

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BİR TRANSFORMATÖR FİRMASINDA STOK KONTROL
PARAMETRELERİNİN SİMÜLASYON TABANLI OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELTEM ASLANTAŞ

BALIKESİR, HAZİRAN - 2019

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BİR TRANSFORMATÖR FİRMASINDA STOK KONTROL
PARAMETRELERİNİN SİMÜLASYON TABANLI OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELTEM ASLANTAŞ

**Jüri Üyeleri : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Ahmet Beyazıt OCAKTAN
(Tez Danışmanı)
Dr. Öğr. Üyesi Alparslan Serhat DEMİR
Doç. Dr. Aslan Deniz KARAOĞLAN**

KABUL VE ONAY SAYFASI

MELTEM ASLANTAŞ tarafından hazırlanan “BİR TRANSFORMATÖR FİRMASINDA STOK KONTROL PARAMETRELERİNİN SİMULASYON TABANLI OPTİMİZASYONU” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 13.06.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Dr. Öğr.Üyesi M.A. Beyazıt OCAKTAN



Üye
Dr.Öğr.Üyesi Alparslan Serhat DEMİR



Üye
Doç.Dr.Aslan Deniz KARAOĞLAN



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

ÖZET

**BİR TRANSFORMATÖR FİRMASINDA STOK KONTROL
PARAMETRELERİNİN SİMÜLASYON TABANLI OPTİMİZASYONU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MELTEM ASLANTAŞ
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ MUSTAFA AHMET BEYAZIT
OCAKTAN)
BALIKESİR, HAZİRAN - 2019**

Ürün üreten firmalarda en önemli amaçlardan biri, üretim devam ederken herhangi bir malzeme eksikliğinden dolayı üretiminin sekteye uğramaması ve bunu gerçekleştirirken de stokları optimum miktarın üstüne çıkartmamaktır. Stok kontrol tam da bu iki durumu dengelemeye çalışır. Etkin bir stok kontrolün üretim aksamalarının ve aşırı stokların önlenmesi gibi yararlarının yanı sıra maliyet tasarrufu, başarılı bir maliyet muhasebesi ve mali raporlama sistemi için güvenilir bir temel oluşturacak bir stok dengesi elde edilmesi gibi işletmeye sağlayacağı birçok faydası vardır. Tezin ilk bölümünde ağırlıklı olarak stokastik stok kontrol modelleri incelenmiş ve bu modeller ile ilgili literatürdeki çalışmalar gözden geçirilmiştir. Devamında bir transformatör fabrikasında dağıtım transformatörlerinin üretiminde kullanılan ABC analizi ile belirlenmiş iki kalem için ortalama maliyeti minimize eden (R, s, nQ) periyodik gözden geçirme stok politikası parametrelerinin belirlenmesi için simülasyon tabanlı optimizasyon yaklaşımı kullanılmıştır. İşletmenin mevcut stok politikasının ortalama maliyeti ile çalışmayla belirlenen stok politikasının ortalama maliyeti kıyaslanmış, işletmenin hali hazırda kullandığı stok politikasına göre ortalama maliyette %55 azalma sağlandığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Stok kontrol, periyodik stok yenileme, simülasyon.

ABSTRACT

**SIMULATION BASED OPTIMIZATION OF STOCK CONTROL
PARAMETERS IN A TRANSFORMER COMPANY
MSC THESIS
MELTEM ASLANTAŞ
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
INDUSTRIAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. MUSTAFA AHMET BEYAZIT
OCAKTAN)
BALIKESİR, JUNE 2019**

One of the most important goals in product producing companies is that production is not interrupted due to lack of any material while production is going on and not to increase the stocks above the optimum amount while performing this. Inventory control tries to balance these two situations. In addition to the benefits of effective stock control, such as the prevention of production disruptions and overstocking, there are many benefits to the business, such as cost savings, achieving a stock balance that will provide a reliable basis for a successful cost accounting and financial reporting system. In the first part of the thesis, mainly stochastic stock control models are examined and the literature studies related to these models are reviewed. Then, simulation method was used to determine the periodic review stock policy parameters minimizing average cost (R, s, nQ) for two items determined by ABC analysis and used in the production of distribution transformers in a transformer factory. The average cost of the current inventory policy of the enterprise was compared with the average cost of the inventory policy determined by the study and it was observed that the average cost of the enterprise was reduced by 55% compared to the inventory policy currently used by the enterprise.

KEYWORDS: Inventory control, periodic review system, simulation.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1.GİRİŞ	1
1.1 Motivasyon.....	3
1.2 Problem Tanımı.....	4
1.3 Literatür Araştırması	4
2. STOKLAR İLE İLGİLİ KAVRAMLAR	13
2.1 Üretim Sisteminde Stoklar	13
2.2 Stokların sınıflandırılması	14
2.2.1 Stok çeşidine göre sınıflandırma	14
2.2.2 Stok işlevine göre sınıflandırma	15
2.2.3 ABC Analizine göre sınıflandırma.....	16
2.3 Stokların İşletme Ekonomisindeki Önemi	17
2.4 Stok Kontrolünün Organizasyondaki Yeri.....	19
2.5 Stok Maliyetleri.....	20
2.5.1 Elde bulundurma maliyeti	21
2.5.2 Sipariş verme maliyeti / Hazırlık maliyeti	23
2.5.3 Elde Bulundurmama Maliyeti	24
3. STOK KONTROL MODELLERİ	26
3.1 Deterministik Stok Kontrolü	26
3.1.1 Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) Modeli	27
3.1.2 Genişletilmiş Ekonomik Üretim Miktarı (EÜM) Modeli	30
3.1.3 Ekonomik Üretim Miktarı (EÜM) Modeli.....	32
3.1.3.1 Geciktirilmiş Talebi Bulunmayan Model.....	32
3.1.3.2 Geciktirilmiş Talebi Bulunan Model	32
3.2 Stokastik Stok Kontrolü	32
3.2.1 Sürekli ve Periyodik Gözden Geçirme.....	35
3.2.1.1 (s, Q) Sistemi.....	37
3.2.1.2 (s, S) Sistemi	39
3.2.1.3 (R, S) Sistemi	40
3.2.1.4 (R, s, S) Sistemi.....	41
3.2.1.5 (R, s, nQ) Sistemi	42
4. SİMÜLASYON YÖNTEMİ	45
4.1 Kullanım alanları.....	46
4.2 Arena Yardımcı Yazılımlar.....	48
4.2.1 Girdi Analizcisi (Input Analyzer)	48
4.2.2 Çıktı Analizcisi (Output Analyzer)	48
4.2.3 Süreç Analizcisi (Process Analyzer).....	49
4.2.4 Optquest Yazılımı	49
4.3 Arenada Modelleme	50

4.4 Simülasyon Çalışma Parametrelerinin Belirlenmesi.....	57
5.UYGULAMA.....	59
5.1 Firma Tanıtımı	59
5.2 Girdi Analizi.....	61
5.2.1 1kV/2000A Buşing Takımı Talep Dağılımına İlişkin Analizler.....	61
5.2.2 1kV/3150A Buşing Takımı Talep Dağılımına İlişkin Analizler.....	66
5.2.3 Ürün Tedarik Sürelerine İlişkin Analizler.....	71
5.3 Model	76
5.3.1 Arena Simülasyon Modeli	77
5.3.2 Modelde Maliyet Hesaplamaları	79
5.4 Çıktı Analizi	84
5.4.1 1kV/2000A Buşing Takımı için Çıktı Analizi	85
5.4.1.1 1kV/2000A Buşing Takımı için Sonlandırma Parametreleri	85
5.4.1.2 1kV/2000A Buşing Takımı için Model Çıktıları	87
5.4.2 1kV/3150A Buşing Takımı için Çıktı Analizi	87
5.4.2.1 1kV/3150A Buşing takımı için Sonlandırma Parametreleri	87
5.4.2.2 1kV/3150A Buşing takımı için Model Çıktıları.....	89
5.5 Simülasyon Tabanlı Optimizasyon	89
5.5.1 1kV/2000A Buşing takımı için Optquest Analizi	90
5.5.1.1 R Sabit Durumda Önerilen Politika	90
5.5.1.2 R Değişken Durumda Önerilen Politika	92
5.5.2 1kV/3150A Buşing takımı için Optquest Analizi	93
5.5.2.1 R Sabit Durumda Önerilen Politika	93
5.5.2.2 R Değişken Durumda Önerilen Politika	95
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	97
7.KAYNAKLAR	100
7.EKLER.....	107

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: ÜPK ve departmanlar arası ilişkiler	20
Şekil 2.2: Ortalama stok düzeyi	22
Şekil 2.3: Sipariş maliyeti	24
Şekil 3.1: Stok düzeyinin zamanla değişimi.....	28
Şekil 3.2: Maliyet değişimi ve minimum TSM noktasının saptanması	29
Şekil 3.3: Stok geometrisi, geciktirilmiş talepli EÜM modeli	31
Şekil 3.4: (s, Q) Sistemi	38
Şekil 3.5: (s, S) Sistemi	39
Şekil 3.6: (R,S) Sistemi	41
Şekil 3.7: (R, s, S) Sistemi.....	42
Şekil 3.8: (R,s nQ) Sistemi	43
Şekil 4.1: Create modülü gösterimi	51
Şekil 4.2: Assign modülü gösterimi	52
Şekil 4.3: Decide modülü gösterimi	54
Şekil 4.4: Process modülü gösterimi	55
Şekil 4.5: Dispose modülü gösterimi	56
Şekil 5.1: 1kV/2000A Buşing takımı zaman serisi grafiği.....	63
Şekil 5.2: 1kV/2000A Buşing takımı kısmi otokorelasyon grafiği.	64
Şekil 5.3: 1kV/2000A Buşing takımı histogram grafiği.....	65
Şekil 5.4: 1kV/3150A Buşing takımı zaman serisi grafiği.	68
Şekil 5.5: 1kV/3150A Buşing takımı kısmi otokorelasyon grafiği.	69
Şekil 5.6: 1kV/3150A Buşing takımı histogram grafiği.....	70
Şekil 5.7: Ürün tedarik süreleri zaman serisi grafiği.	73
Şekil 5.8: Ürün tedarik süreleri histogram grafiği.	74
Şekil 5.9: Ürün tedarik süreleri otokorelasyon grafiği.	75
Şekil 5.10: Ürün tedarik süreleri girdi analizi.....	76
Şekil 5.11: Arena simülasyon modeli.....	78
Şekil 5.12: Arena modeli (karar modülü detayı).	81
Şekil 5.13: Arena modeli (maliyet hesabı).	82
Şekil 5.14: 1kV/2000A Buşing takımı welch grafiği 1.	85
Şekil 5.15: 1kV/2000A Buşing takımı welch grafiği 2.	85
Şekil 5.16: 1kV/2000A Buşing takımı welch grafiği 3.	86
Şekil 5.17: 1kV/2000A Buşing takımı welch grafiği 4.	86
Şekil 5.18: 1kV/2000A Buşing takımı welch grafiği 5.	86
Şekil 5.19: 1kV/3150A Buşing takımı welch grafiği 1	88
Şekil 5.20: 1kV/3150A Buşing takımı welch grafiği 2	88
Şekil 5.21: 1kV/3150A Buşing takımı welch grafiği 3	88
Şekil 5.22: 1 kV/3150A Buşing takımı welch grafiği 4	88
Şekil 5.23: 1kV/3150A Buşing takımı welch grafiği 5	89
Şekil 5.24: 1kV/2000A Buşing takımı için Optquest grafiği	92
Şekil 5.25: 1kV/3150A Buşing takımı için Optquest grafiği	95
Şekil A.1: Simülasyon modeli akış diyagramı.	112

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Envanter politikasını seçmek için ana kurallar	44
Tablo 5.1: 1kV/2000A Buşing takımı talep miktarı örneklem tablosu	62
Tablo 5.2: 1kV/2000A Buşing takımı talep olasılıklı dağılımı	65
Tablo 5.3: 1kV/2000A Buşing takımı birikimli olasılık dağılımı	66
Tablo 5.4: 1kV/3150A Buşing takımı talep miktarı örneklem tablosu	67
Tablo 5.5: 1kV/3150A Buşing takımı talep olasılık dağılımı	70
Tablo 5.6: 1kV/3150A Buşing takımı birikimli olasılık dağılımı	71
Tablo 5.7: Ürün tedarik süreleri örnekleme	72
Tablo 5.8: 1kV/2000A Buşing takımı için R-sabit Optquest çözümü	91
Tablo 5.9: 1kV/2000A Buşing takımı için R-değişken Optquest çözümü	93
Tablo 5.10: 1kV/3150A Buşing takımı için R-sabit Optquest çözümü	94
Tablo 5.11: 1kV/3150A Buşing takımı için R-değişken Optquest çözümü	96
Tablo 6.1: 1kV/2000A Buşing takımı analiz tablosu	97
Tablo 6.2: 1kV/3150A Buşing takımı analiz tablosu	98
Tablo A 1: ABC Analizi.	107

SEMBOL LİSTESİ

ÜPK	: Üretim planlama ve kontrol
IP	: Stok pozisyonu (inventory position)
IL	: Stok düzeyi (inventory level)
ESM	: Ekonomik sipariş miktarı
EÜM	: Ekonomik üretim miktarı
TSM	: Toplam stok maliyeti
FR:	: II. Tip Müşteri hizmet düzeyi (fill rate)
APS	: Gelişmiş planlama ve çizelgeleme (advanced planning scheduling)
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlaması (enterprise resource planning)
SO	: Simülasyon Optimizasyonu
vb.	: Ve benzeri
POS	: Satış noktaları terminali (point of sales terminal)
VBA	: Visual basic uygulaması (Visual Basic for Applications)

ÖNSÖZ

Çalışmalarım ve araştırmalarım boyunca beni yönlendiren, bilgi ve tecrübesiyle desteğini esirgmeyen, her fırsatta zamanını ayıran değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi M.A. Beyazıt Ocaktan'a çok teşekkür ederim. Yine bu süreçte beni motive eden sabır ve hoşgörü gösteren ve özveride bulunan her daim yanımda olduklarını hissettiren anneme, babama ve kardeşime çok teşekkür ederim.

1.GİRİŞ

Bir şirketin stokları en değerli varlıklarından biridir. Öyle ki işletmelerin stok bulundurmada üretimin sürekliliğini sağlamaları ve müşteri hizmet düzeyini makul seviyede koruyabilmesi pek mümkün olmamaktadır. Doğru yapılamayan talep tahmini ve planlama, işletmenin üretim plan ve programlarının oluşturulmasında karşılaşılabilecek olası hatalar, imalat makinelerinin arızalanması, işçi grevleri, olağan dışı hava şartları, beklenmeyen talep artışı veya malzeme tedarik sürecinde yaşanabilecek sıkıntılar gibi birçok sebepten kaynaklı olabilecek üretimin aksaması ve buna bağlı müşteri memnuniyetini sağlayamama veya potansiyel satış fırsatlarının kaçırılması gibi olaylar, her işletme için finansal açıdan karşılaşılmak istenmeyen durumlardır. İşletmeler bu olumsuz durumların sonuçlarından etkilenmeyecek veya etki şiddetini en az indirecek önlemler almalıdır. Bu önlemlerden en önemlisi doğru miktarlarda stok tutmaktır. Bu sayede işletme kendini olumsuz koşullardan korumuş olacaktır.

Günümüzün ekonomik şartlarının stokları her seviyeden yöneticiyi ilgilendiren bir problem haline getirdiği bir gerçektir. Stoklar, işletme içerisinde yer alan bütün birimlerin karar alma sürecine tesir ettiği unsurlardır. İşletmeciler, stokları, yalnızca finans yöneticilerinin ilgilendiği bir konu olarak görebilir. Oysa, aktif bir stok sisteminde her birimin, bilhassa da üretim planlama ve satış birimlerinin rolü bulunmaktadır. Ayrıca, satın alma biriminin tedarikçilerle olan temaslarının sağlanması ve uygun tedarikçilerin bulunması da, üretim sürecinde acil ortaya çıkan ihtiyacın anında tedarik edilmesi ve aktif üretimin gerçekleştirilmesi açısından oldukça faydalıdır. Bu şekilde firmanın emniyet stokları daha makul düzeylere indirilebilir.

Stokların firmalar için ciddi önem taşımasından dolayı stok yönetimi artan rekabet koşullarında ve globalleşen dünyada firmaların üzerinde durması gereken kritik konuların başında gelmektedir. Daha etkin bir stok yönetiminin firmaya sağlayacağı yararlar, finansal açıdan da oldukça önemlidir. Yöneticilerin, danışmanların ve analistlerin bu konu üzerinde değer katma fırsatları büyüktür. Gelecekle ilgili yönetsel beklentiler stok yönetimi üzerinde oldukça büyük etkiye sahiptir ve yeterli önem gösterilmezse firmaların küçülmesine neden olabilir. Doğru

stok yönetimi ile stokların uygun şekilde kontrollerinin sağlanması sonucu müşteri memnuniyetinin artması, işletmelerin rekabette avantaj sağlayabilmeleri ve firmaya prestij kazandırılması mümkündür. Etkili bir stok yönetimi, firmaların kendilerine en uygun stok kontrol politikaları geliştirmeleri ile mümkün olabilir.

Her firmanın kendi satış politikası, üretim kapasitesi, üretim şekli, müşteri ihtiyaçları, tedarikçilerle olan mesafesi gibi farklı durumları söz konusu olduğundan stok kontrol politikaları firmadan firmaya farklılık gösterir. Önemli olan firmanın mevcut durumu değerlendirip kendi ihtiyaçları doğrultusunda uygun bir stok kontrol politikası geliştirebilmesidir. Çünkü firmanın kendisine uygun olmayan bir stok politikasını uygulaması, belli bir dönemde oldukça az olan stok miktarının zamanla yönetimi zor, aşırı stok gibi durumların ortaya çıkmasına sebebiyet verebilir. Bu gibi durumların yanında genel olarak tüm firmalar için söz konusu olan sipariş ve stok maliyetlerinin minimum olacak şekilde düzenlenmesi gerekliliği esas sorundur. Firmalar bu bağlamda kendisine uygun stok kontrol modeline karar vermelidirler.

Literatürde birçok stok kontrol yöntemi mevcuttur. Deterministik ve stokastik talep yapısına göre stok kontrol çeşitleri farklıdır. Tezin ilerleyen bölümlerinde stokastik (olasılıklı) stok kontrol yöntemlerinden detaylı olarak bahsedilecektir.

Stok kontrol yöntemi belirlenmesi sonrasındaki aşama, yüksek müşteri hizmet düzeyini temel alan ve stok maliyetini minimize eden ideal stok kontrol değişkenlerini bulmaktır. Bu bağlamda simülasyon başarısını ispat etmiş yöntemlerden biridir. Simülasyon, sistem performansının her an değişebilen çevre şartlarında birçok değişkene bağlı olarak nasıl sonuçlar verdiğini inceleyebilmek adına imkan sağlamaktadır. Simülasyon, stok kontrol politikasında sistemin işlemesi için sistemin davranışlarının analizinde veya farklı stratejilerin belirlenip değerlendirilmesinde kullanılabilir. Stok devir hızı, müşteri hizmet düzeyi, ortalama maliyet gibi parametreleri amaç fonksiyonu kullanarak ideal sipariş miktarı, emniyet stoku, gözden geçirme periyodunu belirlenebilir. Farklı durumları karşılaştırarak analiz etmek ve en ideal sonuç veren stratejiyi belirlemek için simülasyondan yararlanan yöneticiler ciddi bir süre ve maliyet külfetinden kurtulmaktadır. Öte taraftan simülasyon yönteminin tek başına problemleri çözme kapasitesine sahip olmadığını, yalnızca problemin kolay anlaşılır bir şekilde tarif edilmesine ve sayısal

olarak alternatif çözümlerin değerlendirilmesine olanak sağladığını belirtmek gerekir. Bu nedenle, stok kontrol yöntemlerinde uygun parametrelerin belirlenmesinde simülasyon ve optimizasyonun entegre edilmesi bilinen gerçekçi yaklaşımlardan biri olacaktır.

1.1 Motivasyon

Çalışmanın motivasyonu, transformatör üreten bir işletmedeki stok kontrol faaliyetlerinden gelmektedir. Uygulamanın gerçekleştirildiği transformatör fabrikasında farklı güç ve gerilimlerde müşteri isteğine uygun olarak transformatörler dizayn edilir. Birçok farklı müşteri isteği sonucu onlarca farklı dizayn transformatörler üretilir. Bunun sonucunda birçok farklı malzeme gereksinimleri doğmaktadır. Genel olarak transformatörün ana kalem malzemelerinden kategorik olarak bahsedilirse: silisli saçlar, yağlar, izolasyon malzemeleri, bakır malzemeler, pirinç ve alüminyum malzemeler, demir ve çelik malzemeler, buşingler, bağlantı elemanları, transformatör aksesuarları, kademe değiştiriciler, elektrik tesisat malzemeleri, vanalar, ağaç malzemeler ve etiketlerdir.

Oldukça fazla çeşit kategorinin içinde farklı özellikte yüzlerce kalem bulunmaktadır. Transformatörde kullanılan yine bu kategorilerin içerisinde yer alan bazı özel malzemeler, dizayn çalışması bittikten hemen sonra belirlenir. Bu tür kalemler stoklu çalışılmaz, yalnızca o transformatörün ihtiyacı kadar sipariş edilir ve malzeme tedarik edildikten sonra ilgili transformatörde tüketilir, stokta tutulmaz. Firmada bu tür kalemler kesin kaynak malzeme olarak tanımlanmaktadır. Bunun yanında transformatörlerde ortak kullanılan malzemeler de mevcuttur. Bu malzemeler de yine belirtilen kategorilerin içerisinde yer alırlar ve esnek kaynak olarak tanımlanırlar. Bu malzemelerin projeye özel alınmasının hem maliyet hem zaman kaybı olacağı düşünüldüğünden stokta belli miktarlarda tutulmaktadır. Kalemlerin son bir yıllık tüketim hızı ve miktarlarına göre belirlenmiş olan emniyet stoku, bazı durumlarda da minimum sipariş miktarları ile toplam ihtiyaç miktarları baz alınarak stok kontrolleri genel olarak haftalık periyotlarla yapılmaktadır. Fakat malzeme hareketler raporundan yararlanılarak belirlenen sipariş miktarları, herhangi bir matematiksel modele dayanmadığı için bazen, aşırı stok ya da ihtiyaç anında elde bulunmama gibi sıkıntılarla karşılaşmaktadır. Bu ve benzeri sıkıntılardan kaynaklı oluşan maliyetler, firma için önemli kayıplara sebep olabilmektedir. Bu bakımdan bu

iki önemli durum arasındaki dengeyi sağlayabilecek toplam stok maliyetini minimum olma durumunun amaç fonksiyonu olarak tanımlandığı, emniyet stoku ve sipariş miktarı parametrelerini belirleyecek bir stok kontrol modeline ihtiyaç duyulmuştur. Kurulacak model esnek bir yapıda olup talep geliş dağılımı, tedarik süreleri gibi bilgilerin güncellenmesi durumunda modelin istenilen kalemlere uygulanabilmesi mümkün olabilecektir. Bu sayede malzeme yönetimi daha doğru şekilde yönetilecek, belirlenecek optimum sipariş miktarlarıyla da aşırı stok maliyetinden kaçınılmış olunacaktır.

