı olarak mevcut ve önerilen sistemde toplam sipariş maliyeti değişmektedir.

Anlaşma yapılan fason kumaş ördürme maliyeti (AFÖM): Anlaşma yapılan fasonda 1 kg kumaşın örme maliyeti

Sevkk (SKG): Anlaşma yapılan fason örme işletmesinden sürekli sevk edilen kumaşların toplam miktarıdır.

Fasonda Üretilen kumaş(FÜK): Stokta yeterli kumaş olmaması durumunda fason örme işletmesine sipariş verilen toplam kumaş miktarıdır.

Gecelik Stok (GS): Sistemde her günün sonunda depoda bulunan stok miktarları kümüle olarak toplanmaktadır.

Sermaye maliyeti (SEM): Dönem boyunca oluşan sermaye maliyeti bu kümüle stok değeri üzerinden hesaplanmaktadır. Stok tutmak için ödenen sermayenin alternatif maliyetidir.

Fasona Giden Toplam Sipariş Adedi (FGTSA) : Stokta yeterli kumaş olmaması durumunda fasona gönderilen toplam sipariş adedidir.

$$TAFM = (Lycsup30_SKG + Lycsup40_SKG + Sup40_SKG) * AFÖM + (FÜK * FKÖM) + (FGTSA * SİVM) + SEM + TTAM$$

$$TSİVM = (FGTSA * SİVM)$$

$$TTAM = FGTSA * TAM + AFTAM$$

$$SEM = GS * 1 \text{ kg iplik fiyatı} * \text{faiz} * 1 \text{ gün} / 36500$$

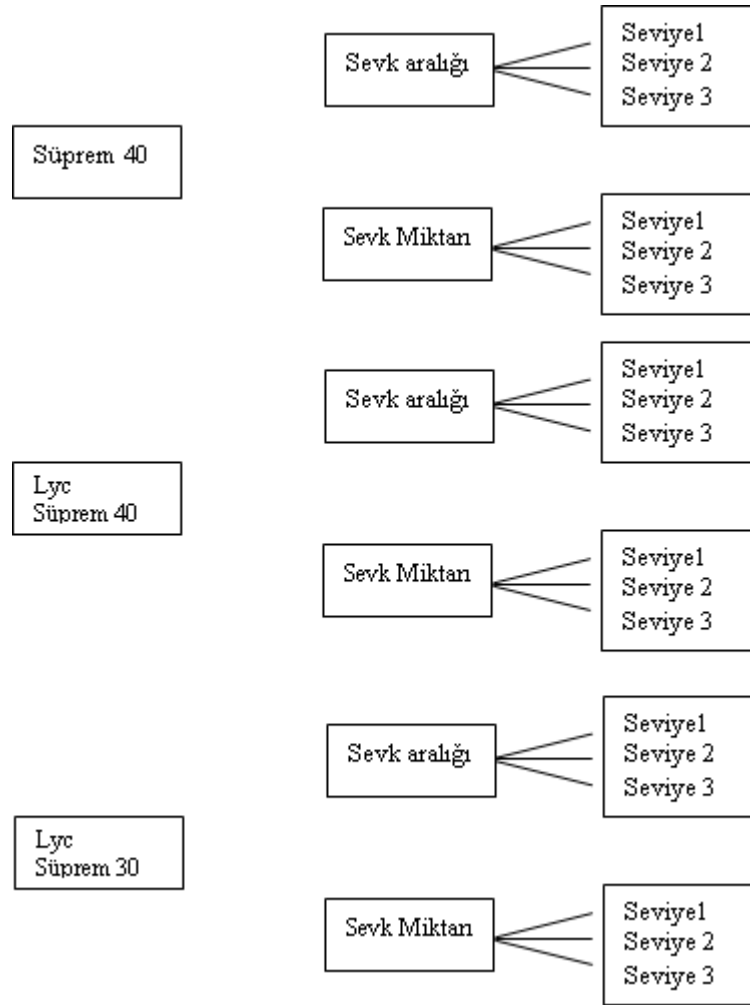
(Maliyet yıllık faiz %10, 1 kg iplik fiyatı 10 TL kabul edilerek hesaplanmıştır.)

2.5 Taguchi Deney Tasarımı

2.5.1 Faktörlerin ve Ortogonal Dizin Belirlenmesi

Kumaş tedarik sürecini kısaltmak amacıyla önerilen sistemde, incelenen işletmenin geçmiş verilerinin değerlendirilmesiyle belirlenen, işletmenin en çok

kullandığı, 40/1 süprem, 30/1 likralı süprem, 40/1 likralı süprem kumaş türlerinin ihtiyacına yönelik veriler kullanılmıştır. Sistemde, anlaşma yapılan fason örme firmalarının istenilen kumaş cinsini, anlaşma yapılan sevk aralığında, istenilen sevk miktarında işletmeye gönderdiği kabul edilmiştir. Buna göre başlangıçta sistemi etkileyecek faktörler kumaş cinsi, sevk miktarı ve sevk aralıkları olarak belirlenmiştir. Önerilen sistemde gelen siparişler birbirinden bağımsız olarak aynı anda sisteme girdikleri ve hepsi bir arada sistemden beklenen kumaş tedarik süresi sonucunu etkiledikleri için, sevk miktarı ve sevk aralığı faktörlerinin her kumaş türü için ayrı ayrı tanımlanmasına karar verilmiştir. Bu nedenle kumaş cinsi faktörü yerine sevk aralıkları ve sevk miktarları her kumaş için ayrı bir faktör olarak sistemde değerlendirilmiştir. Şekil 2.4’ te faktörler ve seviyelerin oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Faktörler ve seviyelerinin gösterimi

Çalışmada, önerilen model sonuçlarını etkileyen 6 faktör bulunmaktadır. Bu faktörler her bir kumaş için ayrı ayrı sevk miktarları ve sevk aralıklarıdır. Her faktör için de 3'er adet seviye belirlenmiştir. Faktör seviyelerinin nasıl belirlendiği 2.5.3 numaralı bölümde anlatılmıştır. Belirlenen faktör seviyeleri Tablo 2.6'da gösterilmiştir. Taguchi deney tasarımı yönteminde kullanılacak ortogonal dizinin belirlenmesi ve daha sonrasında sonuçların değerlendirilmesi için MINITAB 15 istatistiksel değerlendirme programı kullanılmıştır. 3'er seviyeli 6 faktör için L_{27} ortogonal dizisinin kullanılması gerektiği program yardımıyla belirlenmiştir. Tablo 2.2' de verilen ortogonal dizide 27 adet deney kombinasyonu bulunmaktadır. Programın belirlediği ortogonal dizide faktör seviyeleri 1,2,3 olarak kodludur. Tabloda 1. denemede tüm faktörlerin birinci seviyeleri kullanılacaktır.

Tablo 2.2 L₂₇ ortogonal dizisi deneysel tasarım planı

Faktörler Deney No	Faktör Seviyeleri					
	Süprem 40		Lyc Süprem 30		Lyc Süprem 40	
	Sevkaralığı sup40	Sevkmıktarkg sup40	Sevkaralığı lyc30	Sevkmıktarkg lyc30	Sevkaralığı lyc40	Sevkmıktarkg lyc40
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2
3	1	1	1	1	3	3
4	1	2	2	2	1	1
5	1	2	2	2	2	2
6	1	2	2	2	3	3
7	1	3	3	3	1	1
8	1	3	3	3	2	2
9	1	3	3	3	3	3
10	2	1	2	3	1	2
11	2	1	2	3	2	3
12	2	1	2	3	3	1
13	2	2	3	1	1	2
14	2	2	3	1	2	3
15	2	2	3	1	3	1
16	2	3	1	2	1	2
17	2	3	1	2	2	3
18	2	3	1	2	3	1
19	3	1	3	2	1	3
20	3	1	3	2	2	1
21	3	1	3	2	3	2
22	3	2	1	3	1	3
23	3	2	1	3	2	1
24	3	2	1	3	3	2
25	3	3	2	1	1	3
26	3	3	2	1	2	1
27	3	3	2	1	3	2

2.5.2 Sistemin Performans Ölçütlerinin Belirlenmesi

Çalışma sisteminin önerilmesindeki amaç, işletmelerin müşteri isteklerine daha hızlı cevap verebilmesi için kumaş tedarik sürecinin kısaltılmasıdır. Önerilen sistemin etkisinin t testi ile istatistiksel olarak değerlendirildiği bölümde, optimum deney koşulları bulunmaksızın kumaş tedarik sürecinde elde edilen düşüşün önemli olduğu belirlenmiştir. Müşteri siparişlerindeki değişkenlik ve belirsizlik dikkate alındığında stoklu çalışmak işletmeler için oldukça büyük bir risk içermektedir. Ayrıca stok tutma maliyetleri ve stokların saklanacağı yer sorunu da işletmelerin

dikkate alması gereken diğer önemli noktalardır. Bu nedenle ortalama stok miktarını ölçen “toplam stok miktarı” değişkeninin değerinin optimum olduğu noktanın bulunması için bir çalışma yapılmıştır.

2.5.3 Önerilen Sistemde Etkili Olacak Faktörlerin ve Seviyelerinin Belirlenmesi

Faktör seviyelerinin belirlenebilmesi için deneysel bir ön çalışma yapılmıştır. Yapılan ön çalışmada, araştırmada kullanılmak üzere belirlenen kumaş türlerine ait tanımlayıcı istatistik bilgilerinden yararlanılmıştır. Sevk aralık ve miktarlarının seviyelerinin belirlenmesinde, her kumaşa ait ortalama sipariş miktarı ve siparişlerin ortalama geliş aralıkları kullanılmıştır. Bu veriler dikkate alınarak bir çalışma tablosu oluşturulmuş ve simülasyon programı her kumaş türü için ayrı ayrı bu tabloya uygun olarak çalıştırılmıştır. Oluşturulan ön çalışma tablosu ve elde edilen sonuçları Tablo 2.3’ te görülmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde kumaş tedarik süresinin kısaltılmasında optimum sonuç için araştırma yapılmamıştır. Bunun nedeni kumaş tedarik süresinde düşüş sağlanmaya çalışılırken depoda oluşacak stok miktarının da minimum yapılmaya çalışılmasıdır. Stok miktarının gözetilmediği bir durumda sistemde ne kadar çok stok olursa süre o kadar kısalmaktadır. Bu nedenle sistem, çalışma sırasında oluşan ortalama stok miktarını gösteren “toplam stok miktarı” değişkeni açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca siparişlerin beklenenin altında gelmesi olasılığı nedeniyle anlaşmalı fason örme işletmesinden sevk edilecek kumaş miktarının da çok yüksek olmaması tercih edilmiştir.

Tablo 2.3’ de her kumaş türü için farklı sevk aralıklarında, farklı sevk miktarlarında simülasyon programı Mart-Mayıs dönemi için çalıştırıldığında, anlaşma yapılan fason örme işletmesinden sevk edilen kumaş miktarı, buna bağlı olarak gerçekleşen kumaş tedarik süresi ve depoda oluşan stok miktarı görülmektedir. 40/1 süprem kumaş için anlaşma yapılan fason örme işletmesinin 3 gün aralıkla, 40 kg 40/1 süprem kumaş sevk etmesi durumunda, kumaş tedarik süresi 95 saatte gerçekleşmektedir. Çalıştırılan dönem boyunca anlaşmalı fason işletmenin

sevk ettiği toplam kumaş miktarı 1240 kg, depoda oluşan ortalama stok miktarı 51 kg ve bu dönem boyunca simülasyon sistemine gelen sipariş miktarı 2092 kg'dır.

Tablo 2.3 Faktör seviyelerinin belirlenmesi için ön çalışma tablosu

	Sevkaralığı(gün)	Sevk miktarı (kg)	Zaman(hr)	Ortalama Stok(kg)	Toplam Sevkedilen(kg)	Sipariş(kg)
40/1 Süprem	3	40	95	51	1240	2092
	3	45	63	158	1395	2021
	3	35	94	29	805	1928
	4	40	80	62	920	1852
	4	45	52	112	1080	1540
	4	50	56	128	1150	1828
	4	55	54	184	1265	1800
	4	35	111	21	665	1881
	5	40	57	64	760	1560
	5	45	69	78	855	1647
	5	50	74	62	950	1741
	5	55	59	123	1045	1800
	5	35	100	32	560	1853
	6	40	100	30	640	1872
	6	45	76	49	720	1663
	6	50	64	61	800	1701
	6	55	61	74	880	1726
30/1 Likralı Süprem	3	60	208	101	1860	2324
	3	65	225	143	2015	2286
	4	65	189	49	1495	2422
	4	70	185	61	1610	2413
	5	60	195	32	1140	2322
	5	65	203	39	1235	2326
	5	70	199	44	1330	2440
	5	80	189	52	1520	2320
	6	60	206	24	960	2406
	6	65	205	28	1040	2298
	6	70	202	32	1120	2380
	6	80	197	44	1280	2389
40/1 Likralı Süprem	4	40	105	70	920	1635
	4	45	108	91	1035	1515
	4	50	95	114	1150	1628
	5	40	116	44	760	1517
	5	50	110	50	800	1482
	5	55	101	63	880	1620
	5	65	106	96	1040	1497
	6	40	137	28	560	1477
	6	45	129	37	630	1556
	6	50	118	40	700	1443

Ön çalışma sonunda elde edilen Tablo 2.3’ teki sonuçlardan yararlanılarak, sistem performansını etkileyen faktör seviyeleri aşağıda Tablo 2.4’ te görüldüğü şekilde belirlenmiştir. Bu faktörler ve faktör seviyeleri Taguchi deney tasarımı veri olarak kullanılmıştır.

Tablo .2.4 Sistem Performansını Etkileyen Faktörler ve Faktör Seviyeleri

Kumaş Tipi	Faktörler	Seviyeler		
		1	2	3
Süprem 40	Sevkaralığısup40(gün)	3	4	5
	Sevmiktarsup40(kg)	40	45	50
Lyc Süprem 30	Sevkaralığılyc30(gün)	4	5	6
	Sevmiktarlyc30(kg)	70	75	80
Lyc Süprem 40	Sevkaralığılyc40(gün)	4	5	6
	Sevmiktarlyc40(kg)	40	45	50

2.5.4 Faktörlerin Sütunlara Atanması ve Deney Planında Faktör Seviye Değerleri

Ön çalışma sonunda faktör seviye değerleri Tablo 2.4’ teki gibi belirlendikten sonra, faktörler deney planındaki sütunlara atanmış, faktör seviyesi değerleri tablodaki seviye kodlarının yerine yerleştirilmiş ve gerçek verileri gösteren ortogonal deney tablosu elde edilmiştir.

Ortogonal dizide faktörlerin sütunlara atanmaları Tablo 2.5’ te gösterilmiştir.

Tablo 2.5 Faktörlerin Deney Planında Atandığı Sütunlar

Faktör	Atandığı Sütun
Sevkaralığısup40(gün)	A
Sevmiktarsup40(kg)	B
Sevkaralığılyc30(gün)	C
Sevmiktarlyc30(kg)	D
Sevkaralığılyc40(gün)	E
Sevmiktarlyc40(kg)	F

Ortogonal dizinin faktör seviyelerinin yerleştirilmiş hali Tablo 2.6’ te verilmiştir.

Önerilen çalışma modelinin simülasyon programı bu deney planına uygun olarak deney kombinasyonlarının her biri 250' şer tekrardan oluşacak şekilde çalıştırılmıştır.

Her deneme kombinasyonunda elde edilen ortalama toplam stok miktarı değişkeninin değeri sonuç olarak kaydedilmiştir

Tablo 2.6 Taguchi Tasarımı için L₂₇ Ortogonal Dizisinde Faktörlerin Seviye Değerleri

Faktörler Deney No	Faktör Seviyeleri					
	Süprem 40		Lyc Süprem 30		Lyc Süprem 40	
	Sevkaralığı sup40	Sevkmıktarkg sup40	Sevkaralığı lyc30	Sevkmıktarkg lyc30	Sevkaralığı lyc40	Sevkmıktarkg lyc40
1	3	4000	4	7000	4	4000
2	3	4000	4	7000	5	4500
3	3	4000	4	7000	6	5000
4	3	4000	5	7500	4	4000
5	3	4000	5	7500	5	4500
6	3	4000	5	7500	6	5000
7	3	4500	6	8000	4	4000
8	3	4500	6	8000	5	4500
9	3	4500	6	8000	6	5000
10	4	4000	5	8000	4	4500
11	4	4000	5	8000	5	5000
12	4	4000	5	8000	6	4000
13	4	4500	6	7000	4	4500
14	4	4500	6	7000	5	5000
15	4	4500	6	7000	6	4000
16	4	5000	4	7500	4	4500
17	4	5000	4	7500	5	5000
18	4	5000	4	7500	6	4000
19	5	4000	6	7500	4	5000
20	5	4000	6	7500	5	4000
21	5	4000	6	7500	6	4500
22	5	4500	4	8000	4	5000
23	5	4500	4	8000	5	4000
24	5	4500	4	8000	6	4500
25	5	5000	5	7000	4	5000
26	5	5000	5	7000	5	4000
27	5	5000	5	7000	6	4500

2.5.5 Taguchi Deney Tasarımında Sonuçların Analizi

Tasarlanan deneylerin sonucunda aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

1. Toplam stok miktarı optimum yapan deney koşulları nelerdir?
2. Elde edilen sonuçlarda hangi faktörler, ne kadar etkili olmuştur?
3. Belirlenen optimum koşullarda tüm sistem zamanı ve toplam stok miktarı değişkenleri hangi değerleri alacaklardır?

Taguchi deney tasarımında sonuçların değerlendirilmesinde temel etkilerin (faktör etkileri) hesaplanması için standart analiz ve S/N–sinyal gürültü oranları kullanılmıştır. Bunun dışında faktörlerin etki derecelerinin öneminin belirlenmesi için ANOVA varyans analizi testi uygulanmıştır. ANOVA tablosunun elde edilişi ile ilgili ayrıntılar istatistiksel testlerin anlatıldığı bölümde verilmiştir.

Taguchi deney tasarımı ve optimizasyonunun uygulanması sonucu elde edilen sonuçlar araştırma sonuçları bölümünde verilmiştir.

2.5.5.1 Sinyal Gürültü Oranı

Sinyal gürültü oranı (S/N), ölçülen performans kriterinin ortalama değerini (sinyal), standart sapmasına (gürültü) oranlayarak ortalamadan sapmalarla başa çıkılmasına yardımcı olan bir performans ölçütüdür.

Deney tasarımındaki tüm denemelere ait birden fazla deney sonucu olması durumunda faktörlerin etkilerinin hesaplanmasında sinyal gürültü oranının kullanımı tercih edilmektedir. Birden fazla deney sonucu setinin ortalamaya göre varyasyonlarının ve deney setindeki popülasyon ortalamasının hedef değerden sapmalarının kombine etkilerinin ölçülmesi ve kontrolü için karşılaştırılmasında uygun bir analiz olmaktadır.

Sinyal gürültü oranının hesaplanmasında kullanılan eşitlik, optimize edilmek istenen değişkenin karakterine göre değişmektedir. Toplam stok miktarı değişkeninin

mümkün olduğunca küçük değerde olması istendiği için, S/N oranının hesaplanmasında “en küçük-en iyi” formülü kullanılmıştır.

Bu seçenekte Y çıktı değişkeninin hedef değeri sıfırdır. Bu durumu ifade eden sinyal gürültü oranı aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$SN_S = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

S/N sinyal gürültü oranı MINITAB 15.0 istatistiksel değerlendirme programı yardımıyla analiz edilmiştir.

2.5.5.2 Standart Analiz

Temel etkilerin(ortalama etki) hesaplanması ile toplam stok miktarı değişkenine ait deney sonuçlarında hangi faktörlerin etkili olduğu belirlenmiştir. Bu analizde sinyal gürültü oranından farklı olarak ortalama ve ortalama etrafındaki varyasyonlar analiz edilmektedir.

$$\text{Faktörün Ortalama Etkisi} = \frac{\text{Faktörün etkilediği çıktıların toplamı}}{\text{Bu çıktıların sayısı}}$$

Faktörlerin farklı seviyelerindeki bu etkinin hesaplanabilmesi için Tablo 3.26'daki deney tasarımı ve toplam stok miktarı değişkenine ait veriler kullanılmıştır. İlgili faktörün ilgili seviye karşılığı bu tablodan alınmıştır.

Aşağıda hesaplamaların manüel olarak nasıl yapıldığı görülmektedir.

$$\begin{aligned} \bar{A}_1 &= (y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9) / 9 = \\ &= (244 + 232 + 225 + 260 + 231 + 220 + 290 + 267 + 248) / 9 = 2217 / 9 = 246,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{A}_2 &= (y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} + y_{16} + y_{17} + y_{18}) / 9 = \\ &= (233 + 209 + 157 + 215 + 186 + 141 + 277 + 264 + 198) / 9 = 1880 / 9 = 208,9 \end{aligned}$$

$$\overline{A_3} = (y_{19} + y_{20} + y_{21} + y_{22} + y_{23} + y_{24} + y_{25} + y_{26} + y_{27})/9 = \\ (243 + 140 + 130 + 294 + 209 + 202 + 244 + 162 + 154)/9 = 1778/9 = 197,6$$

$$\overline{B_1} = (y_1 + y_2 + y_3 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{19} + y_{20} + y_{21})/9 = \\ (244 + 232 + 225 + 233 + 209 + 157 + 243 + 140 + 130)/9 = 1813/9 = 201,4$$

$$\overline{B_2} = (y_4 + y_5 + y_6 + y_{13} + y_{14} + y_{15} + y_{22} + y_{23} + y_{24})/9 = \\ (260 + 231 + 220 + 215 + 186 + 141 + 294 + 209 + 202)/9 = 1958/9 = 217,5$$

$$\overline{B_3} = (y_7 + y_8 + y_9 + y_{16} + y_{17} + y_{18} + y_{25} + y_{26} + y_{27})/9 = \\ (290 + 267 + 248 + 277 + 264 + 198 + 244 + 162 + 154)/9 = 2104/9 = 233,7$$

$$\overline{C_1} = (y_1 + y_2 + y_3 + y_{16} + y_{17} + y_{18} + y_{22} + y_{23} + y_{24})/9 = \\ (244 + 232 + 225 + 277 + 264 + 198 + 294 + 209 + 202)/9 = 2145/9 = 238,3$$

$$\overline{C_2} = (y_4 + y_5 + y_6 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{25} + y_{26} + y_{27})/9 = \\ (260 + 231 + 220 + 233 + 209 + 157 + 244 + 162 + 154)/9 = 1870/9 = 207,8$$

$$\overline{C_3} = (y_7 + y_8 + y_9 + y_{13} + y_{14} + y_{15} + y_{19} + y_{20} + y_{21})/9 = \\ (290 + 267 + 248 + 215 + 186 + 141 + 243 + 140 + 130)/9 = 1860/9 = 206,7$$

$$\overline{D_1} = (y_1 + y_2 + y_3 + y_{13} + y_{14} + y_{15} + y_{25} + y_{26} + y_{27})/9 = \\ (244 + 232 + 225 + 215 + 186 + 141 + 244 + 162 + 154)/9 = 1803/9 = 200,3$$

$$\overline{D_2} = (y_4 + y_5 + y_6 + y_{16} + y_{17} + y_{18} + y_{19} + y_{20} + y_{21})/9 = \\ (260 + 231 + 220 + 277 + 264 + 198 + 243 + 140 + 130)/9 = 1963/9 = 218,1$$

$$\overline{D_3} = (y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{22} + y_{23} + y_{24})/9 = \\ (290 + 267 + 248 + 233 + 209 + 157 + 294 + 209 + 202)/9 = 2109/9 = 234,3$$

$$\overline{E_1} = (y_1 + y_4 + y_7 + y_{10} + y_{13} + y_{16} + y_{19} + y_{22} + y_{25})/9 = \\ (244 + 260 + 290 + 233 + 215 + 277 + 243 + 294 + 244)/9 = 2300/9 = 255,5$$

$$\overline{E_2} = (y_2 + y_5 + y_8 + y_{11} + y_{14} + y_{17} + y_{20} + y_{23} + y_{26})/9 = \\ (232 + 231 + 267 + 209 + 186 + 264 + 140 + 209 + 162)/9 = 1900/9 = 211,1$$

$$\overline{E_3} = (y_3 + y_6 + y_9 + y_{12} + y_{15} + y_{18} + y_{21} + y_{24} + y_{27})/9 = \\ (225 + 220 + 248 + 157 + 141 + 198 + 130 + 202 + 154)/9 = 1675/9 = 186,1$$

$$\overline{F_1} = (y_1 + y_4 + y_7 + y_{12} + y_{15} + y_{18} + y_{20} + y_{23} + y_{26})/9 = \\ (244 + 260 + 290 + 157 + 141 + 198 + 140 + 209 + 162)/9 = 1801/9 = 200,1$$

$$\overline{F_2} = (y_2 + y_5 + y_8 + y_{10} + y_{13} + y_{16} + y_{21} + y_{24} + y_{27})/9 = \\ (232 + 231 + 267 + 233 + 215 + 277 + 130 + 202 + 154)/9 = 1941/9 = 215,6$$

$$\overline{F_3} = (y_3 + y_6 + y_9 + y_{11} + y_{14} + y_{17} + y_{19} + y_{22} + y_{25})/9 = (225 + 220 + 248 + 209 + 186 + 264 + 243 + 294 + 244)/9 = 2133/9 = 237$$

2.6 Verilerin Analizinde Uygulanan İstatistiksel Testler

2.6.1 Belirlenen Kumaş Türlerinin Geçmiş Verilerinin İstatistiksel Analizi

Verilerin analizi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Tüm istatistiksel dağılım işlemlerinde verilerin eşit olarak dağıldığı kabul edilmektedir. Bu da tüm noktaların diğer noktalardan bağımsız olduğu, bir gözlem sonucunun diğer gözlem sonucunu etkilemediği anlamına gelmektedir. Bu nedenle verilerin istatistiksel dağılımlarının belirlenebilmesi için öncelikle verilerin bağımsız olduklarının testler yardımıyla incelenmesi gerekmektedir. İncelenen işletmede belirlenen kumaş türlerinin gelen sipariş miktarlarının istatistiksel dağılımlarının belirlenmesinden önce, kumaşlara ait verilere bağımsızlık testleri uygulanmıştır. Yapılan testlerle kumaş siparişlerine ait verilerin bağımsızlığına karar verildikten sonra istatistiksel dağılım analizleri yapılmıştır.