1.2 Problem Tanımı

Bu çalışmada çalışmanın motivasyonunu oluşturan transformatör fabrikasında üretimde kullanılan ve esnek kaynak olarak tanımlanan, stokastik kullanım özelliğine sahip malzemelerden ABC analizi ile iki kalem seçilmiştir. Belirlenen stok kalemleri halihazırda haftalık bazda ($R=1$ hafta) periyodik olarak gözlenmekte, stok pozisyonunun firma tarafından deneyimlere dayalı olarak belirlenmiş minimum stok miktarına (s) yada bu miktarın altına düşmesi halinde, sabit Q miktarı veya ihtiyaca göre Q' nun katları şeklinde sipariş verilerek stoklar yenilenmektedir. Diğer bir deyişle firma ilgili kalemler için (R, s, nQ) stok kontrol politikası uygulamakta, ancak stok parametrelerini deneyimlerine göre belirlemektedir. Amaç, ortalama stok maliyetlerini minimize edecek şekilde stok parametrelerinin (s ve Q) belirlenmesidir. Firmanın kısıtlarından dolayı periyodik gözden geçirme süresi sabit 1 hafta olarak varsayılmıştır. Gerçek hayatta sıklıkla talep dağılımının literatürde çok çalışılan Normal dağılım, Poisson dağılımı vb. dağılımlardan farklı gerçekleşebildiği ve daha az varsayımla gerçek durumu daha iyi yansıtabilmek için çalışmada simülasyon yönteminin kullanılması uygun görülmüştür. Bu nedenle işletmenin mevcut stok sistemi Arena ile modellenmiş ve yaklaşık optimal stok parametrelerinin belirlenmesinde Optimum Quest programından yararlanılmıştır. Ele alınan problem ilişkin varsayımlar ve detaylar uygulama bölümünde verilecektir.

1.3 Literatür Araştırması

Stok ve stoksuzluk maliyetleri ile ve sipariş maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda sırasıyla (s, S) ve (R, s, S) politikalarının sürekli gözden geçirme ve periyodik gözden geçirmedeki verimliliği kanıtlanmıştır. Basit yapıları nedeniyle

bu politikalar, birçok işletme tarafından ERP, APS vb. sistemleri gibi bilgi sistemlerinde geniş çapta uygulanmaktadır.

Stok maliyetleri firmalar için oldukça önemli bir konu olduğundan dolayı araştırmacılar için de stok kontrolü ile ilgili konular daima ilgi çekici olmuştur. Bu nedenle stok kontrolü ile ilgili oldukça fazla sayıda çalışma mevcuttur. Bu tezde, genel itibarıyla çeşitli yöntemlerden yararlanılarak optimum sipariş miktarlarının bulunmasına yönelik çalışmalar araştırılmıştır. Sürekli ve periyodik incelemelerin yer aldığı çalışmalardan, uygulama konusu olması sebebiyle ağırlıklı olarak periyodik gözden geçirme stok politikalarının üstünde durulmuştur.

Nahmias [1] hem sabit ömürlü ürünler hem de bozulabilir stok kalemleri için ideal sipariş politikalarının tespit edilmesi ile ilgili literatür araştırılmıştır. Çalışmada, stokastik talep altında bozulabilir stok için dinamik programlama yöntemi kullanılmıştır. Bu doğrultuda minimum maliyetle ideal sipariş politikaları belirlenmeye çalışılmıştır.

Fisher ve Raman [2] moda malzemeleri için stokastik stok kontrol modeli üzerinde minimum sipariş miktarının belirlenmesi için çalışmışlardır. Moda malzemeler birkaç sipariş ömürlü olduklarından, iki dönemli bir stok kontrol modeli araştırmışlardır. Makalede kurulan modelde ihtiyaç duyulan talep olasılık dağılımlarını tahmin etmekte kullanılan bir yöntem ortaya konulmuş, sipariş kısıtı ve maliyet tutarını göz önünde bulunduran stokastik programlama modeli formüle edilmiştir. Bu model büyük bir moda kayak kıyafeti firması ile uygulanmış ve mevcut sisteme göre maliyeti, kârı % 60 oranında artıracak kadar azaltmışlardır.

Silver ve arkadaşları [3] minimum sipariş miktarı kadar siparişin ne zaman verilmesi gerektiğine yardımcı olmak bakımından düşük periyodik talep için matematiksel bir model sunmuşlardır. Gerekli miktar, minimum sipariş miktarından azsa, halihazırda siparişin miktarı arttırılabilir veya verilecek sipariş geciktirilebilir. Basit bir yaklaşımla, her iki alternatifi de güvenlik stoku ve sipariş eşiği için formüller bulmak amacıyla maliyetler açısından karşılaştırmışlardır. Yapılan birçok çalışmada yazarlar, politikalarının, önerilen sipariş miktarının minimum miktara yuvarlandığı basit bir politikadan daha iyi performans gösterdiğini kanıtlamaktadırlar.

Janssen ve arkadaşları [4] (R, s, Q) envanter modelinde müşteri talebini anında karşılamaya yönelik yeniden sipariş noktasının belirlenmesi kararını ele almışlardır. Farklı ürünler için yenileme siparişleri uygun şekilde koordine edilebildiğinde sipariş ve nakliye maliyetleri azaltılabileceği için periyodik gözden geçirme yönteminin kârlı olacağını savunmuşlardır. Talepler arası süre ve talep büyüklükleri verilerini toplamışlardır. Problemi CR (birleşik yenileme) ve DT (kesikli zaman modeli) olmak üzere iki modeli ayrı ayrı ele alıp karşılaştırmışlar ve DT modelinin büyük hatalara neden olabileceğini göstermişlerdir. CR yönteminin uygun model olduğunu göstermişlerdir.

Ouyang ve Chuang [5] makalelerinde tedarik süreleriyle gözden geçirme periyotlarının karar değişkeni olarak değerlendirildiği, kayıp satış ve geciktirilmiş talebin (backorder) yer aldığı bir periyodik gözden geçirme stok modeli önermişlerdir. Aynı zamanda stok maliyetlerinin yatırım maliyetlerine etkilerini incelemek amacıyla hazırlık maliyetini azaltıcı stok kontrol modeli önermişlerdir. Bu doğrultuda çözüm için bir algoritma geliştirilmiş, matematiksel modeller kullanılmıştır.

Tagaras ve Vlachos [6] periyodik gözden geçirmeye dayalı stok kontrolün iki farklı örneğini çalışmışlardır. Çalışmaya konu olan firmada stok pozisyonuna uygun olarak siparişler düzenli, periyodik olarak verilir ve belirli teslimat süresinin ardından siparişler tedarik edilir. Ayrıca firmanın stoksuzluk durumunda daha kısa teslim süresi, fakat daha yüksek satın alma maliyetleri ile karakterize edilen acil durum siparişleri verme seçeneği vardır. Bu nedenle, yenileme döngüsünde uygun bir zamanda, acil durum siparişinin gerekliliği ve büyüklüğü net stok üzerindeki baz stok politikasına göre belirlenir. Acil durum siparişi, düzenli siparişin tedarikinden hemen önceki zaman dilimindeki talebi karşılamak için kullanılır. Çalışmada sipariş parametreleri ile ilgili olarak kolayca optimize edilebilecek yaklaşık bir maliyet modeli simülasyon yöntemiyle geliştirilmiştir. Önerilen sistemin, acil sipariş yenileme seçeneği olmayan bir sisteme göre önemli maliyet tasarrufu sağladığı gösterilmiştir.

Chiang [7] uzun inceleme periyotları olan periyodik gözden geçirme sistemlerini incelemiştir. Düzenli siparişlerin yanı sıra acil durum siparişlerinin de periyodik olarak verilebildiği sistemler için dinamik programlama modelleri

geliştirilmiştir. Optimum politika parametrelerini hesaplamak için maliyet fonksiyonu göz önüne alınarak prosedürler elde edilmiştir.

Şahin [8] çalışmasında tedarik süresinin ve talebin stokastik bir durum gösterdiği, elde bulundurmama maliyetinin mevcut olduğu ve periyodik olarak gözden geçirilen tek ürünlü bir (s, S) stok sistemini ve bu sistemin simülasyon yöntemi ile çözümünü incelemiştir. Bu stok sistemine uygun bir örnek problemin çözümü için geliştirilen bir simülasyon modeli FORTRAN 77 programlama dilinde bilgisayar programı oluşturulmuştur. Bu program çalıştırılarak incelenen örnek problem için en düşük ortalama aylık toplam maliyeti veren (s, S) stok politikasını belirlemede yardımcı olacak sonuç değerleri elde edilmiştir.

Sezen [9] çalışmasında tedarik zinciri stok problemlerinin simülasyon yaklaşımı ve elektronik tablolar (MS Excel, Quattro Pro, Lotus 123, vb.) kullanarak nasıl ele alınabileceğini örnek uygulamalarla göstermiştir. Simülasyon yöntemi ile, bir stok sistemine ait girdi parametreleri (örneğin, eldeki stok, sipariş miktarı , sipariş geliş zamanı, vb.) verilmişken, bilgisayarda söz konusu stok sisteminin basit bir modeli canlandırılarak belirli bir dönem için yürütülmekte ve sonuçta da birtakım performans değerleri (örneğin, ortalama stok seviyesi, stoksuz kalma sıklığı , vb.) elde edilmektedir. Böylelikle gerçek sistemin çeşitli senaryolarda nasıl davranabileceğini önceden gözlemleyebilmek mümkün olabilmektedir. Ayrıca, elektronik tablo programlarının bazılarında doğrusal programlama modülleri sayesinde en iyileme modelleri kurmak da mümkündür. Bazı stok simülasyon modellerinde ekonomik sipariş miktarı ya da yeniden sipariş verme noktası gibi önceden en iyileme (optimizasyon) modelleri ile tespit edilerek mevcut model simülasyonu çalıştırılmakta ve böylece dinamik bir modelleme yaklaşımı sağlanabilmektedir.

Köchel ve Nielander [10] ise çok kademeli bir stok sisteminde matematiksel modellerin karışıklığı nedeniyle simülasyon tabanlı bir optimizasyon üzerinde çalışmışlardır. Sayısal bir örnekle yaklaşımlarının kullanılabilirliğini göstermişlerdir.

Doğar [11] çalışmasında yer zemin olarak kullanılan seramik malzemesinin tedarik zincirini inceleyerek ve ürünün tedarik zinciri boyunca farklı yeniden sipariş

noktaları ve farklı müşteri hizmet düzeyleri için stok miktarlarını hesaplamış, en uygun servis düzeyi ve stok miktarı bulmuştur.

Zhou ve arkadaşları [12] (R, s, t, Qmin) politikası adı verilen iki parametrelili politikayı incelemiştir. Stok pozisyonu s seviyesine eşit ve ya daha düşükse Qmin kadar sipariş verilir. Stok pozisyonu eğer s' nin üstünde fakat t'nin altında ise yalnızca gerekli miktar kadar sipariş verilir. Aksi durumda ise sipariş verilmez. Bu politikaya uygun maliyeti hesaplamak için talep dağılımının sabit ve durağan olması gerekmektedir. Çalışmada politikaya uygun optimal değerler araştırılmıştır.

Akyurt ve Önder [13] çalışmalarında periyodik gözden geçirmeye dayalı opsiyonlu yenileme (R, s, S) modelini incelemiştir. Model parametrelerinin hesaplanması konusunda yapılan çalışmalarda varsayımların fazla olması ve matematiksel işlemlerin karışıklığı sebebiyle simülasyon yöntemi kullanılan çalışmada, ispanyolet üreten bir işletmede A tipi stok kalemi olan işlenmiş çelik hammaddesi ele alınarak gerçek veriler ışığında stok politikasına ait yeniden sipariş ve yenileme noktalarının ne olduklarına karar vermek amacıyla stokastik bir model kurulmuştur. Talep yapısının beta dağılımına, tedarik süresinin ise 1-4 hafta arası uniform dağılımına uyduğu durumda hammadde stoku periyodik olarak gözden geçirilerek ya sipariş verilmekte ve stok yenileme noktasına kadar doldurulmakta ya da sipariş verilmemektedir.

Selçuk [14] çalışmasında stok kontrol yöntemlerinden miktar esaslı indirimden yararlanarak bir politika geliştirmiştir. ABC analizi ile ayrılan kalemlerin üzerinden probleme yaklaşılmış ve depo kısıtını da sağlayacak şekilde uygun sipariş miktarları Miktar Esaslı İndirimler yöntemi ile toplam maliyet baz alınarak belirlenmiştir.

Yeşiltaş [15] bilgisayar donanım sektöründeki bir işletmeye ait ürünlerin talep ve tedarik sürelerini inceleyerek maliyeti minimize eden yeniden sipariş noktası ve sipariş miktarını simülasyon yöntemiyle tespit etmiştir. Ana karta ait elde bulundurma maliyeti, birim başına adetten bağımsız olarak belirlenen sipariş maliyeti, ürünün stokta bulunmaması durumundaki elde bulundurmama maliyeti ve başlangıç stok bilgileri ışığında toplam stok maliyetini minimum yapan sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktasını belirlemiştir. Farklı sipariş miktarı ve yeniden

sipariş noktası için en düşük maliyeti amaçlayan amaç fonksiyonu ile ideal sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktası bulunmuştur.

Madduri [16] çalışmasında raf ömrü olan gıda malzemeleri için sürekli ve periyodik incelemeye dayalı stok politikaları geliştirmiştir. Biri kısa raf ömrü, diğeri uzun raf ömrüne sahip iki ürün kategorisi dikkate alınmaktadır. Her kategoride raf ömrü, teslim süresi, sipariş miktarı ve inceleme dönemleri değişkendir. Gözden geçirme politikaları simülasyon modelleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Talep, maliyet ve hizmet seviyeleri performans ölçütleri olarak kullanılmıştır. Simülasyonların sonuçlarından ürünün bozulabilirliği göz önünde tutularak ESM sipariş politikaları incelenmiştir. Periyodik gözden geçirme politikasının ideal olduğu gösterilmiştir.

Özçakar ve Akyurt [17] çalışmasında stokastik stok politikaları tanıtarak bunlardan periyodik gözden geçirmeye dayalı (R, s, S) stok politikasının Markov zinciri ve Markov karar süreci özelliği taşıdığını ispatlamış, ardından bu politikayı benzer özellikleri taşıyan (R, S) stok politikasıyla maliyetler açısından karşılaştırmıştır. Çalışmada Türkiye’de poliüretan alanında faaliyet gösteren uluslar arası bir firmanın bir hammaddesine ait verileri toplanmış ve bu stok kalemine ait talebin stokastik yapısı incelenmiştir. (R, s, S) stok politikasına uygun biçimde, durum uzayı tanımlanarak ve geçiş olasılıkları hesaplanarak Markov zinciri oluşturulmuştur. Bu politika, stok kaleminin maliyet fonksiyonu ile Markov karar problemi olarak gösterilmiş ve birim zamanda beklenen ortalama maliyet bu doğrultuda bulunmuştur. Ardından firmanın stok politikası olan (R, S) modeline aynı işlemler uygulanarak maliyetler karşılaştırılmıştır.

Kiesmuller ve arkadaşları [18] stokastik talep dağılımına uygun periyodik gözden geçirme stok modelini (R, S, Q_{min}) uygulamışlardır. Her periyotta ya hiç sipariş verilmez, ya da en az Q_{min} kadar sipariş verilir. Markov karar zinciri yaklaşımı kullanarak S seviyesinin optimal sayısal değerini belirlenir. Bu politika ile üç farklı talep dağılımına yönelik yaklaşımın performansı karşılaştırılmıştır. Bu dağılımlar poisson, negatif binom ve gamma dağılımının ayrıklaştırılmış bir versiyonudur. Yapılan kıyaslamaya göre politikanın basitliği ve maliyet performansı

ile mükemmel performans (R, S, Qmin) politikasının uygulamada kârlı olacağı gösterilmiştir.

Kabadayı ve Keskindürk [19] makalelerinde toplam tedarik zinciri maliyetini en aza indirgeyen optimum değerler için (R, S) ve (R, S, Q) modellerini simülasyon tabanlı genetik algoritma geliştirerek karşılaştırmıştır. Deneysel sonuçlara göre (R, S, Q) modeli maliyetinin daha az olduğu belirlenmiştir.

Silver ve arkadaşları [20] büyük bir uluslararası üretici ve gıda ürünleri distribütörünün negatif binom talep dağılımına uygun periyodik gözden geçirmeye dayalı yeniden sipariş noktası ve sipariş seviyesini bulmaya yönelik stok problemi üzerine çalışmışlardır. Yenileme siparişinin gerçekleşen değerden daha düşük olmaması ve tedarik süresinin ortalama bir hedef değere yakın olması problem için iki kısıtı oluşturmaktadır. Bu kısıtlar altında farklı matematiksel modellemelerle yeni bir yaklaşım geliştirerek çözüm sunmuşlardır.

Özen [21] çalışmasını müşterilere yedek parça temin eden bir şirketin yan kuruluşu olan firmada taleplerin karşılanmasındaki önceliklere dayanarak imalat şirketinin müşterileri yüksek öncelikli ve düşük öncelikli müşteri olarak sınıflandırıldığı ve en önemli müşteri olan mühendislik firması yüksek öncelikli müşteri olarak kabul edilirken, aynı önceliğe sahip diğer tüm müşterilerin düşük öncelikli müşteriler olduğu kabul edildiği bir firmada gerçekleştirmiştir. Çalışmada, bu iki müşteri türü göz önüne alındığında, geciktirilmiş talebin (backorder) ve kayıp satışların olduğu (R, Q) stok modeline odaklanılmıştır. Kritik seviyenin altında düşük öncelikli müşterilerin talepleri, yüksek öncelikli müşterilerin stoklarını tutmak için karşılanamadığından, düşük öncelikli müşterilerin karşılanmayan talepleri kaybolur. Yüksek öncelikli müşterilerin talepleri, stok seviyesi sifıra ulaşana kadar karşılanır ve stokta kalmayan, yüksek öncelikli müşterinin karşılanamayan talebi geri sipariş edilir. Bunun için markov zinciri oluşturulmuştur. Sipariş maliyeti, geciktirilmiş talep, kayıp satış gibi maliyetleri içeren sistem geneli için toplam stok maliyetini en aza indirecek olan her durum için yeniden sipariş düzeyi ve sipariş miktarı belirlenmiştir.

Aisyati ve arkadaşları [22] araştırmalarında uçak bakım faaliyeti için gerekli olan uçak sarf malzemesi yedek parçalarının stok kontrol politikasını

geliştirmişlerdir. Bu araştırmada, en iyi uçak yedek parça stok politikasını belirlemek için periyodik gözden geçirme modeli kullanılarak, optimum stok gözden geçirme süresini ve emniyet stok miktarı minimum toplam maliyete göre belirlenmiştir. Şirketin mevcut politikasından önerilen politikaya geçmenin sonuç olarak ortalama % 35,38 tasarruf sağladığı kanıtlanmıştır.

Sariaslan [23] çalışmasında bir kömür işletmesinde amacı üretimde kullanılan araç ve gerecin sürekli işler durumda bulundurulması için gerekli yedek parçaların optimal stok düzeyini belirleyecek modelleri, simülasyon tekniği aracılığı ile geliştirmiştir. Böylelikle üretimde kullanılan makina ve araç gerecin sürekli olarak işler durumda tutulması için gerekli sarf malzemelerinin ve yedek parçaların hazır bulundurulması biçiminde önemli bir stoklama faaliyeti daha anlamlı bir hale getirilmiştir.

Bijvank [24] çalışmasında tek bir kalem için hizmet düzeyi kısıtlamaları olan periyodik gözden geçirme stok kontrol modelini ele almıştır. Çalışmada yeni bir siparişin verilmesi gerekip gerekmediğine karar vermek için envanter durumunun R uzunluğundaki belirli zaman aralıklarında gözden geçirildiği tek bir envanter sistemi düşünülmüştür. Yeniden sipariş seviyesi olan s , maksimum sipariş seviyesi S optimum miktarları araştırmıştır. Sezgisel metot kullanılarak kurulan modelde hizmet düzeyi kısıtlamasını yerine getirme konusunda garantili olduğu gösterilmiştir.

Aslan [25] çalışmasında stok kontrolün işletmeler açısından önemini incelemiş ve stokastik stok modellerinden olan (s, S) stok kontrol modeli gerçek bir işletmenin stok sisteminin oluşturulmasında kullanmıştır. Çalışmada bir işletmenin ürünlerinin geçmiş bir yıla ait satış taleplerini inceleyerek maliyeti minimum yapan ve stoksuzluğa izin vermeyen işletmenin elde tutması gereken stok miktarları simülasyon yöntemiyle belirlenmiştir.

Karahan ve Aslan [26] makalelerinde bir çimento fabrikasının ihtiyaçlarına cevap verebileceğine karar verilen (R, S) stokastik stok kontrol modeliyle fabrikada hammadde stok kontrol uygulaması yapmışlardır. Uygulamada, öncelikle fabrikanın geleneksel yöntemlerle yapmış olduğu hammadde stokunun toplam maliyeti hesaplanmış, daha sonra tasarlanan (R, S) stokastik stok yöntemiyle yapılan hammadde stokunun maliyeti hesaplanmış ve sonra her iki maliyet birbiriyle

karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, çalışmada geliştirilen ve işletmeye önerilen stok yönteminin geleneksel yöntemle göre daha az maliyeti olduğu, kullanımının işletmeye ek kâr ve yararlar sağlayabileceği belirlenmiştir.

Göçken ve arkadaşları [27] çalışmalarında, problemin karmaşıklık derecesi ne olursa olsun daha gerçekçi ve anlamlı bir çözüm metodolojisi sağladığı için simülasyon optimizasyonu (SO) yöntemini kullanmışlardır. SO modellerinde ise periyodik ve sürekli gözden geçirmeye dayalı (s, S) stok politikalarını kullanmışlardır. Talepler ve tedarik süresi stokastik olarak ele alınarak stok kontrol sistemleri oluşturulmuştur. Ayrıca elde bulundurma maliyeti, sipariş maliyeti gibi tedarik zincirinin diğer parametreleri de stokastik olarak düşünülmüştür. Çalışmada her bir dağıtım merkezi ve her bir tedarikçi için yeniden sipariş noktası, maksimum sipariş miktarı seviyesi ve başlangıç stoku anahtar stok kontrol parametresi olarak seçilmiştir. Her bir dağıtım merkezi için en uygun tedarikçi belirlenmiştir. Oluşturulan model tedarik zincirlerinin stok kontrolüne kolayca uygulanabilmekle beraber, şirketlerin rekabet gücünü artırarak kayda değer bir tasarruf da sağlamaktadır.