2.6.1.1 Simülasyon Modelinde Kullanılacak Gelen Sipariş Verilerinin Bağımsızlık Testleri

Araştırmada kullanılan verilerin bağımsızlığını veya korelasyonunu belirlemek için **serpilme diyagramı**, **otokorelasyon** ve **tekrar testleri** olmak üzere üç değişik test uygulanmıştır. Bu testler yardımıyla verilerin rassallığı farklı açılardan incelenmiştir. Verilerin bağımsızlığına bu testlerin sonuçlarına göre karar verilmiştir. (Harrel, Ghosh, Bowden, 2004)

Serpilme diyagramı ardışık verilerin birbirlerine göre sıralanışlarının grafiğidir. Bağımlı veriler grafik üzerinde kendini belli ederek bir eğilim göstermektedirler.

Otokorelasyonda değişmeyen bir süreçten alınan veriler ile, bu verilerin herhangi bir alt kümesi aynı istatistiksel değerleri göstermelidir. Buna göre veriler sabit bir işlem kümesinden gelmektedir ve aynı şekilde sıralanmaktadır. Otokorelasyon -1 ve

+1 değerleri arasında bir değer almaktadır. Her iki uca doğru yaklaşılması verilerin bağımlılığının arttığını ifade etmektedir. Otokorelasyon değerlerinin $(-0,2 - +0,2)$ arasında çıkması durumunda verilerin bağımsız olduğu kabul edilmektedir. (Harrel, Ghosh, Bowden, 2004)

Tekrar testi iki testten oluşmaktadır. Birincisi medyan testidir. Bu testte sayıların medyanın altında ve üstünde kesintiye uğramaksızın sıralanma sayılarına bakılmaktadır. Gözlem serisinde bir tekrar, aynı niteliği taşıyan kesintiye uğramadan sıralanan sayıların varlığını ifade etmektedir (Stat Fit, 2006). Serilerin içindeki tekrar sayısı da yapılan gözlemlerin rasgeleliğini göstermektedir.

İkinci tekrar testi olarak, dönüm noktası testi de gözlem serilerinin yön değiştirme sayısını göstermektedir (Harrel, Ghosh, Bowden, 2004).

Bağımsızlık testlerinin uygulanmasında PROMODEL 7.5 © programının STAT FIT istatistiksel veri analizi modülünden yararlanılmıştır.

Çalışmada kullanılan kumaş türlerine ait verilere uygulanan bağımsızlık testlerinin sonuçları araştırma sonuçları bölümünde verilmiştir.

2.6.1.2 Kumaşlara İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Teorik Dağılıma Uygunluğu ve Siparişlerin Geliş Aralıklarının Belirlenmesi

Bu bölümde, oluşturulan simülasyon modelinde gelen sipariş miktarlarının tanımlanmasında kullanılmak üzere, gelen siparişlerin teorik dağılımları değerlendirilmiştir. Anlaşmalı fasondan sürekli üretimi istenecek kumaş miktarlarının belirlenmesinde kullanılmak üzere, gelen sipariş miktarlarının tanımlayıcı istatistik verileri hesaplanmıştır. Bunun dışında siparişlerin geliş aralıklarının tanımlanmasında kullanılmak üzere de, gelen siparişlerin geliş aralıklarının tanımlayıcı istatistik bilgileri incelenmiştir.

Verilerin dağılım türüne karar verirken Kolmogorov-Smirnov uygunluk testinden yararlanılmıştır. Birden fazla uygun dağılım gözlemlenmesi durumunda dağılımlar

arasında seçim yapılırken, $\alpha = 0,05$ güven aralığı için p değerinin yüksekliğine bakılarak verilerin dağılım istatistiği belirlenmiştir. Güven aralığı %95 olarak kabul edilmiştir.

Kumaşların sipariş miktarlarının öncelikle tanımlayıcı istatistik verileri elde edilmiş ve tablolar halinde verilmiştir. Bu veriler Taguchi deney tasarımında faktör seviyelerinin belirlenmesi için yapılan ön çalışmada kullanılmıştır.

Siparişlerin gelişleri arasındaki zaman için elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistik değerleri bulunmuştur. Teorik dağılımların ve tanımlayıcı istatistik verilerin elde edilmesinde PROMODEL 7.5 © programının STAT FIT istatistiksel veri analizi modülünden yararlanılmıştır.

2.6.2 Simülasyon Deneylerinin Sonuçlarının ve İşletmeden Alınan Verilerin Karşılaştırılmasında Kullanılan İstatistiksel Testler

2.6.2.1 t Testi

İki sistemin karşılaştırılmasında hipotez testlerinden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada gerçek sistemin ve simülasyon modelinin sonuçlarının arasında istatistiksel olarak bir farkın olup olmadığının değerlendirilmesi yapılmıştır. Eğer iki sistemin sonuçları arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı, önemli çıkmazsa simülasyon modelinin gerçek sistemi yansıttığı, simülasyon modelinin geçerli olduğu kararına varılmaktadır. Bu istatistiksel değerlendirmenin yapılabilmesi için öncelikle her iki sistemin verilerinin de normal dağılım özelliği gösterip göstermediğinin belirlenmesi gerekmektedir. Sistemlerin her ikisinin de normal dağılım olması durumunda parametrik testlerin uygulanması gerekmektedir. Sistemlerden herhangi birinin veya her ikisinin verilerinin normal dağılım özelliği göstermemesi durumunda parametrik olmayan testlerin uygulanması gerekmektedir. Parametrik olmayan testler dağılımdan bağımsız testler olarak da bilinmektedir. Yapılan çalışmada firmadan alınan gerçek veriler ve simülasyondan elde edilen sonuçlar normal dağılıma

uygunluk gösterdiği için t testi uygulanmıştır. Testler MINITAB 15 istatistiksel değerlendirme programında yapılmıştır.

2.6.2.2 ANOVA Testi

t testi ile sadece iki grup arasındaki farklılıkları incelemek mümkündür. İki den fazla grubun birbirleriyle bir anda karşılaştırılmalarının gerektiği durumlarda t testi yetersiz kalmaktadır. İki den fazla grubun bir anda karşılaştırılmalarını sağlamak için geliştirilen testler arasında en çok bilineni ve en yaygın olarak kullanılanı varyans analizi(ANOVA)'dır.

Yapılan çalışmada Taguchi deney tasarımından elde edilen sonuçlarda, belirlenen 6 faktörün etkilerinin karşılaştırılmasında ANOVA testi kullanılmıştır. Varyans analizinde hedeflenen, incelenen faktörlerin, seçilen çıktı değerini (Toplam stok miktarı) ne ölçüde etkilediklerini ve farklı seviyelerin nasıl bir değişkenliğe yol açtığını ortaya koyabilmektir.

Testler MINITAB 15 istatistiksel değerlendirme programında yapılmıştır.

ANOVA tablosunda yer alan toplam kareler, varyans, serbestlik derecesi, katkı yüzdesi elle hesaplanılarak ANOVA tablonun oluşturulma sistematığı aşağıda açıklanmıştır. Kullanılan değerler araştırma sonuçlarında Tablo 3.27' den alınmıştır. Araştırma sonuçları bölümünde MINITAB'de oluşturulan tablo kullanılmıştır. Aşağıda elde hesaplamalarla elde edilen sonuçlarla MINITAB'de elde edilen sonuçlar birbiriyle örtüşmektedir.

Sonuçların toplamı

Araştırma sonuçları bölümünde verilen Tablo 3.27' de verilen toplam stok miktarı değişkeninin deney sonuçlarının toplamı (T)

$$T = \sum_{i=1}^n y_i$$

n = Deney sayısı

y_i =Deney sonucu değeri

$$T=244+232+225+260+231+220+290+267+248+233+209+157+215+186+141+277+264+198+243+140+130+294+209+202+244+162+154=5875$$

Düzeltilme Faktörü

$$CF= T^2/n$$

n = Toplam deney sayısı

$$CF= 5875^2/27=1278356$$

Kareler Toplamı

Toplam kareler toplamı, deney sonuçlarının ortalama deney sonucundan ne kadar sapma gösterdiğini ifade etmektedir.

$$\begin{aligned} S_T &= \sum_{i=1}^{n=27} y_i^2 - CF \\ &= (146^2+143^2+145^2+150^2+149^2+.....+162^2+167^2+169^2) - 1278356 \\ &= 1335155 - 1278356 \\ &= 56799 \end{aligned}$$

Faktörlerin Kareler Toplamı

$$\begin{aligned} S_A &= A_1^2/N_{A1} + A_2^2/N_{A2} + A_3^2/N_{A3} - CF \\ &= 2217^2/9 + 1880^2/9 + 1778^2/9 - 1278356 \\ &= 546121 + 392711 + 351253 - 1278356 \end{aligned}$$

$$= 1290086-1278356$$

$$=11729$$

$$S_B = B_1^2/N_{B1} + B_2^2/N_{B2} + B_3^2/N_{B3} - CF$$

$$= 1813^2/9 + 1958^2/9 + 2104^2/9 - 1278356$$

$$= 365218+425974+491868- 1278356$$

$$= 1283060-1278356$$

$$= 4704$$

$$S_C = C_1^2/N_{C1} + C_2^2/N_{C2} + C_3^2/N_{C3} - CF$$

$$= 2145^2/9 + 1870^2/9 + 1860^2/9 - 1278356$$

$$= 511225+388544+384400-1278356$$

$$= 1284169-1278356 = 5813$$

$$S_D = D_1^2/N_{D1} + D_2^2/N_{D2} + D_3^2/N_{D3} - CF$$

$$= 1803^2/9 + 1963^2/9 + 2109^2/9 - 1278356$$

$$= 361201+428152+494209-1278356$$

$$= 1283562-1278356$$

$$=5206$$

$$S_E = E_1^2/N_{E1} + E_2^2/N_{E2} + E_3^2/N_{E3} - CF$$

$$= 2300^2/9 + 1900^2/9 + 1675^2/9 - 1278356$$

$$= 587778 + 401111 + 311736 - 1278356$$

$$= 1300625 - 1278356$$

$$= 22269$$

$$S_F = F_1^2/N_{F1} + F_2^2/N_{F2} + F_3^2/N_{F3} - CF$$

$$= 1801^2/9 + 1941^2/9 + 2133^2/9 - 1278356$$

$$= 360400 + 418609 + 505521 - 1278356$$

$$= 1284530 - 1278356$$

$$= 6174$$

$$S_e = S_T - (S_A + S_B + S_C + S_D + S_E + S_F)$$

$$= 56799 - (11729 + 4704 + 5814 + 5205 + 22269 + 6174) = 904$$

Toplam ve Faktör Bazında Serbestlik Dereceleri(DOF)

Serbestlik derecesi, ilgili faktörün ya da deneydeki ilgili faktörlerin toplam seviye sayısının 1 eksigidir. Serbestlik derecesi, bir faktörün serbestlik derecesi sayısı kadar veri ile karşılaştırma yapılabileceğini ifade etmektedir. Aşağıda faktörler için ve faktörlerin tamamı için toplam serbestlik derecesi hesaplanmıştır.

$$DOF_{\text{toplam}}(f_T) = \text{Deney sayısı} - 1$$

$$f_T = 27 - 1 = 26$$

Faktörler bazında serbestlik dereceleri

$$F_{\text{Faktör}} = \text{Faktörün seviye sayısı} - 1$$

$$F_A = 3 - 1 = 2$$

$$F_B = 3 - 1 = 2$$

$$F_C = 3 - 1 = 2$$

$$F_D = 3 - 1 = 2$$

$$F_E = 3 - 1 = 2$$

$$F_F = 3 - 1 = 2$$

$$\begin{aligned} F_e &= f_T - (F_A + F_B + F_C + F_D + F_E + F_F) \\ &= 26 - (2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2) \\ &= 14 \end{aligned}$$

Varyans

Varyans, değerlerin ortalamanın çevresindeki dağılımını ölçmek için en yaygın biçimde kullanılan niceliklerden birisidir. Varyans, ortalamanın örneklem değerlerinden çıkarılmasıyla bulunan sapmaların karelerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

$$V_A = S_A / f_A = 11729 / 2 = 5864,5$$

$$V_B = S_B / f_B = 4704 / 2 = 2352$$

$$V_C = S_C / f_C = 5814 / 2 = 2907$$

$$V_D = S_D / f_D = 5205 / 2 = 2602,5$$

$$V_E = S_E / f_E = 22269 / 2 = 11134,5$$

$$V_F = S_F / f_F = 6174 / 2 = 3087$$

$$V_e = S_e / F_e = 904 / 14 = 64,57$$

Katkı Yüzdesi

Faktörlerin toplam kareleri, toplam karelere bölünerek, faktörlerin her birinin tüm sistem zamanı değişken sonucuna ne kadar katkıda bulunduğu yüzdesel olarak hesaplanmıştır.

$$P_A = S_A / S_T = 11729 / 56799 = 0,207 = \%20,7$$

$$P_B = S_B / S_T = 4704 / 56799 = 0,083 = \%8,3$$

$$P_C = S_C / S_T = 5814 / 56799 = 0,102 = \%10,2$$

$$P_D = S_D / S_T = 5205 / 56799 = 0,092 = \%9,2$$

$$P_E = S_E / S_T = 22269 / 56799 = 0,392 = \%39,2$$

$$P_F = S_F / S_T = 6174 / 56799 = 0,109 = \%10,9$$

2.6.3 İstatistiksel Değerlendirmelerde Kullanılan Programlar

Bu çalışmada istatistiksel değerlendirmelerin yapılmasında MINITAB 15, STAT FIT olmak üzere iki ayrı programdan yararlanılmıştır.

Örnek ortalamalarının karşılaştırıldığı t testi, Taguchi deney tasarımından elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan standart analiz ve sinyal gürültü oranlarının hesaplanmasında ve faktör etkilerinin önem derecelerinin belirlenmesi için uygulanan ANOVA varyans analizinde MINITAB 15 programı kullanılmıştır.

Verilerin bağımsızlığının değerlendirilmesi ve istatistiksel dağılımlarının elde edilmesinde STAT FIT programından yararlanılmıştır.

BÖLÜM ÜÇ

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

3.1 Çalışmada Kullanılan Firma Verilerinin İstatistiksel Analiz Sonuçları

3.1.1 Kumaş Türlerinin Belirlenmesi

Araştırmanın yapıldığı işletmenin Ocak-Aralık 2007 dönemindeki kumaş siparişlerine ait raporların incelenmesi sonucunda, firmada çalışılan temel örgü türlerinin *süprem, **likralı süprem, ***futter ve ****ribana olduğu belirlenmiştir. Tablo 3.1’ de 2007 yılında sipariş edilen ana örgülerin miktarları ve toplam kumaş siparişi içindeki payları görülmektedir.

Tablo 3.1 İşletmede çalışılan temel örgü türlerinin yüzdesel dağılımı

2007 YILI HAM KUMAŞ KULLANIM VERİLERİ		
HAM KUMAŞ	%KAPASİTE	TOPLAM MİKTAR(ton)
Suprem	26,54	2.294
Likralı Suprem	13,03	1.126
Futter	31,94	2.762
GENEL TOPLAM	100	8.647

Ancak konfeksiyon sektöründe modaya bağlı olarak çalışıldığı için, bu ana temel örgü türleri iplik eğirme şekli, lif cinsi, ipliği oluşturan lif kompozisyonu, likra oranı, likranın numarası, iplik numarası açısından farklılık göstermektedirler. Çalışmada kullanılmak üzere bu farklılıkları da içerecek şekilde, aşağıdaki kumaş türleri belirlenmiştir.

- SUPREM 40/1(%100 Co, likrasız, penye)
- LYC SUPREM 30/1(%95 Co, %5 likra, likra numarası 30 denye, penye)
- LYC SUPREM 40/1(%95 Co, %5 likra, likra numarası 30 denye, penye)

Belirlenen kumaşların, 2007 yılı verileri içinden Ocak-Aralık tarihleri arasındaki tüketim miktarları taranmış ve aşağıdaki Tablo 3.2 oluşturulmuştur.

Tablo 3.2 Ocak-Aralık döneminde tüketilen kumaş miktarları

BELİRLENEN KUMAŞLAR AYLIK TÜKETİMLERİ (KG)													
Kumaş	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
40/1 Süprem	33522	68328	69870	77954	47785	51742	26154	22383	18156	17124	65	8225	441308
40/1Lyc Süprem	20346	16131	40546	56329	33344	8342	25863	4843	40935	5307	25009	4414	281409
30/1 Lyc Süprem	32113	49379	82342	83996	63589	317	24857	13538	11928	10362	11748	9013	519777

Kumaş tüketimi yıllık olarak incelendiğinde çok dalgalanma göstermektedir. Bu nedenle belli bir istatistiksel dağılıma uymamaktadır. Yoğunluğun fazla olduğu dönemlerde, benzer ürünler üreten sektördeki diğer işletmeler de kumaş tedariki için fason örme işletmelerine yoğun sipariş gönderdiği için, kumaşların bir an önce tedarik edilmesi için çok fazla fason işletmeye kumaş siparişi verilmek durumunda kalmaktadır. Bu nedenle çalışma sisteminin işletmenin işlerinin arttığı dönemler için uygun olacağı düşünülmüştür.

Tablo 3.2' de görüldüğü gibi, belirlenen tüm kumaş türlerine ait yıllık siparişler mart-mayıs ayları arasında yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle kurulan simülasyon modeli de bu tarih aralığı için çalıştırılmıştır.

Mevcut sistemde, araştırma için seçilen kumaş türlerinin kumaş tedarik süresinin ortalama 213 saat olduğu görülmüştür. Tablo 3.3' te gerçek sipariş verilerinin tedarik sürelerinin tanımlayıcı istatistik bilgileri görülmektedir.

Tablo 3.3 Gerçek sipariş verilerin tedarik sürelerinin tanımlayıcı istatistik bilgileri

Gerçek Verilerin Tanımlayıcı İstatistik Bilgileri	Tedarik Sürelerinin
Veri sayısı	62
minimum	120.
maksimum	288.
ortalama	213.677
medyan	216.
mod	216.
Standart sapma	37.562
Varyans	1410.91
Varyasyon katsayısı	17.579
Çarpıklık	0.165419
Basıklık	-0.238659

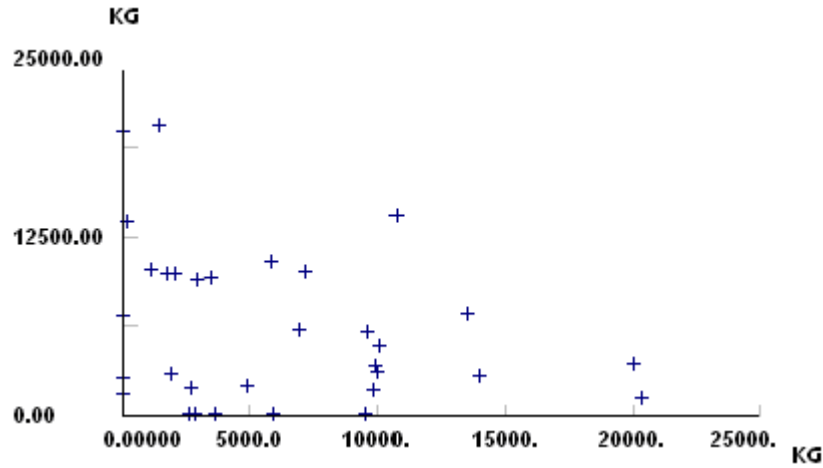
3.2 Belirlenen Kumaş Türlerinin Geçmiş Sipariş Verilerinin İstatistiksel Analiz Sonuçları

3.2.1 Simülasyon Modelinde Kullanılacak Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Bağımsızlık Testlerinin Sonuçları

3.2.1.1 40/1 Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Bağımsızlık Testlerinin Sonuçları

Serpilme test sonuçları :

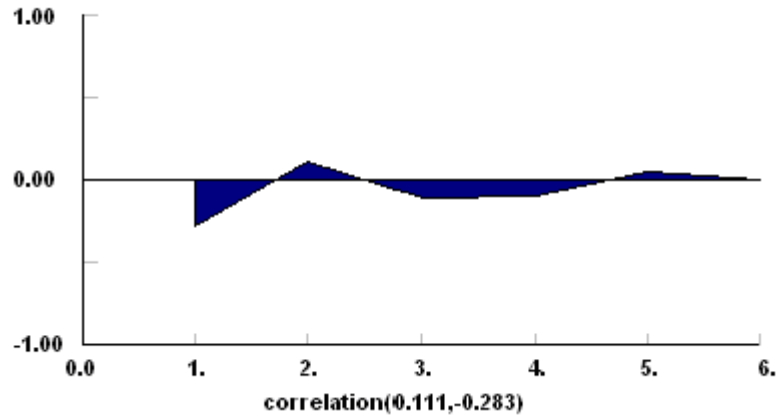
Şekil 3.1’ de 40/1 süprem kumaş siparişlerinin miktar verilerinin serpilme diyagramı görülmektedir. Grafikteki noktaların dağınık şekilde bulunması, herhangi bir yöne doğru azalan veya artan bir eğilim göstermemesi, verilerin bağımsız olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 3.1 40/1 Süprem kumaş miktar verilerinin serpilme diyagramı

Otokorelasyon test sonuçları:

Şekil 3.2’ de görülen otokorelasyon grafiğinde otokorelasyon değerleri 0,111 ve -0,283 değerlerini almıştır. Bu değerlerin -1 ve +1 uç değerlerinden oldukça uzak olması, noktalar arasında bağımlılığın oldukça az olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 3.2 40/1 Süprem kumaşa ilişkin gelen sipariş miktarı verilerinin otokorelasyon diyagramı

Tekrar testlerinin sonuçları:

Tekrar testlerinin sonuçları incelendiğinde ise Tablo 3.4 'te medyan testi için p değeri 0,472 , dönüm noktası için p değeri 0,157 değerlerini almıştır. Bu değerlerin $\alpha=0,05$ değerinden büyük olması incelenen verilerin bağımsız olduğu anlamına gelmektedir.

Tablo 3.4 40/1 Süprem'le ilgili sipariş miktarı verilerine uygulanan tekrar testleri sonuçları

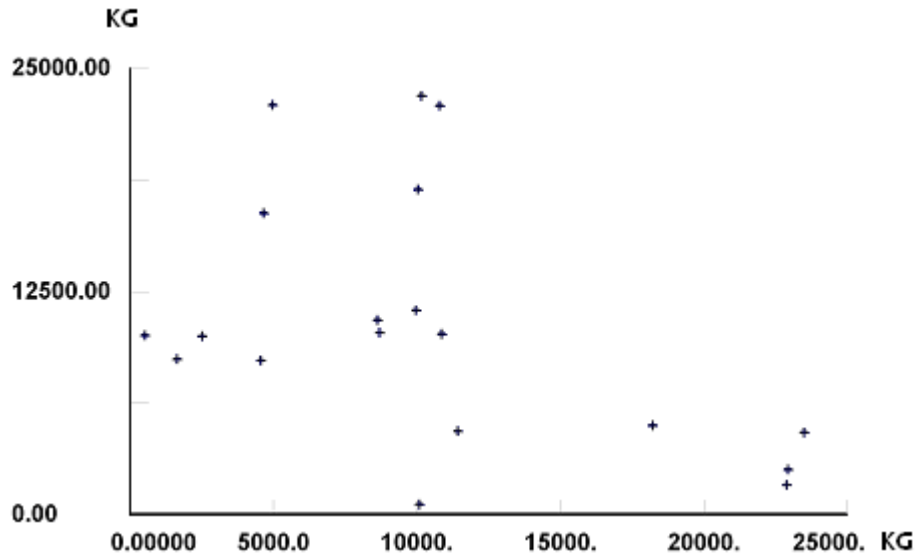
Verilerin Tekrar Testleri			
Medyan Testi		Dönüm Noktası Testi	
Veri sayısı	33	Veri sayısı	33
Medyanın altında veri sayısı	16	dönüm noktası sayısı	25
Medyanın üstünde veri sayısı	16	ortalama dönüm	21.6667
Toplam tekrar	19	dönümlerin standart sapması	2.35466
Ortalama tekrar	17.	dönüm noktası istatistiği	1.41563
Tekrarların standart sapması	2.78243	Güven seviyesi	5.e-002
Tekrar istatistiği	0.718795	dönüm noktası istatistiği(2.5e-002)	1.95996
Güven seviyesi	5.e-002	p-değeri	0.156884
Tekrar istatistiği e-002)	1.95996	sonuç	REDDEDİLEMEZ
p-değeri	0.472267		
sonuç	REDDEDİLEMEZ		

Tüm test sonuçları 40/1 süprem kumaşlara ait sipariş verilerinin bağımsız olduğunu göstermiştir.

3.2.1.2 30/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Bağımsızlık Testlerinin Sonuçları

Serpilme testi:

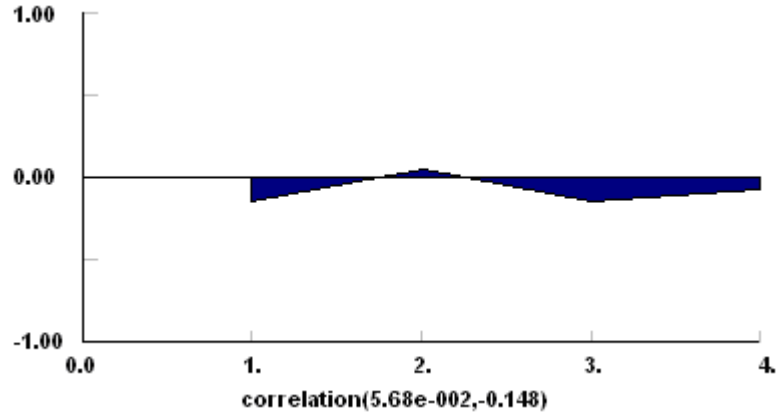
Şekil 3.3 ‘teki serpilme diyagramı incelendiğinde Grafikteki noktaların dağınık şekilde bulunduğu, herhangi bir yöne doğru azalan veya artan bir eğilim göstermediği görülmektedir. Bu durum verilerin bağımsız olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 3.3 30/1 Likralı süprem kumaşa ilişkin siparişlerin miktar verilerinin serpilme diyagramı

Otokorelasyon testi:

Şekil 3.4‘ teki grafikte, otokorelasyon değerlerinin 0,0568 ve -0,148 olduğu görülmektedir. Bu değerlerin -1 ve +1 uç değerlerinden oldukça uzak olması verilerin bağımsız olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 3.4 30/1 Likralı süprem kumaşa ilişkin gelen sipariş miktarı verilerinin otokorelasyon diyagramı

Tekrar testleri:

Tablo 3.5’ teki tekrar testlerinin sonuçları incelendiğinde ise medyan testi için p değeri 0,358, dönüm noktası için p değeri 0,578 değerlerini almıştır. Bu değerler $\alpha=0,05$ değerinden büyük olması sipariş miktar verilerinin bağımsız olduğu anlamını taşımaktadır.

Tüm test sonuçları 30/1 likralı süprem kumaşlara ait sipariş verilerinin bağımsız olduğunu göstermiştir.

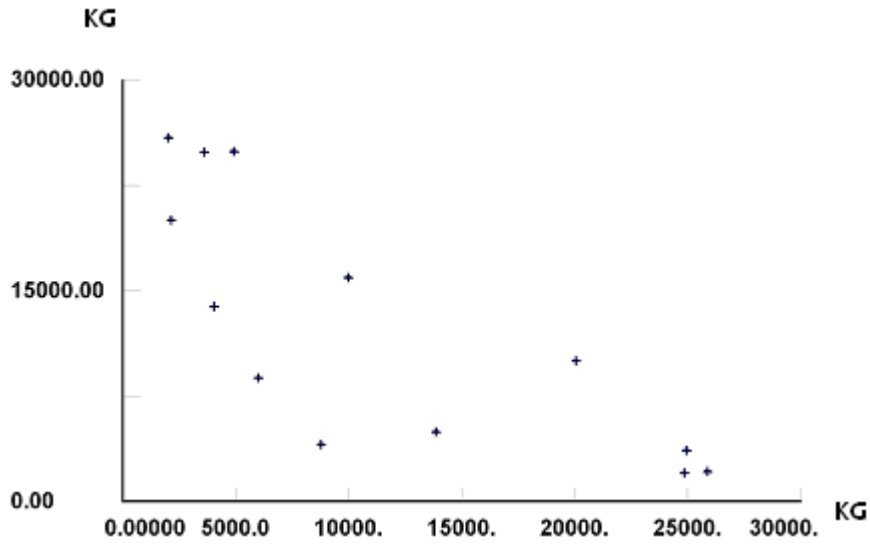
Tablo 3.5 30/1 Likralı süprem kumaşa ilişkin sipariş miktarı verilerinin tekrar testleri sonuçları

Verilerin Tekrar Testleri			
Medyan Testi		Dönüm Noktası Testi	
Veri sayısı	20	Veri sayısı	20
Medyanın altında veri sayısı	10	Dönüm noktası sayısı	12
Medyanın üstünde veri sayısı	10	Ortalama dönüm	13
Toplam tekrar	13	Dönümlerin standart sapması	1.79815
Ortalama tekrar	11.	Dönüm noktası istatistiği	0.556128
Tekrarların standart sapması	2.17643	Güven seviyesi	5.e-002
Tekrar istatistiği	0.918937	Dönüm noktası istatistiği (2.5e-002)	1.95996
Güven seviyesi	5.e-002	p-değeri	0.578123
Tekrar istatistiği (2.5e-002)	1.95996	sonuç	REDDEDİLEMEZ
p-değeri	0.358129		
sonuç	REDDEDİLEMEZ		

3.2.1.3 40/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Bağımsızlık Testlerinin Sonuçları

Serpilme testi:

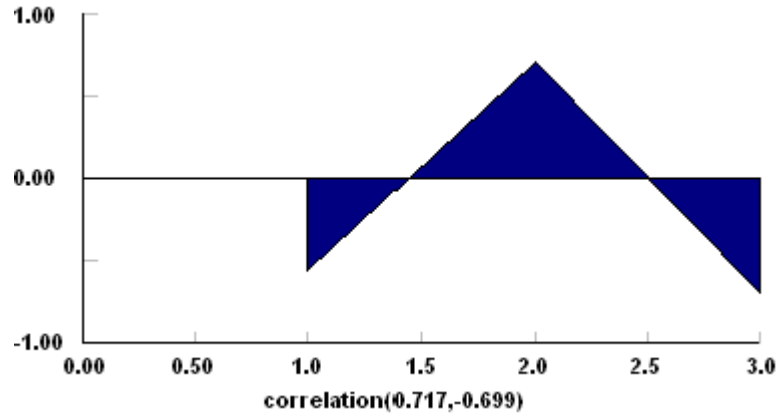
Şekil 3.5’ te 40/1 likralı süprem kumaşa ait verilerin serpilme diyagramı incelendiğinde verilerin diğer kumaş türlerinden daha farklı şekilde yayıldığı görülmektedir. Noktalar arasında azalan yönde hafif bir eğilim bulunmaktadır.



Şekil 3.5 40/1 Likralı süprem kumaşa ilişkin sipariş miktarı verilerinin serpilme diyagramı

Otokorelasyon testi:

Şekil 3.6’ da görülen otokorelasyon grafiğinde, otokorelasyon değerleri 0,717 ve -0,699 değerlerini almıştır. Değerler -1 ve +1 uç değerlerine yakındır. Noktalar arasındaki bağımlılık diğer kumaş türlerine göre oldukça güçlüdür. Bu kumaş türü için yeterince veri olmamasının da bu sonuçta etkili olabileceği düşünülebilir.



Şekil 3.6 40/1 Likralı süprem kumaşa ilişkin gelen sipariş verilerinin otokorelasyon diyagramı

Tekrar testleri:

Tablo 3.6' da tekrar testlerinin sonuçlarında da belirtildiği gibi medyan testinin yapılabilmesi için yeterli veri yoktur. Medyan testinin yapılabilmesi için en az 20 veri olması gerekmektedir. 16 veri olması nedeniyle bu test gerçekleştirilememiştir. Bu nedenle tekrar testinin diğer bir tipi olan dönüm noktası testi yapılmış p 0,0931 değerini almıştır. Bu değer $\alpha=0,05$ değerinden büyük olduğu için bu testin sonuçlarına göre verilerin bağımsız olduğu söylenebilir.

Tablo 3.6 40/1 Likralı süprem kumaşa ilişkin siparişlerin tekrar testleri sonuçları

Verilerin Tekrar Testleri			
Medyan Testi		Dönüm Noktası Testi	
Veri sayısı	16	Veri sayısı	16
Medyanın altında veri sayısı	8	Dönüm noktası sayısı	13
Medyanın üstünde veri sayısı	8	Ortalama dönüm	10.3333
Toplam tekrar	13	Dönümlerin standart sapması	1.58815
Normal yaklaşım için yetersiz veri sayısı		Dönüm noktası istatistiği	1.6791
		Güven seviyesi	5.e-002
		Dönüm noktası istatistiği (2.5e-002)	1.95996
		p-değeri	9.31322e-002
		sonuç	REDDEDİLEMEZ

40/1 likralı süprem kumaş siparişlerine ait veri sayısının yeterli olmaması nedeniyle, serpilme diyagramı ve otokorelasyon bağımsızlık test sonuçlarından, verilerin bağımsızlığıyla ilgili kesin bir yargıya varılamamıştır. Ancak dönüm

noktası test sonucu verilerin bağımsız olduğunu göstermiştir. Bu nedenle 40/1 likralı süprem kumaş siparişlerinin verilerinin de bağımsız olduğu kabul edilmiştir.

3.2.2 Kumaşlara İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Teorik Dağılıma Uygunluğu ve Siparişlerin Geliş Aralıklarının Belirlenmesi

3.2.2.1 40/1 Süprem Kumaşa Ait Siparişlerin Miktar Verilerinin Değerlendirilmesi

3.2.2.1.1 40/1 Süprem Kumaşa Ait Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Teorik Dağılım Sonuçları. 40/1 Süprem kumaşın tanımlayıcı istatistik bilgileri şöyledir.

Tablo 3.7 40/1 Süprem kumaşa ilişkin siparişlerin tanımlayıcı istatistik bilgileri

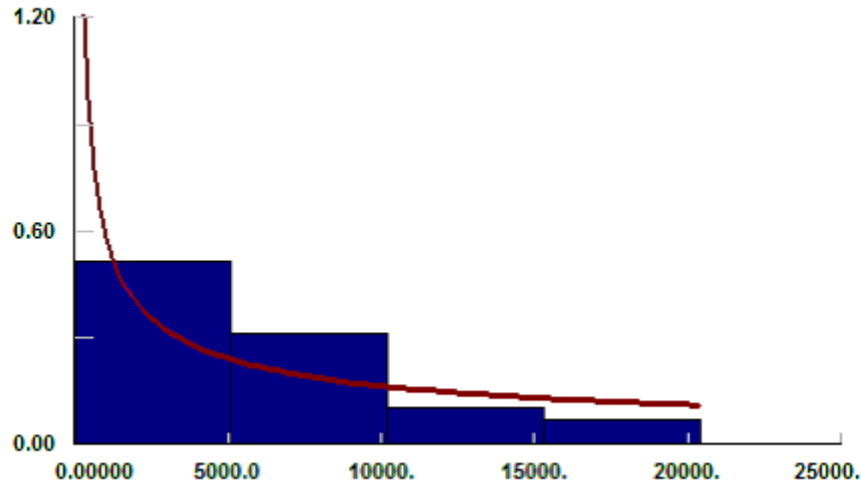
Tanımlayıcı İstatistik Bilgiler	
Veri sayısı	33
Minimum	16.
Maksimum	20346.
Ortalama	5923.76
Medyan	3635.
Mod	16.
Standart sapma	5577.33
Varyans	3.11066e+007
Varyasyon katsayısı	94.1519
Çarpıklık	1.0496
Basıklık	0.405191

Gelen siparişlerin ortalama miktarı 5924 kg , medyanı 3635 kg' dır. Bu kumaşın kullanılacağı siparişlerin istatistiksel dağılımına uygun teorik dağılımın sonuçları Tablo 3.8' de görülmektedir.

Tablo 3.8 40/1 Süprem kumaşa ilişkin siparişlerin istatistiksel dağılım tablosu

Power Function		
minimum	=	0. [sabit]
maksimum	=	20352.5
alfa	=	0.443945
Kolmogorov-Smirnov		
Veri sayısı		29
ks stat		0.108
alfa		5.e-002
ks stat(29,5.e-002)		0.246
p-değeri		0.849
sonuç		REDDEDİLEMEZ

Şekil 3.7’de dağılım grafiği görülmektedir. Kolmogorov testinde p değeri 0.849 ile sipariş miktarlarının dağılımına en iyi uyumu Power Function istatistiksel dağılımı sağlamıştır. Simülasyon programına 40/1 süprem kumaşın kullanımını gerektiren siparişlerin miktarlarının Power Function istatistiksel dağılımının Stat Fit programından elde edilen dağılımın rakamsal karşılığı $B(0.444, 1., 0., 2.04e+004)$, simülasyon programına 40/1 süprem kumaşın sipariş miktarlarının istatistiksel verisi olarak girilmiştir.



Şekil 3.7 40/1 Süprem kumaşa ilişkin siparişlerin teorik dağılım grafiği

3.2.2.1.2 40/1 Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Sipariş Aralığının Belirlenmesi. 40/1 süprem kumaşın gelen sipariş aralıklarına ait tanımlayıcı istatistik bilgileri Tablo 3.9’ da verilmiştir. Ortalama aralık değeri

2.75 gün (~ 3 gündür). Simülasyon programına siparişlerin geliş aralığı değeri 3 gün olarak girilmiştir.

Tablo 3.9 40/1 Süprem kumaşa ilişkin siparişlerin aralığının tanımlayıcı istatistik bilgileri

Tanımlayıcı İstatistik Bilgiler	
Veri sayısı	32
Minimum	1.
Maksimum	13.
Ortalama	2.75
Medyan	2.
Mod	1.
Standart sapma	2.44949
Varyans	6.
Varyasyon katsayısı	89.0724
Çarpıklık	2.51446
Basıklık	8.03591

3.2.2.2 40/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Değerlendirilmesi

3.2.2.2.1 40/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Teorik Dağılım Sonuçları. 40/1 Likralı süprem kumaşın tanımlayıcı istatistik bilgileri Tablo 3.10' da verilmiştir.

Tablo 3.10 40/1 Likralı süprem kumaşa ilişkin siparişlerin tanımlayıcı istatistik verileri

Tanımlayıcı İstatistik Bilgiler	
Veri sayısı	16
Minimum	90.
Maksimum	25884.
Ortalama	10465.4
Medyan	7391.5
Mod	90.
Standart sapma	9230.28.51981e+007
Varyasyon katsayısı	88.1983
Çarpıklık	0.636408
Basıklık	-1.28006

Tanımlayıcı istatistik verilerinde gelen sipariş miktarlarının ortalaması 10465 kg, medyanı 7391 kg olarak bulunmuştur.

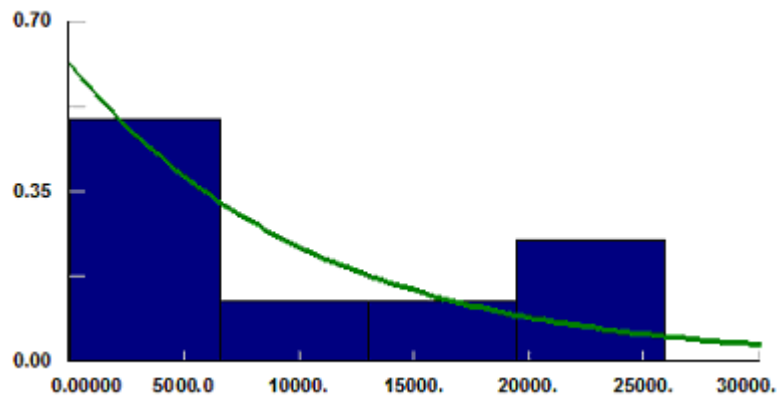
Bu kumaşın kullanılacağı siparişlerin dağılımına uygun istatistiksel dağılıma sahip teorik dağılımın sonuçları Tablo 3.11 'de görülmektedir.

Tablo 3.11 40/1 Likralı süprem kumaşa ilişkin siparişlerin teorik dağılım sonuçları

Exponential		
minimum	=	0. [sabit]
beta	=	10465.4
Kolmogorov-Smirnov		
Veri sayısı		16
ks stat		0.109
alfa		5.e-002
ks stat(16,5.e-002)		0.327
p-değeri		0.981
Sonuç		REDDEDİLEMEZ

Exponential dağılımı siparişlerin miktarlarının dağılımına en iyi uyumu göstermektedir. Simülasyon programına 40/1 likralı süprem kumaşın kullanımını gerektiren siparişlerin miktarlarının Exponential istatistiksel dağılımının Stat Fit programından elde edilen dağılımın rakamsal karşılığı $E(1.05e+004)$, simülasyon programına 40/1 likralı süprem kumaşın sipariş miktarlarının istatistiksel verisi olarak girilmiştir.

Dağılımın aynı grafik üzerinde gösterimi Şekil 3.8' de görülmektedir.



Şekil 3.8 40/1 Likralı süprem kumaşa ilişkin siparişlerin teorik dağılım grafiği

3.2.2.2.2 40/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Verilerinin Aralığının Belirlenmesi. Tablo 3.11’ de görüldüğü gibi ortalama aralık değeri 6 gündür. Simülasyon programına 40/1 likralı süprem siparişlerin gelişleri arasındaki süre 6 gün olarak girilmiştir. Bu verilere ilişkin hesaplanan tanımlayıcı istatistik bilgileri Tablo 3.12’ de görülmektedir.

Tablo 3.12 40/1 Likralı süprem kumaşa ilişkin siparişlerin aralığının tanımlayıcı istatistik bilgileri

Tanımlayıcı İstatistik Bilgiler	
Veri sayısı	15
Minimum	1.
Maximum	20.
Ortalama	6.
Medyan	6.
Mod	1.
Standart sapma	4.97135
Varyans	24.7143
Varyasyon katsayısı	82.8558
Çarpıklık	1.67836
Basıklık	2.74551

3.2.2.3 30/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Değerlendirilmesi

3.2.2.3.1 30/1 Likralı Süprem Kumaşa İlişkin Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Teorik Dağılım Sonuçları. 30/1 Likralı süprem kumaşın tanımlayıcı istatistik bilgileri Tablo 3.13’ te verilmiştir.

Tablodan elde edilen ortalama değer 10698 kg ve medyan değeri 10060 kg ‘dır.

Tablo 3.13 30/1 Likralı süprem kumaşın sipariş miktarlarının tanımlayıcı istatistik bilgileri

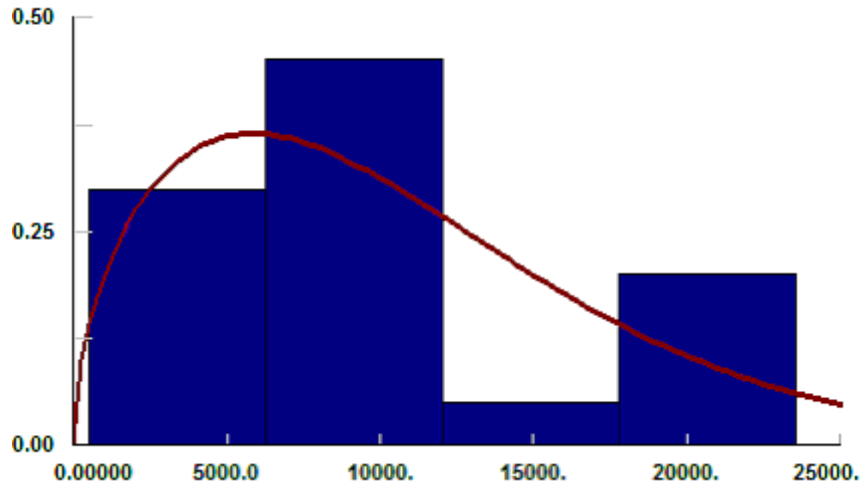
Tanımlayıcı İstatistik Bilgiler	
Veri sayısı	20
Minimum	512.
Maksimum	23487.
Ortalama	10698.
Medyan	10060.5
Mod	10420.
Standart sapma	6986.55
Varyans	4.88119e+007
Varyasyon katsayısı	65.3068
Çarpıklık	0.583854
Basıklık	-0.672504

30/1 Likralı süprem kumaşın uygunluk testi sonuçları Tablo 3.13’ de ve dağılım grafiği Şekil 9’ da görülmektedir.

Tablo 3.14’ te verilerin dağılımına en uygun teorik dağılımın Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Simülasyon programına 30/1 likralı süprem kumaşın kullanımını gerektiren siparişlerin miktarlarının Weibull istatistiksel dağılımının Stat Fit programından elde edilen dağılımın rakamsal karşılığı $W(1.53, 1.18e+004)$, simülasyon programına 30/1 likralı süprem kumaşın sipariş miktarlarının istatistiksel verisi olarak girilmiştir.

Tablo 3.14 30/1 Likralı süpreme ilişkin siparişlerin teorik dağılım sonuçları

Weibull	
minimum =	0. [sabit]
alfa =	1.52501
beta =	11807.5
Kolmogorov-Smirnov	
Veri sayısı	20
ks stat	0.162
alfa	5.e-002
ks stat(20,5.e-002)	0.294
p-değeri	0.617
Sonuç	REDDEDİLEMEZ



Şekil 3.9 Likralı süprem kumaşa ilişkin siparişlerin teorik dağılım grafiği

3.2.2.3.2 30/1 Likralı Süprem Kumaşın Gelen Siparişlerin Miktar Verilerinin Aralığının Belirlenmesi. 30/1 likralı kumaşa ait siparişlerin gelişleri arasındaki verilerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen tanımlayıcı istatistik bilgileri Tablo 3.15'te görülmektedir.

Buna göre siparişler arasındaki geliş süresinin ortalama değeri 3.8 gün (~ 4 gün) olarak bulunmuştur. Simülasyonda 30/1 likralı süprem kumaşa ilişkin gelen siparişler arasındaki geliş aralığı değeri sisteme 4 gün olarak girilmiştir.

Tablo 3.15 30/1 Likralı süprem kumaşın sipariş aralığının tanımlayıcı istatistik verileri

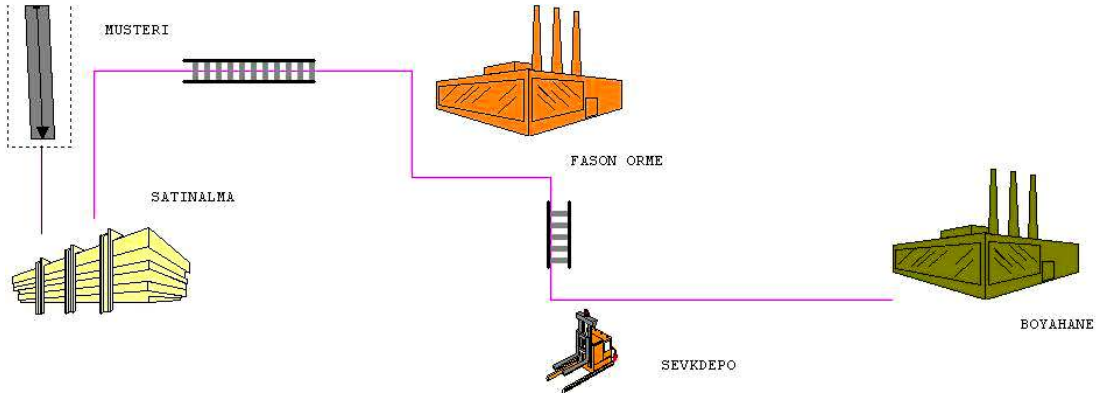
Tanımlayıcı İstatistik Bilgiler	
Veri sayısı	25
Minimum	1.
Maksimum	12.
Ortalama	3.8
Medyan	3.
Mod	1.
Standart sapma	2.97209
Varyans	8.83333
Varyasyon katsayısı	78.213
Çarpıklık	1.24621
Basıklık	0.887686

3.3. Oluşturulan Simülasyon Modelleri

Kurulan simülasyon modelinin program kodları ekler bölümünde EK 1’ de verilmiştir.