Birçok araştırmanın sonuçları periyodik gözden geçirme politikasının stok yönetiminde sürekli gözden geçirme politikasından daha kolay uygulanabileceğini kanıtlamıştır. Bunun nedeni, periyodik gözden geçirme kullanarak, şirketin envanter seviyesini gözden geçirme konusunda daha az çabası olması nedeniyle, bilgi sistemi maliyeti, işgücü maliyeti gibi bazı maliyetlerin önemli ölçüde azaltılabilesidir.

Bu çalışmanın 2. Bölümünde detaylı stok tanımı, stokların sınıflandırılması, işletme ekonomisi için önemi gibi başlıkların yer aldığı genel anlamda stoklar ile ilgili kavramlardan bahsedilecektir. Stok yönetiminin gerekliliği, doğru stok kontrolü ile işletmeye sağlanacak faydalara değinilecektir. 3. Bölümde ise deterministik ve stokastik sürekli ve periyodik gözden geçirmeye dayalı stok kontrol yöntemleri detaylı bir şekilde incelenecektir. Son bölümde bir transformatör fabrikasında stoklu çalışılan iki önemli kaleme ait stok kontrol politikası simülasyon yöntemiyle modellenip optimum emniyet stoku ve sipariş miktarları çalıştırılan simülasyon neticesinde belirlenmeye çalışılacak, mevcut durum ile önerilen model karşılaştırılacaktır.

2. STOKLAR İLE İLGİLİ KAVRAMLAR

Bu bölümde stoklar ile ilgili kavramlar üzerinde durulacaktır.

2.1 Üretim Sisteminde Stoklar

Bir üretim sisteminde ürün üretimine dolaylı veya dolaysız olarak katılan tüm fiziksel varlıklar ve ürünler stok kavramı içinde düşünülür. Bir tanıma göre, "depo edilen her değer" stok sayılır. Stoklar söz konusu varlıkların miktarı veya parasal değeri ile ölçülür. Bazı kitaplarda stok yerine, aslı İngilizce inventory olan envanter kelimesinin kullanıldığı görülür. Ancak bu kelime muhasebede, genellikle yıl sonlarında yapılan fiziksel sayım yolu ile stok tespiti anlamına gelir [28].

İşletme bilimi literatüründe "envanter" olarak tanımlanan stoklar, bunun yanında üretim faaliyetlerinin bir darboğaz ile karşılaşmadan ve etkin olarak yürütülmesini sağlarlar. Eğer gelen talepler, stok düzeyinden daha fazlaysa olumsuz bir durum ortaya çıkmaktadır. Yani stoklar, gelecekteki belirsizliklere karşı firmanın savunma araçları olarak değerlendirilebilir [29].

Stok, gelecekte oluşabilecek talebi karşılamak amacıyla girişimcinin elinde bulundurduğu ürün miktarı olarak ifade edilir. Tüm işletme ve kuruluşlar, toplam varlıklarının önemli bir yerini tutan stoklara ihtiyaç duyarlar. Finansal anlamda üretim firmalarının bilançolarında toplam varlıklarının %20 ile %60'ını stoklar oluşturmaktadır.

Bir başka tanıma göre stoklar, belirli bir dönemde talebi karşılamak için fiziki mallara yapılan yatırımdır. Başka bir tanıma göre de, stoklar, potansiyel ekonomik değeri olan atıl kaynaklardır. Ancak, malzeme dışında sahip olunan teçhizat ve işgücü gibi kaynakları kapasite olarak adlandırmak daha doğru olacaktır [30].

Stoklar tedarik zincirinin her aşamasında maddi getiri beklenen elle tutulur varlıklardır. İşletmelerin stoklara yatırım yapmasının ana nedeni budur. Ancak her zaman maddi getiri sağlamanın yanında riskler de barındırmaktadırlar. Yığın yapmak anlamına da gelen stok dikkatli olarak kontrolün sağlanması gereken bir varlıktır. Buzdağının görünen kısımlarıyla ilgilenen işletmelerin bu dağın görünmeyen

kısımında stokların yattığını unutmamaları gerekmektedir. Bu konuda akademik olarak yapılan tanımlamalarda, çalışmalarda ve modellemelerde bu kısmı göz önüne serebilmek amaçlanmaktadır. Stok genel anlamı itibariyle ekonomik bir değeri olan ve bekleyen herhangi bir kaynağı ifade eder. Bir başka tanıma göre ise, kullanılmayı veya satılmayı bekleyerek belirli bir süre atıl durumda tutulan ekonomik değere sahip kaynaklara (malzeme veya ürünler) stok denir [31].

Sipariş üzerine çalışan atölye büyüklüğünde bir sistemde stok bulundurmaya pek gerek yoktur. Zira hammaddeler sipariş alındıktan sonra satın alınır ve ürün bittiğinde müşteriye derhal teslim edilir. Üretim sistemi büyüdükçe, hele ürün çeşidi arttıkça tedarik, talep ve imalâta ilişkin faktörlerdeki belirsizlik ve aralarındaki ilişkilerin karmaşıklığı, stok bulundurmaya zorunlu kılar.

Stok, sürekli üretimin olmasını sağlar ve piyasa ile müşteri talebini karşılar, ancak aynı zamanda kurumsal fonları da işgal eder. Sabit üretim hızında üretimin, satışların üstünde gitmesi halinde artan miktarın stoklanması, aksi durumda ise stoktan satış yapılması söz konusudur. İşletmede stok bulundurulması çeşitli maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olur. Buna karşılık üretim hızının sabit tutulması ve müşteri isteklerinin zamanında karşılanması ile sağlanan avantajlar vardır. Stok kontrolün amacı, bu konudaki olumlu olumsuz ve olumsuz maliyet unsurları arasında işletme açısından en uygun denge noktasını bulmaktır [28].

2.2 Stokların sınıflandırılması

Stok tanımına giren bütün varlıkları bir arada incelemek, yanılığın neden olabilir. Stok edilen varlıklar arasında, cins, değer, kullanılma yeri, stoklama biçimi gibi faktörler açısından farklılıklar vardır. Bunları amaca uygun biçimde sınıflandırarak incelemek yerinde olur.

2.2.1 Stok çeşidine göre sınıflandırma

Üretim planlama ve kontrol (ÜPK), tedarik, satış ve maliyet muhasebesi departmanları açısından da uygun görülen stok sınıflandırması şöyledir [28]:

1. Hammaddeler: İşletmede imalata giren ve üzerinde işlem yaparak değer kazandırılan tüm varlıklardır.

2. Yarı mamuller: Üretim birimleri arasındaki ara depolarda tutulan ve henüz üzerlerinde yapılacak işlemler tamamlanmadığı için yarı mamül özelliği taşıyan, işlemlerin tamamlanmasının sonunda mamül özelliği kazanacak varlıklardır.
3. Mamuller: Müşteriye teslim edilmek üzere son ürün depolarında tutulan, üzerinde yapılması gereken tüm işlemlerin tamamlandığı varlıklardır. Bu varlıklar son ürün deposunda hareketsiz durdukları için takip ve kontrolleri daha kolaydır.
4. Hazır parçalar: Son ürünün belirli bir bölümünü oluşturan somun, cıvata vb. çok kullanılan, basit parçalar veya büyük bir ürüne monte edilen motor gibi karmaşık ve genellikle dışarıdan temin edilen ürünlerdir.
5. Yardımcı malzemeler: Üründe doğrudan kullanılmayan veya yer almayan, tamir parçaları, kesme sıvısı, makine yağı vb. malzemelerdir.

2.2.2 Stok işlevine göre sınıflandırma

Stok işlevine göre ayrılan sınıflandırma aşağıda yer almaktadır [32]:

- a) Döngü stoku: Stoktaki hızlı çalışan diye tabir edilen, depolardaki stoklarda çok kısa kalan ve hızla yenilenen malzemeleri ifade etmek için kullanılır.
- b) Emniyet stoku: İşletmelerin stoksuzluk maliyeti ile karşılaşmamak için kullanım ihtiyacına ilave olarak stoklarında dahil ettikleri malzemeleri ifade etmek için kullanılır.
- c) Ayrıştırılmış stok: Tüm üretim sürecinde her üretim bandı veya makine için kullanılmak üzere sınıflandırılmış malzemeleri ifade etmek için kullanılır.
- d) Transit (ulaştırma) stoku: Üretimi tamamlanmış nihai ürünlerdir. Ancak tedarik zinciri içerisinde bulunan aktörler arasında hareket halindedirler, henüz müşteri ile buluşmamışlardır.
- e) Beklenti (sezon) stoku: Dönemsel üretim için yapılmış ancak teslimat veya üretimde kullanılmak için bekleyen malzemeleri ifade etmek için kullanılır.

- f) Ölü stok: Daha önce gereğinden fazla temin edilmiş ancak farklı gerekçelerle elden çıkarılamamış, bu nedenle işletme tarafından kullanılmayan stokları ifade etmek için kullanılır. Bu tip stoklar başka işletmeler tarafından kullanılabilirdiği gibi tamamen demode olmuş, bozulmuş veya elden çıkarılması gereken durumda olabilir.

2.2.3 ABC Analizine göre sınıflandırma

Çok ürünlü stok sistemlerinde hangi ürünlerin daha sık kontrol edileceği bir problemdir. Burada sistemin kontrol edilmesi maliyeti ile kontrolden elde edilecek potansiyel fayda arasında bir ikilem söz konusudur. Çok ürünlü stok sistemlerinde tüm ürünler eşit derecede kârlı değildir. Örneğin, yılda 1000 TL harcama ile ürünün stokunu kontrol etmenin getirdiği kâr 100 TL ise, bunun ekonomik olmadığı açıktır. Bu nedenle kârlı ürünleri, kârlı olmayan ürünlerden ayırmak önemlidir. Bunu yapabilmek için kullanılan ABC analizi, ekonomist Vilfredo Pareto'nun geliştirdiği 80/20 konsepti kullanılır [33].

ABC yöntemine göre stok kontrolü yapan işletmeler, mevcut stokları sırasıyla %20, %30 ve %50 olarak üç sınıfa ayırır. Gerekirse iki kategori daha tanımlanarak stoklar beş sınıfa ayrılabilir. Yüksek değerli, yakın kontrol gerektiren A grubuna daha fazla imkan ayrılır. Stoklara yeni sipariş verilecekse öncelik A grubuna verilir. B grubundaki stokların değeri, A grubundakilerden daha düşüktür. C grubundaki stoklar, B ve C grubundakilere göre daha düşük toplam değere sahiptir. ABC analizinde stok kalemlerinin sınıflandırılması çok ürünlü stok sistemindeki ürün çeşitlerinden hangisine odaklanılması gerektiğini gösterir.

Genellikle tüm stok kalemlerine çok ayrıntılı stok kontrol analizleri uygulamak ekonomik değildir. Stok kalemlerinin küçük bir kısmı, toplam stok değerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Genellikle düşük maliyetli kalemleri büyük miktarlarda alıp bunların üzerinde az bir kontrol uygulamak ekonomik bir yaklaşımdır. Buna karşılık değerli kalemler az miktarlarda alınıp bunlara çok yakın kontrol uygulanır.

Tezin yapıldığı transformatör fabrikasındaki ambarda ABC Analizi yapılmıştır ve tablo Ek A' da verilmiştir.

Dışarıdan alınan bir parça ile işletme içinde hareket eden malzeme arasında işlemler açısından fark yoktur. Dolayısı ile hammaddeler için geliştirilen bir model sadece katsayıları değiştirilerek mamüllere veya yardımcı malzemelere de uygulanabilir [14].

Mamulün değeri, tedarik süresi, tüketim hızı gibi kriterleri temel alan başka sınıflandırmalar yapılabilir. Fakat bu çalışmada daha çok stok kontrol yöntemleri üzerinde durulacaktır.

2.3 Stokların İşletme Ekonomisindeki Önemi

Stok, tedarik-üretim-dağıtım süreçlerinin bir diğerine bağımlı olmasını önler. Stok bulundurulması sayesinde, hammadde stoku tedarikçiyi hammadde kullanıcısından, yarı mamul stoku üretim departmanlarını birbirinden, mamül stoku imalatçıyı müşteriden izole eder. Böylelikle, birbiri ile entegre olan operasyonların planlarını istenilen düzeyde gerçekleştirmelerini sağlar [34].

Modern üretim sistemlerinde stoklar her kademedan yöneticiyi yakından ilgilendiren bir sorun haline gelmiştir. Yanlış stok politikaları seçilmesi veya uygulama hataları yüzünden pek çok işletmenin kritik duruma düşmesi sık rastlanan bir olaydır. Tarım, demir-çelik, tekstil, gübre, çimento, şeker gibi temel endüstrilerde stok fazlalığı veya azlığı nedeni ile tüm ülke ekonomisinin sarsıldığı durumlara ait örnekler verilebilir. İşletmeci için stoklar, bilanço ve kâr-zarar hesaplarında yer alan rakamlarla sadece yöneticileri ilgilendiren bir konu gibi görünür. Halbuki etkin bir stok sisteminde her departmanın, özellikle ÜPK ve satışın rolleri vardır. Bazen büyük nakit sıkıntısı içinde olduğu belirtilen bir işletmede imalât departmanları arasında dağılmış halde, nakit ihtiyacını rahat rahat karşılayacak miktarda lüzumsuz yarı mamül stokları bulunduğu görülür. Bazı işletmelerde de yeterli hammadde stoku olduğu halde birkaç önemsiz parça yüzünden tüm imalâtın aksaması gibi durumlara rastlanır. Bütün bunların önlenmesi, başta ÜPK ve satış olmak üzere, tüm departmanların katkısı ile kurulacak etkin bir stok kontrol sistemi ile gerçekleşir. Böyle bir sistemin işletme ekonomisi açısından sağlayacağı yararlar şöyle sıralanabilir [28]:

1. Üretim faaliyetlerinin makina-insan-malzeme kaynaklarından en iyi yararlanacak biçimde yürütülmesine yardımcı olur.
2. Malzeme ve parça yokluğu yüzünden boş beklemler minimuma iner. İş istasyonları arasındaki yığılmalar azalır.
3. Stoklara bağlanan para tam ihtiyaca göre saptandığından sağlıklı bir finans yönetimi gerçekleşir.
4. Tedarik ve satış masrafları azalır.
5. Üretim programlarının kolay ve gerçeğe uygun düzenlenmesi mümkün olur.
6. Etkili bir maliyet muhasebesi sisteminin ihtiyacı olan bilgilerin pek çoğu kolay ve duyarlı biçimde toplanabilir.
7. Dikkatsizlik yüzünden ziyan olan malzeme ve mamullerin miktarı azaltılır, düzeltme için vakit geçmeden önlem alınabilir.

Bütün bu maddeler doğrudan veya dolaylı olarak müşteri hizmet düzeyi ile ilgilidir. Firmalar daha fazla ürün veya hizmet satabilmek için müşterilerini memnun etmeyi, bu yolla sadık müşteriler oluşturmayı ve hatta çevrelerindeki insanların da aynı ürün/hizmeti almaları için önermelerini isterler. Bu isteklere ulaşmanın en önemli yolu iyi bir müşteri hizmet düzeyine sahip olmaktır. Müşteri hizmet düzeyi kısaca bir işletmenin müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılama yeteneği veya istekleri karşılama oranı olarak tanımlanabilir [35].

Stok kontrolünde üç tip hizmet düzeyi söz konusudur:

1. Birinci tip hizmet düzeyi (çevrim hizmet düzeyi): Bir sipariş çevriminde stoksuz kalmama olasılığı olarak tanımlanır.
2. İkinci tip hizmet düzeyi (karşılama oranı): Gelen müşteri talebinin ne kadarının karşılandığını gösteren bir orandır. (2 .1) eşitliğinde gösterilmiştir.

$$FR = 1 - \frac{\text{Karşılanamayan talep miktarı}}{\text{Toplam talep miktarı}} \quad (2 .1)$$

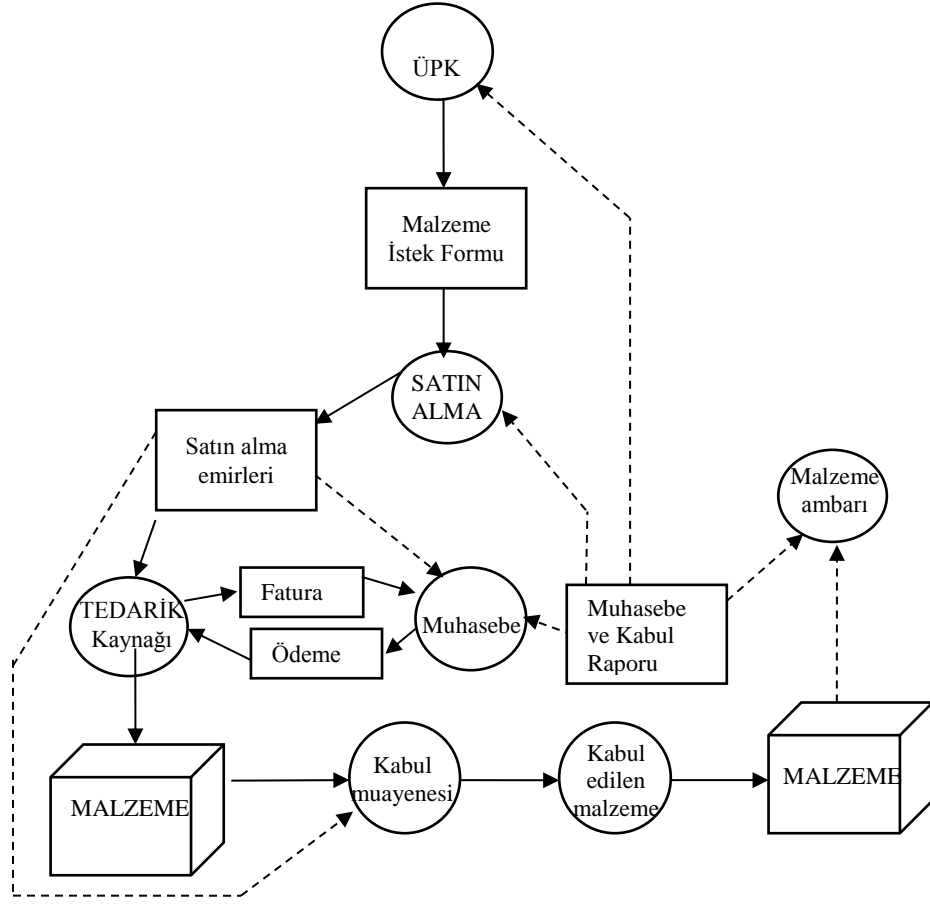
3. Üçüncü tip hizmet düzeyi (hazırlık oranı): Zamanın ne kadarında müşteri talebinin stoklardan karşılandığını gösteren bir orandır [36].

Tezin uygulama bölümünde II. Tip müşteri hizmet düzeyi olan karşılama oranından faydalanılacaktır.

2.4 Stok Kontrolünün Organizasyondaki Yeri

Stok kontrolü kapsamına giren faaliyetler çeşitli organizasyon ünitelerine dağılmış olabilir. İşletmenin finansal durumuna, yönetim politikalarına, üretim tipine veya başka faktörlere bağlı olarak değişik organizasyon düzenlemeleri yapılabilir. Stok kontrolü muhasebe, ÜPK veya imalât departmanlarından birinin içinde yer alabilir. Bazen ayrı bir departman olarak organize edildiği de görülür.

Stok kontrolünde başlıca üç fonksiyon vardır: Tedarik ve sevkiyat, ambarlama, stok kayıtlarının tutulması. Bunlardan ağırlık taşıyan hangisi ise stok kontrolü onunla ilgili departmana bağlamak yerinde olur. Aslında stok kontrolün organizasyondaki yerinden çok diğer ünitelerle olan ilişkileri önem taşır. Bu ilişkilerin verimli bir haberleşme düzeni içinde sağlıklı yürütülmesi stok kontrolün etkinliğini artırır (Şekil 2.1) [28].



Şekil 2.1: ÜPK ve departmanlar arası ilişkiler [28].

2.5 Stok Maliyetleri

Stok kontrolde amaç, stoklarla beraber artan maliyetler ve stoklarla beraber azalan maliyetler arasında bir denge kurmaktır [11].

Öncelikle stok sistemini optimize etmekle ilgilenildiğinden, uygun bir optimizasyon veya performans kriteri belirlemek gerekir. Hemen hemen tüm stok modelleri, optimizasyon kriteri olarak maliyeti en aza indirmeyi kullanır. Alternatif bir performans kriteri de kâr maksimizasyonu olabilir. Bununla birlikte, maliyeti en aza indirme ve kâr maksimizasyonu, çoğu stok kontrol problemi için esas olarak eşdeğer kriterlerdir. Farklı sistemler farklı özelliklere sahip olsa da hemen hemen tüm stok maliyetleri üç kategoriden birine yerleştirilebilir: elde bulundurma maliyeti, sipariş maliyeti ve elde bulundurmama maliyeti [33].

2.5.1 Elde bulundurma maliyeti

Elde bulundurma maliyetinin bileşenleri görünüşte birbirinden bağımsız, çeşitli öğeler içerir. Bunlardan bazıları: eşyaları depolamak için fiziksel alan sağlama maliyeti, vergiler ve sigorta, kırılma, bozulma, bozulma ve eskime, alternatif yatırımın fırsat maliyeti. Son öğe çoğu uygulama için aralarında en önemli olanıdır. Stok ve nakit, bazı anlamda eşdeğerdir. Sermaye, malzeme satın almak veya üretmek için yatırılmalıdır ve stok seviyelerinin düşürülmesi sermayenin artmasına neden olacaktır. Bu sermaye ile şirket firma için veya başka alanlarda yatırım yapabilir.

Sermaye üzerinde kâr elde etmenin bir takım yöntemleri mevcuttur. Bu yöntemler, sermayeyi belli bir yüzde oranında faize yatırmak, uzun vadeli bir mevduat hesabında tutmak, yüksek getirili tahvil fonlarına yatırım yapmak veya kısa vadeli sanayi hisseleri almak şeklinde olabilir.

Bununla birlikte, genel olarak, çoğu şirket kârlı kalabilmek için yatırımlarından daha yüksek getiri elde etmek zorundadır. Alternatif yatırımın fırsat maliyetine karşılık gelen faiz oranının değeri, iç karlılık oranı, varlıkların getirisi ve kabul edilebilir en düşük faiz oranı dahil olmak üzere bir dizi standart muhasebe önlemi ile ilgilidir. Alternatif yatırımın fırsat maliyeti için doğru faiz oranını bulmak çok zordur. Değeri, firmanın muhasebe departmanı tarafından tahmin edilir ve genellikle yukarıda sıralanan muhasebe önlemlerinin bir karışımıdır [33].