3.3.1 Simülasyonu Kurulan Mevcut Çalışma Sistemi Modeli

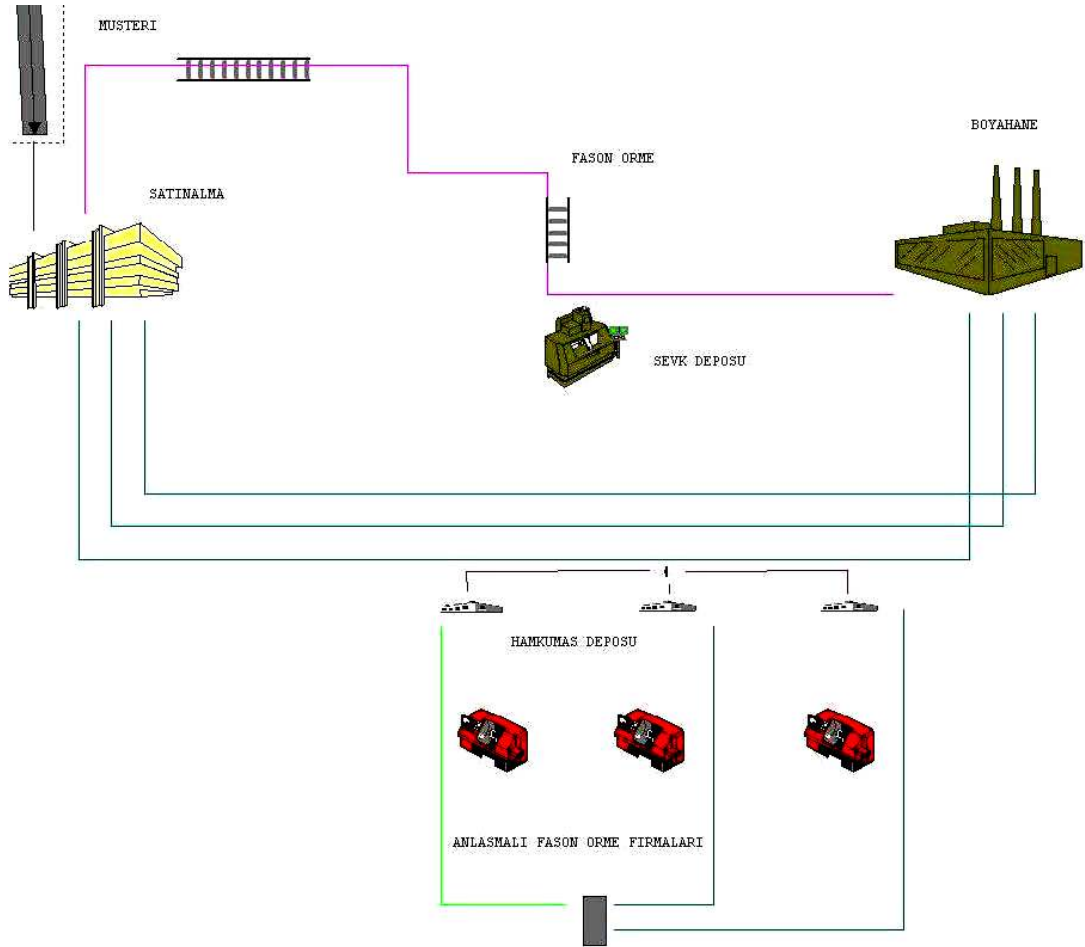
Bu çalışmada belirlenen problemin çözümünde kullanılacak olan mevcut durumun simülasyon modeli oluşturulmuştur. İşletmenin mevcut durumunun simülasyon modeli Şekil 3.10’ da verilmiştir.



Şekil 3.10 Mevcut çalışma sisteminin simülasyon modeli

3.3.2 Simülasyonu Kurulan Önerilen Sistem Modeli

Bu çalışmada belirlenen problemin çözümünde kullanılacak olan önerilen durumun simülasyon modeli oluşturulmuştur. İş akışı verilen önerilen çalışma sisteminin simülasyon modeli Şekil 3.11 ‘de verilmiştir.



Şekil 3.11 Önerilen çalışma sisteminin simülasyon modeli

3.4 Kurulan Simülasyon Modelinin Doğruluğu ve Geçerliliği

3.4.1 Kurulan Simülasyon Modelinin Doğruluğu

Programın çalıştırılması sırasındaki animasyonda siparişleri temsil eden varlıkların yerimleri arasında akışının amaca uygun olduğu gözlenmiştir. Gelen siparişleri temsil eden varlıkların simülasyon sistemine girişte otomatik olarak aldıkları kod numaraları dikkate alınarak, simülasyonda oluşturdukları izlerin takibi sonucunda, istenilene uygun olarak yerimleri arasında gezdikleri belirlenmiştir. Ayrıca, geçici olarak simülasyon programına yerleştirilen sayaçlar yardımıyla da varlıkların akışı test edilmiştir. Modelin çalıştırılması sonucu elde edilen tüm sistemde ortalama gerçekleşen kumaş tedarik süresi değerinin, incelenen işletmenin kumaş tedarik süresi verileri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Tüm bu kontroller sonucunda programın doğruluğuna karar verilmiştir.

3.4.2 Kurulan Mevcut Çalışma Sistemi Simülasyon Modelinin Geçerliliği

3.4.2.1 Gerçek Verilerin İstatistiksel Değerlendirilme Sonuçları

İncelenen işletmeden alınan sipariş verileri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Verilerin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 3.16’ da verilmiştir. Buna göre ortalama tedarik süresinin ortalama 213 saat olduğu görülmektedir.

Tablo 3.16 Gerçek duruma ait sipariş aralığı verilerinin tanımlayıcı istatistik bilgileri

Tanımlayıcı İstatistik Bilgiler	
Veri sayısı	62
Minimum	120.
Maksimum	288.
Ortalama	213.677
Medyan	216.
Mod	216.
Standart sapma	37.5621
Varyans	1410.91
Varyasyon katsayısı	17.5789
Çarpıklık	0.165419
Basıklık	-0.238659

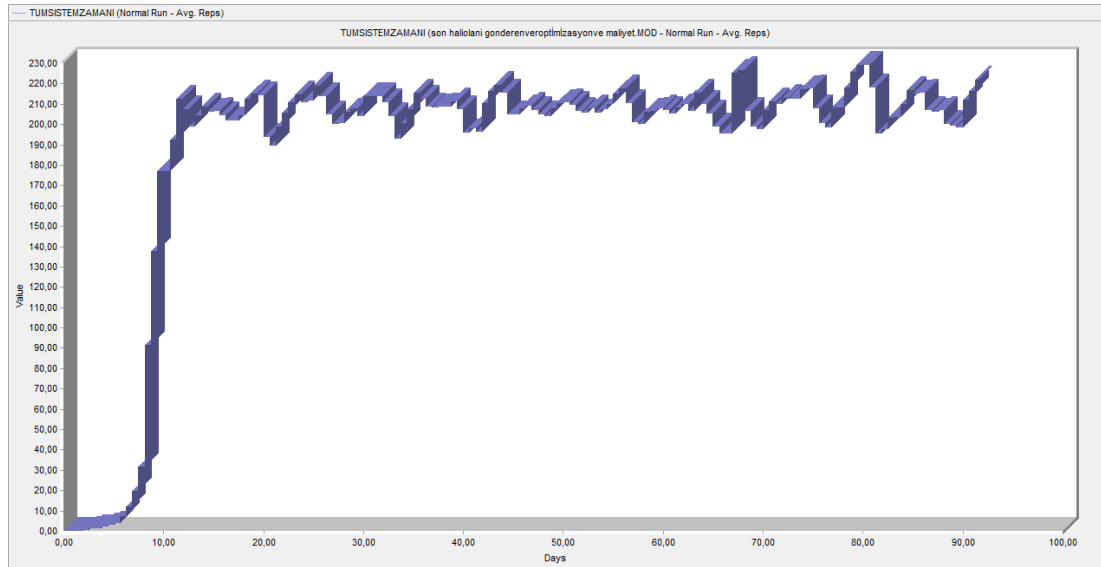
Tablo 3.17’ de görülen $p=0,1$ değerinin, kabul edilen $\alpha=0,05$ değerinden büyük olması, kumaşların gerçekleşen tedarik süresi verilerinin normal dağılım özelliği taşıdığını ifade etmektedir .

Tablo 3.17 İşletmede gerçekleşen tedarik süresine ait verilerin normal dağılıma uygunluğu

Veri sayısı	62
Güven seviyesi	5.e-002
Ortalama =	213.677
sigma =	37.2579
Kolmogorov-Smirnov	
Veri sayısı	62
ks stat	0.153
alfa	5.e-002
ks stat(62,5.e-002)	0.17
p-değeri	0.1
Sonuç	REDDEDİLEMEZ

3.4.2.2 Mevcut Durumun Simülasyon Modelinden Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Değerlendirme Sonuçları

Sistem çalıştırılmaya başlandığında, örme makineleri tamamen boş olacağı için fason örme makinelerinin işle yüklenmesi ve fason örme makinelerinde işlem gören siparişlerin tamamlanma zamanının belli bir dengeye gelip, belli bir istatistiksel dağılıma uygun olarak dalgalandığı periyoda gelene kadar geçen sürenin 15 gün olduğu grafikten (Şekil 3.12) görülmüştür. Bu nedenle ısınma süresinin, sistemin kararlı hale geldiği ve tüm istatistiklerin sağlıklı bir şekilde elde edilebildiği noktaya gelme süresinin 15 gün olmasına karar verilmiştir.

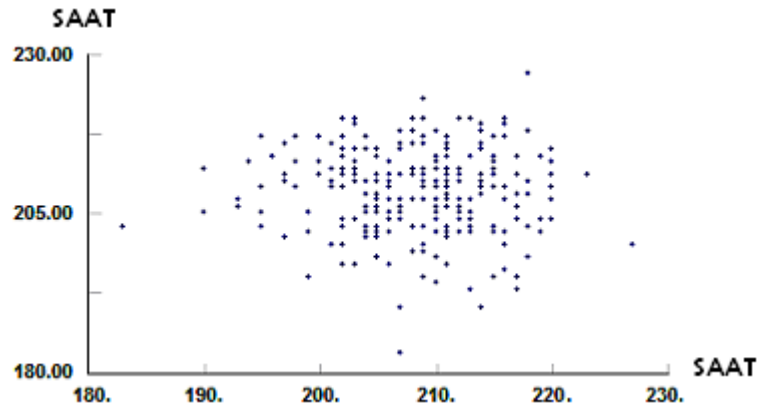


Şekil 3.12 Mevcut durum için simülasyon modelinin ısınma süresi

Mevcut sisteme ait simülasyon programının ısınma süresi dikkate alınarak çalıştırılması sonucunda elde edilen verilerin bağımsızlık test sonuçları aşağıda verilmiştir.

Serpilme testi:

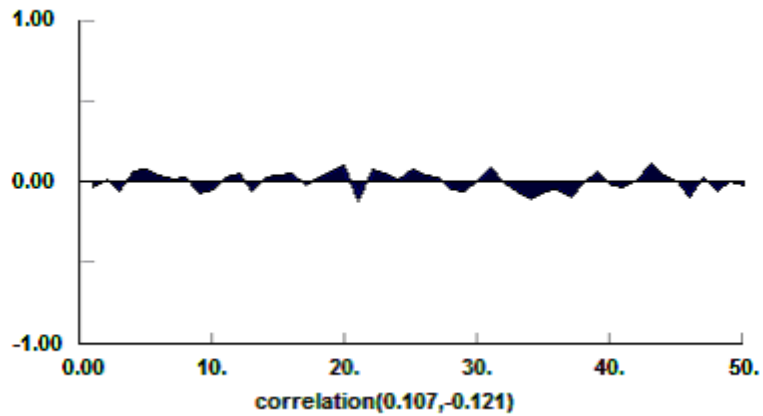
Şekil 3.13’ teki mevcut çalışma sisteminde tüm sistem zamanı değişkenine ait verilerin serpilme diyagramında, verilerin herhangi bir eğilim göstermedikleri görülmektedir.



Şekil 3.13 Mevcut durumda tüm sistem zamanı verilerinin serpilme diyagramı

Otokorelasyon testi:

Şekil 3.14’ teki otokorelasyon değerleri (0.107,-0.121)’ dir. Bu değerlerin -1 ve +1 değerlerinden oldukça uzak olması elde edilen verilerin bağımsız olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 3.14 Mevcut durumda tüm sistem zamanı verilerinin otokorelasyon diyagramı

Tekrar testleri:

Tekrar testleri sonuçları Tablo 3.18’ de görülmektedir.

Tablo 3.18 Mevcut durumda tüm sistem zamanı verilerinin tekrar testleri

Medyan Testi		Dönüm Noktası Testi	
Veri sayısı	250	Veri sayısı	240
Medyanın altında veri sayısı	114	Dönüm noktası sayısı	167
Medyanın üstündeki veri sayısı	120	Ortalama dönüm	159.667
Toplam tekrar	121	Dönümlerin standart sapması	6.50726
Ortalama tekrar	117.923	Dönüm noktası istatistiği	1.12695
Tekrarların standart sapması	7.62706	Güven seviyesi	5.e-002
Tekrar istatistiği	0.403422	Dönüm noktası istatistiği (2.5e-002)	1.95996
Güven seviyesi	5.e-002	p-değeri	0.259765
Tekrar istatistiği (2.5e-002)	1.95996	sonuç	REDDEDİLEMEZ
p-değeri	0.686638		
sonuç	REDDEDİLEMEZ		

Medyan testinde p, 0,6866 değerini almıştır. Bu değer kabul edilen $\alpha=0,05$ değerinden büyüktür bu nedenle medyan testine göre mevcut durum verileri bağımsızdır.

Dönüm noktası testinde de p, 0,259 değerini almıştır. Bu değer kabul edilen $\alpha=0,05$ değerinden büyüktür bu nedenle medyan testine göre mevcut durum verileri bağımsızdır.

Bağımsızlıkla ilgili test sonuçlarının tamamından olumlu sonuçlar elde edildiği için mevcut sisteme ait simülasyon verilerinin bağımsız olduğu düşünülmüştür.

STAT FIT programı yardımıyla elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluğu ile ilgili sonuçlar Tablo 3.19’ da verilmiştir. p= 0,262 değeri $\alpha=0,05$ değerinden büyük olduğu için verilerin normal dağılıma uyduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.19 Mevcut sistemin simülasyon verilerinin normal dağılıma uygunluğu

Veri sayısı	250
Güven seviyesi	5.e-002
Ortalama =	208.296
sigma =	6.61637
Kolmogorov-Smirnov	
Veri sayısı	250
ks stat	6.24e-002
alfa	5.e-002
ks stat(250,5.e-002)	8.52e-002
p-değeri	0.267
sonuç	REDDEDİLEMEZ

3.4.2.3 İşletmeden Alınan Gerçek Verilerin Mevcut Durum Simülasyon Verileri ile Uyumunun (Validation) Test Edilmesi ve Sonuçları

Her iki sistemin verileri incelendiğinde gerçek sistemin verilerinin ve mevcut sistemin simülasyonundan elde edilen verilerin normal dağılım özelliği gösterdiği görülmüştür. İki sistemin karşılaştırılması için uygulanan t testinin sonucu Tablo 3.20’ de görülmektedir.

Tablo 3.20 İşletmeden alınan gerçek tedarik süresi verileriyle mevcut durum simülasyonundan elde edilen tedarik süresi verilerinin t testi

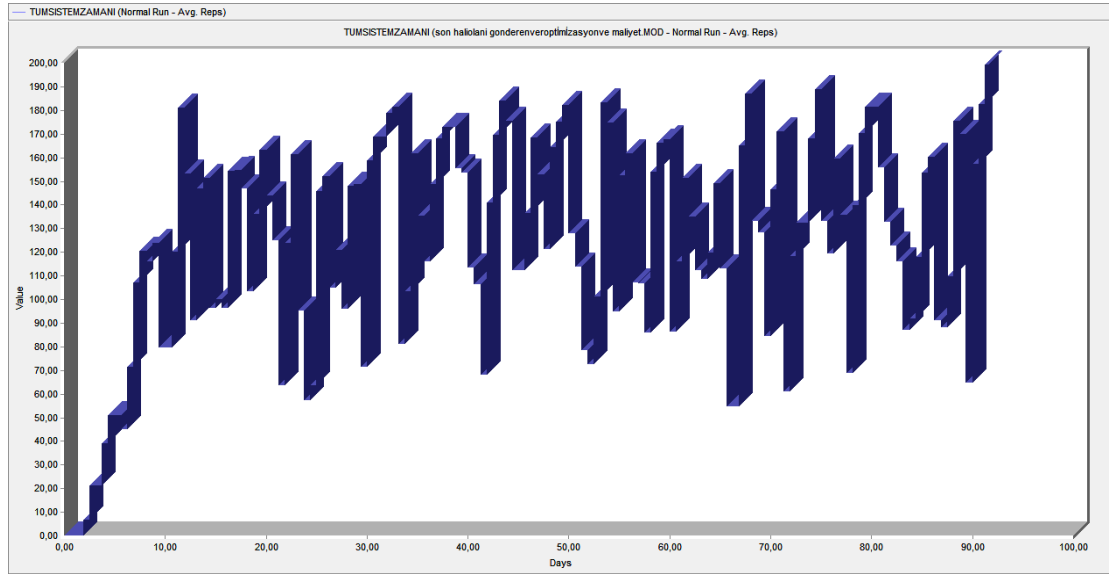
İki örneklem için t testi ve C1 ve C2 için Güven aralığı				
C1 ve C2 için iki örneklem t testi				
	N	ort	Stsapma	ort. St. hata
C1	62	213,7	37,6	4,8
C2	250	208,30	6,62	0,42
Fark = μ (C1) - μ (C2)				
Tahmini fark: 5,38				
95% 'de farkın güven aralığı: (-4,20; 14,96)				
Farkın t testi = 0 (veya tersi =): T-değeri = 1,12				
P-değeri = 0,266 DF(serbestlik derecesi) = 61				

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, ortalama farklarının sıfır olması durumunun (-4,20, 14,96) güven aralığı sınırları arasında olduğu görülmektedir. $p=0,266$ değeri $\alpha = 0.05$ değerinden büyüktür. Bu durumda işletmenin kumaş tedarik süresi ile mevcut durumun simülasyonundan elde edilen kumaş tedarik süresi ortalamaları arasında fark yoktur diye oluşturulan H_0 hipotezi reddedilemez. Yani iki

örneklem ortalaması arasında fark yoktur. Mevcut sistemin simülasyonundan elde edilen veriler gerçek verilerle uyumludur.

3.4.2.4 Önerilen Sistemin Verilerinin İstatistiksel Değerlendirilme Sonuçları

Şekil 3.15’ te önerilen sistemin ısınma süresi grafiği görülmektedir.



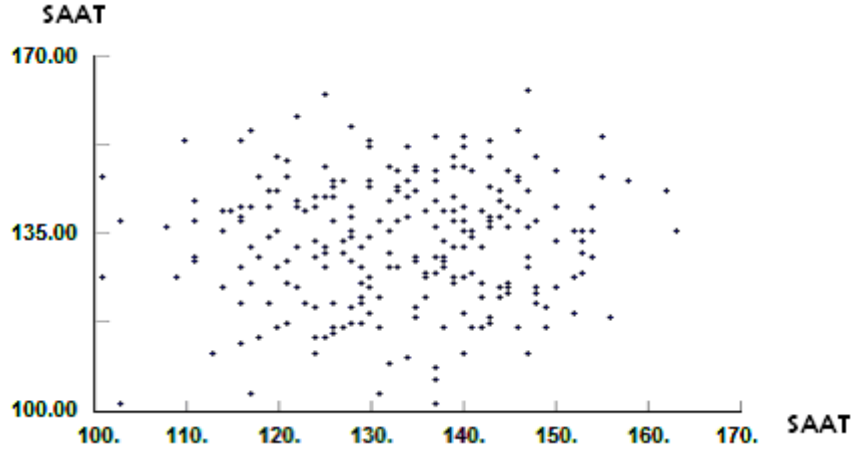
Şekil 3.15 Önerilen çalışma sisteminde ısınma süresi

Örme makineleri sistemin başlangıcında tamamen boş olacağı için fason örme makinelerinin işle yüklenmesi ve fason örme makinelerinde işlem gören gelen siparişlerin tamamlanma zamanının belli bir dengeye gelip, belli bir istatistiksel dağılıma uygun olarak dalgalandığı periyoda geçtiği süre grafiğinin (Şekil 3.15) incelenmesi sonucunda 15 gün olarak bulunmuştur. Sistemin kararlı hale geldiği ve tüm istatistiklerin sağlıklı bir şekilde elde edilebildiği noktaya gelme süresi olan ısınma süresinin 15 gün olmasına karar verilmiştir.

Simülasyon programının önerilen sistem için çalıştırılması sonucunda elde edilen verilere uygulanan bağımsızlık testlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

Serpilme testi:

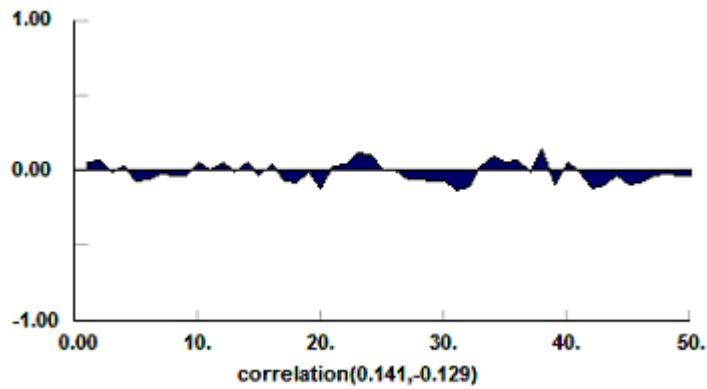
Şekil 3.16’ de verilen serpilme diyagramına göre önerilen sistemden elde edilen tüm sistem zamanı verileri diyagrama dağılmıştır ve herhangi bir eğilim sergilememektedirler.



Şekil 3.16 Önerilen sistemde tüm sistem zamanı verilerinin serpilme diyagramı

Otokorelasyon Testi:

Tüm sistem zamanı verilerinin Şekil 3.17’ deki otokorelasyon grafiğinde de görüldüğü gibi noktalar arasındaki otokorelasyon değeri (0.141,-0.129)’dur Bu değer -1 ve +1 uç değerlerinden uzaktır. Veriler arasında bağımlılık yoktur.



Şekil 3.17 Önerilen sistemde tüm sistem zamanı verilerinin otokorelasyon diyagramı

Tekrar testi:

Tekrar testlerinde elde edilen sonuçlara ait Tablo 3.21 incelendiğinde önerilen sisteme ait verilerin de bağımsız olduğu görülmektedir.

Medyan testinde p, 0,482 değerini almıştır. Bu değer kabul edilen $\alpha=0,05$ değerinden büyüktür bu nedenle medyan testine göre mevcut durum verileri bağımsızdır.

Dönüm noktası testinde de p, 0,157 değerini almıştır. Bu değer kabul edilen $\alpha=0,05$ değerinden büyüktür bu nedenle medyan testine göre mevcut durum verileri bağımsızdır.

Tablo 3.21 Önerilen sistemde tüm sistem zamanı verilerinin tekrar testleri

Verilerin Tekrar Testleri			
Medyan Testi		Dönüm Noktası Testi	
Veri sayısı	250	Veri sayısı	247
Medyanın altında veri sayısı	124	Dönüm noktası sayısı	155
Medyanın üstünde veri sayısı	121	Ortalama dönüm	164.333
Toplam tekrar	118	Dönümlerin standart sapması	6.60219
Ortalama tekrar	123.482	Dönüm noktası istatistiği	1.41367
Tekrarların standart sapması	7.80901	Güven seviyesi	5.e-002
Tekrar istatistiği	0.701963	Dönüm noktası istatistiği (2.5e-002)	1.95996
Güven seviyesi	5.e-002	p-değeri	0.157458
Tekrar istatistiği (2.5e-002)	1.95996	sonuç	REDDEDİLEMEZ
p-değeri	0.482702		
sonuç	REDDEDİLEMEZ		

Bağımsızlık testlerinin tamamından alınan sonuçlara göre önerilen sistemden elde edilen tüm sistem zamanı verilerinin bağımsız olduklarına karar verilmiştir. İstatistiksel dağılımı belirlemeden önceki ön şart sağlandığı için, parametrik hipotez testi yapılabilme şartı için gerekli olan normal dağılıma uygunluk testi uygulanmıştır. Tablo.3.22' de elde edilen sonuçlarda görüldüğü gibi önerilen $p=0,491$ değeri $\alpha=0,05$ değerinden büyüktür, sistemden elde edilen tüm sistem zamanı verileri normal dağılım özelliği göstermektedir.

Tablo 3.22 Önerilen sistemde tüm sistem zamanı verilerinin normal dağılıma uygunluğu

Veri sayısı	250
Güven seviyesi	5.e-002
Ortalama =	132.756
sigma =	12.2207
Kolmogorov-Smirnov	
Veri sayısı	250
ks stat	5.18e-002
alfa	5.e-002
ks stat(250,5.e-002)	8.52e-002
p-değeri	0.491
sonuç	REDDİLEMEZ

3.4.2.5 Önerilen Sistemin Kumaş Tedarik Süresine Etkisinin Test Edilmesi

Önerilen sistemde ortalama tedarik süresini gösteren tüm sistem zamanı değişkeninin ortalama değeri 213 saatten 143 saate düşmüştür. Bu düşüşün istatistiksel olarak önemli, anlamlı olup olmadığının değerlendirilmesi için uygulanan hipotez testi sonucu Tablo 3.23’ te verilmiştir.

Hipotez testi MINITAB 15 programında değerlendirilmiştir.

Tablo 3.23 Önerilen sistemde tüm sistem zamanı değişkeninin değerindeki düşüşü değerlendirmek için yapılan t testi

İki örneklem için t testi ve C1 ve C2 için Güven aralığı				
C1 ve C2 için iki örneklem t testi				
	N	ort	Stsapma	ort standart hata
C1	62	213,7	37,6	4,8
C2	250	143,7	10,0	0,63
Fark = mu (C1) - mu (C2)				
Tahmini fark : 70,00				
95% seviyesinde fark için güven aralığı: (60,39; 79,62)				
Farkın t testi= 0 (veya tersi =): T-değeri = 14,55				
P-değeri = 0,000 DF(serbestlik derecesi) = 63				

H_0 hipotezi materyal metot bölümünde ortalamalar arasındaki farkın önemsiz olduğu şeklinde kurulmuştur. Tablo 3.23 incelendiğinde şunlar görülmüştür. p değeri 0’dır ve $p=0 < \alpha=0,05$ ’dir. H_0 hipotezinin doğru olması için gerekli olan, mevcut durum ve önerilen sistemdeki tüm sistem zamanı değişkenine ait verilerin

ortalamları arasındaki farkın önemsiz kabul edildiği, iki ortalamanın birbirine eşit olduğu yani ortalamlar arasındaki farkın sıfır değeri, belirlenen (60,39-79,62) güven aralığı içinde değildir. Bu durumda önerilen sistemde tüm sistem zamanı değişkeni değerlerinin ortalaması ile mevcut sistemde tüm sistem zamanı değişkeni değerlerinin ortalaması arasındaki fark önemlidir. H_0 hipotezi reddedilmiştir. Ortalamalar arasındaki fark yani tüm sistem zamanı değişkeninde sağlanan düşüş önemlidir, anlamlıdır şeklinde kurulan H_1 hipotezi kabul edilmiştir.

3.5 Mevcut Sistem ve Önerilen Sistemin Maliyetler Açısından Kıyaslanması

Tablo 3.24' te simülasyon modelinin mevcut durumda, Mart-Mayıs dönemi için çalıştırılması sonucunda elde edilen sonuçlar görülmektedir.

Önerilen çalışma sisteminin simülasyon modeli, 40/1 süprem kumaşın sevk aralığının 5 gün, sevk miktarının 40kg, 30/1 likralı süprem kumaşın sevk aralığının 6 gün, sevk miktarının 70 kg, 40/1 likralı süprem kumaşın sevk aralığının 6 gün ve sevk miktarının 40 kg olduğu, $A_3B_1C_3D_1E_3F_1$ optimum deney koşullarında Mart –Mayıs dönemi için çalıştırılmıştır. Önerilen sistemin simülasyon modelinin çalıştırılması sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 3.25' te verilmiştir.

Tablo 3.24 Mevcut çalışma sisteminde gerçekleşen maliyetler

DEĞİŞKENLER	Minimum	Maksimum	Mevcut	Ortalama
TOPLAMSTOKMİKTARI (KG)	0	0,00	0	0,00
SUP40 SİSTEM ZAMANI (SAAT)	54,96	282,04	206,24	196,47
SUP40TOPLAMSİPARİSMİKTARI (KG)	596,52	1920,64	1920,64	1258,27
SUP40FASONDAURETİLENKUMAS (KG)	480,6	1754,4	1754,4	1101,90
SUP40TOPLAMSTOKMİKTARI (KG)	0	0,00	0	0,00
SUP40ANLASFASONTOPLAMKUMASSEVKKG (KG)	0	0	0	0,00
SUP40 TUMSİPARİSASONDAORULSEYDİTOPLAMMALİYET (TL)	0	1364,4	1364,4	0,00
SUP40 TOPLAMSİPARİSADEDİ (ADET)	49,68	157,4	157,4	103,61
SUP40 FASONORMETOPLAMMALİYET (TL)	320,24	1165,72	1165,72	732,54
SUP40ANLASMALİFASONMALİYET (TL)	0	0	0	0,00
LYCSUP30TOPLAMSİPARİSMİKTARI (KG)	804,76	2394,6	2394,6	1590,35
LYCSUP30 SİSTEM ZAMANI (SAAT)	162,4	282,72	216,16	216,27
LYCSUP30TOPLAMSTOKMİKTARI (KG)	0	0	0	0,00
LYCSUP30ANLASMALİFASONTOPLAMSEVKKG (KG)	0	0	0	0,00
LYCSUP30 TUMSİPARİSASONDAORULSEYDİTOPLAMMALİYET (TL)	0	1672,4	1672,4	0,00
LYCSUP30 TOPLAMSİPARİSADEDİ (ADET)	61,08	174,88	174,88	116,90
LYCSUP30ANLASMALİFASONORMEMALİYETİ (TL)	0	0	0	0,00
LYCSUP30FASONDAURETİLENKUMAS (KG)	580,32	2199,04	2199,04	1378,92
LYCSUP30 FASONTOPLAMMALİYET (TL)	385,6	1452,08	1452,08	912,86
LYCSUP40FASONDAURETİLENKUMAS (KG)	452,16	1373,36	1373,36	864,73
LYCSUP40ANLASMALİFASONORMEMALİYETİ (TL)	0	0	0	0,00
LYCSUP40 TOPLAMSİPARİSADEDİ (ADET)	32,92	98,68	98,68	65,70
LYCSUP40 TUMSİPARİSASONDAORULSEYDİTOPLAMMALİYET (TL)	0	1036,44	1036,44	0,00
LYCSUP40ANLASMALİFASONTOPLAMSEVKKG (KG)	0	0	0	0,00
LYCSUP40TOPLAMSİPARİSMİKTARI (KG)	511,96	1506,12	1506,12	1004,71
LYCSUP40TOPLAMSTOKMİKTARI (KG)	0	0,00	0	0,00
LYCSUP40 FASONTOPLAMMALİYET (TL)	296,16	900,32	900,32	567,11
LYCSUP40 SİSTEM ZAMANI (SAAT)	146,64	297,28	230,4	217,61
TUMSİSTEMZAMANI (SAAT)	59,6	316,8	229,72	206,99
DEPODANKARSILANMAZAMANI (SAAT)	22,2	31,48	31	26,17
FASONDANKARSILANMAZAMANI (SAAT)	98,56	283,48	192,52	183,37
TUMKUMASLARFASONTOPLAMMALİYET (TL)	0	3908,16	3908,16	0,00
TOPLAMANLASMALİFASONORMEMALİYET (TL)	0	0	0	0,00
FASONDAURETİLENTOPLAMKUMAS (KG)	0	5326,8	5326,8	0,00
GECELİKSTOK (KG)	0	0,00	0	0,00
SERMAYEMALİYETİ (TL)	0	0	0	0,00
ANLASMALİ FASON TASIMA MALİYETİ (TL)	0	0	0	0,00
FASON TASIMA MALİYETİ (TL)	11268	393,28	393,28	248,84
TOPLAM SİPARİS ADEDİ (ADET)	143,68	430,96	430,96	286,21
FASONA GİDEN TOPLAM SİPARİS ADEDİ (ADET)	124,28	407,88	407,88	260,67
TOPLAM SİPARİS MALİYETİ (TL)	0	142,24	142,24	0,00

Tablo 3.25 Önerilen çalışma sisteminde gerçekleşen maliyetler

DEĞİŞKENLER	Minimum	Maksimum	Mevcut	Ortalama
TOPLAMSTOKMİKTARI (KG)	2,04	226,72	155	100,89
SUP40 SİSTEM ZAMANI (SAAT)	29,48	260,04	111,52	105,29
SUP40TOPLAMSİPARİSMİKTARI (KG)	606,8	1910,64	1910,64	1245,50
SUP40FASONDAURETİLENKUMAS (KG)	245,24	990,36	990,36	617,44
SUP40TOPLAMSTOKMİKTARI (KG)	0	85,76	42,92	28,21
SUP40ANLASFASONTOPLAMKUMASSEVKKG (KG)	280	760	760	507,35
SUP40 TUMSİPARİSASONDAORULSEYDİTOPLAMMALİYET (TL)	0	1358,92	1358,92	0,00
SUP40 TOPLAMSİPARİSADEDİ (ADET)	50,36	157,8	157,8	103,13
SUP40 FASONORMETOPLAMMALİYET (TL)	166,32	668,28	668,28	417,33
SUP40ANLASMALIFASONMALİYET (TL)	175	475	475	317,10
LYCSUP30TOPLAMSİPARİSMİKTARI (KG)	885,32	2428,24	2428,24	1664,46
LYCSUP30 SİSTEM ZAMANI (SAAT)	117,24	348,8	249,84	205,26
LYCSUP30TOPLAMSTOKMİKTARI (KG)	0	98,12	46,04	34,96
LYCSUP30ANLASMALIFASONTOPLAMSEVKKG (KG)	420	1120	1120	748,93
LYCSUP30 TUMSİPARİSASONDAORULSEYDİTOPLAMMALİYET (TL)	0	1699,92	1699,92	0,00
LYCSUP30 TOPLAMSİPARİSADEDİ (ADET)	66	180,32	180,32	123,54
LYCSUP30ANLASMALIFASONORMEMALİYETİ (TL)	258	688	688	460,06
LYCSUP30FASONDAURETİLENKUMAS (KG)	374,8	1269,16	1269,16	825,89
LYCSUP30 FASONTOPLAMMALİYET (TL)	248,2	841,04	841,04	547,22
LYCSUP40FASONDAURETİLENKUMAS (KG)	240,84	814,08	814,08	526,60
LYCSUP40ANLASMALIFASONORMEMALİYETİ (TL)	150	400	400	267,47
LYCSUP40 TOPLAMSİPARİSADEDİ (ADET)	31,44	94,72	94,72	66,64
LYCSUP40 TUMSİPARİSASONDAORULSEYDİTOPLAMMALİYET (TL)	0	996,44	996,44	0,00
LYCSUP40ANLASMALIFASONTOPLAMSEVKKG (KG)	240	640	640	427,96
LYCSUP40TOPLAMSİPARİSMİKTARI (KG)	476,8	1448,36	1448,36	1014,24
LYCSUP40TOPLAMSTOKMİKTARI (KG)	0	98,16	66,04	37,72
LYCSUP40 FASONTOPLAMMALİYET (TL)	157,92	528,96	528,96	342,61
LYCSUP40 SİSTEM ZAMANI (SAAT)	29,52	301,08	175,56	113,00
TUMSİSTEMZAMANI (SAAT)	28,96	358,32	242,56	148,91
DEPODANKARSILANMAZAMANI (SAAT)	28,16	36,32	34,2	33,14
FASONDANKARSILANMAZAMANI (SAAT)	75,32	284,48	156,52	166,82
TUMKUMASLARFASONTOPLAMMALİYET (TL)	0	3939,2	3939,2	0,00
TOPLAMANLASMALIFASONORMEMALİYET (TL)	0	3769,04	3769,04	0,00
FASONDAURETİLENTOPLAMKUMAS (KG)	0	3073,6	3073,6	0,00
GECELİKSTOK (KG)	2954,36	9925,08	9925,08	6293,78
SERMAYEMALİYETİ (TL)	0	26,64	26,64	0,00
ANLASMALI FASON TASIMA MALİYETİ (TL)	19	51	51	34,08
FASON TASIMA MALİYETİ (TL)	70,24	243,20	243,20	157,08
TOPLAM SİPARİS ADEDİ (ADET)	147,8	432,84	432,84	293,31
FASONA GİDEN TOPLAM SİPARİS ADEDİ (ADET)	76,72	248,68	248,68	163,80
TOPLAM SİPARİS MALİYETİ (TL)	0	86,56	86,56	0,00

Her iki sistemin maliyetlerinin karşılaştırması Tablo 3.26’ da görülmektedir. Tablo incelendiğinde önerilen sistemin toplam maliyetinin azaldığı görülmektedir. Bu azalma sipariş maliyetlerinde ve taşıma maliyetlerinde sağlanan düşüş ile

gerçekleştirilmiştir. Ayrıca önerilen sistemin kumaş tedarik süresinin de 206,9 saatten 148,9 saate düştüğü görülmektedir.

Tablo 3.26 Mevcut ve önerilen sistemde maliyetlerin karşılaştırılması

DEĞİŞKENLER	Mevcut Sistem	Önerilen Sistem
TOPLAM SIPARIS ADEDİ (adet)	430	432
FASONA GİDEN TOPLAM SIPARIS ADEDİ (adet)	407	248
ANLAŞMA YAPILAN FASONDAN KARŞILANAN SIPARIS ADEDİ (adet)	0	184
TOPLAM SIPARIS MALİYETİ (TL)	142,24	86,56
ANLASMALI FASON TASIMA MALİYETİ (TL)	0	51
FASON TASIMA MALİYETİ (TL)	393,28	243,2
TOPLAM TAŞIMA MALİYETİ (TL)	393,28	294,2
TUMKUMASLARFASONTOPLAMMALİYET (TL)	3908,16	3939,2
TOPLAMANLASMALIFASONORMEMALİYET (TL)	0	3769,04
TUMSISTEMZAMANI (saat)	206,99	148,9

Tablo 3.26 ‘daki sonuçlar karşılaştırıldığında şunları söylemek mümkündür.

Mevcut sisteme gelen 430 adet siparişin 407 adedi fason örme işletmesine kumaş örülmesi için sipariş olarak yönlendirilmiştir. Bu durumda toplam sipariş maliyeti 142,24 TL olarak gerçekleşmiştir. Taşıma maliyetleri de her sipariş için ayrı ayrı toplam maliyetlere eklenerek 407 adet sipariş için taşıma maliyeti 393,28 TL olarak hesaplanmıştır. Buna göre mevcut sistemde toplam maliyet 3908,16 TL olarak gerçekleşmiştir.

Önerilen sistemde ise toplam 432 adet sipariş gelmiştir. Gelen siparişlerin 184 adedi için gerekli kumaş stokta olduğu için stoktan karşılanmış, kalan 248 adet sipariş kumaş örülmesi için fason örme işletmesine gönderilmiştir. Anlaşma üzerine kumaş üreten fason örme işletmesi, anlaşma süresi boyunca sürekli üretim yaptığı için ayrıca sipariş verilmediğinden, sadece fason örme işletmesine gönderilen 248 adet sipariş için sipariş maliyeti hesaplanmıştır. Buna göre önerilen sistemde toplam sipariş maliyeti 86,56 TL’dir. Taşıma maliyetleri de, anlaşma yapılan fason örme işletmesinden gelen her kumaş sevkıyatında ve fason örme işletmesine verilen stokta olmayan kumaşların siparişleri verildiğinde hesaplanmıştır. Anlaşma yapılan fason işletmeden gelen kumaşların taşınması için toplam 51 TL ve stokta olmayan 248 adet sipariş için toplam 243,2 TL olmak üzere toplam 294,2 (51+243,2) TL taşıma

maliyeti gerçekleştiği hesaplanmıştır. Tüm bunların sonucunda da önerilen sistemde toplam maliyetin 3769 TL olduğu görülmüştür.

3.6.Taguchi Deney Tasarımı ile Deney Sonuçlarının Optimizasyonu

3.6.1 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Toplam stok miktarı değerşkenlerine ait sonuçların ortalama değerleri, deney sonuçları olarak kaydedilmiştir. L_{27} deney planına uygun olarak yapılan deneylerin sonuçları Tablo 3.27’ de görülmektedir. Tablodaki “toplam stok miktarı“ değerşkenine ait ortalama değerler, sonuçların analiz edilmesinde veri olarak kullanılmıştır.

Tablo 3.27 Taguchi deney planında elde edilen deney sonuçları

Deney No	Faktör Seviyeleri						Ortalama Sonuç
	Süprem 40		Lyc Süprem 30		Lyc Süprem 40		Toplam stok miktarı (kg)
	A	B	C	D	E	F	
1	1	1	1	1	1	1	244
2	1	1	1	1	2	2	232
3	1	1	1	1	3	3	225
4	1	2	2	2	1	1	260
5	1	2	2	2	2	2	231
6	1	2	2	2	3	3	220
7	1	3	3	3	1	1	290
8	1	3	3	3	2	2	267
9	1	3	3	3	3	3	248
10	2	1	2	3	1	2	233
11	2	1	2	3	2	3	209
12	2	1	2	3	3	1	157
13	2	2	3	1	1	2	215
14	2	2	3	1	2	3	186
15	2	2	3	1	3	1	141
16	2	3	1	2	1	2	277
17	2	3	1	2	2	3	264
18	2	3	1	2	3	1	198
19	3	1	3	2	1	3	243
20	3	1	3	2	2	1	140
21	3	1	3	2	3	2	130
22	3	2	1	3	1	3	294
23	3	2	1	3	2	1	209
24	3	2	1	3	3	2	202
25	3	3	2	1	1	3	244
26	3	3	2	1	2	1	162
27	3	3	2	1	3	2	154

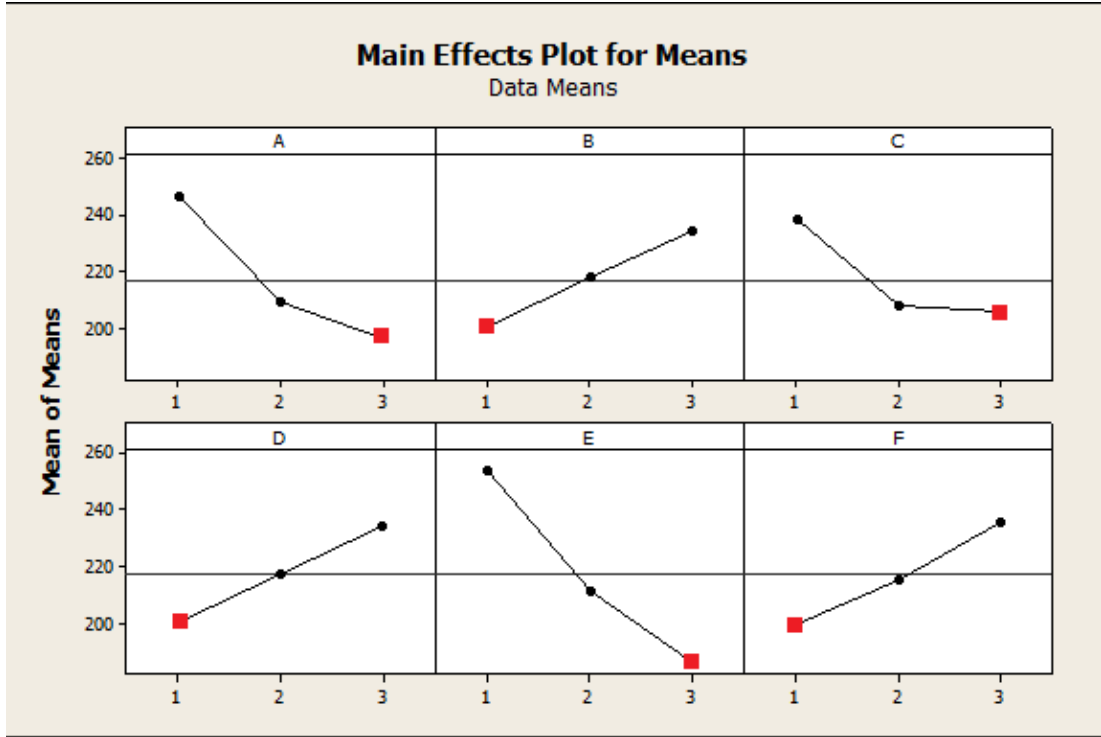
3.6.1.1 Ortalama Etki (Temel Etki-Faktör Etkisi) Toplam Stok Miktarı İçin Değerlendirme

3.6.1.1.1 Standart Analiz. MINITAB 15 istatistiksel değerlendirme programında hesaplanan faktörlerin ortalama etki değeri sonuçları Tablo 3.28 verilmiştir.

Tablo 3.28 Toplam stok miktarı ortalama etki tablosu (MINITAB)

Toplam Stok Miktarı Ortalama Etki Tablosu						
Seviye	A	B	C	D	E	F
1	246,3	200,4	238,3	200,3	254,4	200,1
2	208,9	217,6	207,8	217,2	211,1	215,5
3	196,5	233,7	205,6	234,3	186,3	236,1
Delta	49,8	33,4	32,8	34,0	68,1	36,0
Sıra	2	5	6	4	1	3

MINITAB 15 istatistiksel değerlendirme programında elde edilen faktörlerin ortalama etkileri ve bu etkilerin büyüklüklerine göre faktörlerin sıralanma sonuçları Tablo 3.28’de görülmektedir. Delta etki ölçüsü E faktöründe en yüksek seviyesindedir. Bu nedenle elde edilen sonuçlarda E kodlu faktör (40/1 likralı suprem sevk aralığı) her deney kombinasyonu için simülasyon sisteminin çalıştırılması sonucunda elde edilen toplam stok miktarı değişkeninin değerlerinde en çok etkili olmuştur. Bunun yanında C kodlu faktör (30/1 likralı suprem sevk aralığı) en az etkili olmuştur.



Şekil 3.18 Toplam stok miktarı değişkenine faktörlerin ortalama etki grafiği

Ortalama etkinin hesaplanması ile aynı zamanda deney koşullarının optimum sonucuna da ulaşılmıştır. Bunun için faktörlerin etkilerini gösteren faktör etkisi grafiği elde edilmiştir. Bu grafik Şekil 3.18’ de görülmektedir. Faktörlerin etkileri arttıkça, doğruların eğimi artmaktadır. Şekil 3.18 incelediğinde E faktörünün grafiğinin eğiminin daha fazla olduğu görülmektedir. Grafik incelenmesiyle de E faktörünün etkisinin en fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

Taguchi deney tasarımında belirlenen amaç Toplam Stok Miktarı değişkenini minimum yapmaktır. Bu nedenle faktörlerin hangi seviyelerinde minimum çıktı değeri (Toplam Stok Miktarı) olduğu incelenmiştir. Sonuçların daha rahat görülebilmesi için faktörlerin en düşük değer aldığı noktalar küçük kare noktalarla işaretlenmiştir. Sistemin bu koşullar altındaki optimum sonucu $A_3B_1C_3D_1E_3F_1$ deney kombinasyonunda gerçekleşmektedir. Optimum deney koşullarına ait seviyeler Tablo 3.29’ da görülmektedir.

Tablo 3.29 Toplam stok miktarı değişkenini optimum yapan deney koşulları için faktör seviyeleri

Kumaş Tipi	Faktör	Faktör Adı	Birimi	Seviye Kodu	Seviye Değeri
Süprem 40/1	A	Sevkaralığısup40	gün	3	5
	B	Sevkmiktarsup40	kg	1	4000
Lyc Süprem 30/1	C	Sevkaralığılyc30	gün	3	6
	D	Sevkmiktarlyc30	kg	1	7000
Lyc Süprem 40/1	E	Sevkaralığılyc40	gün	3	6
	F	Sevkmiktarlyc40	kg	1	4000

Tablo 3.29' a göre anlaşma üzerine sürekli üretim yapan fason örme firması, 40/1 süprem kumaşı 5 gün aralıkla, 4000kg, 40/1 likralı süprem kumaşı 6 gün aralıkla, 4000kg ve 30/1 likralı süprem kumaşı 6 gün aralıkla 7000 kg gönderdiğinde toplam stok miktarı değişkeninin değeri optimum seviyesinde gerçekleşmektedir.