Kolaylık sağlamak için, sermaye maliyetini, elde bulundurma maliyetinin bir bileşeni olarak kullanabilir. Elde bulundurma maliyeti yukarıda listelenen dört bileşenden oluşan toplam faiz oranı olarak düşünebilir [33].

Örneğin,

% 28 = Sermaye maliyeti

% 2 = Vergiler ve sigorta

% 6 = Depolama maliyeti

% 1 = Kırılma ve bozulma

% 37 = Toplam faiz ücreti

Bu Őu Şekilde yorumlanacaktır: Bir yıl boyunca stoklara yatırım yapılan her bir TL için 37 kuruŐluk bir masraf değerlendirilir. Ancak, stoklar genellikle TL cinsinden değil, birim olarak ölçüldüğünden, yıllık birim başına TL cinsinden ifade etmek uygundur. “c” bir birim stokun TL değeri olsun, i faiz oranının yıllık olması ve h birim başına TL cinsinden elde bulundurma maliyeti olsun.

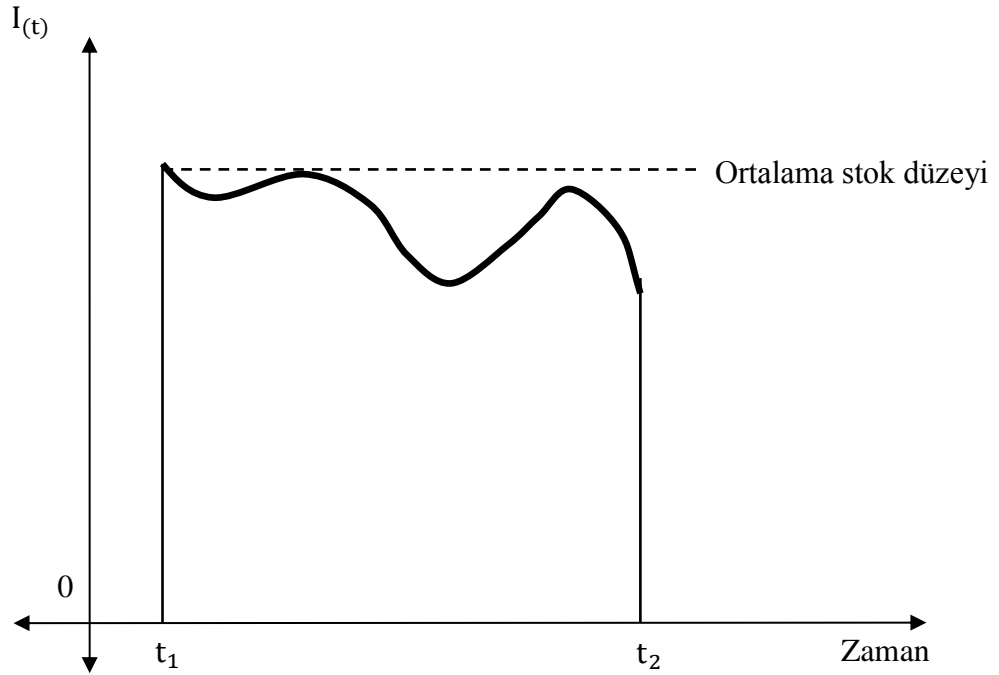
$$h = i \cdot c \quad (2.2)$$

Bu nedenle, yukarıdaki örnekte, 180 TL değerinde olan bir ürünün yıllık elde bulundurma maliyeti aşağıdaki gibi olacaktır.

$$h = (0.37) \cdot (180 \text{ TL}) = 66.60 \text{ TL} \quad (2.3)$$

Bu kalemlerin 300'n beş yıl boyunca stokta tutarsak, beş yıl boyunca toplam elde bulundurma maliyeti:

$$(5) \cdot (300) \cdot (66.60) = 99.900 \text{ TL} \quad (2.4)$$



Şekil 2.2: Ortalama stok düzeyi [33].

Stok seviyelerinin zaman içinde deęiŐmesi beklenir. Stok seviyeleri, talebi karşılamak için ürünler kullanıldığında azalır ve birimler retildeğinde veya yeni siparişler geldiğinde artar. Özellikle, bazı aralıklardaki (t_1 , t_2) stok düzeyi $I(t)$, Şekil 2.2' deki gibi davranır. Böyle bir durumda elde bulundurma maliyetinin nasıl

hesaplanacağı ile ilgili olarak, zamanın herhangi bir noktasında katlanılan elde bulundurma maliyeti, o zamandaki stok düzeyiyle orantılıdır. Genel olarak t_1 zamanından t_2 ' ye kadar olan toplam elde bulundurma maliyeti, h ' nin $I(t)$ olarak tarif edilen eğri altındaki alan ile çarpılmasıyla elde edilir.

Dönemdeki ortalama stok düzeyi (t_1, t_2) eğrinin altındaki alan $t_2 - t_1$ ' e bölünür. Stok düzeyi eğrisinin altındaki alanı bulmak için basit geometri kullanılabilir. $I(t)$ düz bir çizgi ile tanımlandığında, ortalama stok değeri açıktır. $I(t)$ eğrisinin karmaşık olduğu Şekil 2.2' de gösterildiği gibi, ortalama stok düzeyi, $I(t)$ (t_1, t_2) aralığında integrali alınarak ve $t_2 - t_1$ ' e bölünerek hesaplanacaktır.

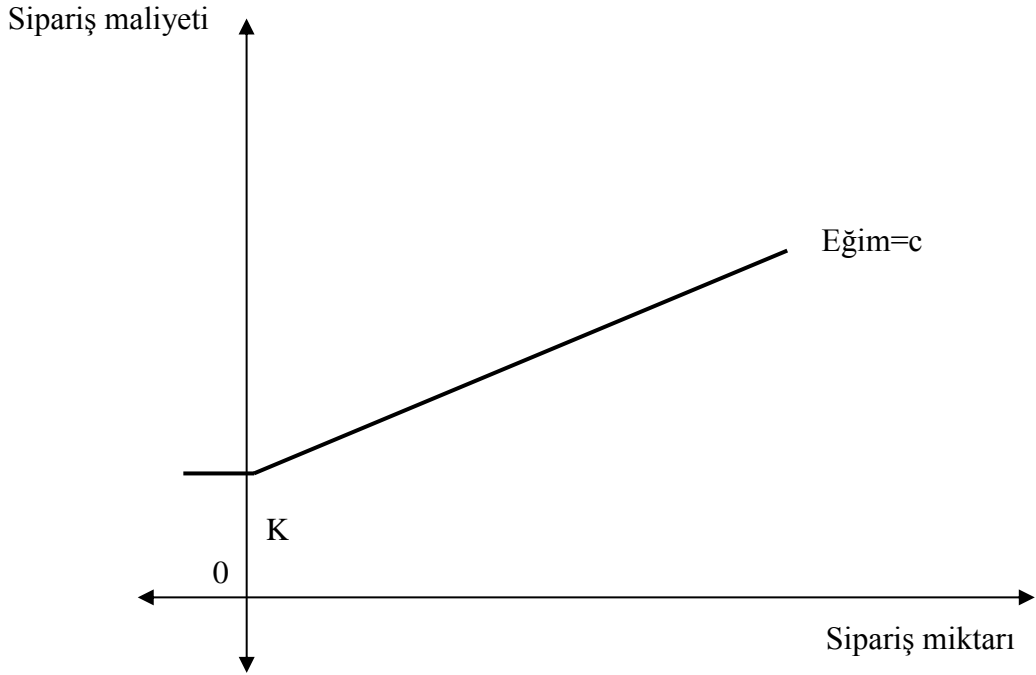
2.5.2 Sipariş verme maliyeti / Hazırlık maliyeti

Elde bulundurma maliyeti, eldeki stok miktarıyla orantılı olan tüm maliyetleri içerirken, sipariş maliyeti sipariş edilen veya üretilen ürün miktarına bağlıdır.

Çoğu uygulamada, sipariş maliyetinin iki bileşeni vardır: sabit ve değişken bileşen. Sabit maliyet (K), sıfır olmadığı sürece siparişin boyutundan bağımsız olarak ortaya çıkar. Değişken maliyet c , birim bazında gerçekleşir. Ayrıca K ' ya hazırlık maliyeti ve c orantılı sipariş maliyeti olarak da değinilebilir. $C(x)$, x birim siparişin (veya üretimi) maliyeti olarak tanımlanırsa,

$$C(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } x = 0 \\ K + cx & \text{if } x > 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

şeklinde hesaplanır [33].



Şekil 2.3: Sipariş maliyeti [33].

Hazırlık maliyetini tahmin ederken, sadece mevcut sipariş kararı ile ilgili maliyetler olmalıdır. Örneğin, şirketin satın alma departmanının bakım maliyeti, günlük sipariş kararları ile ilgili değildir ve hazırlık maliyetinin tahminine dahil edilmemelidir. Bu, bir sipariş maliyetinde yer alıp almaması gerektiği karardan bağımsız bir genel giderdir. K ' yı içeren uygun maliyetler, ilgili sipariş formu hazırlama işlemlerini gerçekleştiren bölümlerin ilişkili muhasebe masrafı, satıcı tarafından talep edilebilecek siparişin boyutundan bağımsız sabit maliyetler, nakliye ve teslim alma maliyetleri olabilir [33]. Üretime hazırlık maliyeti, belirli bir ürünü ya da parçayı üretebilmek için makine, donanım ve tesislerin ilgili düzene getirilmesi sırasında yapılan hazırlıklardan dolayı ortaya çıkan maliyetlerdir. Yeni makinelerin kurulması ve test edilmesi sırasında boşa kalan elemanlara ödenecek paralar ve makine kurulum ve test edilmesi için ödenen giderler üretime hazırlık maliyeti içinde değerlendirilmektedir [37].

2.5.3 Elde Bulundurmama Maliyeti

Bir ürün talep edilirse ve bir eksiklik nedeniyle teslim edilemezse, çeşitli maliyetler oluşabilir. Bir müşterinin siparişini beklemeyi kabul ettiği durumlar da vardır, ancak müşterinin başka bir tedarikçi seçtiği durumlar da olabilir. Müşteri

siparişi geri çekerse, yönetim için ekstra maliyetler, geç teslimatlar için malzeme indirimleri, malzeme kullanımı ve nakliye gibi durumlar söz konusudur. Satış kaybedilirse, satışın katkısı da kaybedilir. Üretimdeki yetersizlik maliyetlerinin, genel olarak tahmin edilmesi zordur. Örneğin, bir bileşen eksikse bu durum gecikmeler, yeniden planlama vb. gibi olumsuz sonuçlara yol açabilir [38].

Stoksuzluk maliyeti ya da kıtlık maliyeti olarak da bilinen elde bulundurmama maliyeti, ortaya çıktığı zaman talebi karşılamak için yeterli stok bulundurmamanın bedelidir. Gelen talebin stoklardan karşılanamaması durumunda stoklar yenilenene kadar müşteri talebi geciktirilebilir (backorder) ya da müşteri talebi karşılanamaz ve kaybolur (lost sale). Bu iki durumda hangisinin gerçekleşeceği bir seçime değil, ürün ve müşteri yapısına bağlıdır. Çoğu zaman bu iki durumun karması ile karşılaşılır. Geciktirilen talep durumunda, elde bulundurmama bedeli ne olursa olsun buna muhasebe veya gecikme maliyetleri de dahil olabilir. Kayıp satış durumunda satıştan elde edilecek kayıp kâr da vardır. Her iki durumda da, müşteri memnuniyetinin bir ölçütü olan “iyi niyet” kayıplarını da içerecektir. İtibar kaybının, elde bulundurmama maliyetinin bir bileşeni olarak hesabı pratikte çok zor olabilir.

Ceza maliyetini göstermek için p sembolünü kullanılır ve p birim bazında ücret alındığını varsayılır. Yani, hemen karşılanamayan her talep gerçekleştiğinde, talebin nihayetinde doldurulmasının ne kadar sürdüğünden bağımsız olarak bir p maliyeti gerçekleşir. Kıtlık maliyeti hesabı için alternatif bir yöntem, ceza maliyetini birim başına birim-zaman bazında (elde tutma maliyetinde olduğu gibi) maliyetlendirilmesidir [33].

3. STOK KONTROL MODELLERİ

Stok yönetiminin temel hedefleri baz alınarak birçok stok kontrol modeli oluşturulmuştur. Temel ayırım talep faktörü dikkate alınarak yapıldığında, talebin biliniyor olup olmamasına göre deterministik ve stokastik stok kontrol modelleri ortaya çıkmıştır.

Her stok kontrol modeli “ne zaman” ve “ne kadar” yenileme yapılacağına kararını veren politikalarından oluşur. Stok kontrolünde amaç, stok kalemine ait doğru stok kontrol modelinin kurulması ve buna ait politikaların belirlenmesidir. Bu politika belirlenirken stok kalemine ait tedarik süresi, birim maliyet, tüketim hızı gibi faktörler dikkate alınarak matematik modelleme yapılmaktadır. Elde edilen tüm maliyetler modele eklenerek en düşük maliyeti veren stok kontrol modeli değerlerine ulaşılır. Bu değerler “ne zaman” ve “ne kadar” yenileme yapılacağına tespitidir. Bu noktaların tespit edilmesi sırasında maliyetlerin belirlenebilmesi için farklı matematiksel yöntemler kullanılabilir. Bazen elde bulundurmama maliyeti yerine istenen bir müşteri hizmet düzeyi kısıtı altında stok kontrol politikası belirlenebilir.

3.1 Deterministik Stok Kontrolü

Deterministik modellerde talep ve tedarik süresi bilinmektedir ve değişmemektedir. Deterministik modeller, 1934 yılında Wilson’ un formüle ettiği, klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modeli ile literatüre girmiş üzerine birçok çalışma yapılmış ve değişik stok kontrol modelleri ortaya çıkarılmıştır. Deterministik modellerdeki bu gelişmenin yanında ancak 1950’ li yıllarda stokastik modellerle çalışılmaya başlanmıştır [17].

Deterministik modelde talep ile ilgili bütün değişkenler önceden belirlidir ve rassal değildir. Bu modellerde %100 müşteri hizmet düzeyine ulaşmak mümkündür. Ancak gerçek hayatta karşılaşılması çok da mümkün değildir [39].

Tezin çalışma konusu stokastik stok kontrol modelleri üzerine olmasına rağmen mevcut modellerin geliştirilmesi için temel alınan deterministik model stok kontrol modellerine de kısaca değinilecektir.

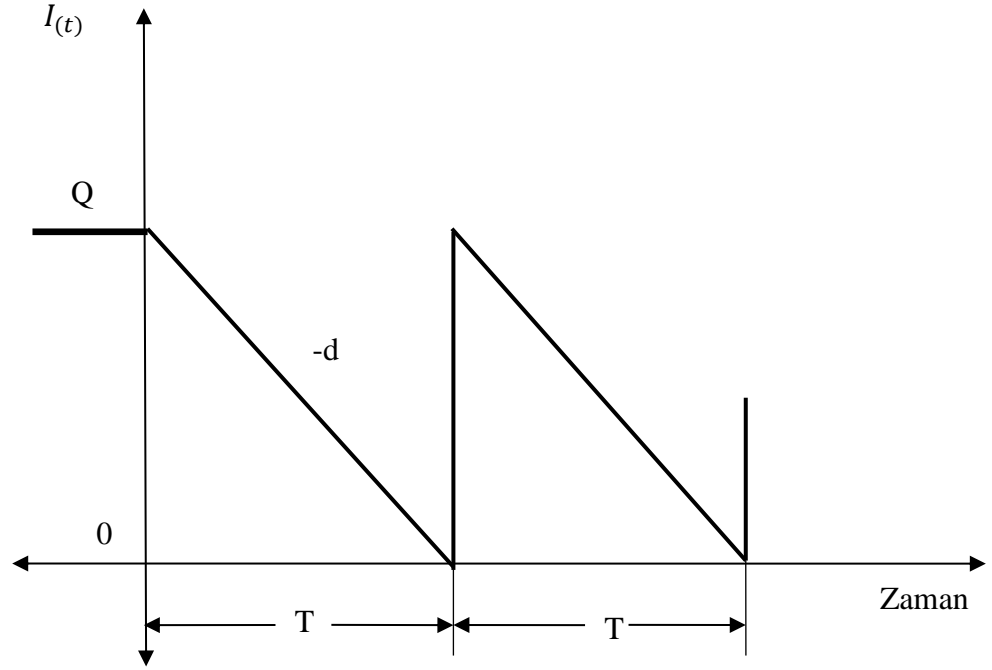
3.1.1 Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) Modeli

Toplam stok maliyetini en aza indiren optimal sipariş miktarına Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) denir .

Klasik stok kontrol modellerinin, son derece idealleştirilmiş koşullar altında sipariş miktar ve zamanlarının belirlendiği varsayımları şöyledir.

- a) Sadece bir ürün için geçerlidir.
- b) Yıllık ihtiyaçlar bilinmektedir.
- c) Tüketim hızı sabittir.
- d) Tedarik süresi ihmal edilmiştir.
- e) Her sipariş tek başına yapılan sevkiyatla gelmektedir.
- f) Miktar iskontosu yoktur.
- g) Stoksuz kalmaya izin verilmemektedir.

Bu model gerçek hayatta olamayacak birçok varsayım içermesine rağmen stok teorisinde temel model olarak kullanılmaktadır, çünkü stok yönetiminin birbiri ile çakışan kavramlarını çok iyi ortaya koymaktadır. Şekil 3.1' de grafiği görülen basit stok kontrol modelinde yıllık talebin bilindiği, tüketim hızının sabit olduğu ve tedarik süresinin ihmal edildiği varsayılmış ve sadece elde bulundurma ve sipariş maliyetleri göz önüne alınmıştır. Buna göre modelde kullanılan ölçüler şöyle tanımlanmıştır [28].



Şekil 3.1: Stok düzeyinin zamanla değişimi [39].

- d: Yıllık talep (adet/yıl)
- Q: Sipariş miktarı (adet)
- K: Sipariş maliyeti (TL/sipariş)
- h: Elde bulundurma maliyeti (TL/adet/yıl)
- T : Çevrim süresi

Bu notasyonları kullanarak toplam stok maliyetini (TSM) veren denklem, yıllık toplam sipariş miktarı,

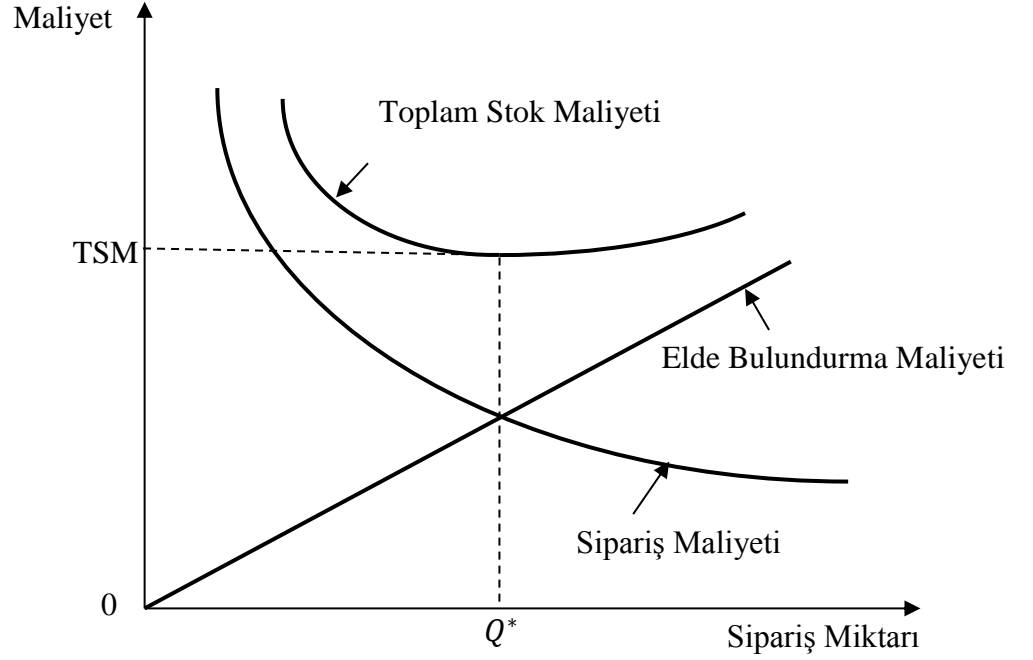
$$K \cdot (d/Q) \quad (3.1)$$

ve yıllık elde bulundurma maliyeti, ortalama stok ($Q/2$) olduğundan,

$$h \cdot (Q/2) \quad (3.2)$$

$$TSM = K \cdot \frac{d}{Q} + h \cdot \frac{Q}{2} \quad (3.3)$$

Toplam stok maliyeti (TSM), şekilde yazılır. Amaç TSM' yi minimum yapan Q değerini bulmaktır. Şekil 3.2' den görüleceği üzere toplam stok maliyeti diğer iki maliyetin kesiştiği noktada Q^* minimum değerini alır.



Şekil 3.2: Maliyet değişimi ve minimum TSM noktasının saptanması [28].

$$\frac{d}{Q} \times K = \frac{Q}{2} \times h \quad (3.4)$$

(3.4) eşitliğinde Q çözümlerse TSM' yi minimum yapan ekonomik sipariş miktarı (ESM) için (3.5) eşitliği ile formül elde edilir.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Kd}{h}} \quad (3.5)$$

Optimal sipariş miktarı Q^* , TSM denkleminde yerine konulursa, minimum TSM hesaplanır [28].

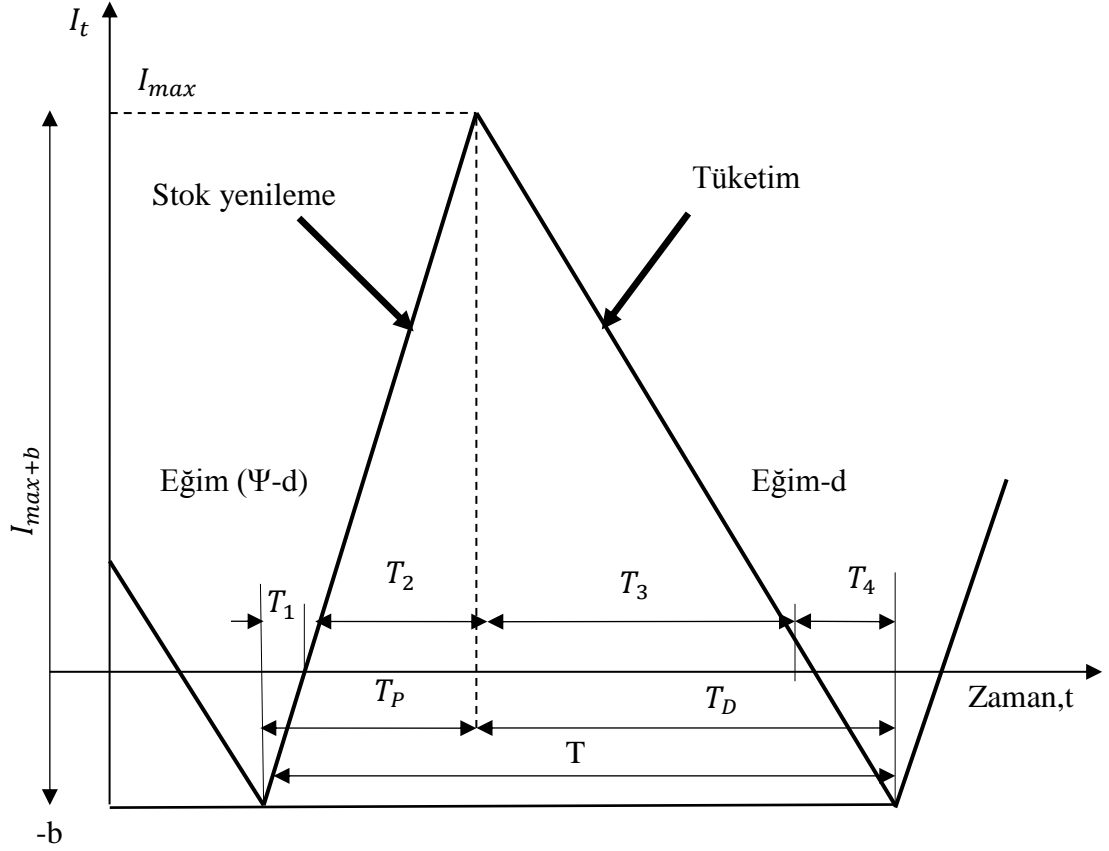
3.1.2 Genişletilmiş Ekonomik Üretim Miktarı (EÜM) Modeli

Bu modelde sonsuz hızda üretim yapılma durumu yoktur. Bunun yerine üretim hızına bağlı sipariş yenileme durumu vardır.

Bu sistemde yönetimin tolere etmeyi kabul ettiği geciktirilmiş talebin maksimum seviyesi olduğu varsayımıyla bir miktar eksikliklerin olmasına izin verilir. Geciktirilmiş talep malzeme ve/veya kapasite eksikliğinden kaynaklı olarak ortaya çıkar. π ve $\hat{\pi}$ bu eksiklikle ilişkili iki maliyettir. $\hat{\pi}$, stokuz kalma süresini de dikkate alan stoktan kaynaklı eksiklik olduğundaki ortalama kıtlık maliyeti olarak değerlendirilip hesaplanır. π , birim eksiklik (ceza) maliyeti olduğundan, hesaplamak için maksimum eksiklik seviyesine ihtiyaç vardır [40].

- Φ : Üretim yenileme oranı
- d : Tüketim hızı
- Q : Üretim parti büyüklüğü
- K : Hazırlık maliyeti
- C : Birim üretim maliyeti
- b : t anındaki maksimum geciktirilmiş talep düzeyi
- I_{max} : Stokların ulaşacağı maksimum düzey
- T : Çevrim süresi
- T_P : Bir çevrimdeki üretim süresi
- T_D : Bir çevrimdeki tüketim süresi
- T_1 : b miktarının stok yenileme süresi
- T_2 : I_{max} miktarının stok yenileme süresi
- T_3 : I_{max} miktarının tüketim süresi
- T_4 : b miktarının tüketim süresi

Stok geometrisi Şekil 3.3' de gösterilmiştir. Stok seviyesi $-b$ olduğunda bu seviye 0 olarak kabul edilir. Bu noktada Q birim kadar üretim siparişi verilir, tedarik süresi 0 olarak varsayılır ve üretim hemen başlar. Üretim oranı φ ' dir fakat aynı zamanda talep de var olduğundan net üretim yenileme oranı $\varphi - D$ ' dir. Yenileme çizgisi pozitif bir eğime sahiptir. Q birim kadar üretildikçe stok seviyesi talep miktarı kadar azalır. Maksimum stok seviyesine ulaşana kadar üretim devam eder ve döngü tekrarlanır [40].



Şekil 3.3: Stok geometrisi, geciktirilmiş talepli EÜM modeli [40].

$\hat{\pi} \neq 0$ olmak üzere,

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Kd}{h(1-\frac{d}{\varphi})} - \frac{(\pi d)^2}{h(h+\hat{\pi})}} * \sqrt{\frac{h+\hat{\pi}}{\hat{\pi}}} \quad (3.9)$$

$$b^* = \frac{(hQ^* - \pi d)(1-\frac{d}{\varphi})}{(h+\hat{\pi})} \quad (3.10)$$

3.1.3 Ekonomik Üretim Miktarı (EÜM) Modeli

Bu bölümde Ekonomik Üretim Miktarı Modeli, stoksuz kalma durumunda talebin geciktirilemediği ve geciktirilebildiği durumlara göre detaylandırılacaktır.

3.1.3.1 Geciktirilmiş Talebi Bulunmayan Model

Bu modelde eksiklik maliyeti sonsuz olacak şekilde kabul edilir. Dolayısıyla geciktirilmiş talep bulunmaz. $b = 0$ ' dır [40].

Maliyet denklemi,

$$K(Q) = cd + \frac{Kd}{Q} + \frac{hQ}{2} \left(1 - \frac{d}{\varphi}\right) \quad (3.11)$$

$$Q^* = \frac{2Kd}{h(1-\frac{d}{\varphi})} \quad (3.12)$$

Bu durumda Q^* , ekonomik üretim miktarından daha yüksek olur, çünkü $1 - \frac{d}{\varphi} < 1$ ' dir.

3.1.3.2 Geciktirilmiş Talebi Bulunan Model

Bu model geciktirilmiş talebe izin veren sonsuz yenileme oranı bulunan modellerden biridir. φ sonsuz olarak kabul edilerek aşağıdaki formüller elde edilir [40].

$$K(Q, b) = cd + \frac{Kd}{Q} + \frac{h(Q-b)^2}{2Q} + \frac{2\pi bd + \hat{\pi}b^2}{2Q} \quad (3.13)$$

$\hat{\pi} \neq 0$ olmak üzere,

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Kd}{h} - \frac{(\pi d)^2}{h(h+\hat{\pi})}} * \sqrt{\frac{h+\hat{\pi}}{\hat{\pi}}} \quad (3.14)$$

$$b^* = \frac{(hQ^* - \pi d)}{(h + \hat{\pi})} \quad (3.15)$$

3.2 Stokastik Stok Kontrolü

Stoklarla ilgili parametrelerden biri yada tümü için bir belirsizlik söz konusu ise yani ilgili parametreler herhangi bir olasılık dağılımına uygun olarak rassal

değişken olarak ifade edilebiliyorsa, ilgili stok modeline olasılıklı veya stokastik denir.

Stok durumundan bahsederken yalnızca mevcut stok miktarını bilmek verilecek bir sonraki sipariş için yeterli değildir. Bilinmesi gereken diğer kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

Talep stokastik olduğunda, stokları kavramsal olarak aşağıdaki gibi sınıflandırmak yararlıdır [41]:

1. Stok düzeyi: Bu, fiziksel olarak rafta bulunan stoktur; asla negatif olamaz. Bu miktar, belirli bir müşteri talebinin doğrudan raftan karşılanıp karşılanmadığının belirlenmesinde önemlidir.
2. Geciktirilmiş talep (backorder): Stoklar tükenmişken gelen herhangi bir talep daha önceden verilmiş siparişin gelmesiyle beraber karşılanır.
3. Kayıp satışlar: Stoklar tükenmişken gelen herhangi bir talep kaybolur; müşteri ihtiyacı karşılamak için başka bir yere gider.
4. Net stok: Bu miktar negatif olabilir (eğer bekletilen sipariş varsa). Bazı matematiksel türevlerde kullanılır ve takip eden önemli tanımlamaların bir parçasıdır.
5. Siparişteki miktar: Yeniden sipariş noktasına geldiği zaman talep edilen ancak henüz teslim alınmamış stoktur.
6. Taahhüt edilmiş miktar: Mevcut durumdaki müşteri talep miktarıdır.
7. Stok pozisyonu: Adına bazen mevcut stok da denir. Eldeki miktar ile siparişteki miktarın toplamının, bekletilen sipariş ve taahhüt edilmiş miktardan çıkarılmış halidir. Bu bakımdan stok pozisyonu ne zaman yeniden sipariş verileceğine karar verirken önemli bir miktardır.
8. Emniyet stoku: Emniyet (tampon) stoku, yenileme siparişinin gelmesinden hemen önce net stokun ortalama seviyesi olarak tanımlanır. Yenileme siparişinin geldiği anda net stoku ortalama olarak bitmek üzere olarak planlanmış olsaydı, emniyet stoku sıfır olurdu. Pozitif bir emniyet stoku, etkin sipariş tedarik süresi boyunca ortalama daha büyük talebe tampon sağlar. Bu da müşteri hizmetinde önemli derecede bir iyileşme anlamına gelmektedir.

Kayıp satış ve geciktirilmiş talep ilgili olarak, çoğu pratik durumda, bu iki durumun bir kombinasyonu varken, çoğu stok modeli, biri ya da diğeri için geliştirilmiştir. Bununla birlikte, bu modellerin çoğu makul yaklaşımlar olarak hizmet etmektedir, çünkü verdikleri kararlar belirli bir durumda mümkün olan geciktirilmiş talep derecesine göre nispeten duyarsız olma eğilimindedir. Bu, öncelikli olarak yüksek müşteri hizmet düzeyleri uygulamalarındaki yaygın kullanımın bir sonucudur. Yüksek servis düzeyleri sık olmayan stoksuz kalma olayları anlamına gelir. Geciktirilmiş talep veya kayıp satışlar stoksuz kalma etkisinin bir ölçüsüdür.

Emniyet stokunun değeri geciktirilmiş taleplerin ve kayıp satışların durumuna bağlıdır. Yenileme siparişinin tedarik süresi de stoksuz kalma durumunda dikkate alınmalıdır. Geciktirilmiş talep durumu mevcutken, eğer talep oluşursa, net stok bir sonraki yenileme siparişinden hemen önce negatif olacaktır [41].

Öte yandan, eğer stoksuz kalındığı süre boyunca gelen tüm talepler kayıp satış olursa, net stok sipariş gelene kadar sıfır seviyesinde kalacaktır. Diğer bir deyişle net stokun değeri stoksuz kalma süre boyunca geciktirilmiş talep durumunun oluşup oluşmayacağına bağlıdır. Emniyet stoku ise yenileme siparişi gelmeden önceki net stok durumu olarak tanımlanır [41].

Bir stok kontrol sisteminin temel amacı, aşağıdaki üç konuyu veya problemi çözmektir [41]:

1. Stok durumu ne sıklıkla belirlenmelidir?
2. Yenileme siparişi ne zaman verilmelidir?
3. Yenileme siparişinin büyüklüğü ne kadar olmalıdır?

Stokastik talep altında yukarıdaki soruların cevaplarının elde edilmesi deterministik talebe göre daha zordur. Öncelikle stok durumunu belirlemek için kaynakları (işgücü, bilgisayar zamanı, vb.) ele alınır. Öte yandan, durum ne kadar az sıklıkta belirlenirse, istenen müşteri hizmetini sağlamak için sistemin talepte öngörülemeyen değişikliklere karşı korunması gereken süre uzar. İkincisi ise, biraz erken sipariş verme maliyetleri (dolayısıyla, fazladan stok bulundurma) ile yetersiz müşteri hizmet düzeyi maliyetlerinin (net veya belirsiz) maliyetleri arasında bir

dengeye dayanmaktadır. Üçüncüsü ise, müşteri hizmet düzeyi kriterinin haricinde ekonomik sipariş miktarı gibi kriterlerdir. Burada bir etkileşim vardır. Ne zaman sipariş yenilenecektir sorusu, yenilenecek sipariş miktarıyla da ilişkilidir.

Bu üç temel konuya cevap vermek için bir yönetici birkaç şeyi belirlemelidir. Bunlar yöneticilerin sistematik olarak envanter politikaları oluşturmak için kullanabilecekleri dört soru olarak ortaya çıkar [41].

1. Sipariş verilecek kalem ne kadar önemli?
2. Stok durumu sürekli mi yoksa periyodik olarak mı gözden geçirilir?
3. Hangi stok politikası kullanılacaktır?
4. Hangi özel maliyet veya hizmet hedefleri belirlenmelidir?

Ürünün önemi için 2. Bölümde bahsedilen ABC analizi kullanılabilir. Böylelikle yöneticiler öncelikle, dikkate alınan ürünün firma için ne kadar kritik olduğunu belirleyebilir. Birçok firma ürünlerini A, B veya C kategorilerine ayırmaktadır.

Bu ilk soruya verilen yanıt, “kalem ne kadar önemlidir?” kalan üç sorunun cevabını yönlendirmeye yardımcı olur.

3.2.1 Sürekli ve Periyodik Gözden Geçirme

Stok durumunun ne sıklıkta belirlenmesi gerektiği sorusunun cevabı, stok seviyesini bildiğimiz iki ardışık an arasında geçen zaman olan inceleme aralığını (R) belirtir. Aşırı bir durum, sürekli gözden geçirmenin olduğu yerdir; yani stok durumu her zaman bilinir. Gerçekte sürekli gözetim genellikle gerekli değildir; bunun yerine, her bir işlem (gönderi, makbuz, talep, vb.) durumun derhal güncellenmesini gerektirir. Sonuç olarak, bu tür kontrol genellikle işlem raporlaması olarak adlandırılır. Yıllar içinde başarılı bir şekilde kullanılan ve bugün kullanılmaya devam eden yüzlerce manuel stok kartı sistemi (örneğin, “Kardex” veya “VISI-Record”) ile kanıtlandığı üzere, işlem raporlarının bilgisayarlaştırılmasına gerek yoktur. Öte yandan, işlem raporlamasına izin veren satış noktası (POS) veri toplama sistemleri (elektronik tarayıcıları içeren) perakende düzeyinde büyük bir etki yaratmaktadır [41].

Periyodik gözden geçirme ile, adından da anlaşılacağı gibi stok durumu sadece her R zaman birimi olarak belirlenir; her R periyodunda bir stok kontrolü gerçekleştirilir. POS taramasında bile, stok kararları genellikle kapanış saatlerinden sonra bilgisayar tarafından yapılır. Böylelikle, envanter yeniden düzenleme kararının perspektifinden, gözden geçirme periyodu R, bir gündür.

Sürekli ve periyodik gözden geçirmenin avantajları ve dezavantajları hakkında yorum yapılırsa, kalemler aynı tedarikçiden satın alınabilir veya aynı taşıma modu ile sevk edilebilirler. Bu gibi durumlarda sipariş yenilemenin koordinasyonu cazip olabilir. Böyle bir durumda, periyodik gözden geçirme özellikle caziptir çünkü koordineli bir gruptaki tüm öğeler aynı inceleme aralığına sahip olacaklardır [41].

Periyodik gözden geçirme, ilgili personelin iş yükü seviyesinin makul bir tahminini de sağlar. Aksine, sürekli gözden geçirme altında, hemen hemen her an bir sipariş yenileme kararı verilebilir; bu nedenle yük daha az tahmin edilebilir. Rastgeleden ziyade ritmik (periyodik) model genellikle malzeme yöneticisi için caziptir.

Sürekli gözden geçirmenin diğer bir dezavantajı, maliyetlerin ve hataların gözden geçirilmesi açısından periyodik gözden geçirmeye kıyasla genellikle daha pahalı olmasıdır. Bu, özellikle birim zaman başına birçok işlemin olduğu öğeleri hızlıca listelemek için geçerlidir. Günümüzde, tek bir noktadan veri toplama sistemleri, maliyetlerin ve hataların gözden geçirilmesini önemli ölçüde azaltmıştır. Son derece yavaş hareket eden kalemler için, oldukça az gözden geçirme maliyetleri sürekli gözden geçirme ile gerçekleşir. Çünkü güncellemeler yalnızca işlem gerçekleştiğinde yapılır. Öte yandan, periyodik gözden geçirmenin, yavaş hareket eden kalemlerin bozulmasının (ya da akışının) tespit edilmesinde sürekli gözden geçirmeden daha etkili olabileceği düşünülmektedir [41].

Sürekli gözden geçirmenin en büyük avantajı, aynı müşteri hizmet düzeyini sağlamak için, periyodik gözden geçirmeden daha az güvenlik stoku (daha düşük taşıma maliyetleri) gerektirmesidir. Bunun nedeni, emniyet korumasının gerekli olduğu periyodun, periyodik gözden geçirmeye kıyasla daha kısa olmasıdır. Periyodik gözden geçirmede stok düzeyi, arada herhangi bir sipariş yenileme eylemi

olmaksızın, gözden geçirme zamanları arasında kayda değer bir şekilde düşme olasılığına sahiptir.

Yönetici, kalemin A, B veya C kategorisine girip girmediğini belirledikten ve sürekli ya da periyodik gözden geçirme şekline karar verdikten sonra stok kontrol politikasının şeklini belirlemelidir. Stok politikasında belirlemek gereken ikinci ve üçüncü konular, "Yenileme siparişi ne zaman yapılmalı?" ve "Yenileme siparişi ne kadar büyük olmalı?" sorularıdır.

Bir dizi olası kontrol sistemi vardır. Bu bölümde en yaygın dört tanesinin fiziksel çalışması, her birinin avantajları ve dezavantajları hakkında bilgiler verilecektir. Avantajlar ve dezavantajlar konusundaki görüşler, genel olarak sistemlerin uygulanacağı özel ortama bağlı olmaları bakımından genel olacaktır [41].

3.2.1.1 (s, Q) Sistemi

Bu sürekli gözden geçirme sistemidir. Stok pozisyonu yeniden sipariş noktasına veya bu miktarın altına düştüğünde sabit bir miktar Q sipariş edilir. Net stok değil, stok pozisyonu siparişi tetiklemek için kullanılır. Stok pozisyonu, sipariş edilen miktarı da içerdiğinden, talep edilen malzemenin hesabı mevcuttur ancak tedarikçiden henüz teslim alınmamıştır. Eğer sipariş verme kararında net stok kullanılırsa, gereksiz yere başka bir sipariş verilebilir.

Kullanılacak gösterim:

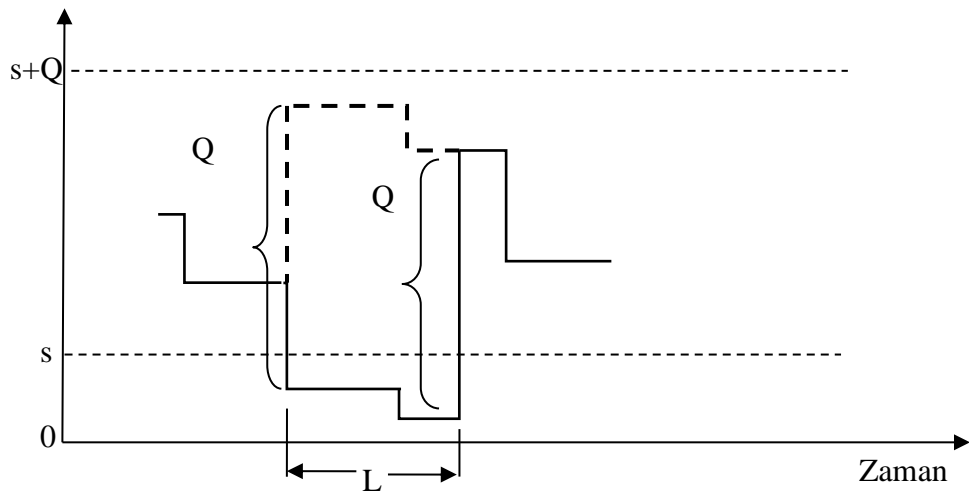
- s: yeniden sipariş noktası
- Q: sipariş miktarı

(s, Q) sistemi genellikle iki bölmeli sistem olarak adlandırılır, çünkü fiziksel uygulama biçimi bir öğenin depolanması için iki bölmeye sahip olmaktır. Malzemeler ilk kutuda kaldığı sürece, talep bundan tatmin olur. İkinci kutudaki miktar sipariş noktasına karşılık gelir. Bu nedenle, bu ikinci bölme açıldığında, yeni bir sipariş tetiklenir. Yenileme siparişi geldiğinde, kutudaki kalan kısım ilk bölmeye konur ve ikinci kutu yeniden doldurulur. İki bölmeli depo sisteminin, yalnızca, herhangi bir zamanda birden fazla yenileme siparişinin olmaması durumunda düzgün bir şekilde çalışacağına dikkat edilmelidir. Bu yüzden Q' yu yukarı doğru ayarlamak

gerekli olabilir; böylece, Q bir teslim süresi boyunca ortalama talepten kayda değer ölçüde daha büyüktür.

Sabit sipariş miktarı (s, Q) sisteminin avantajları şunlardır: Özellikle iki bölmeli depo formunda olması stok yöneticisinin anlaması, hataların daha az oluşması ve malzeme gereksinim miktarının tedarikçi tarafından öngörülebilir olmasıdır.

Bir (s, Q) sisteminin temel dezavantajı, değiştirilmemiş haliyle bireysel işlemlerin büyük olduğu durumla etkili bir şekilde baş edilemeyebileceğidir. Özellikle, bir (s, Q) sistemindeki yeniden siparişi tetikleyen işlem yeterince büyükse, Q kadar miktarın tekrar doldurulması, stok pozisyonunu yeniden sipariş noktasının üzerine bile çıkarmayabilir. Elbette, böyle bir durumda, tamsayı, s' nin üzerindeki stok pozisyonunu yükseltecek kadar büyük olan Q' nun bir tamsayı katsayısı kadar sipariş edebilir. (s, Q) stok sisteminin stok geometrisi Şekil 3.4' te verilmiştir [41].