3.6.1.1.2 Optimum Koşullarda Beklenen Sonuç. Optimum koşullarda yapılan deneyler sonucunda bulunan bu toplam stok miktarı değerlerinin karşılaştırılabilmesi için, Taguchi yönteminde kullanılan beklenen optimum deney sonucu değeri hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned}
 T_{opt} &= \bar{T} + (\bar{A}_3 - \bar{T}) + (\bar{B}_1 - \bar{T}) + (\bar{C}_3 - \bar{T}) + (\bar{D}_1 - \bar{T}) + (\bar{E}_3 - \bar{T}) + (\bar{F}_1 - \bar{T}) \\
 T_{opt} &= 217,6 + (197,6 - 217,6) + (201,4 - 217,6) + (206,7 - 217,6) + (200,3 - 217,6) + (186,1 - 217,6) + (200,1 - 217,6) \\
 &= 217,6 + (-20) + (-16,2) + (-10,9) + (-17,3) + (-31,5) + (-17,5) \\
 &= 104.2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sonuçların doğruluğunu kontrol edebilmek amacıyla beklenen sonucun güven aralığı değeri hesaplanmıştır. Güven aralığının hesaplanabilmesi için öncelikle ANOVA test istatistiği tablosu oluşturulmuştur.

3.6.1.1.3 Varyans Analizi (ANOVA). Varyans analizi MINITAB 15 programında yapılmış ve sonuçlar Tablo 3.30' da verilmiştir.

Tablo 3.30 Toplam stok miktarı (çıkıtı) ortalaması için ANOVA tablosu

Çıkıtı Ortalaması için ANOVA Tablosu						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	11729,4	11729,4	5864,7	90,84	0,000
B	2	4704,5	4704,5	2352,3	36,43	0,000
C	2	5813,0	5813,0	2906,5	45,02	0,000
D	2	5205,6	5205,6	2602,8	40,32	0,000
E	2	22268,5	22268,5	11134,3	172,46	0,000
F	2	6173,6	6173,6	3086,8	47,81	0,000
Error	14	903,9	903,9	64,6		
Total	26	56798,5				

Tablo 3.30 incelendiğinde faktörlerin p değerlerinin sıfır olduğu görülmektedir. Taguchi yönteminde p değerinin sıfır veya sıfıra yakın olması o faktörün sonuç üzerinde etkisinin fazla olduğunu göstermektedir. Buna göre elde edilen toplam stok miktarı değerinde tüm faktörler etkili olmuştur.

3.6.1.1.4 Optimum Sonuç İçin Güven Aralığının Belirlenmesi

$$CI = \pm \sqrt{(F(1, n_2) \times V_e / N_e)}$$

$F(1, n_2)$ = 1 serbestlik derecesi ve hata terimi n_2 'nin serbestlik derecesi için F tablo değeri

V_e = Hata teriminin varyansı

N_e = Etkin deney tekrarı sayısı

$$N_e = \frac{\text{Toplam deney sayısı}}{1 + \text{Ortalamada etkin faktörlerin serbestlik dereceleri toplamı}}$$

$V_e=64,6$ (Varyans tablosundan alınmıştır.)

$n_2=14$

$F_{.05}(1, 14)=4,6001$ (%95 Güven aralığı için değer)

$N_e=27/13=2,077$

$$CI = \pm \sqrt{4,6001 \times 64,6 / 2,077}$$

$$= \pm 11,96$$

% 95 güven aralığında doğrulama test aralığı $92,24 \leq \mu_{\text{doğrulama testi}} \leq 116,16$ olarak bulunmuştur. Daha önce belirlenmiş olan $A_3B_1C_3D_1E_3F_1$ optimum deney koşullarında her biri 25'er tekrar ortalamasından elde edilen 10 deneme yapılmıştır. 10 deneme sonucunda toplam stok miktarı değerleri 109,4 – 105,35 – 98,61 – 110,58 – 104,95 – 98,44 – 102,03 – 101,45 – 101,51 – 101,28 kg olarak gerçekleşmiştir. Bu denemeler sırasında kumaş tedarik süresini gösteren tüm sistem zamanı sonuçları da sırasıyla 137,15 – 138,5 – 127,69 – 138,42 – 139,44 – 139,01 – 140,32 – 138,78 – 139,34 – 141,89 saat olarak gerçekleşmiştir.

Tüm sonuçlar güven aralığı değerleri içinde kalmışlardır. Bu, belirlenen faktör seviyelerinin doğruluğunu göstermektedir.

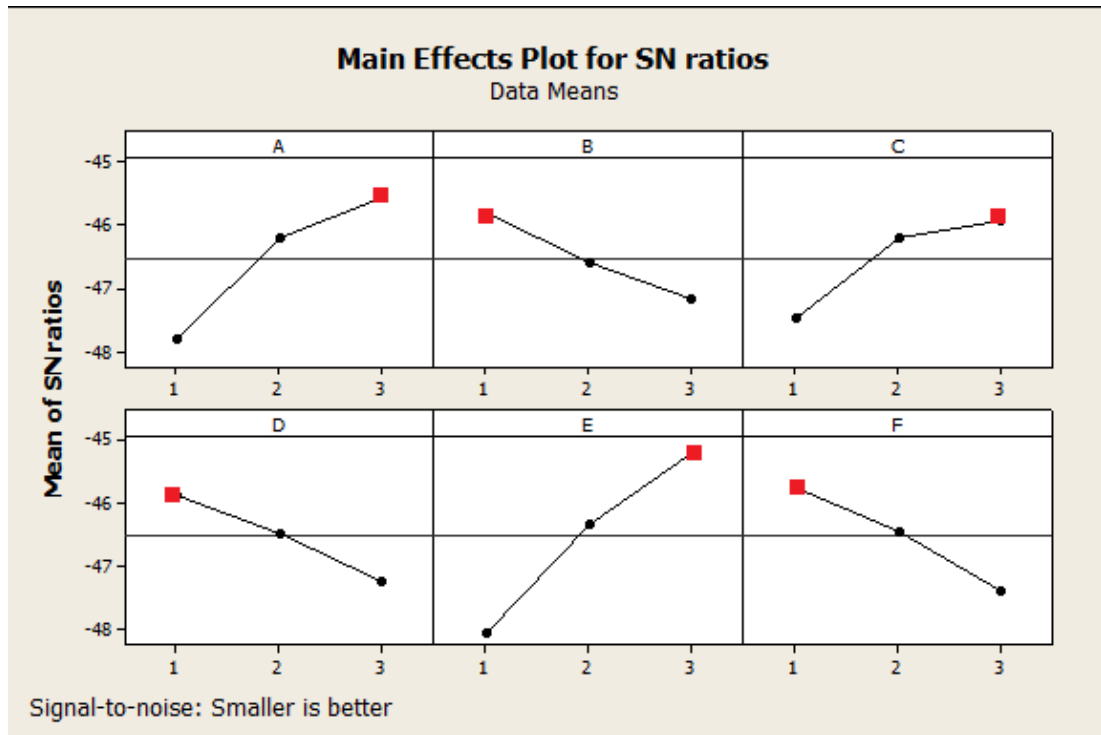
3.6.1.1.5 S/N Sinyal Gürültü Oranları. Tablo 3.31' de verilen sonuçlar incelendiğinde faktörler arasında etkiyi ölçen deltanın, E faktörü (40/1 likralı süprem sevk aralığı) için en büyük olduğu görülmektedir. Buna göre toplam stok miktarı değişkenini en çok etkileyen E faktörüdür. Delta değerinin en küçük olduğu faktör B (40/1 süprem sevk miktarı) faktörüdür. Toplam stok miktarı değişkenini en az etkileyen B faktörüdür.

Tablo 3.31 Toplam stok miktarı için faktörlerin sinyal gürültü oranları

Toplam Stok Miktarı için Sinyal Gürültü Oranları						
Seviye	A	B	C	D	E	F
1	-47,80	-45,81	-47,47	-45,87	-48,06	-45,74
2	-46,21	-46,59	-46,20	-46,47	-46,32	-46,45
3	-45,57	-47,17	-45,92	-47,24	-45,20	-47,39
Delta	2,23	1,36	1,55	1,38	2,86	1,66
Sıra	2	6	4	5	1	3

Deney sonuçlarının sinyal gürültü oranı Şekil 3.20' de görülmektedir. Şekil 3.20' deki sinyal gürültü oranı grafiği incelendiğinde E faktörünün (40/1 likralı süprem sevk aralığı) grafiğinin eğiminin yüksek olduğu dolayısıyla bu faktörün sistemi en çok etkilediği izlenmektedir. B faktörü (40/1 süprem sevk miktarı) ise mevcut

sonuçların elde edilmesinde en az etkisi olan faktördür. Grafik incelenirken deneyin yapılma amacı ne olursa olsun değerlendirmede sinyal gürültü oranının yüksek olması istenmektedir. Yapılan çalışmada amaç toplam stok miktarı değişkenini minimum yapmaktır. Şekil 3.19 'daki grafik sinyal gürültü oranı değerleri için oluşturulmuştur. Burada faktörlerin değerlerinin en yüksek olduğu noktalarda sinyal gürültü oranları en büyüktür ve bu noktalar çıktı değerinin minimum olmasını sağlayan deney koşullarını göstermektedir. Bahsedilen noktalar Şekil 3.19' daki grafikte karelerle işaretlenmiştir.



Şekil 3.19 S/N ile toplam stok miktarı değişkenine faktörlerin ortalama etkileri grafiği

Şekil 3.19' daki işaretli kareleri takip ederek optimum deney koşulları $A_3B_1C_3D_1E_3F_1$ olarak bulunmuştur. L_{27} ortogonal dizisindeki deney planına uygun olarak simülasyon sisteminin çalıştırılması sırasında elde edilen toplam stok miktarı değişkeninin ortalama değerleri deney sonucu olarak kaydedilmiştir. Sinyal gürültü oranı analizlerinin her deney kombinasyonu için birden fazla deney sonucu olduğunda kullanılması tercih edilmektedir. Bu çalışmada deney sonuçlarının ortalama sonuçları kaydedildiği için her deney kombinasyonu için tek toplam stok miktarı değeri bulunmaktadır. Bu nedenle faktörlerin etkisi standart analiz

yöntemiyle değerlendirilmiştir. Optimum deney koşullarında elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve güven aralıklarının bulunması standart analiz yöntemiyle gerçekleştirilmiş, bu yöntem ilgili bölümde anlatılmıştır. Toplam stok miktarı değişkenine faktörlerin etkilerini yüzdesel olarak değerlendirmek, önem derecelerini belirlemek için ANOVA varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3.32’de görülmektedir.

Tablo 3.32 Sinyal gürültü oranları için ANOVA tablosu

Toplam Stok Miktarı S/N ANOVA Tablosu						
Kaynak	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	23,6610	23,6610	11,8305	90,27	0,000
B	2	8,3716	8,3716	4,1858	31,94	0,000
C	2	12,2600	12,2600	6,1300	46,78	0,000
D	2	8,5558	8,5558	4,2779	32,64	0,000
E	2	37,5064	37,5064	18,7532	143,10	0,000
F	2	12,4160	12,4160	6,2080	47,37	0,000
Hata	14	1,8347	1,8347	0,1311		
Toplam	26	104,6055				

Tablo 3.32 incelendiğinde tüm faktörlerinin p değeri sıfırdır. Taguchi metodunda p değerinin sıfır olması o faktörün çok önemli olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Buna göre tüm faktörler toplam stok miktarı değişkeninin değerinin en az seviyede sağlanmasında önemli etkiye sahiptirler.

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Fason çalışan konfeksiyon işletmelerinin kumaş tedarik süreci müşteriden sipariş geldikten sonra başlamaktadır. Rekabetin yoğun olduğu sektörde hız ve esneklik önemlidir. Kendi koleksiyonunu üreten ve hızlı moda trendinin önemli temsilcilerinden biri olan İspanyol hazır giyim firması Zara, moda ürünleri piyasaya sürmesi ile genç bayanların, ürünlerin ucuzluğu ile orta yaşlı bayanların büyük ilgisini toplamaktadır. Zara ürünlerini 3-4 hafta gibi bir sürede mağazalarında satışa sunmaktadır. Bu başarısının sırrı, etkin tedarik zinciri yönetimi uygulamaları ile birimler arasında etkin iletişim sağlanması, üretim için her an hazır kapasitesinin olması ve belli kumaş türleri için ham kumaş stoku bulundurmasında yatmaktadır. Firma, ham kumaşları ihtiyaçları doğrultusunda boyatıp hemen üretime geçmektedir (Dutta, 2002).

Fason firmalar için bu durum biraz daha farklıdır. Burada modayı fason işletme belirlememektedir. Bu nedenle firmalar müşteri siparişlerinin trendi ve kullanılacak kumaş türleri konusunda herhangi bir öngöründe bulunamadıkları için kumaş tedarik sürecini başlatmak için müşteri siparişinin alınmasını beklemektedirler.

Bu çalışmada, Zara firmasının uyguladığı ham kumaş stok tutma politikasının, fason üretim yapan bir konfeksiyon işletmesinde uygulanabilirliği araştırılmış ve sonuçları simülasyon yöntemiyle değerlendirilmiştir. Firmanın en çok tükettiği üç kumaş türü belirlenmiş, bu kumaşların anlaşma yapılan fason örme atölyelerine sürekli ürettirilmesi durumunda sonuçların ne olacağını gösteren bir simülasyon programı oluşturulmuştur.

Önerilen çalışma sisteminin amacı; gelen sipariş aralıkları ile anlaşmalı fason örgühaneden gelen kumaş sevk aralıklarını mümkün olduğunca birbirleriyle uyumlu hale getirmek ve stok ortalamasını en az seviyede tutarak maliyetlerin yükselmesini önlemeye çalışmaktır. En uygun sevk miktar ve aralıklarının kombinasyonunu bulabilmek için Taguchi deney tasarım ve optimizasyon metodu kullanılmıştır.

Taguchi deney tasarımı yapılırken gelen sipariş aralıklarının ve miktarlarının tanımlayıcı istatistik bilgilerinden yararlanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, tüm kumaşların ortalama tedarik süresini ifade eden tüm sistem zamanı değişkeninin değerini düşürmeye çalışırken, aynı zamanda stokların seviyesini minimum yapmak, bu sırada sistemin toplam maliyetinin kontrol altında tutulmasını sağlamaktır. Bu nedenle toplam stok miktarı değişkeninin minimum olması için optimum deney koşulları belirlenmiştir. Deneylerin sonucunda elde edilen, 40/1 süprem kumaşın sevk aralığının 5 gün, sevk miktarının 40kg, 30/1 likralı süprem kumaşın sevk aralığının 6 gün, sevk miktarının 70 kg, 40/1 likralı süprem kumaşın sevk aralığının 6 gün ve sevk miktarının 40 kg olduğu, $A_3B_1C_3D_1E_3F_1$ deney kombinasyonu ile tüm kumaşların ortalama stok miktarını ifade eden toplam stok miktarı değişkeninin ortalama değeri 104,90 kg olarak belirlenmiştir. Tüm sistem zamanı değişkeni 143 saat olarak gerçekleşmiştir. Mevcut tedarik süresinin 213 saatten 143 saate düşmesi t testi ile istatistiksel olarak değerlendirildiğinde anlamlı, önemli bulunmuştur. Önerilen sistemin simülasyon modeli, belirlenen Mart-Mayıs dönemi için çalıştırılmıştır. Simülasyon programının çalışması sırasında seçilen kumaşların sipariş miktarlarının daha önce belirlenmiş istatistiksel dağılımlarına uygun olarak sisteme sipariş gelmiştir. Simülasyon sonucunda, önerilen sistemde bu siparişlerin karşılanması için toplam maliyet 3769 TL olarak gerçekleşmiştir. Simülasyon program çalışması sırasında, aynı siparişler mevcut sisteme gelseydi toplam maliyetin 3939 TL olarak gerçekleşeceğini hesaplamıştır. Bu sonuçlara göre, önerilen sistemin toplam maliyetinin mevcut sistemin maliyetinden düşük olduğu görülmüştür.

Maliyet kalemlerinin ayrıntıları incelenerek, önerilen sistemin ve mevcut sistemin toplam maliyetleri arasındaki bu farkın oluşmasında hangi maliyetlerin etkili olduğu belirlenmiştir. Mevcut sisteme gelen 430 adet siparişin 407 adedi fason örme işletmesine kumaş örülmesi için sipariş olarak yönlendirilmiştir. Fason işletmelerde gelen siparişler için toplam 5326 kg kumaş ördürülmüştür. Bu durumda toplam sipariş maliyeti 142,24 TL olarak gerçekleşmiştir. Taşıma maliyetleri de her sipariş

için ayrı ayrı toplam maliyetlere eklenmektedir. 407 adet sipariş için taşıma maliyeti 393,28 TL olarak hesaplanmıştır. Buna göre mevcut sistemde toplam maliyet 3908,16 TL olarak gerçekleşmiştir.

Önerilen sistemde ise toplam 432 adet sipariş gelmiştir Gelen siparişlerin 184 adedi için gerekli kumaş stokta olduğu için stoktan karşılanmış, kalan 248 adet sipariş kumaş örülmesi için fason örme işletmesine gönderilmiştir. Gelen siparişlerin 2520 (760+1120+640) kg' lık kısmı anlaşma yapılan fason örme işletmelerinden işletmeye sevk edilmiş ve bu kumaşlar kullanılmıştır. Gelen siparişlerin stoktan karşılanamayan kısmı için 3073 kg kumaş fason örme işletmelerinde ördürülmüştür. Anlaşma üzerine kumaş üreten fason örme işletmesi, anlaşma süresi boyunca sürekli üretim yaptığı için ayrıca sipariş verilmediğinden, sadece fason örme işletmesine gönderilen 248 adet sipariş için sipariş maliyeti hesaplanmıştır. Buna göre önerilen sistemde toplam sipariş maliyeti 86,56 TL'dir. Taşıma maliyetleri de, anlaşma yapılan fason örme işletmesinden gelen her kumaş sevkıyatında ve fason örme işletmesine verilen stokta olmayan kumaşların siparişleri verildiğinde hesaplanmıştır. Anlaşma yapılan fason işletmeden gelen kumaşların taşınması için toplam 51 TL ve stokta olmayan 248 adet sipariş için toplam 243,2 TL olmak üzere toplam 294,2 TL taşıma maliyeti gerçekleştiği hesaplanmıştır. Tüm bunların sonucunda da önerilen sistemde toplam maliyetin 3769 TL olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak sipariş maliyeti ve taşıma maliyetlerinde sağlanan düşüşle önerilen sistemin toplam maliyeti mevcut sistemin toplam maliyetine göre daha düşük olarak gerçekleştiğini söylemek mümkündür.

Buna göre, mevsimsel olarak yoğun çalışılan dönem için, fason örme işletmeleri ile anlaşma yapılarak, en fazla kullanılan ham kumaşlar için sürekli kumaş üretim yaptırma sistem önerisinin, fason konfeksiyon üreten işletmelerde de uygulanabileceği savunulabilir.

Bu çalışmada önerilen sistemde kumaş örme maliyetleri için herhangi bir indirim düşünülmemiştir. Önerilen sistemin toplam maliyeti stok durumuna ve anlaşma

yapılan fason örme işletmesi ile yapılacak sürekli üretim nedeniyle pazarlıkla sağlanabilecek kumaş ördürme maliyetindeki indirim oranına göre düşürülebilecektir.

Ayrıca firmaya gelen siparişlerin kumaş ihtiyacı verilerinin, sipariş varyantları bazında küçük parçalar halinde değerlendirilmesi durumunda, stok seviyesinin daha da düşük gerçekleşeceği ve tüm sistem zamanının da daha düşük olacağı düşünülmektedir.

Firmaların müşterilerin sipariş trendleri konusunda, müşterileri ile daha fazla diyalog içinde olması, müşteri profilinin benzer ürünleri talep etmesi durumunda önerilen sistemin başarı şansı yükselecektir.

Önerilen sistemin esas olan, anlaşma yapılan fason işletmelerle çalışılması ile, iyi çalışan, kaliteli ürün üreten tedarikçilerin seçimi söz konusu olabilecektir. Ayrıca işletmenin anlaşma yaptığı belirlenmiş tedarikçilere kalite konusundaki beklentileri daha kolay aktarması mümkün olabilecektir. Fason takipçilerinin daha az sayıda tedarikçide denetim yapması kolaylaşacak ve ilişkileri daha verimli hale gelecektir. Bu şekilde kalitede sağlanacak iyileşme, kalitede sağlanacak iyileşme ile kalite maliyetlerinde sağlanacak düşüş, aksaklıkların azalması, kontrolün kolaylaşması önerilen sistemin şu an rakamlara dökülemeyen diğer avantajları olabilecektir.

Önerilen sistemde ayrıca acil siparişlerin stoktan karşılanma olasılığı da olacaktır. Anlaşma yapılan fasonların sevk edeceği kumaş miktarı ve zamanları belli olacağı için 2-3 gün içinde gelmesi beklenen kumaşlardan karşılanmak üzere acil bir siparişin kabul edilmesi de mümkün olabilecektir. Bu da işletmenin müşteri isteklerine cevap verme hızını arttıracak sonuç olarak da müşteri karşısındaki firma imajı olumlu etkilenecektir.

Elde bulundurulanan stoklardan numune hazırlık aşamasında da yararlanılabilecektir. Bu da numune hazırlık süresinde kısalma dolayısıyla tüm süreçte kısalma sağlanması sağlanabilecektir.

Konfeksiyon sektöründe müşteri isteklerinin sürekli değişmesi, bu sektörde çalışan firmaları da hızlı, istenilene uygun hareket etmeye zorlamaktadır. Sektörün yapısına bağlı olarak malzeme tedarik süreçleri toplam çevrim süresi içinde önemli bir yer tutmaktadır. İşletmeler bu durumun bir parçası olarak, çok fazla tedarikçi işletme ile çalışmak durumunda kalmaktadırlar. Çok fazla tedarikçi işletme ile çalışılarak siparişin yerine getirilmeye çalışılması da kalite sorunları, taşıma maliyetleri, süreç kontrol işlemlerinin yetersiz kalması gibi birçok sorunu beraberinde getirmektedir.

Bu tez kapsamında, fason konfeksiyon üretimi yapan işletmelerin ham kumaş tedarik sürecinin kısaltılmasına yönelik bir çalışma sistemi önerilmiştir. Çalışma sonuçları, önerilen sistemin, sektörün bahsedilen sorunlarının çözümüne katkıda bulunabileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Acar, N. (1995). *Malzeme İhtiyaç Planlaması*. (3. Baskı). Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 323.

Acar, N. (1991). *Malzeme İhtiyaç Planlaması Sistemi*.(2.Baskı). Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.

AKGÜÇ, Ö. (1994). *Finansal Yönetim*. (6.Baskı) (292-302). İstanbul: Avcıol Basım Yayın.

Aksaraylı, M. (b.t.). *Ekonometri Böl. Simülasyon Ders Notları*“Rassal Sayı Üretilmesi”. 10.03.2010, www.mehmetaksarayli.com.

Al-Zubaidi, H. ve Tyler, T. (2004). A simulation model of quick response replenishment of seasonal clothing. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 32(6), 320-327.

Aquilano C., Chase R. B. ve Aquilano N. J. (1995). *Production and Operation Management Manufacturing and Services*.(7. Baskı) , Boston: Irwin/McGraw-Hill.

Aydın, N. (1999). *Finansal Yönetim*.(1.Baskı). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fak.yayını.

Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation*. (1.Baskı), USA: Wiley, John & Sons.

Bitim,S.(2009). *Stok Yönetimi*. 16.03.2010.

http://mba.semihbitim.com/Tedarik.../Stok_Yonetimi_Ugur_20_12_2009.ppt.

Black, J. T. ve Schroer, B. J. (12.02.2003). Simulation of an apparel assembly cell with walking workers and decouplers. *Journal of Manufacturing Systems*, 12 (2), 170-180. 02.12.2009,
<http://proquest.umi.com/pqdlink?Ver=1&Exp=12-01-2014&FMT=7&DID117...&cfc=1>.

Bouhia, S. ve Abernathy, F. H. (2003). *Scheduling and Ordering Production Policies in a Limited Capacity Manufacturing System: The Multiple Replenishment Products Case*. 16.03.2010, <http://www.hctar.org/pdfs/OP07.pdf>.

Bursal, N. ve Ercan, Y. (1999) *Maliyet Muhasebesi* (7. Baskı). İstanbul: Der Yayınları.

Chase, R.B., Aquilano, N.J. & Jacobs, F.R. (2001). *Operations Management For Competitive Advantage*. New York: The McGraw-Hill Companies.