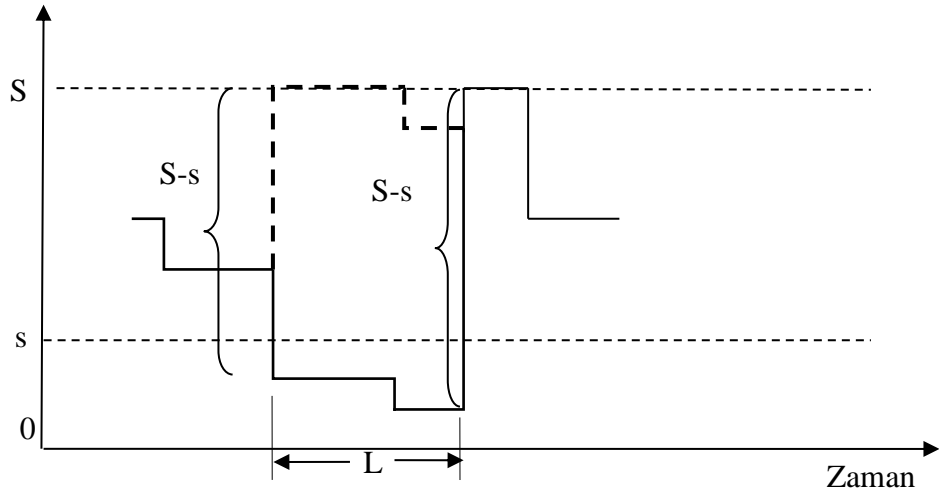
Şekil 3.4: (s, Q) Sistemi [41].

Açıklama: - - - Stok pozisyonu
—— Net stok miktarı ya da hem stok pozisyonu ve net stok miktarı(eğer ikisi de eşitse)

3.2.1.2 (s, S) Sistemi

Bu sistemde sürekli gözden geçirme metodu uygulanır; (s, Q) sistemi gibi, stok pozisyonu s veya alt seviyesine düştüğünde bir sipariş yapılır. Bununla birlikte, (s, Q) sisteminin aksine, stok pozisyonunu sipariş seviyesine yükseltmek için yeterli miktarda sipariş veren bir değişken sipariş miktarı kullanılır. Tüm talep işlemleri birim büyüklüğünde ise, iki sistem birbirinin aynısıdır, çünkü stok durumu tam olarak, $S = s + Q$ ise, yeni sipariş talebi her zaman yapılacaktır. Eğer işlemler birim boyutundan daha büyükse, (s, S) sistemi değişken olur. Şekil 3.5' te (s, S) stok sisteminin stok geometrisi gösterilmiştir. Bu sisteme sıklıkla bir min- max sistemi denir, çünkü stok pozisyonu, yeniden sipariş noktasının altında olası bir anlık düşüş haricinde, her zaman minimum bir değer ve maksimum bir S değeri arasındadır. (s, S) sisteminin, sipariş, taşıma ve elde bulundurmama maliyetleri yönünden (s, Q) sisteminden daha büyük olmadığı gösterilmiştir [41].

Bu sistemin bir dezavantajı değişken sipariş miktarlarıdır. Bu durumda tedarikçiler daha fazla hata yapabilirler. Tedarikçiler sıklıkla gelen ve kesinlikle sabit bir sipariş miktarının öngörülebilirliğini tercih ederler.



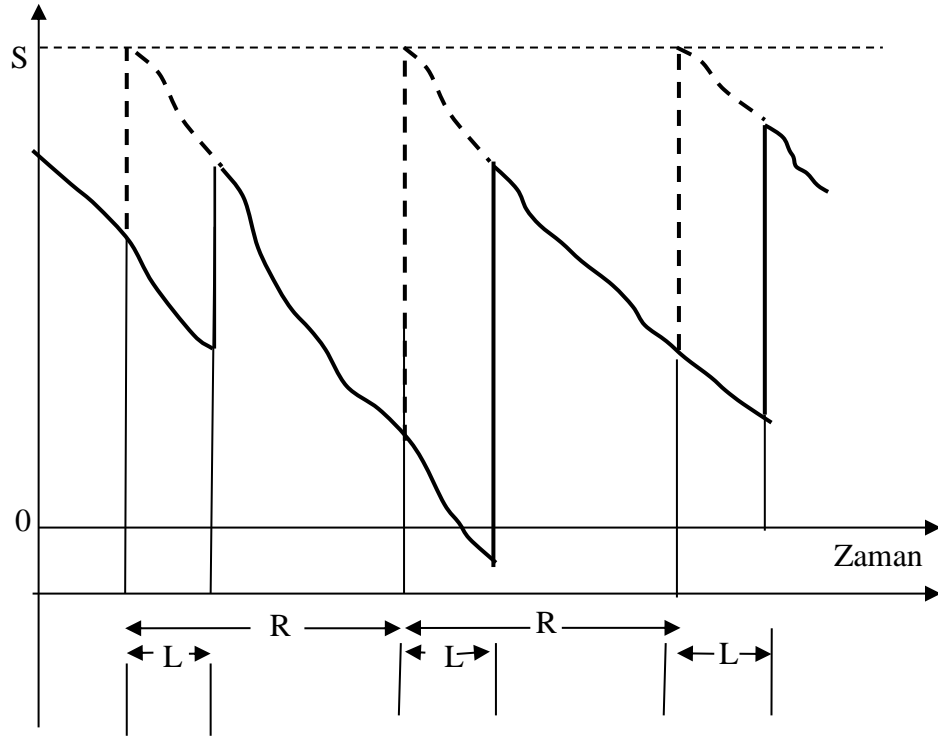
Şekil 3.5: (s, S) Sistemi [41].

Açıklama: - - - Stok pozisyonu
———— Net stok miktarı ya da hem stok pozisyonu ve net stok miktarı(eğer ikisi de eşitse)

3.2.1.3 (R, S) Sistemi

Bir sipariş döngüsü sistemi olarak da bilinen bu sistem, özellikle bilgisayar kontrolünü kullanmayan şirketlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kontrol prosedürü, her bir R biriminin (yani her inceleme anında) stok pozisyonunu S seviyesine yükseltmek için yeterince sipariş geçilmesidir. Bu tip bir sistemin tipik bir davranışı Şekil 3.6 ' da gösterilmektedir.

Periyodik gözden geçirme özelliği nedeniyle bu sistem, ilgili ürünlerin siparişlerini koordine etmek açısından çok tercih edilmektedir. Örneğin, denizaşırı ülkelerden sipariş verirken, nakliye maliyetlerini kontrol altında tutmak için bir nakliye konteynerini doldurmak genellikle gereklidir. Periyodik bir gözden geçirme sisteminin sağladığı koordinasyon önemli ölçüde tasarruf sağlayabilir. Buna ek olarak (R, S) sistemi, talep zamanla değişiyorsa, S seviyesini ayarlamak için düzenli bir fırsat (her R birimi) sunar. (R, S) sisteminin temel dezavantajı, taşıma maliyetlerinin sürekli kontrol sistemlerine göre daha yüksek olmasıdır [41].

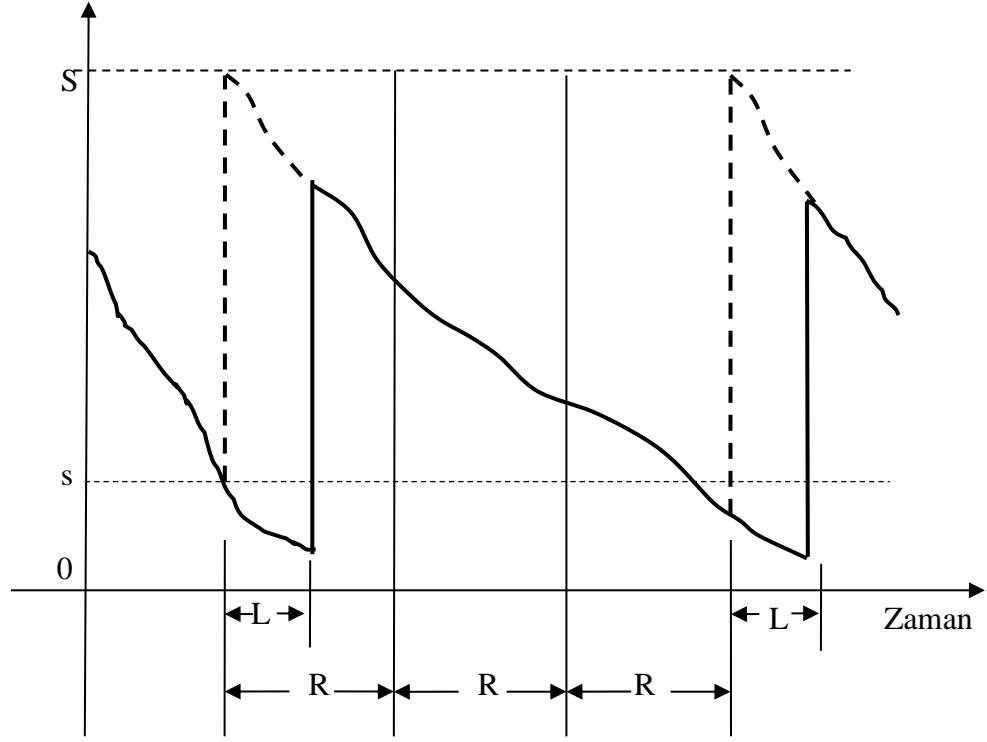


Şekil 3.6: (R,S) Sistemi [41].

Açıklama: - - - Stok pozisyonu
 — Net stok miktarı ya da hem stok pozisyonu ve net stok miktarı
 (eğer ikisi de eşitse)

3.2.1.4 (R, s, S) Sistemi

Bu (s, S) ve (R, S) sistemlerinin birleşimidir. Yani her R biriminde stok pozisyonunu kontrol edilir. Eğer s yeniden sipariş noktasında veya s' nin altında ise, S' ye tamamlanacak miktarda sipariş verilir. Eğer pozisyon s noktasının üzerindeyse, en az bir sonraki gözden geçirme işlemine kadar hiçbir şey yapılmaz. (s, S) sistemi, R = 0 olan ve (R, S) s = S - 1 olan özel durumdur. Alternatif olarak (R, s, S) sistemi, (s, S) sisteminin periyodik bir versiyonudur. Ayrıca, (R, S) durumu s = S - 1 ile (s, S) periyodik bir uygulama olarak görülebilir. Sistemin grafiği Şekil 3.7' de gösterilmiştir.



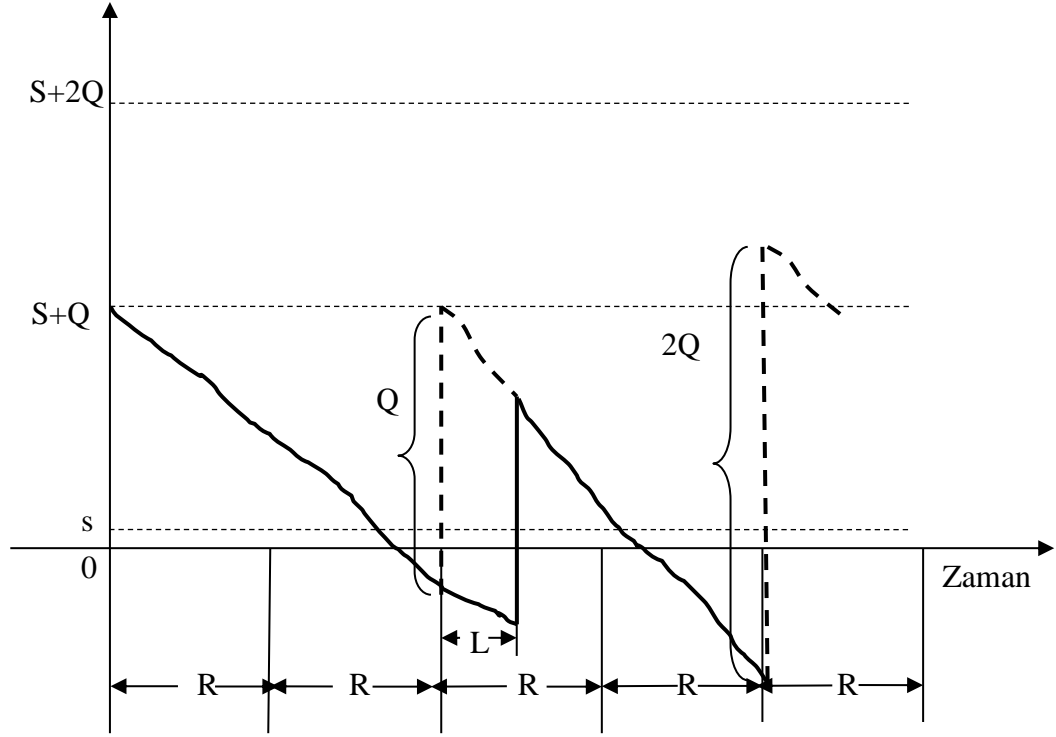
Şekil 3.7: (R, s, S) Sistemi.

Açıklama: - - - Stok pozisyonu
 — Net stok miktarı ya da hem stok pozisyonu ve net stok miktarı
 (eğer ikisi de eşitse)

Doğrusal elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetleri ile sabit sipariş maliyetini dikkate alarak oluşturulan (R, s, S) politikasının optimal olduğu kanıtlanmıştır [27].

3.2.1.5 (R, s, nQ) Sistemi

Bu sistemde her R biriminde envanter pozisyonunu kontrol edilir. Eğer s yeniden sipariş noktasında veya altında ise, Q ya da katları miktarınca sipariş verilir. Böylelikle stok pozisyonu $s+nQ$ kadar olur. Eğer pozisyon s noktasının üzerindeyse, en az bir sonraki gözden geçirme işlemine kadar hiçbir şey yapılmaz. Daha çok tedarikçi firmaların minimum sipariş miktarı kısıtının mevcut olduğu yerlerde kullanılır. Stok düzeyi sabit sipariş sipariş miktarından dolayı diğer yöntemlere göre daha yüksektir [38]. Bu sistemin grafiği Şekil 3.8' de gösterilmiştir.



Şekil 3.8: (R,s nQ) Sistemi.

Açıklama: - - - Stok pozisyonu
 — Net stok miktarı ya da hem stok pozisyonu ve net stok miktarı
 (eğer ikisi de eşitse)

Genel varsayımlar altında sipariş, taşıma ve elde bulundurmama maliyetleri açısından (R, s, S) sistemi diğer sistemlere göre iyi olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, bu üç kontrol parametresinin en iyi değerlerini elde etmek için hesaplama çabası diğer sistemler için olduğundan daha yoğundur. Bu nedenle, B öğeleri için, basitleştirilmiş yöntemler genellikle makul değerleri bulmak için kullanılır.

Tablo 3.1: Envanter politikasını seçmek için ana kurallar

Kalemler	Sürekli Kontrol	Periyodik Kontrol
Kalem A	(s, S)	(R, s, S), (R, s, Q)
Kalem B	(s, Q)	(R, S)

Tablo 3.1, politikanın şeklini seçmek için basit bir kural belirler. C maddeleri için, firmalar genellikle daha manuel ve basit bir yaklaşım kullanırlar (basit (s, Q) veya (R, S) sistemlerine eşdeğer olabilirler). Mevcut tasarruflar oldukça küçük olduğu için stok yönetiminde daha az çaba sarf edilmektedir [41].

4. SİMÜLASYON YÖNTEMİ

Simülasyon, teorik ya da gerçek fiziksel bir sisteme ait neden-sonuç ilişkilerinin bir bilgisayar modeline yansıtılmasıyla, değişik koşullar altında gerçek sisteme ait davranışların bilgisayar modelinde izlenmesini sağlayan bir modelleme tekniğidir. Simülasyon, gerçek hayattaki olayların bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir. Sanal ortamlar sağlayan, yazılımlardır. Bir sistemin simülasyonu, bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir [42].

Simülasyon çok genel bir tabir olarak ifade edilir. Çünkü birçok alanda, endüstride ve uygulamalarda kullanılabilir. Özellikle günümüzde, bilgisayar ve yazılımların her zamankinden daha iyi olması nedeniyle simülasyon yöntemi her zamankinden daha popüler ve güçlü bir konumdadır [42]. Bilgisayar ortamında simülasyon yapılabilmesi için FORTRAN, Visual Basic, C/C++ veya Java benzeri genel amaçlı programlama dilleri kullanılabilir. Bunun yanı sıra kesikli ve sürekli olay simülasyonları için geliştirilmiş SIMAN SIMSCRIP vb. simülasyon programlama dilleri karmaşık sistemlerin modellenmesinde esneklik sağlayacaktır.

Bilgisayar ortamında simülasyon gerçekleştirebilmek için diğer seçenek esnekliği diğer seçeneklere göre daha az olan fakat kullanılabilirliği daha kolay olan sürükle-bırak mantığıyla çalışan PROMODEL, ARENA vb. programlardır. Bu tür programlar modellemenin yanı sıra istatistiksel yazılımlar da barındırmakta ve girdi-çıkı-tı-senaryo analizlerinde de kolaylıklar sağlamaktadır [43].

Simülasyon modelinin temel amacı, bir zaman aralığında belirli bir sistem hakkında gözlem yapılmasını sağlamaktır. Bir sistem ortak bir hedefe doğru birlikte çalışan birbiriyle ilişkili bir dizi bileşenden meydana gelir. Sistem mühendisliği daha derin bir tanım belirtir. “Sistem, belirtilen ihtiyaçları karşılama yeteneği sağlayan bir insan, ürün ve süreç bileşimidir.” Komple bir sistem, tesislerin, ekipmanların (donanım ve yazılım), malzemelerin, hizmetlerin, verilerin, kalifiye personelin ve sistemin etkinliğini sağlamak ve sürdürmek için gerekli teknikleri içerir [44].

Simülasyon, önerilen veya gerçek dinamik bir sistemin modellenmesi ve zaman içindeki davranışın gözlenmesi işlemidir. Bir simülasyon çalışması, herhangi

bir sistemin davranışının incelenmesi ve farklı parametrelerin çalışma durumuna etkilerinin araştırılması amacı ile yapılır. Simülasyon çalışmalarında uygulanan iki adım: model tasarımı ve deneylerdir. Model tasarımı, sistemin tüm önemli durumlarını temsil eden bir modelin kurulmasıdır. Geçerli bir model kurulduktan sonra deneyler kısmı başlar. Simülasyon genellikle mevcut olmayan veya pahalı ve zor gerçekleştirilebilecek sistemlerin denenmesine imkan sağlar.

Simülasyonun genel özelliklerine değinilirse, stok kontrol ve kaynak sistemleri modellemesi gibi simülasyon tekniği bakımından kesikli olay simülasyonu kapsamında incelenen modelleme çalışmalarının bilgisayarda programlanmasında dikkati çeken temel özellikler şunlardır:

1. 0 ile 1 arasında uniform $U(0,1)$ dağılımından rassal sayı türetimi.
2. Bilinen bir olasılık dağılımından rassal değerlerin türetimi.
3. Simülasyon saatinin çalıştırılması.
4. Uygun simülasyon bloklarına geçişte kontrol sisteminin kurulması.
5. Simülasyon listesine kayıt ekleme, kayıt çıkarma olanakları.
6. Uygun veri analiz yöntemlerinin kullanımı. Sonuçların yazdırılması.
7. Hataların izlenmesi [42].

4.1 Kullanım alanları

Simülasyon ile birçok alanda modelleme yapılabilir. Bu model gerçek ya da planlanan bir sistemde tesis veya süreç olabilir. Bunlar örneklendirilirse [43]:

1. Makineler, insanlar, nakliye cihazları, taşıma bantları ve depolama alanı olan üretim tesisi.
2. Farklı türde müşterileri, sunucuları ve banka çalışanları, ATM' ler, kredi masaları ve güvenlik kasaları gibi tesisleri içeren bir banka.
3. Çıkış yapan, check-in yapan, güvenlikten geçen, çıkış kapısına giden yolcuların içinde bulunduğu sistem olan havaalanı; pistteki uçaklar, bagaj talebinde bulunan ve valizlerini bekleyen yolcular; ve

- gecikmeler, güvenlik sorunları ve ekipman arızası ile ilgilenen bagaj taşıma sistemi.
4. Tesislerin, depoların ve ulaşım bağlantılarının dağıtım ağı.
 5. Bir hastanenin, personel, odalar, ekipman, malzemeler ve hasta nakli dahil olmak üzere acil servisi.
 6. Potansiyel müşterileri bir coğrafi alana dağılmış, farklı vasıflara sahip servis teknisyenlerine, farklı parça ve araçlara sahip kamyonlara ve merkezi bir depo ve sevkiyat merkezine sahip ev aletleri veya ofis ekipmanları için saha servis çalışması.
 7. Sunucular, istemciler, disk sürücüleri, teyp sürücüleri, yazıcılar, ağ özellikleri ve operatörleri olan bir bilgisayar ağı.
 8. Bir otoyol yol bölümleri, kavşaklar, kontroller ve trafik sistemi.
 9. Çok sayıda evrakın alındığı, gözden geçirildiği, kopyalandığı, dosyalandığı ve insanlar ve makineler tarafından postalandığını bir ofis olan merkezi bir sigorta.
 10. Hakimler, destek personeli, gözaltı memurları, şartlı tahliye memurları, sanıklar, davacılar, hükümlü suçlu ve programların olduğu bir ceza adalet sistemi.
 11. Bitmiş ürünün gönderileceği depolama tankları, boru hatları, reaktör gemileri ve demiryolu tanker araçları bulunan kimyasal ürünler tesisi.
 12. Farklı personel, müşteri ve ekipman türlerine sahip bir fast-food restoran.
 13. Stok kontrolüne, kasaya ve müşteri hizmetlerine sahip bir süpermarket.
 14. Gezintiler, mağazalar, restoranlar, çalışanlar, konuklar ve otoparklar içeren bir tema parkı.
 15. Acil durum personelinin bir felakete tepkisi.
 16. Gemiler, konteynerler, vinçler ve kara taşımacılığı dahil olmak üzere bir nakliye limanları ağı.

İnsanlar genellikle performansını ölçmek, çalışmasını iyileştirmek veya mevcut değilse tasarlamak için bir sistem inceler. Bir sistemin yöneticileri veya denetleyicileri, önemli bir makine bozulursa bir fabrikada ne yapılacağına karar

vermede yardımcı olmak gibi günlük işlemler için hazır bir yardıma sahip olmak isteyebilir.

Genellikle simülasyon analistleri, simülasyon modelini geliştirmeye başlamadan önce yapılması gereken sistemin nasıl çalıştığını tanımlama sürecinin, hangi değişikliklerin yapılması gerektiğine dair büyük bir öngörü sağladığını tespit eder ki modeli doğru kurabilsin. Simülasyon sadece bir model oluşturmaktan ve istatistiksel bir deney yapmaktan çok daha fazlasıdır. Simülasyon projesinin her aşamasında öğrenilmesi gereken çok şey vardır ve yol boyunca verdiğiniz kararlar bulgularınızın önemini büyük ölçüde etkileyebilir [43].

4.2 Arena Yardımcı Yazılımlar

Bu bölümde program içinde gömülü yardımcı yazılımlar anlatılacaktır.