Chen, G. ve Harlock, S.C. (1999). A computer simulation based Scheduler for woven fabric production. *Textile Research Journal*, 69 (6), 431-439.

Chung, C.A.(2004). *Simulation Modeling Handbook*.(1.Baskı). USA: CRC Pres.

Çonkar, K., (b.t.). *Stok yönetimi*. 20.02.2010, <http://www2.aku.edu.tr/~oaydemir/>.

De Toni, A. ve Meneghetti, A. (2000). The production planning process for a network of firms in the textile-apparel industry. *International Journal of Production Economics*, 65 (1), 17-32.

Demir, A. (2002). *Üretim Planlama*. (4. Baskı). İzmir: DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi.

Demir, M. H. ve Gümüşoğlu, Ş. (1998). *Üretim Yönetimi (İşlemler Yönetimi)*. (5. Baskı). İstanbul: Beta Basım A.Ş.

Dengiz, B. (B.t...). *Benzetim*. 16.03.2010, <http://w3.gazi.edu.tr/web/bdengiz/turkce/courses/simulation/benzetim10.ppt#258,2,BENZETİM>.

Dutta, D. (2002). *Retail at The Speed Fashion*. 01.03.2010, http://www.3isite.com/articles/ImagesFashion_Zara_Part_I.pdf

Erkut, H. (1992). *Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı*. (2. baskı). İstanbul: İrfan Yayıncılık.

Ertoğral, K. (b.t.). *Stok Yönetimi*. 20.02.2010, kertogral.etu.edu.tr/OperationsManagement/3_Stok_Yonetimi.ppt.

Forza, C. ve Vinelli, A. (2000). Time Compression In Production And Distribution Within The Textile-Apparel Chain. *Integrated Manufacturing Systems*, 11(2),135-146.

Fraiman, N. ve Singh, M. (2002). *Zara*. 17.03.2010. <http://www4.gsb.columbia.edu/caseworks/abstract/2711/Zara>.

Fu, K., Hsu, V. N. Ve Lee, C. Y. (2005). *Inventory and Production Decisions for an Assemble-to-Order System with Uncertain Demand and Limited Assembly Capacity*. 01.03.2010, <http://www.ise.ufl.edu/scale/publications/SCaLE%20Reports%202005/Fu%20Hsu%20Lee%202005.pdf>.

Gültekin, H., (b.t.). *Stok Kontrol*.20.02.2010, http://hgultekin.etu.edu.tr/muh100/stok_kontrol.pdf.

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

Huang, H., Sethi, S.P. ve Yan, H. (2004). *Purchase Contract Management with Demand Forecast Updates*. 16.03.2010, <http://www.utdallas.edu/~sethi/Postscript/purchasecontract-20-sept-04.pdf>.

İkiz, F., Püskülcü, H. ve Eren, Ş. (1996). *İstatistiğe Giriş*. (4. Baskı). İzmir: Barış Yayınları.

İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi. (b.t.). Stok yönetimi, 08.03.2010. <http://www.isl.itu.edu.tr/sem/Lojistik/Stok.pdf>.

Jin, B. (2004). Achieving an optimal global versus domestic sourcing balance under demand uncertainty. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(12), 1292-1305.

Kalyan, A.R.(2004). *Veri yönetimi ve 6 sigma, sürekli iyileştirme için veri yönetimi ve 6 sigma sempozyumu*. 17.03.2010. www.kalder.org/genel/Kaylan.pdf.

Karacapilidi, N. I. ve Pappis, C. P. (18.02.1999). *Production planning and control in textile industry: A case study*. 18.03.2008, <http://209.85.129.104/search?q=cache:6fxZUjOFAa4J:www-sop.inra.fr/cerm...>

Kaya, A. ve İkiz, F. (2001). *İstatistiksel Stok Kontrolde Bilgisayar Modellemesi Üzerine Bir Araştırma*. 10.03.2010, <http://idari.cu.edu.tr/sempozyum/bil34.htm>.

Kobu, B. (2003). *Üretim Yönetimi*. (11. Baskı). İstanbul: Avcıol Basım Yayın.

Kobu, B. (1996). *Üretim Yönetimi*. (9. baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Araştırma ve Yardım Vakfı Yayını.

Meredith, J. (1992). *The Management of Operations*. (4. Baskı). New York: Wiley.

Milli Prodüktivite Merkezi-REFA. (1989). *Planlama ve Yönetim Yöntem Bilgisi 2. Kitap*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 545.

Montgomery, D. (2001). *Design and Analysis of Experiments*. (5. Baskı). New York: Wiley

Mucuk, İ. (1993). *Modern İşletmecilik*. (5. Baskı). İstanbul: Der Yayınları.

Narasimhan, S.L., Mcleavey, D.W. Ve Billington, P.J. (1995). *Production Planning and Inventory Control*. (2. Baskı). New York: Prentice Hall International.

Nutec Company. (b.t.). *Basic Design of Experiments (Taguchi Approach)*. 18.Mart 2010, www.Nutec.us.com.

Özdamar, K. (1999). *Sosyal Bilimlerde Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. 16.03.2010. www.aof.anadolu.edu.tr/kitap/IOLTP/2294/unite04.pdf.

Özyörük, B. (2003). Malzeme İhtiyaç Planlamasında Parti Büyüklüklerinin Belirlenmesi Ve Bir Uygulama Çalışması. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 18 (3), 43-50.

Pidd, M. (2004). *Computer Simulation in Management Science*. (5. Baskı), USA: Johnson & Wiley Books.

Promodel. (2008). Promodel 7.5 User Guide.

Raja, R. ve Rao, K.S. (2007). Performance evaluation through simulation modeling in a cotton spinning system. [*Simulation Modelling Practice and Theory*](#), 15(9), 1163-1172.

Robinson, S. (2004). *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. (1. Baskı), New York: Wiley.

Ross, P.J. (1989). *Taguchi Techniques for Quality Engineering*. (1. Baskı). Singapore: McGraw-Hill.

Roy, R. (1990). Primer on the Taguchi Method. (1. Baskı). New York: Van Nostrand Reinhold.

Roy, R.K.(b.t.) *Basic Design of Experiments (Taguchi Approach)*. 18 Mart 2010, www.Nutek.us.com.

Russell, R.S., Taylor, B.W.(2000). *Operations Management*. (3. Baskı) içinde (868). New Jersey: Prentice Hall.

Saraç, M. (2007). *Alacak Stok Yönetimi*. 15.03.2010, web.sakarya.edu.tr/~msarac/tr/icerik/dersler/dn1/AlacakStokYonetimi.pdf.

Savaşkan, M., Taptık, Y. ve Ürgen, M. (2004). Deney tasarımı yöntemi ile matkap uçlarında performans Optimizasyonu. *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, 3 (6), 117-128.

Sezen, B., (b.t.). *Stok Yönetimi*. 20.02.2010, http://www.gyte.edu.tr/dersler/546/ISL536/3-StokY%C3%B6netimi_pl.pdf.

Promodel. (2005). *Stat Fit Version 2, User Guide*., USA.

Şenyiğit, E. ve Yıldırım, F. (2002). Sipariş Büyüklüğü Belirleme Yöntemlerinde Yeni Bir Sezgisel Algoritmanın Karşılaştırılması. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 3. 01.03.2010, http://www.mmo.org.tr/resimler/ekler/b04a686b0ad13dc_ek.pdf?dergi=114.

Şirvancı, M. (1997). *Kalite İçin Deney Tasarımı "Taguchi Yaklaşımı"*. (1. Baskı). İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Tekin, M. (1996). *Üretim Yönetimi- Cilt 1*. (3. Baskı) içinde (2-36.247-250:264-286). Konya: Arı Ofset.

Tersine R. J. (1988). *Principles of Inventory and Materials Management*, (3. Baskı) içinde (94-95). NewYork: North-Holland.

Üreten, S. (1998). *Üretim / İşlemler Yönetimi Planlama ve Denetim Kararları, Karar Modelleri ve İyileştirme Yaklaşımları* içinde (3-4). Ankara: Gazi Üniversitesi Yayınları.

Wasusri, T. ve Tanratpatkul, N.(2005). *The Effects of Rescheduling Frequency on Supply Chain Performance in an Apparel Supply Chain*. 16.03.2010, <http://www.kmutt.ac.th/gmi/2005/mambo/images/stories/0071.pdf>.

Yamak, Ö. (1994). *Üretim Yönetimi*. (1. Baskı). İstanbul: Alfa Basım, Yayın, Dağıtım.

Yang W. H., Tarn Y. S., (1998). Design optimization of cutting parameters for turning operations based on the Taguchi method. *Journal of Materials Processing Technology*, 84, 122-129.

EKLER

EK 1.

```
*****
*
*                               *
*      Formatted Listing of Model:      *
*  C:\Documents and Settings\Administrator\Desktop\tezşubat\DÜZENLEME.MOD  *
*                               *
*****
```

Time Units: Hours
Distance Units: Meters
Termination Logic:

FASONDAURETILENTOPLAMKUMAS = LYCSUP30FASONDAURETILENKUMAS +
LYCSUP40FASONDAURETILENKUMAS + SUP40FASONDAURETILENKUMAS
SERMAYEMALİYETİ=GECELIKSTOK*10*10/36500
TOPLAMANLASMALIFASONORMEMALİYET = LYCSUP30ANLASMALIFASONORMEMALİYETİ
+LYCSUP40ANLASMALIFASONORMEMALİYETİ+SUP40ANLASMALIFASONMALİYET+((FASONDAURETILENTOPLAMKUMAS*FASO
NKUMASORDURMEMALİYET+FASONA_GIDEN_TOPLAM_SIPARIS_ADEDİ*SIPARISMALİYETİ)/100)+SERMAYEMALİYETİ

TOPLAM_SIPARIS_MALİYETİ=(FASONA_GIDEN_TOPLAM_SIPARIS_ADEDİ*SIPARISMALİYETİ)/100
SUP40_TUMSIPARISASONDAORULSEYDITOPLAMMALİYET
=(SUP40TOPLAMSIPARISMIKTARI*FASONKUMASORDURMEMALİYET+SIPARISMALİYETİ*SUP40_TOPLAMSIPARISADEDİ+SUP40_
TOPLAMSIPARISADEDİ*TASIMAMALİYETİ)/100 // SIPARIS BASINA MALİYET
LYCSUP40_TUMSIPARISASONDAORULSEYDITOPLAMMALİYET
=(LYCSUP40TOPLAMSIPARISMIKTARI*FASONKUMASORDURMEMALİYET+SIPARISMALİYETİ*LYCSUP40_TOPLAMSIPARISADEDİ
+TASIMAMALİYETİ*LYCSUP40_TOPLAMSIPARISADEDİ)/100 // SIPARIS BASINA MALİYET
LYCSUP30_TUMSIPARISASONDAORULSEYDITOPLAMMALİYET
=(LYCSUP30TOPLAMSIPARISMIKTARI*FASONKUMASORDURMEMALİYET+SIPARISMALİYETİ*LYCSUP30_TOPLAMSIPARISADEDİ
+LYCSUP30_TOPLAMSIPARISADEDİ*TASIMAMALİYETİ)/100// SIPARIS BASINA MALİYET

TUMKUMASLARFASONTOPLAMMALIYET=LYCSUP30_TUMSIPARISASONDAORULSEYDITOPLAMMALIYET
+LYCSUP40_TUMSIPARISASONDAORULSEYDITOPLAMMALIYET+SUP40_TUMSIPARISASONDAORULSEYDITOPLAMMALIYET

* Locations *

Name	Cap	Units	Stats	Rules	Cost

FASON_ORME	1	85		Time Series Oldest, FIFO, First	
FASON_ORME.1	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.2	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.3	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.4	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.5	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.6	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.7	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.8	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.9	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.10	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.11	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.12	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.13	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.14	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.15	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.16	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.17	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.18	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.19	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	
FASON_ORME.20	1	1		Time Series Oldest, FIFO,	

FASON_ORME.21	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.22	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.23	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.24	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.25	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.26	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.27	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.28	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.29	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.30	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.31	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.32	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.33	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.34	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.35	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.36	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.37	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.38	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.39	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.40	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.41	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.42	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.43	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.44	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.45	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.46	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.47	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.48	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.49	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.50	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.51	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.52	1	1	Time Series Oldest, FIFO,

FASON_ORME.53	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.54	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.55	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.56	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.57	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.58	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.59	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.60	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.61	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.62	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.63	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.64	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.65	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.66	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.67	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.68	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.69	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.70	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.71	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.72	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.73	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.74	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.75	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.76	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.77	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.78	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.79	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.80	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.81	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.82	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.83	1	1	Time Series Oldest, FIFO,
FASON_ORME.84	1	1	Time Series Oldest, FIFO,

HAMSUPREM40	50	Time Series
DEPOHAMSUPREM40	50	Time Series
SIPARISLYCSUP30	50	Time Series
HAMLYCSUPREM30	50	Time Series
DEPOLYCSUPREM30	50	Time Series
SIPARISLYCSUP40	50	Time Series
HAMLYCSUPREM40	50	Time Series
DEPOLYCSUPREM40	50	Time Series
SUPREM40FASON	50	Time Series
LYCSUP30	50	Time Series
LYCSUP40	50	Time Series
SUP40S	50	Time Series
LYC30S	50	Time Series
LYC40S	50	Time Series
DUMMY1	50	Time Series
DUMMY2	50	Time Series
DUMMY3	50	Time Series

* Path Networks *

Name	Type	T/S	From	To	BI	Dist/Time	Speed	Factor
SIPARISfason	Passing	Time		N1	N2	Uni 0.26	1	
		N2	N3	Uni 0.31	1			
		N3	N4	Uni 0.30	1			
		N4	N5	Uni 0.15	1			
		N5	N6	Uni 0.42	1			
MUSTERINET	Passing	Time		N1	N2	Uni 0.10	1	
SUP40_ANLASMALIFASONNET	Passing	Time			N1	N2	Uni 0.35	1

	N2	N3	Uni 0.14	1				
SUP40SATINALMAHAMDEPONET	Passing	Time	N1	N2	Uni 0.73	1		
	N2	N3	Uni 0.94	1				
LYCSUP30_ANLASMALIFASONNET	Passing	Time	N1	N2	Uni 0.32	1		
	N2	N3	Uni 0.14	1				
LYCSUP40_ANLASMALIFASONNET	Passing	Time	N1	N2	Uni 0.57	1		
	N2	N3	Uni 0.17	1				
LYCSUP40SATINALMAHAMDEPONET	Passing	Time	N1	N2	Uni 1.13	1		
	N2	N3	Uni 0.38	1				
LYCSUP30SATINALMAHAMDEPONET	Passing	Time	N1	N2	Uni 0.92	1		
	N2	N3	Uni 0.67	1				
DUMMY1NET	Passing	Speed & Distance	N1	N2	Uni 24.57	1		
DUMMY2NET	Passing	Speed & Distance	N1	N2	Uni 1.14	1		
DUMMY3NET	Passing	Speed & Distance	N1	N2	Uni 22.42	1		

 * Interfaces *

Net	Node	Location

SIPARISfason	N1	SATINALMA
	N2	FASONORMEKUYRUGU
	N3	FASON_ORME
	N4	KALITEKONTROLKUYRUGU
	N5	KALITEKONTROL
	N6	BOYAHANE
MUSTERINET	N1	MUSTERI
	N2	SATINALMA
SUP40_ANLASMALIFASONNET	N1	SEVKDEPOSU
	N2	SUP40ANLASMALIFASON

```

      N3      HAMKUMASDEPOSU2
SUP40SATINALMAHAMDEPONET N1      SATINALMA
      N2      HAMKUMASDEPOSU2
      N3      BOYAHANE
LYCSUP30_ANLASMALIFASONNET N1      SEVKDEPOSU
      N2      LYCSUP30ANLASMALIFASON
      N3      HAMKUMASDEPOSU3
LYCSUP40_ANLASMALIFASONNET N1      SEVKDEPOSU
      N2      LYCSUP40ANLASMALIFASON
      N3      HAMKUMASDEPOSU4
LYCSUP40SATINALMAHAMDEPONET N1      SATINALMA
      N2      HAMKUMASDEPOSU4
      N3      BOYAHANE
LYCSUP30SATINALMAHAMDEPONET N1      SATINALMA
      N2      HAMKUMASDEPOSU3
      N3      BOYAHANE
DUMMY1NET      N1      depokontrol
      N2      HAMKUMASDEPOSU2
DUMMY2NET      N1      depokontrol
      N2      HAMKUMASDEPOSU3
DUMMY3NET      N1      depokontrol
      N2      HAMKUMASDEPOSU4

```

```

*****
*               Processing               *
*****

```

		Process	Routing		
Entity	Location	Operation	Blk Output	Destination	Rule Move Logic

```

HAMSUPREM40 SEVKDEPOSU          1 HAMSUPREM40 SUP40ANLASMALIFASON FIRST 1
HAMSUPREM40 SUP40ANLASMALIFASON 1 HAMSUPREM40 HAMKUMASDEPOSU2,999 FIRST 1 MOVE ON
SUP40_ANLASMALIFASONNET

```

```

HAMSUPREM40 HAMKUMASDEPOSU2
      INT X
      ATT_SUP40SEVKKG= SEVKKGSUP40
      Att_SUP40ANLASMALIORDURMEMALİYETI = ANLASMALIORDURMEMALİYET
      X=ATT_SUP40SEVKKG * Att_SUP40ANLASMALIORDURMEMALİYETI
      INT Y
      Y=ATT_SUP40SEVKKG
      INC SUP40ANLASMALIFASONMALİYET, ((ATT_SUP40SEVKKG *
Att_SUP40ANLASMALIORDURMEMALİYETI+TASIMAMALİYETI)/100)
      INC ANLASMALI_FASON_TASIMA_MALİYETI, TASIMAMALİYETI
      INC SUP40TOPLAMSTOKMIKTARI,ATT_SUP40SEVKKG
      INC SUP40ANLASFASONTOPLAMKUMASSEVKKG, ATT_SUP40SEVKKG
      INC TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI,ATT_SUP40SEVKKG
      SPLIT ATT_SUP40SEVKKG AS DEPOHAMSUPREM40
      AttDEPOYAGIRMEZAMANI= CLOCK( HR)

```

SIPARISSUP40 MUSTERI

```

      IF Att_SIPSUP40MIKTARKG < 20 THEN
      {
      SPLIT 1 AS SUP40S
      SEND 1 SUP40S TO SATINALMA
      }

```

```

IF Att_SIPSUP40MIKTARKG >= 20 AND Att_SIPSUP40MIKTARKG<50 OR Att_SIPSUP40MIKTARKG=50 THEN
{
Att_SIPSUP40MIKTARKG=Att_SIPSUP40MIKTARKG/2
SPLIT 2 AS SUP40S
}
IF Att_SIPSUP40MIKTARKG > 50 AND Att_SIPSUP40MIKTARKG <= 100 THEN
{
Att_SIPSUP40MIKTARKG=Att_SIPSUP40MIKTARKG/5
SPLIT 5 AS SUP40S

SEND 5 SUP40S TO SATINALMA
}
IF Att_SIPSUP40MIKTARKG > 100 AND Att_SIPSUP40MIKTARKG <= 150 THEN
{
Att_SIPSUP40MIKTARKG=Att_SIPSUP40MIKTARKG/10
SPLIT 10 AS SUP40S

SEND 10 SUP40S TO SATINALMA
}
IF Att_SIPSUP40MIKTARKG > 150 THEN
{
Att_SIPSUP40MIKTARKG=Att_SIPSUP40MIKTARKG/15
SPLIT 15 AS SUP40S
SEND 15 SUP40S TO SATINALMA
}
}
SUP40S MUSTERI 1 SUP40S SATINALMA FIRST 1
SUP40S SATINALMA ATT_SISTEMEGIRISZAMANI = CLOCK( hr)
INT Y
Y=Att_SIPSUP40MIKTARKG
INC SUP40_TOPLAMSIPARISADEDI,1

INC TOPLAM_SIPARIS_ADEDI,1

```

```

INC SUP40TOPLAMSIPARISMIKTARI, Y
WAIT N(24, 1, 26) HR // planlama ve STOK KONTROL SURECI
IF SUP40TOPLAMSTOKMIKTARI < Att_SIPSUP40MIKTARKG AND SUP40TOPLAMSTOKMIKTARI>0 THEN
{
Att1SUP40DEPODANGİDENKG=SUP40TOPLAMSTOKMIKTARI
Att_SIPSUP40MIKTARKG=Att1SUP40FASONAGİDENKG
DEC SUP40TOPLAMSTOKMIKTARI, Att1SUP40DEPODANGİDENKG
DEC TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI, Att1SUP40DEPODANGİDENKG
Att1KONTROL = 1
send Att1SUP40DEPODANGİDENKG DEPOHAMSUPREM40 TO EXIT
ROUTE 2
}
ELSE
IF SUP40TOPLAMSTOKMIKTARI >= Att_SIPSUP40MIKTARKG THEN
{
DEC SUP40TOPLAMSTOKMIKTARI, Att_SIPSUP40MIKTARKG
DEC TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI, Att_SIPSUP40MIKTARKG
Att1KONTROL=2
send Att_SIPSUP40MIKTARKG DEPOHAMSUPREM40 TO EXIT
ROUTE 1
}
else
IF SUP40TOPLAMSTOKMIKTARI=0 THEN
{

ROUTE 2
}

```

```

1 SUP40S      HAMKUMASDEPOSU2      FIRST 1
2 SUP40S      FASONORMEKUYRUGU     FIRST 1

```

SUP40S

HAMKUMASDEPOSU2

WAIT N(8, 1, 46) HR // SIPARIS KARSILIGI HAMKUMASLARIN HAZIRLANMASI

```

IF Att1KONTROL=1 THEN
{
SEND Att1SUP40DEPODANGİDENKG DEPOHAMSUPREM40 TO EXIT
}
IF Att1KONTROL=2 THEN
{
SEND Att_SIPSUP40MIKTARKG DEPOHAMSUPREM40 TO EXIT
}

```

```

AttDEPODANCIKMAZAMANI = CLOCK( HR)
DEPODANKARSILANMAZAMANI = AttDEPODANCIKMAZAMANI- ATT_SISTEMEGIRISZAMANI

```

```

1 SUP40S BOYAHANE FIRST 1

```

```

MOVE ON SUP40SATINALMAHAMDEPONET

```

```

DEPOHAMSUPREM40 HAMKUMASDEPOSU2 IF Att1KONTROL=1 THEN
{
SEND Att1SUP40DEPODANGİDENKG DEPOHAMSUPREM40 TO EXIT
}
IF Att1KONTROL=2 THEN
{
SEND Att_SIPSUP40MIKTARKG DEPOHAMSUPREM40 TO EXIT
}

```

```

1 DEPOHAMSUPREM40 EXIT SEND 1

```

```

SUP40S      BOYAHANE      SUP40_SISTEM_ZAMANI = CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI
              TUMSISTEMZAMANI= CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI

              1  SUP40S      EXIT      FIRST 1

SUP40S      FASONORMEKUYRUGU  WAIT N(60,12) HR // IPLIK ICIN BEKLeme
              1  SUP40S      FASON_ORME      FIRST 1

SUP40S      FASON_ORME
              WAIT N(3, 1, 23) HR // HAZIRLIK SURESI
              WAIT (Att_SIPSUP40MIKTARKG/0.15) HR // MAKINA VERIMI SAATLIK 15 KG
              INC FASONA_GIDEN_TOPLAM_SIPARIS_ADEDI
              INT Z
              Z=SIPARISMALİYETİ // SIPARIS VERME MALİYETİ
              Att_SUP40FASONDAKUMASORDURMEMALİYETİ = FASONKUMASORDURMEMALİYET
              INT Y
              Y=Att_SUP40FASONDAKUMASORDURMEMALİYETİ
              INC SUP40FASONDAURETILENKUMAS, Att_SIPSUP40MIKTARKG
              INC SUP40_FASONORMETOPLAMMALİYET, (Z+(Y *Att_SIPSUP40MIKTARKG)+TASIMAMALİYETİ)/100
              INC FASON_TASIMA_MALİYETİ, TASIMAMALİYETİ
              ATTFASONDANKARSILANMA_ZAMANI = CLOCK( HR)
              FASONDANKARSILANMAZAMANI = ATTFASONDANKARSILANMA_ZAMANI - ATT_SISTEMEGIRISZAMANI

              1  SUP40S      KALITEKONTROLKUYRUGU  FIRST 1  MOVE ON SIPARISfason
              WAIT 24 HR

SUP40S      KALITEKONTROLKUYRUGU      1  SUP40S      KALITEKONTROL      FIRST 1
SUP40S      KALITEKONTROL      1  SUP40S      BOYAHANE      FIRST 1  MOVE ON SIPARISfason