4.2.1 Girdi Analizcisi (Input Analyzer)

Giriş analizcisi, Arena ortamının standart bir bileşeni olarak düşünülür. Bu güçlü ve çok yönlü araç, olasılık dağılım fonksiyonlarının girdi verilerine uygunluğunun kalitesini belirlemek için kullanılabilir. Ayrıca, dağılım özelliklerinin karşılaştırılmasında ya da aynı dağılım için parametrelerdeki değişikliklerin etkilerini görmeye olanak sağlamak için kullanılabilir. Ek olarak, Girdi Analizcisi, yazılımın dağılım uyumu özellikleri kullanılarak analiz edilebilecek rassal veri setleri oluşturabilir, verilerin histogram grafiklerini çıkarılabilir. Oluşturulan bu veri setleri ile simülasyonlar çalıştırılabilir [45].

4.2.2 Çıktı Analizcisi (Output Analyzer)

Bu yazılım, simülasyonun çıktılarının istatistiklerine odaklanır. Bu çıktılar simülasyon tekrarı sayısı, performans ölçütlerinin tahmini, sistem analizi ve deneyi gibi faaliyetlerden oluşur. Simülasyon çıktılarını analiz edip birbirleriyle kıyaslanabilmesini ve çeşitli grafikler vasıtasıyla sonuçların daha basit bir şekilde anlaşılmasını sağlar. Bu da sistem davranışının daha iyi algılanmasına ve daha gerçekçi tahminler yapabilmeye olanak verir [45].

4.2.3 Süreç Analizcisi (Process Analyzer)

Bu yazılım süreci analiz etmede kullanılır. Farklı simülasyon model senaryolarının yürütülmesiyle sunulan alternatiflerin değerlendirilmesine yardımcı olur. Bu, simülasyon modeli geliştiricilerinin yanı sıra karar vericiler için yararlıdır. Modellerin model sonrası geliştirme olayına odaklanmıştır. Bu aşamada, simülasyon modelinin, Süreç Analizcisi tarafından kullanım için uygun, eksiksiz, doğrulanmış ve yapılandırılmış olduğu varsayılmaktadır. Süreç Analizcisinin rolü, farklı model girişlerine dayalı olarak onaylanmış modellerden çıktılarını karşılaştırılmasına olanak tanımaktır.

Modelin çalışmasında izlenebilecek şekilde modelin çalışmasını etkilediği düşünülen girdiler kontrol parametreleri olarak tanımlanır. Modelin çalışma sırasında nasıl performans gösterdiğini gösteren çıktılar, yanıt olarak tanımlanır. Sonrasında senaryolar çalıştırılır. Çıkan sonuçlar değerlendirilir [45].

4.2.4 Optquest Yazılımı

Simülasyon uygulamalarında çoğu kez amaç en iyi stratejiyi bulmaktır. Fakat OptQuest yazılımını kullanmadan en iyi stratejiyi belirleyebilmek için, Arena modelini düşünülen bir strateji için kontrol değerlerini girmek, Arena simülasyonunu çalıştırmak, sonuçları analiz etmek ve daha sonra yeni bir kontrol değeri girmek gerekir. Farklı değerler için simülasyonu tekrar çalıştırıp devam ettirilir. Çoğu zaman kontrollerin bir simülasyondan diğerine nasıl ayarlanacağı net değildir. Bu tür aramalar sıkıcıdır ve binlerce veya milyonlarca potansiyel alternatif ile ilgili problemlerde pratik değildir. OptQuest yazılımı bu noktada optimum bir strateji arayışını otomatikleştirerek Arena'yı geliştirir. OptQuest optimizasyon modelinin kontrol değişkenleri, kısıtlayıcılar ve bir amaç fonksiyonu olmak üzere üç ana unsuru vardır. Kontrol değişkenleri, simüle edilmiş bir sistemin performansını etkilemek için anlamlı şekilde manipüle edilebilen değişkenler veya kaynaklardır. Kısıtlayıcılar, kontroller ve/veya yanıtlar arasındaki ilişkilerdir. Örneğin bir kısıtlayıcı, çeşitli yatırımlar arasında tahsis edilen toplam para miktarının belirli bir tutarı geçmemesini veya belirli bir gruptan en fazla bir makinenin seçilebileceğini garanti edebilir. Amaç, kuyrukları en aza indirmek veya kârları maksimize etmek gibi modelin amacını temsil etmede kullanılan bir yanıt veya ifadedir [46].

OptQuest çalışma prensibi kontrol değerlerini ayarlayarak Arena modeline potansiyel bir çözüm besler. Çözümü değerlendirmek üzere Arena bir replikasyon çalıştırır. Eğer çoklu çalıştırma ayarlandıysa aynı çözüm için başka replikasyonlar da çalıştırılır. Belirtilen sayıda replikasyon çalıştırılana kadar bu döngüyü tekrar eder. Bu yineleme kümesinden gelen yanıtlar için elde edilen değerleri değerlendirir. Bu yineleme seti bir simülasyonu temsil eder. OptQuest simülasyonun sonuçlarını analiz eder ve akıllı arama prosedürlerini kullanarak yeni bir potansiyel çözüm üreterek Arena'ya gönderir. OptQuest, bu işlemi birden fazla simülasyon çalıştırarak tekrar eder. Nihai hedefi, modelin amacının değerini en uygun hale getiren (en üst düzeye çıkaran veya en aza indiren) çözümü bulmaktır [46].

4.3 Arenada Modelleme

Model, sistemdeki varlıkların baştan sona aktığı süreç olarak adlandırılabilir. Arenada modelleme basic/advance process' te yer alan komutlar vasıtasıyla yapılır. Basic komutlar [42]:

Create: Bu modül, bir simülasyon modelinde varlıklar için başlangıç noktası tasarlar. Varlıklar, bir program kullanılarak ya da gelişler arası zamana dayanarak oluşturulur. Varlıklar, sistem içinden sürecin başlamasından sonra modülden ayrılırlar. Bu varlık tipi bu modülde belirtilmiştir. Simgesi Şekil 4.1 (a)' daki gibidir.



a) Modül simgesi

b) Modül İçeriği

Şekil 4.1: Create modülü gösterimi [42].

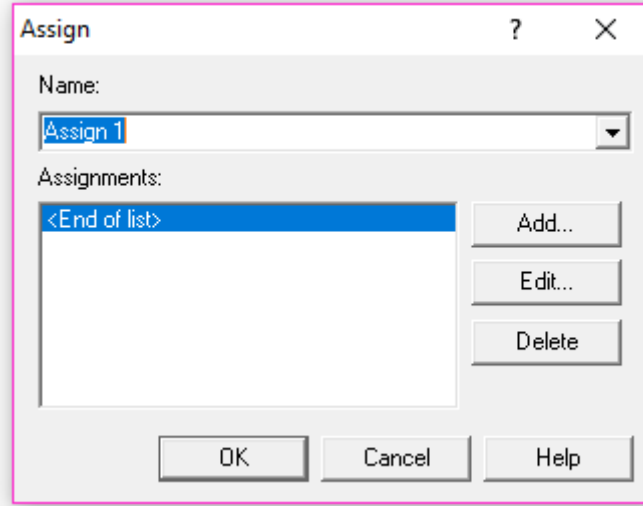
Şekil 4.1 (b)' de modül içeriği gösterilmiştir. İçerikteki tanımlamalar aşağıdadır.

- Name: Varlık ismi.
- Entity Type: Üretilen varlık tipinin adı.
- Type: Üretilen varlık gelişinin dağılımı tipi.
- Value: Gelişler arası zaman değeri.
- Units: İlk oluş zamanı ve geliş zamanları için kullanılan zaman birimi.
- Entities per Arrival: Her gelişle verilen zamanda sisteme girecek varlık sayısı.
- Max Arrivals: Bu modülde üretilecek maksimum varlık sayısı.
- First Creation: Sistem içine ilk varlığın gelmeye başlama zamanı.

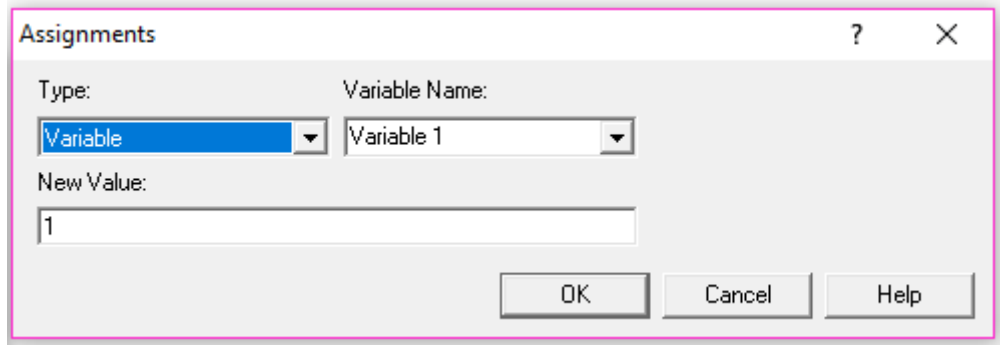
Assign: Bu modül, değişkenlere varlık özelliklerine, varlık tiplerine, varlık resimlerine yada diğer sistem değişkenlerine yeni değer atanması için kullanılır. Tek bir Assign modülle çoklu atamalar yapılabilir. Simgesi ve açıklamalar aşağıdadır.



a) Modül simgesi



b) Modül içeriği



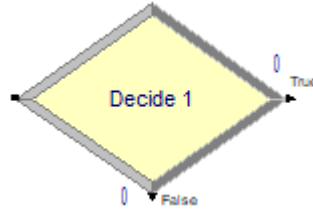
c) Tip bilgisi

Şekil 4.2: Assign modülü gösterimi [42].

Modülle ilgili tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

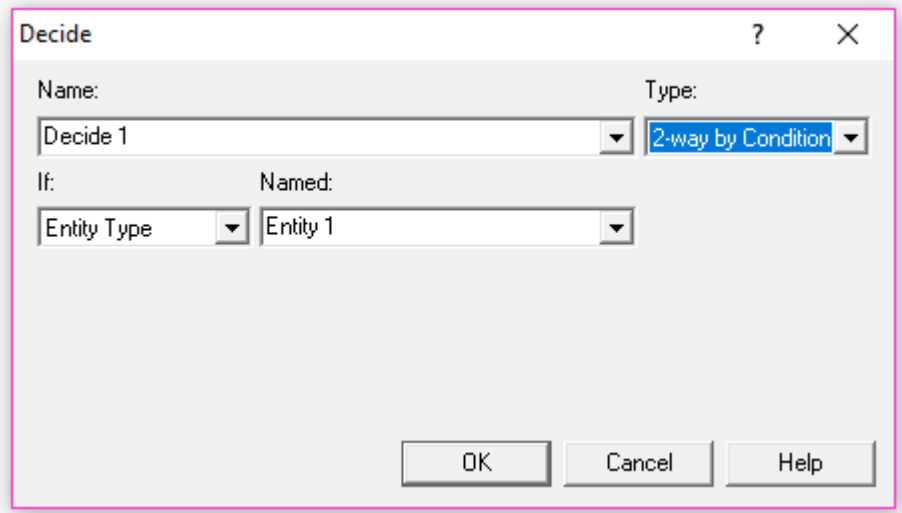
- Assignments: Varlığa istenen atamalar yapılır.
- Type: Varlığa ne tür bir atama yapılacağı belirlenir. Bunların içinde variable, attribute, entity type, entity picture, other seçenekleri mevcuttur.
- Variable: Varlığa atanacak değişkenler.
- Attribute: Varlığa atanacak özellikler.
- Entity Type: Varlığa atanacak yeni varlık tipi.
- Entity Picture: Varlığa atanacak yeni varlık resmi.
- Other: Yeni sistem değişkenleri için tanımlanır.
- New Value: Özelliğe, değişkene ya da diğer sistem değişkenlerine değer atanır.

Decide: Bu modül sistemde karar verme prosesi için olanak tanır. Karar alınmasında bir veya daha fazla duruma (koşul) ya da bir veya daha fazla olasılığa dayanarak seçmeyi içerir. Durumlar, özellik değerlerine, değişken değerlerine, varlık tiplerine ya da bir ifadeye dayanabilir. İkili ihtimal yada ikili durumdan herhangi biri seçildiğinde, Decide modülünün iki çıkış noktası vardır: doğru ve yanlışlar için birer çıkış noktası. N' li ihtimal yada durum tipi belirlendiğinde, çoklu çıkış noktaları, her durum veya olasılık ve tek "else" çıkışı için gösterilir. İkili ihtimal ve durum için yalnızca, her tipten (doğru/yanlış) çıkan varlıkların sayısı gösterilir. Modül simgesi ve açıklamaları Şekil 4.3' te gösterilmiştir.



a) Modül simgesi

b) Modül içeriği

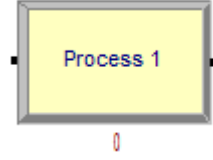


c) Modül içeriği

Şekil 4.3: Decide modülü gösterimi [42].

- Name: Seçimi yapılacak işin adı.
- Type: 2-way by condition (ikili durum) , 2-way by chance (ikili şans) N-way by condition (çoklu durum), N-way by chance (çoklu seçim) seçenekleri mevcuttur. Tezde sıklıkla kullanılan 2-way by condition (ikili durum) seçeneği açıklanacaktır.
- Type: İkili durumlarda karar vermek için kullanılır.
- If: Variable (değişkene göre), attribute (varlık tipine göre), entity type (isme göre), expression (açıklama göre) seçenekleri mevcuttur.

Process: Bu modül, simülasyonda ana proses metodunu tasarlar. Kaynak kısıtlarını tutmak ve bırakmak için opsiyonlar (seçenekler) kullanılır. Ayrıca, bir submodel (alt model) ve kullanıcı tarafından tanımlanmış hiyerarşik mantık kullanım seçeneği vardır. Proses zamanı, varlıkları ayırt eder ve değer eklenen, değer eklenmeyen, taşıma, bekleme ve diğerlerini dikkate alabilir. İşlem önceliğini dikkate alır ve buna göre işlemleri kuyrukta bekletir. Simge üzerindeki çizgi kuyruğu ifade eder. Modül simgesi ve açıklamaları Şekil 4.4' te verilmiştir.



a) Modül gösterimi

Process

Name: Process 1 Type: Standard

Logic

Action: Delay

Delay Type: Triangular Units: Hours Allocation: Value Added

Minimum: .5 Value (Most Likely): 1 Maximum: 1.5

Report Statistics

OK Cancel Help

b) Modül içeriği

Şekil 4.4: Process modülü gösterimi [42].

Modül içerisindeki tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

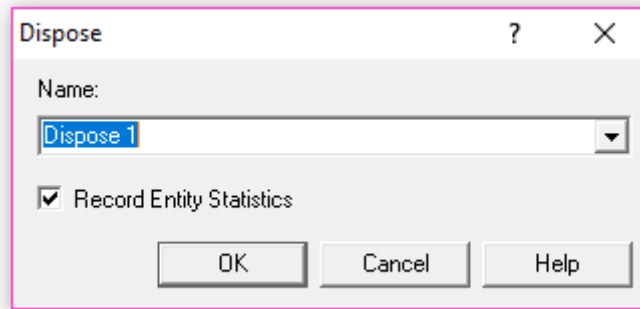
- Name: İşlem ismi yazılır.
- Type: Model tipini belirler.
- Action: Modül içerisinde gerçekleşecek proses tipi.
- Delay Type: İşlem süresi parametrelerini belirten dağılım tipi.
- Units: İşlem süresi parametreleri için zaman birimi.

- Allocation: Varlıklara proses ve zaman maliyetlerinin nasıl atanacağına karar verir.
- Minimum: Düzgün ya da üçgensel dağılımlarından herhangi biri için girilmesi gereken minimum değer alanı.
- Value: Normal dağılım için ortalama, bir işlem süresi için değer ya da üçgensel dağılım için mod parametre alanı.
- Maximum: Düzgün ya da üçgensel dağılımın herhangi biri için girilmesi gereken maksimum değer alanı.

Dispose: Bu modül, bir simülasyon modelinde varlıklar için son noktayı tasarlar. Varlıklar dağıtılmadan (çıkarılmadan) önce varlık istatistikleri kayıt edilebilir. Ayrıca modülün içinde sistemden ayrılan varlık sayıları da gösterilir. Modül simgesi ve açıklamaları Şekil 4.5'te verilmiştir.



a) Modül simgesi



b)

Şekil 4.5: Dispose modülü gösterimi [42].

Modül içerisindeki tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

- Name: Bitirilecek prosesin ismi.
- Record Entity Statistics: Prosesin sonunda çıkan varlıkların istatistiklerinin kaydedilip kaydedilmeyeceğini belirler.

4.4 Simülasyon Çalışma Parametrelerinin Belirlenmesi

Simülasyon replikasyon sayısının belirlenmesi için öncelikle bir pilot çalışma gerçekleştirilir ve pilot çalışma sonucu elde edilen çıktı istatistiklerinin yarı güven genişlikleri kullanılır. Pilot çalışmada genellikle replikasyon sayısı $n_0 \geq 5$ olarak seçilir. İlgilenilen istatistiğin istenen yarı güven genişliğine yaklaşık olarak ulaşmak için (4.1) eşitliğindeki formül kullanılır [44].

$$n \cong n_0(h_0^2/h^2) \quad (4.1)$$

Burada n_0 , pilot çalışmanın replikasyon sayısını, h_0 pilot çalışma sonucu ilgilenilen istatistiğin yarı güven genişliğini, h ilgilenilen istatistiğin arzu edilen yarı güven genişliğini göstermektedir

Kesikli olay simülasyonunda, performans çıktı değerlerinin yansız tahmini için sistemi başlangıç durumu etkilerinden arındırmak gerekmektedir. Özellikle sonsuz ufuk simülasyon modellerinde, sistemin durağan duruma ulaşana kadar geçirdiği süre yani ısınma periyodu istatistikleri, performans çıktı değerlerinin üzerindeki yanlı etkilerinin ortadan kaldırılması için hesaplamalara dâhil edilmemelidir. Simülasyon ve optimizasyon yöntemlerinin birlikte kullanıldığı problemlerde ise simülasyon parametrelerinin her koşum öncesi güncellenmesi ısınma periyodunda da değişimlere sebep olmaktadır. Bu değişimi azaltmak için, anlık ısınma periyodu belirleme yöntemleri kullanılmaktadır [47].

Isınma süresini belirlemek için birçok yöntem ve kural önerilmiştir. Bu çalışmada [44]' de verilen Welch grafiği yöntemi ile ısınma periyodu belirlenecektir. Yöntemin adımları aşağıda verilmiştir :

1. Simülasyonu R replikasyon çalıştır. Tipik olarak $R \geq 5$ seçilir.
2. $i = 1, 2, \dots, n_r$ ve $r = 1, 2, \dots, R$ olmak üzere r. replikasyon içindeki i. gözlem Y_{ri} olsun.
3. Her bir $i = 1, 2, \dots, n$ için replikasyonlar arası ortalamaları hesapla.
$$\bar{Y}.i = \frac{\sum_{r=1}^R Y_{ri}}{R}$$
4. Her bir $i = 1, 2, \dots, n$ için $\bar{Y}.i$ ' yi çiz.
5. $i = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere $\bar{Y}.i$ ' lere düzeltme tekniklerini uygula.
6. Grafiğin yakınsayıp yakınsamadığını görsel olarak değerlendir.

Arena Çıktı Analizcisi(Output Analyzer) kullanılarak Welch grafikleri çizdirilebilir.

Bir ısınma süresi analizi yapılırken, verilecek ilk karar, her bir replikasyonun uzunluğudur. Buradaki amaç ısınma süresinin uzunluğunu belirlemek olduğundan, çalışma uzunluğu ısınma süresinden daha büyük olmalıdır. Bu analizde ölçülü olup aşırıya kaçmamak gerekir. Çalışma uzunluğu, zaman ve veri depolama kısıtlamaları göz önüne alınıp belirlenmelidir. Bazı çalışmalarda çalışma uzunluğunun silinen verilerin miktarının en az 10 katı olması gerektiği konusunda bir kural verilmiştir. Statistic komutu ve output analyzer yazılımı kullanılarak Welch analizi gerçekleştirilir [44].

5.UYGULAMA

Bu bölümde bir transformatör firmasında gerçekleştirilen uygulama detaylandırılacaktır.

5.1 Firma Tanıtımı

1966 yılında kurulan Best transformatör fabrikası, modernize edilmiş üretim ve test departmanlarında yağa daldırılmış dağıtım transformatörleri, güç transformatörleri, özel transformatörler, dökme reçine transformatörleri, reaktörler ve mekanik parçalar üretmektedir. Balıkesir ağır sanayi bölgesinde 29000 m² 'lik açık alanı, 18000 m² 'lik kapalı alanı, organize sanayi bölgesinde 31000 m² lik açık alanı 35000 m²' lik kapalı alanı olmak üzere iki fabrikası üretim yapmaktadır. İstanbul ve Ankara' da ofisleri mevcuttur. 46000MVA' lık yıllık üretimi iki fabrikada toplanmıştır. Bu çalışmanın yapıldığı tarih itibariyle 1074 çalışanı mevcuttur [48].

Transformatör, iki veya daha fazla elektrik devresini elektromanyetik indüksiyonla birbirine bağlayan bir elektrik aletidir. Bir elektrik devresinden diğer elektrik devresine, enerjiyi elektromanyetik alan aracılığıyla nakleder. Kısaca elektrik enerjisinin belirli gücünde gerilim ve akım değerlerinde istenilen değişimi yapan makineler olarak tanımlanabilirler [49].

Üretilen ürünler kısaca açıklanırsa:

1. Güç Transformatörleri: İletim ve dağıtım şebekelerinde görülen başlıca transformatörlerdir. Sanayi tesislerinde, üretim merkezlerinde ve iç ihtiyacı beslemede kullanılan transformatörler de bu gruptadır.
2. Oto transformatörler: Özellikle farklı gerilimlerdeki şebekeleri bağlamakta kullanılan, yüksek gerilimli transformatörlerdir.. Gerilim seviyeleri yakınsa ekonomik avantaj sağlarlar. Oto transformatörlerde özellikle kısa devrelere karşı önlem alınmalıdır.
3. Jeneratör Transformatörler: Jeneratör transformatörler, jeneratör çıkış gerilimini, iletim hattı gerilimine yükseltir. Jeneratör karakteristikleri dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Boşta ve Yükte kademe şalterli

olabilir. Şebekelerin sürekli ve kaliteli enerji ihtiyacını karşılamada hayati önem taşırlar.

4. Demiryolu Transformatörleri: Şebeke gerilimini demiryolu hattının besleme gerilimine indiren transformatörlerdir.
5. Mobil Transformatörler: Mobil şalt sahalarında kullanılan, tır, demiryolu vagonu gibi nakliye araçlarına yüklü transformatörlerdir. Şebekenin farklı noktalarında kullanılabilirlerinden, birden çok gerilim seviyesine uyum istenebilir.
6. Dağıtım Transformatörleri: Dağıtım şebekeleri ve iletim şebekelerinin temel parçasıdır. Endüstriyel tesisler, konutlar ve aydınlatma şebekelerinde kullanılırlar.
7. Kuru Transformatörler: Genel olarak dökme reçine ile örtülmüş, vernik emdirilmiş transformatörlerdir. Tamamen kurudur, yağ içermez. Hastane, otel, havaalanı, okul gibi insanların yoğun yaşadığı yerlerde tercih edilir.