```

SUP40S BOYAHANE SUP40_SISTEM_ZAMANI = CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI
 TUMSISTEMZAMANI= CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI
 1 SUP40S EXIT FIRST 1
 MOVE ON SIPARISfason

HAMLYCSUPREM30 SEVKDEPOSU

 1 HAMLYCSUPREM30 LYCSUP30ANLASMALIFASON FIRST 1
 HAMLYCSUPREM30 LYCSUP30ANLASMALIFASON 1 HAMLYCSUPREM30 HAMKUMASDEPOSU3,999 FIRST 1 MOVE
 ON LYCSUP30_ANLASMALIFASONNET

HAMLYCSUPREM30 HAMKUMASDEPOSU3

 ATT_LYCSUP30SEVKKG= SEVKKGLYC30
 Att_LYCSUP30ANLASMALIORDURMEMALİYETİ = ANLASMALIORDURMEMALİYET
 INC ANLASMALI_FASON_TASIMA_MALİYETİ, TASIMAMALİYETİ
 INC LYCSUP30ANLASMALIFASONORMEMALİYETİ,((ATT_LYCSUP30SEVKKG *
 Att_LYCSUP30ANLASMALIORDURMEMALİYETİ+TASIMAMALİYETİ)/100)
 INC LYCSUP30TOPLAMSTOKMIKTARI,ATT_LYCSUP30SEVKKG
 INC LYCSUP30ANLASMALIFASONTOPLAMSEVKKG, ATT_LYCSUP30SEVKKG
 INC TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI, ATT_LYCSUP30SEVKKG
 SPLIT ATT_LYCSUP30SEVKKG AS DEPOLYCSUPREM30
 AttDEPOYAGIRMEZAMANI= CLOCK(HR)

LYCSUP30 MUSTERİ

```

IF Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG< 20 THEN
{
SPLIT 1 AS SIPARISLYCSUP30

SEND 1 SIPARISLYCSUP30 TO SATINALMA
}
IF Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG>= 20 AND Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG<50 OR
Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG=50 THEN
{
Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG=Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG/2
SPLIT 2 AS SIPARISLYCSUP30

SEND 2 SIPARISLYCSUP30 TO SATINALMA
}
IF Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG> 50 AND Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG <= 100 THEN
{
Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG=Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG/5
SPLIT 5 AS SIPARISLYCSUP30

SEND 5 SIPARISLYCSUP30 TO SATINALMA
}
IF Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG > 100 AND Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG <= 150 THEN
{
Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG=Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG/10
SPLIT 10 AS SIPARISLYCSUP30

SEND 10 SIPARISLYCSUP30 TO SATINALMA
}
IF Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG > 150 THEN
{
Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG=Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG/15
SPLIT 15 AS SIPARISLYCSUP30

```

```

SEND 15 SIPARISLYCSUP30 TO SATINALMA
}

SIPARISLYCSUP30 MUSTERI          1 SIPARISLYCSUP30 SATINALMA          FIRST 1
SIPARISLYCSUP30 SATINALMA        ATT_SISTEMEGIRISZAMANI = CLOCK( hr)
INT Y
Y=Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG
INC TOPLAM_SIPARIS_ADEDI,1
INC LYCSUP30_TOPLAMSIPARISADEDI,1

INC LYCSUP30TOPLAMSIPARISMIKTARI, Y

WAIT N(24, 1, 26) HR // STOK KONTROL SURECI

IF LYCSUP30TOPLAMSTOKMIKTARI < Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG AND
LYCSUP30TOPLAMSTOKMIKTARI>0 THEN
{
Att1LYCSUP30DEPODANGİDENKG=LYCSUP30TOPLAMSTOKMIKTARI
DEC LYCSUP30TOPLAMSTOKMIKTARI, Att1LYCSUP30DEPODANGİDENKG
DEC TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI, Att1LYCSUP30DEPODANGİDENKG
Att1KONTROL = 1
send Att1LYCSUP30DEPODANGİDENKG DEPOLYCSUPREM40 TO EXIT
Att1LYCSUP30FASONAGİDENKG=Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG-Att1LYCSUP30DEPODANGİDENKG
Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG=Att1LYCSUP30FASONAGİDENKG

ROUTE 2
}
ELSE
IF LYCSUP30TOPLAMSTOKMIKTARI >= Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG THEN
{

```

```

DEC LYCSUP30TOPLAMSTOKMIKTARI,Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG
DEC TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI, Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG
Att1KONTROL=2
ROUTE 1
send Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG DEPOLYCSUPREM40 TO EXIT
}
else
IF LYCSUP30TOPLAMSTOKMIKTARI=0 THEN
{
ROUTE 2
}

```

```

1 SIPARISLYCSUP30 HAMKUMASDEPOSU3 FIRST 1 MOVE ON
LYCSUP30SATINALMAHAMDEPONET

```

```

2 SIPARISLYCSUP30 FASONORMEKUYRUGU,99 FIRST 1
3 SIPARISLYCSUP30 FASONORMEKUYRUGU FIRST 1
SIPARISLYCSUP30 HAMKUMASDEPOSU3 WAIT N(8, 1, 46) HR // SIPARIS KARSILIGI HAMKUMASLARIN HAZIRLANMASI

```

```

IF Att1KONTROL=1 THEN
{
SEND Att1LYCSUP30DEPODANGİDENKG DEPOLYCSUPREM30 TO EXIT
}
IF Att1KONTROL=2 THEN
{
SEND Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG DEPOLYCSUPREM30 TO EXIT
}

```

```

AttDEPODANCIKMAZAMANI = CLOCK( HR)

```

DEPODANKARSILANMAZAMANI = AttDEPODANCIKMAZAMANI- ATT_SISTEMEGIRISZAMANI

1 SIPARISLYCSUP30 BOYAHANE FIRST 1 MOVE ON
LYCSUP30SATINALMAHAMDEPONET

DEPOLYCSUPREM30 HAMKUMASDEPOSU3

```
IF Att1KONTROL=1 THEN
{
SEND Att1LYCSUP30DEPODANGİDENKG DEPOLYCSUPREM30 TO EXIT
}
IF Att1KONTROL=2 THEN
{
SEND Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG DEPOLYCSUPREM30 TO EXIT
}
```

```
1 DEPOLYCSUPREM30 EXIT SEND 1
SIPARISLYCSUP30 BOYAHANE LYCSUP30_SISTEM_ZAMANI = CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI
TUMSISTEMZAMANI= CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI
1 SIPARISLYCSUP30 EXIT FIRST 1
SIPARISLYCSUP30 FASONORMEKUYRUGU WAIT N(60,12) HR // IPLIK ICIN BEKLeme
1 SIPARISLYCSUP30 FASON_ORME FIRST 1
SIPARISLYCSUP30 FASON_ORME
WAIT N(3, 1, 23) HR // HAZIRLIK SURESI
INC FASONA_GIDEN_TOPLAM_SIPARIS_ADEDI,1
INT X
X=Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG
WAIT (X / 0.15 ) HR // MAKINA VERIMI SAATLIK 15 KG
INT Z
```

Z=SIPARISMALİYETİ // SIPARIS VERME MALİYETİ
 Att_LYCSUP30FASONDAKUMASORDURMEMALİYETİ = FASONKUMASORDURMEMALİYET

 INT Y
 Y=Att_LYCSUP30FASONDAKUMASORDURMEMALİYETİ
 INC LYCSUP30_FASONTOPLAMMALİYET,(Z+(Y *X)+TASIMAMALİYETİ)/100
 INC FASON_TASIMA_MALİYETİ, TASIMAMALİYETİ
 INC LYCSUP30FASONDAURETİLENKUMAS, Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG
 ATTFASONDANKARSILANMA_ZAMANI = CLOCK(HR)
 FASONDANKARSILANMAZAMANI = ATTFASONDANKARSILANMA_ZAMANI - ATT_SISTEMEGIRISZAMANI

1 SIPARISLYCSUP30 KALITEKONTROLKUYRUGU FIRST 1 MOVE ON SIPARISfason
 WAIT 24 HR

SIPARISLYCSUP30 KALITEKONTROLKUYRUGU 1 SIPARISLYCSUP30 KALITEKONTROL FIRST 1
 SIPARISLYCSUP30 KALITEKONTROL 1 SIPARISLYCSUP30 BOYAHANE FIRST 1 MOVE ON SIPARISfason

SIPARISLYCSUP30 BOYAHANE LYCSUP30_SISTEM_ZAMANI = CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI
 TUMSISTEMZAMANI= CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI

1 SIPARISLYCSUP30 EXIT FIRST 1 MOVE ON SIPARISfason
 HAMLYCSUPREM40 SEVKDEPOSU 1 HAMLYCSUPREM40 LYCSUP40ANLASMALIFASON FIRST 1

HAMLYCSUPREM40 LYCSUP40ANLASMALIFASON 1 HAMLYCSUPREM40 HAMKUMASDEPOSU4,999 FIRST 1 MOVE
 ON LYCSUP40_ANLASMALIFASONNET

HAMLYCSUPREM40 HAMKUMASDEPOSU4

INT X
 ATT_LYCSUP40SEVKKG= SEVKKGLYC40
 Att_LYCSUP40ANLASMALIOR DURMEMALİYETİ = ANLASMALIOR DURMEMALİYET
 X=ATT_LYCSUP40SEVKKG * Att_LYCSUP40ANLASMALIOR DURMEMALİYETİ

```

INT Y
Y=ATT_LYCSUP40SEVKKG
INC ANLASMALI_FASON_TASIMA_MALIYETI, TASIMAMALIYETI
INC LYCSUP40ANLASMALIFASONORMEMALIYETI,((ATT_LYCSUP40SEVKKG *
Att_LYCSUP40ANLASMALIORDURMEMALIYETI)+TASIMAMALIYETI)/100
INC LYCSUP40TOPLAMSTOKMIKTARI,Y
INC LYCSUP40ANLASMALIFASONTOPLAMSEVKKG, Y
INC TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI, Y
SPLIT ATT_LYCSUP40SEVKKG AS DEPOLYCSUPREM40
AttDEPOYAGIRMEZAMANI= CLOCK( HR)

LYCSUP40    MUSTERI
            IF Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG< 20 THEN
            {
            SPLIT 1 AS SIPARISLYCSUP40

            SEND 1 SIPARISLYCSUP40 TO SATINALMA
            }
            IF Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG>= 20 AND Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG<50 OR
Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG=50 THEN
            {
            Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG=Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG/2
            SPLIT 2 AS SIPARISLYCSUP40

            SEND 2 SIPARISLYCSUP40 TO SATINALMA
            }
            IF Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG> 50 AND Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG <= 100 THEN
            {
            Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG=Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG/5

```



```

DEC LYCSUP40TOPLAMSTOKMIKTARI, Att1LYCSUP40DEPODANGİDENKG
DEC TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI, Att1LYCSUP40DEPODANGİDENKG
Att1KONTROL = 1
send Att1LYCSUP40DEPODANGİDENKG DEPOLYCSUPREM40 TO EXIT
Att1LYCSUP40FASONAGİDENKG=Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG-Att1LYCSUP40DEPODANGİDENKG
Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG=Att1LYCSUP40FASONAGİDENKG

```

```

ROUTE 2
}
ELSE
IF LYCSUP40TOPLAMSTOKMIKTARI >= Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG THEN
{
DEC LYCSUP40TOPLAMSTOKMIKTARI,Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG
DEC TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI, Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG
Att1KONTROL=2
ROUTE 1
send Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG DEPOLYCSUPREM40 TO EXIT
}
else
IF LYCSUP40TOPLAMSTOKMIKTARI=0 THEN
{
ROUTE 2
}
}

```

1 SIPARISLYCSUP40 HAMKUMASDEPOSU4 FIRST 1 MOVE ON
LYCSUP40SATINALMAHAMDEPONET

2 SIPARISLYCSUP40 FASONORMEKUYRUGU FIRST 1
SIPARISLYCSUP40 HAMKUMASDEPOSU4 WAIT N(8, 1, 46) HR // SIPARIS KARSILIGI HAMKUMASLARIN HAZIRLANMASI
IF Att1KONTROL=1 THEN

```

{
SEND Att1LYCSUP40DEPODANGİDENKG DEPOLYCSUPREM40 TO EXIT
}
IF Att1KONTROL=2 THEN
{
SEND Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG DEPOLYCSUPREM40 TO EXIT
}

AttDEPODANCIKMAZAMANI = CLOCK( HR)

DEPODANKARSILANMAZAMANI = AttDEPODANCIKMAZAMANI- ATT_SISTEMEGIRISZAMANI

1 SIPARISLYCSUP40 BOYAHANE FIRST 1 MOVE ON
LYCSUP40SATINALMAHAMDEPONET

DEPOLYCSUPREM40 HAMKUMASDEPOSU4
IF Att1KONTROL=1 THEN
{
SEND Att1LYCSUP40DEPODANGİDENKG DEPOLYCSUPREM40 TO EXIT
}
IF Att1KONTROL=2 THEN
{
SEND Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG DEPOLYCSUPREM40 TO EXIT
}

1 DEPOLYCSUPREM40 EXIT SEND 1
SIPARISLYCSUP40 BOYAHANE LYCSUP40_SISTEM_ZAMANI = CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI
TUMSISTEMZAMANI= CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI
1 SIPARISLYCSUP40 EXIT FIRST 1
SIPARISLYCSUP40 FASONORMEKUYRUGU WAIT N(60,12) HR // IPLIK ICIN BEKLeme
1 SIPARISLYCSUP40 FASON_ORME FIRST 1 MOVE ON SIPARISfason

```

```

SIPARISLYCSUP40 FASON_ORME
    WAIT N(3, 1, 23) HR // HAZIRLIK SURESI
    INC FASONA_GIDEN_TOPLAM_SIPARIS_ADEDI,1
    INT X
    X=Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG
    WAIT (X / 0.15) HR // MAKINA VERIMI SAATLIK 15 KG
    INC LYCSUP40FASONDAURETILENKUMAS, Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG
    INT Z
    Z=SIPARISMALİYETİ // SIPARIS VERME MALİYETİ
    Att_LYCSUP40FASONDAKUMASORDURMEMALİYETİ = FASONKUMASORDURMEMALİYET
    INT Y
    Y=Att_LYCSUP40FASONDAKUMASORDURMEMALİYETİ
    INC LYCSUP40_FASONTOPLAMMALİYET, (Z+(Y *X)+TASIMAMALİYETİ)/100
    INC FASON_TASIMA_MALİYETİ, TASIMAMALİYETİ
    ATTFASONDANKARSILANMA_ZAMANI = CLOCK( HR)
    FASONDANKARSILANMAZAMANI = ATTFASONDANKARSILANMA_ZAMANI - ATT_SISTEMEGIRISZAMANI

```

```

1 SIPARISLYCSUP40 KALITEKONTROLKUYRUGU FIRST 1 MOVE ON SIPARISfason
    WAIT 24 HR

```

```

SIPARISLYCSUP40 KALITEKONTROLKUYRUGU          1 SIPARISLYCSUP40 KALITEKONTROL          FIRST 1
SIPARISLYCSUP40 KALITEKONTROL          INC GECELIKSTOK, LYCSUP40TOPLAMSTOKMIKTARI
1 SIPARISLYCSUP40 BOYAHANE          FIRST 1 MOVE ON SIPARISfason
SIPARISLYCSUP40 BOYAHANE          LYCSUP40_SISTEM_ZAMANI = CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI
TUMSISTEMZAMANI= CLOCK()-ATT_SISTEMEGIRISZAMANI
1 SIPARISLYCSUP40 EXIT          FIRST 1 MOVE ON SIPARISfason

```

```

DUMMY1      depokontrol      INC GECELIKSTOK, TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI
1 DUMMY1      EXIT          FIRST 1

```

DUMMY2	depokontrol	1	DUMMY2	EXIT	FIRST 1
DUMMY3	depokontrol	1	DUMMY3	EXIT	FIRST 1

 * Arrivals *

Entity	Location	Qty	Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
SIPARISSUP40	MUSTERI	1		Thu, Mar 01 2007 @ 09:00 AM	INF	3 day	Att_SIPSUP40MIKTARKG = ((B(0.454, 1., 0., 2.04e+004))/100)

HAMSUPREM40	SEVKDEPOSU	1		Thu, Mar 01 2007 @ 02:00 PM	INF	SEVKARALIGISUP40
HAMLYCSUPREM30	SEVKDEPOSU	1		Thu, Mar 01 2007 @ 08:00 AM	INF	SEVKARALIGILYC30
LYCSUP30	MUSTERI	1		Fri, Mar 02 2007 @ 08:00 AM	INF	4 DAY
Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG = ((W(1.53, 1.18e+004))/100)						

LYCSUP40	MUSTERI	1		Sat, Mar 03 2007 @ 08:00 AM	INF	6 DAY	Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG = ((W(0.96, 1.03e+004))/100)
----------	---------	---	--	-----------------------------	-----	-------	---

HAMLYCSUPREM40	SEVKDEPOSU	1		Thu, Mar 01 2007 @ 08:00 AM	INF	SEVKARALIGILYC40
DUMMY1	depokontrol	1		Thu, Mar 01 2007 @ 09:00 PM	INF	1 DAY
DUMMY2	depokontrol	1		Thu, Mar 01 2007 @ 09:00 PM	INF	1 DAY
DUMMY3	depokontrol	1		Thu, Mar 01 2007 @ 09:00 PM	INF	1 DAY

```

*****
*                               *
*                               *
*****

```

Locations... Resources... Shift Files... Priorities... Disable Logic...

```

-----
BOYAHANE          tez 14 ocak\vardiyalar.sft 99,99,99,99  No
KALITEKONTROL
SATINALMA
LYCSUP30ANLASMALIFASON
LYCSUP40ANLASMALIFASON
SUP40ANLASMALIFASON

```

```

FASON_ORME          FASON.sft          99,99,99,99  No

```

```

*****
*                               *
*                               *
*****

```

ID Type Classification

```

-----
#
#SUPREM 30 SIPARIS MIKTARI
Att_SIPSUP30MIKTARKG      Integer      Entity
#
#SEVK EDILEN HAM SUPREM30 KUMAS MIKTARI
ATT_SUP30SEVKKG           Integer      Entity
Att_SUP30ANLASMALIORDURMEMALIY Integer      Entity
Att_SUP30FASONDAKUMASORDURMEMA Integer      Entity

```

Att_SIPSUP40MIKTARKG	Integer	Entity
ATT_SUP40SEVKKG	Integer	Entity
Att_SUP40ANLASMALIORDURMEMALIY	Integer	Entity
Att_SUP40FASONDAKUMASORDURMEMA	Integer	Entity
ATT_LYCSUP30SEVKKG	Integer	Entity
Att_LYCSUP30ANLASMALIORDURMEMA	Integer	Entity
Att_LYCSUP30FASONDAKUMASORDURM	Integer	Entity
Att1_SIPLYCSUP40MIKTARKG	Integer	Entity
Att_LYCSUP40FASONDAKUMASORDURM	Integer	Entity
Att_LYCSUP40ANLASMALIORDURMEMA	Integer	Entity
ATT_LYCSUP40SEVKKG	Integer	Entity
Att1SUP40FASONAGİDENKG	Integer	Entity
Att1SUP40DEPODANGİDENKG	Integer	Entity
Att1KONTROL	Integer	Entity
Att1LYCSUP40DEPODANGİDENKG	Integer	Entity
Att1LYCSUP40FASONAGİDENKG	Integer	Entity
Att1LYCSUP30DEPODANGİDENKG	Integer	Entity
Att1LYCSUP30FASONAGİDENKG	Integer	Entity
ATT_SISTEMEGIRISZAMANI	Real	Entity
AttDEPOYAGIRMEZAMANI	Integer	Entity
AttDEPODANCIKMAZAMANI	Integer	Entity
ATTFASONDANKARSILANMA_ZAMANI	Integer	Entity
Att1_SIPLYCSUP30MIKTARKG	Integer	Entity

 * Variables (global) *

ID	Type	Initial value	Stats

#			

#TOPLAM HAMKUMASŞ DEPO HACMI

TOPLAMHAMKUMASDEPOHACMI	Integer	0	Time Series
SUP40_SISTEM_ZAMANI	Integer	0	Time Series
SUP40TOPLAMSIPARISMIKTARI	Integer	0	Time Series
SUP40FASONDAURETILENKUMAS	Integer	0	Time Series
SUP40TOPLAMSTOKMIKTARI	Integer	0	Time Series
SUP40ANLASFASONTOPLAMKUMASSEVK	Integer	0	Time Series
SUP40_TUMSIPARISASONDAORULSEYD	Integer	0	Time Series
SUP40_TOPLAMSIPARISADEDI	Integer	0	Time Series
SUP40_FASONORMETOPLAMMALIYET	Integer	0	Time Series
SUP40ANLASMALIFASONMALIYET	Integer	0	Time Series
LYCSUP30TOPLAMSIPARISMIKTARI	Integer	0	Time Series
LYCSUP30_SISTEM_ZAMANI	Integer	0	Time Series
LYCSUP30TOPLAMSTOKMIKTARI	Integer	0	Time Series
LYCSUP30ANLASMALIFASONTOPLAMSE	Integer	0	Time Series
LYCSUP30_TUMSIPARISASONDAORULS	Integer	0	Time Series
LYCSUP30_TOPLAMSIPARISADEDI	Integer	0	Time Series
LYCSUP30ANLASMALIFASONORMEMALI	Integer	0	Time Series
LYCSUP30FASONDAURETILENKUMAS	Integer	0	Time Series
LYCSUP30_FASONTOPLAMMALIYET	Integer	0	Time Series
LYCSUP40FASONDAURETILENKUMAS	Integer	0	Time Series
LYCSUP40ANLASMALIFASONORMEMALI	Integer	0	Time Series
LYCSUP40_TOPLAMSIPARISADEDI	Integer	0	Time Series
LYCSUP40_TUMSIPARISASONDAORULS	Integer	0	Time Series
LYCSUP40ANLASMALIFASONTOPLAMSE	Integer	0	Time Series
LYCSUP40TOPLAMSIPARISMIKTARI	Integer	0	Time Series
LYCSUP40TOPLAMSTOKMIKTARI	Integer	0	Time Series
LYCSUP40_FASONTOPLAMMALIYET	Integer	0	Time Series
LYCSUP40_SISTEM_ZAMANI	Integer	0	Time Series
TUMSISTEMZAMANI	Integer	0	Time Series
DEPODANKARSILANMAZAMANI	Integer	0	Time Series
FASONDANKARSILANMAZAMANI	Integer	0	Time Series

TUMKUMASLARFASONTOPLAMMALIYET	Integer	0	Time Series
TOPLAMANLASMALIFASONORMEMALIYE	Integer	0	Time Series
FASONDAURETILENTOPLAMKUMAS	Integer	0	Time Series
GECELIKSTOK	Integer	0	Time Series
SERMAYEMALIYETI	Integer	0	Time Series
ANLASMALI_FASON_TASIMA_MALIYET	Integer	0	Time Series
FASON_TASIMA_MALIYETI	Integer	0	Time Series
TOPLAM_SIPARIS_ADEDI	Integer	0	Time Series
FASONA_GIDEN_TOPLAM_SIPARIS_AD	Integer	0	Time Series
TOPLAM_SIPARIS_MALIYETI	Integer	0	Time Series

```
*****
*                                     *
*                               Macros                               *
*                                     *
*****
```

ID	Text
SEVKKGLYC30	70
SEVKARALIGILYC30	6 DAY
FASONKUMASORDURMEMALIYET	60
ANLASMALIORDURMEMALIYET	60
TASIMAMALIYETI	100
SIPARISGELMEARALIGI	1 DAY
SIPARISMALIYETI	35
SEVKARALIGILYC40	6DAY
SEVKKGLYC40	40
SEVKKGSUP40	40
SEVKARALIGISUP40	5 DAY

* Subroutines *

ID	Type	Parameter	Type	Logic
Sub1	None			

* Arrival Cycles *

ID	Qty / %	Cumulative	Time (Hours)	Value
Cyc1	Quantity	No		

* External Files *

ID	Type	File Name	Prompt
(null)	Shift	FASON.sft	
(null)	Shift	tez 14 ocak\vardiyalar.sft	

* Streams *

Stream # Seed # Reset

1	98	No
2	25	No
3	15	No
4	5	No
5	36	No
6	84	No
7	57	No
8	98	No
9	68	No
10	44	No
11	23	No
12	52	No
13	11	No
14	2	No
15	100	No
16	22	No
17	32	No
18	86	No
19	44	No
20	15	No
21	92	No
22	41	No
23	46	No
24	87	No
25	86	No
26	35	No
27	31	No
28	55	No
29	7	No
30	63	No
31	91	No

32	88	No
33	64	No
34	74	No
35	24	No
36	95	No
37	33	No
38	70	No
39	49	No
40	77	No
41	93	No
42	61	No
43	83	No
44	76	No
45	69	No
46	80	No
47	21	No
48	4	No
49	13	No
50	25	No
51	42	No
52	32	No
53	67	No
54	81	No
55	50	No
56	68	No