2009 Yılında Üretime Başlayan Organize Sanayi Bölgesi Fabrikası, modern fabrikalardan biridir. OSB Fabrikasında ana üretim faaliyetlerinin yürüdüğü kısımlar aşağıdaki gibidir.

- Aktif Kısım üretimi ve Son Montaj
- Çekirdek Fabrikası
- Mekanik Üretim Fabrikası, - Test Laboratuvarları
- 1250MVA / 750kV' ya kadar Üretim

Ağır Sanayi Bölgesi Fabrikası Best' in ilk büyük çaplı üretim tesisidir. 250MVA, 420kV'a kadar üretim yapılabilmektedir. OSB Fabrikasının devreye alınmasından sonra ise yağlı dağıtım transformatörleri, kuru transformatörler ve orta büyüklükteki güç transformatörlerin üretimini üstlenen ASB fabrikasına aşağıdaki kısımlar bulunur [49].

- Güç ve Dağıtım transformatörler için ayrı üretim ve son montaj hatları
- Kuru transformatör Üretim Hattı
- Test Laboratuvarları
- 300MVA / 420kVa kadar Üretim

Firma tanıtımında transformatör kısaca açıklanmıştı. Bu çalışmada dağıtım transformatörlerinin aktif kısımlarının montajında kullanılan transformatörün ana kalemlerinden biri olan komple buşing takımı kalemleri incelenmiştir. Bu malzemenin içeriği porselen izolatör, metal ve conta takımlarından oluşur. İzolatör ana malzeme, diğerleri tamamlayıcı parçalar olarak düşünülebilir. İzolatörler, hava hattı iletkenlerini direkler üzerinde taşımaya ve/veya faz iletkenlerini topraktan yalıtıma yararlar [50]. Transformatörün gücüne ve gerilimine göre değişkenlik gösteren buşinglerin stok kontrolleri periyodik gözden geçirme metoduna göre önceden belirlenmiş emniyet stoku ve sabit sipariş miktarlarına göre yapılmaktadır. Bu çalışmada gerçek talep dağılımından faydalanarak Arena programında mevcut stok kontrol sistemi modellenmiş, bu modele göre çalıştırılan simülasyonda amaç fonksiyonu en az stok maliyeti olarak seçilmiş, bu amaç fonksiyonuna uygun optimum emniyet stok miktarı ve sabit sipariş miktarı parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Firmanın mevcutta kullandığı politikanın oluşturduğu toplam maliyet ile modelde bulunan değerler kullanılarak oluşan toplam maliyet karşılaştırılmıştır.

Talep dağılımları son iki yıl içerisinde ürün tüketiminin gerçekleştiği tarihler baz alınarak belirlenmiştir. Bu verilerin alınmasında üretim planından ve malzeme hareketleri raporundan faydalanılmıştır.

Kurulan modele ait akış diyagramı, modelde kullanılan değişkenler ve formüllerden detaylı olarak bahsedilecektir. Oluşturulan model esnek bir model olup herhangi bir kaleme ait sabit verilerin girilmesi halinde ilgili kaleme ait optimum emniyet stokları ve sipariş miktarları belirlenebilir.

5.2 Girdi Analizi

Ürünlere ilişkin talep dağılımları ve tedarik süreleri ile ilgili bilgiler bu bölümde verilecektir.

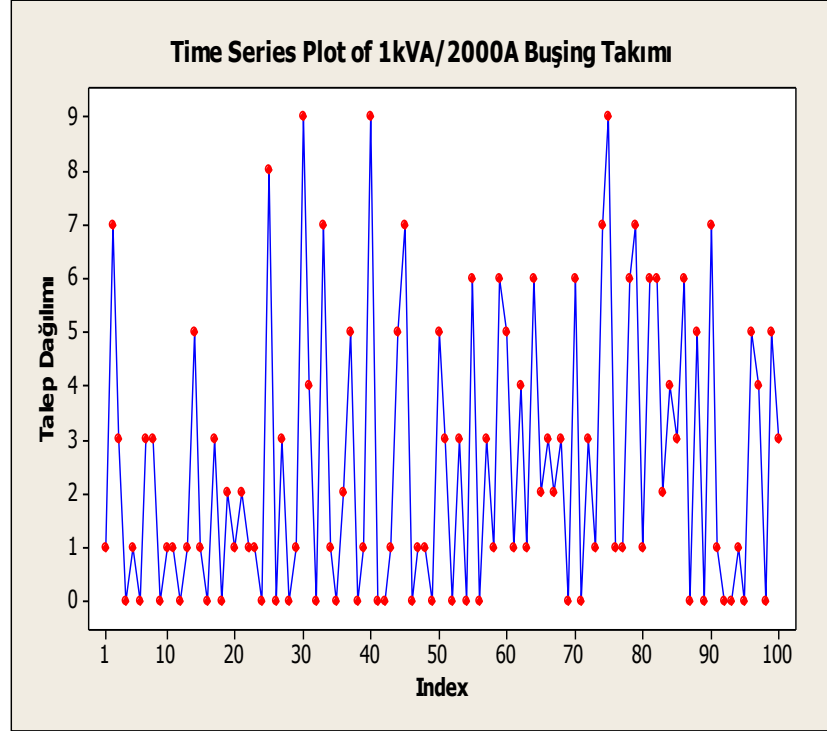
5.2.1 1kV/2000A Buşing Takımı Talep Dağılımına İlişkin Analizler

Tablo 5.1' de 1kV/2000A buşing takımının son iki yıl içerisinde yüz günlük bir örneklem seçilerek günlere göre ürünlerin kullanım miktarları gösterilmektedir.

Bu örneklem doğrultusunda verilerin zaman serisi, otokorelasyon ve histogram grafikleri incelenecektir.

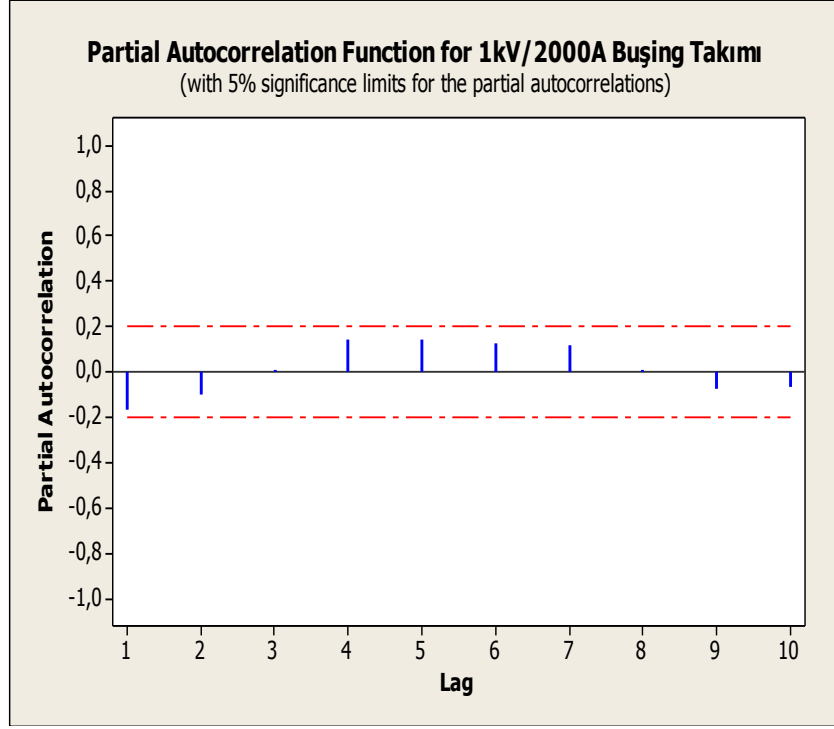
Tablo 5.1: 1kV/2000A Buşing takımı talep miktarı örneklem tablosu.

Örnekleme	Miktar	Örnekleme	Miktar	Örnekleme	Miktar	Örnekleme	Miktar
1	1	26	0	51	3	76	1
2	7	27	3	52	0	77	1
3	3	28	0	53	3	78	6
4	0	29	1	54	0	79	7
5	1	30	9	55	6	80	1
6	0	31	4	56	0	81	6
7	3	32	0	57	3	82	6
8	3	33	7	58	1	83	2
9	0	34	1	59	6	84	4
10	1	35	0	60	5	85	3
11	1	36	2	61	1	86	6
12	0	37	5	62	4	87	0
13	1	38	0	63	1	88	5
14	5	39	1	64	6	89	0
15	1	40	9	65	2	90	7
16	0	41	0	66	3	91	1
17	3	42	0	67	2	92	0
18	0	43	1	68	3	93	0
19	2	44	5	69	0	94	1
20	1	45	7	70	6	95	0
21	2	46	0	71	0	96	5
22	1	47	1	72	3	97	4
23	1	48	1	73	1	98	0
24	0	49	0	74	7	99	5
25	8	50	5	75	9	100	3



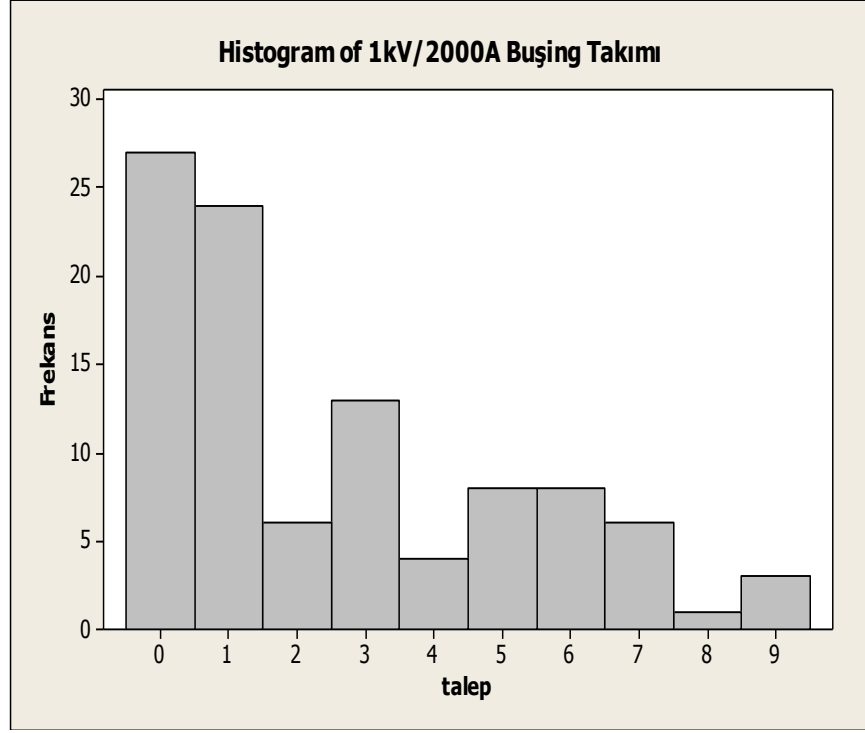
Şekil 5.1: 1kV/2000A Buşing takımı zaman serisi grafiği.

1kV/2000A Buşing takımının talep dağılımı örnekleme ilişkin zaman serisi grafiği şekil 5.1’ de verilmiştir. Şekil 5.1’ den görüldüğü üzere örnekleme verileri zamana göre durağandır.



Şekil 5.2: 1kV/2000A Buşing takımı kısmi otokorelasyon grafiği.

Şekil 5.2' de 1kV/2000A Buşing takımının örneklemeine ilişkin otokorelasyon grafiği yer almaktadır. Şekil 5.2' den görüldüğü üzere tüm otokorelasyonlar % 95 güven aralığı içinde yer almaktadır. Buna göre % 95 güven düzeyinde örnekleme verileri birbirinden bağımsızdır. Örnekleme verileri zaman serisi grafiğine göre durağan ve otokorelasyon grafiğine göre birbirinden bağımsız olduğu için rassal örneklemdir ve bu nedenle örnekleme verileri dağılım uydurmak için kullanılabilir. Örnekleme verisinin histogramı Şekil 5.3' te verilmiştir.



Şekil 5.3: 1kV/2000A Buşing takımı histogram grafiği.

Talep örnekleminde yer alan talep miktarlarının yüzde frekansları, tablo 5.2’ de verilmiştir. Olasılığın frekans yorumu kullanılarak yüzde frekanslar olasılık olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 5.2: 1kV/2000A Buşing takımı talep olasılıklı dağılımı.

Talep	Olasılık	Talep	Olasılık
0	0,27	5	0,08
1	0,24	6	0,08
2	0,06	7	0,06
3	0,13	8	0,01
4	0,04	9	0,03

Tablo 5.2’ den hareketle talebin birikimli olasılık dağılımı tablo 5.3’ teki gibi elde edilmiştir.

Tablo 5.3: 1kV/2000A Buşing takımı birikimli olasılık dağılımı.

Birikimli Olasılık	Talep	Birikimli Olasılık	Talep
0	0,27	5	0,82
1	0,51	6	0,9
2	0,57	7	0,96
3	0,7	8	0,97
4	0,74	9	1

Oluşturulan modelde talep miktarı dağılımı için, talep tüketimin kesikli birikimli olasılık dağılımı kullanılacaktır. Arena modelindeki gösterimi aşağıdaki gibidir.

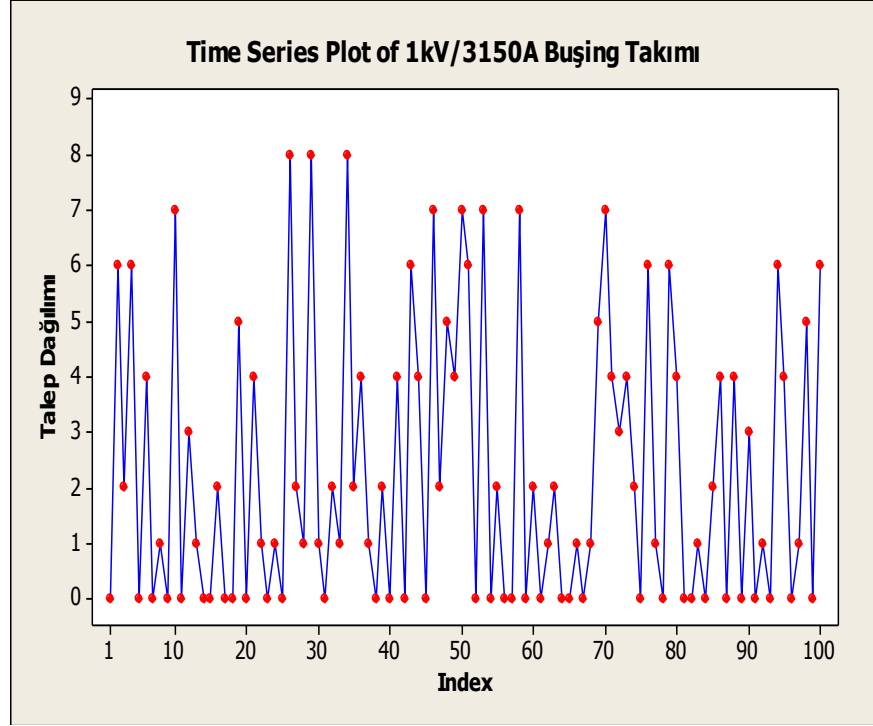
1 kV/2000A, talep dağılımı, DISC(0.27, 0, 0.51, 1, 0.57, 2, 0.7, 3, 0.74, 4, 0.82, 5, 0.9, 6, 0.96, 7, 0.97, 8, 1, 9)

5.2.2 1kV/3150A Buşing Takımı Talep Dağılımına İlişkin Analizler

Tablo 5.4' te 1kV/3150A buşing takımının son iki yıl içerisinde yüz günlük bir örneklem seçilerek günlere göre ürünlerin kullanım miktarları gösterilmektedir. Bu örneklem doğrultusunda verilerin zaman serisi, otokorelasyon ve histogram grafikleri incelenecektir.

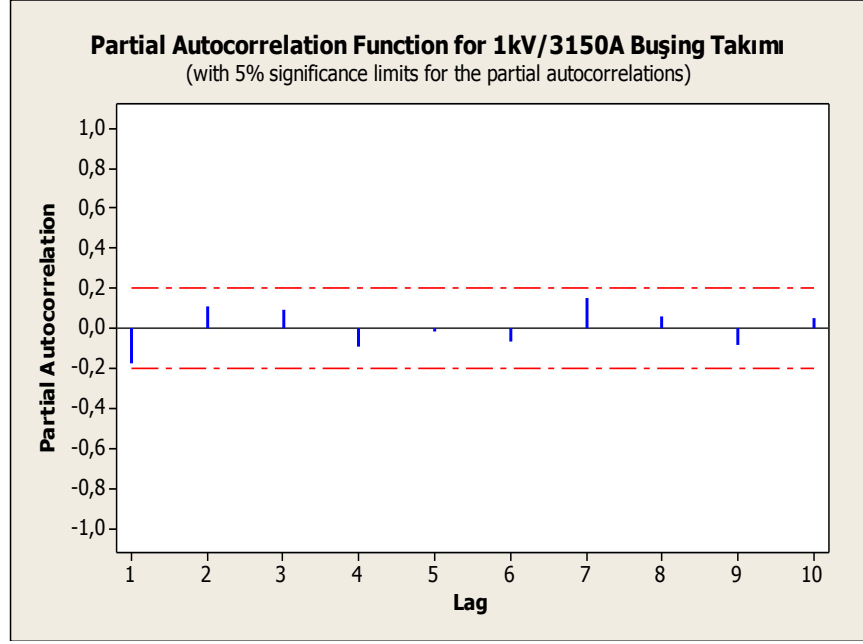
Tablo 5.4: 1kV/3150A Buşing takımı talep miktarı örneklem tablosu.

Örneklem	Miktar	Örneklem	Miktar	Örneklem	Miktar	Örneklem	Miktar
1	0	26	8	51	6	76	6
2	6	27	2	52	0	77	1
3	2	28	1	53	7	78	0
4	6	29	8	54	0	79	6
5	0	30	1	55	2	80	4
6	4	31	0	56	0	81	0
7	0	32	2	57	0	82	0
8	1	33	1	58	7	83	1
9	0	34	8	59	0	84	0
10	7	35	2	60	2	85	2
11	0	36	4	61	0	86	4
12	3	37	1	62	1	87	0
13	1	38	0	63	2	88	4
14	0	39	2	64	0	89	0
15	0	40	0	65	0	90	3
16	2	41	4	66	1	91	0
17	0	42	0	67	0	92	1
18	0	43	6	68	1	93	0
19	5	44	4	69	5	94	6
20	0	45	0	70	7	95	4
21	4	46	7	71	4	96	0
22	1	47	2	72	3	97	1
23	0	48	5	73	4	98	5
24	1	49	4	74	2	99	0
25	0	50	7	75	0	100	6



Şekil 5.4: 1kV/3150A Buşing takımı zaman serisi grafiği.

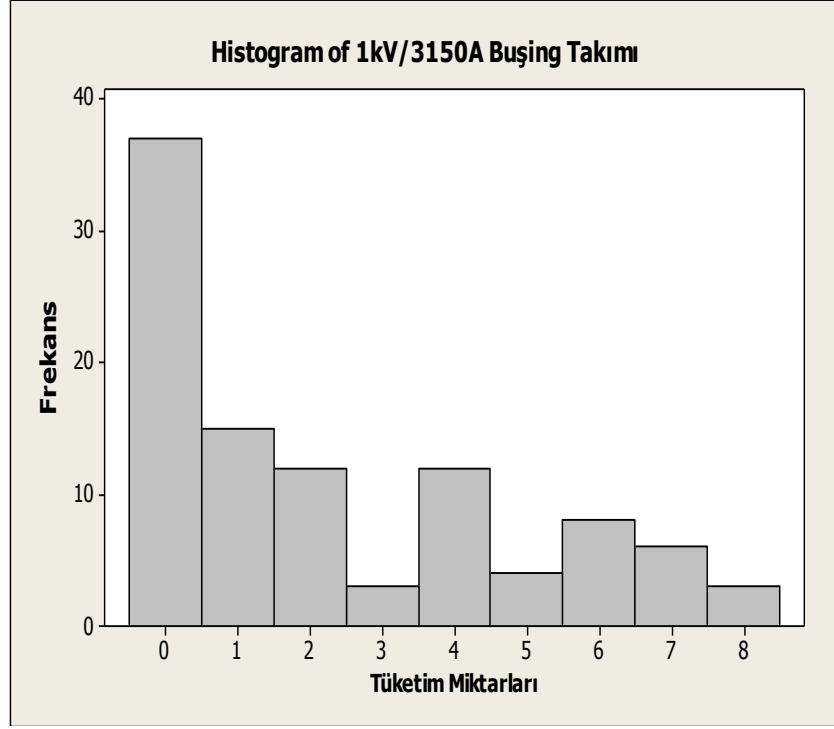
1 kV/3150A Buşing takımının talep dağılımı örnekleme ilişkin zaman serisi grafiği şekil 5.4' te verilmiştir. Şekil 5.4' ten görüldüğü üzere örnekleme verileri zamana göre durağandır.



Şekil 5.5: 1kV/3150A Buşing takımı kısmi otokorelasyon grafiği.

Şekil 5.5' te 1kV/3150A Buşing takımının örneklemeine ilişkin otokorelasyon grafiği yer almaktadır. Şekil 5.5' ten görüldüğü üzere tüm otokorelasyonlar % 95 güven aralığı içinde yer almaktadır. Buna göre % 95 güven düzeyinde örnekleme verileri birbirinden bağımsızdır. Örnekleme verileri zaman serisi grafiğine göre durağan ve otokorelasyon grafiğine göre birbirinden bağımsız olduğu için rassal örneklemdir ve bu nedenle örnekleme verileri dağılım uydurmak için kullanılabilir.

Şekil 5.6' da örnekleme verisinin histogram grafiği verilmiştir.



Şekil 5.6: 1kV/3150A Buşing takımı histogram grafiği.

Tablo 5.5’ te örneklem verisinden hareketle belirlenen yüzde frekans miktarları görülmektedir. Olasılık frekans yorumu gereği yüzde frekanslar olasılık olarak kullanılmıştır.

Tablo 5.5: 1kV/3150A Buşing takımı talep olasılık dağılımı.

Talep	Olasılık	Talep	Olasılık	Talep	Olasılık
0	0,37	3	0,03	0,08	6
1	0,15	4	0,12	0,06	7
2	0,12	5	0,04	0,03	8

Tablo 5.6’ da Tablo 5.5’ den hareketle belirlenen birikimli olasılık dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.6: 1kV/3150A Buşing takımı birikimli olasılık dağılımı.

Talep	Birikimli Olasılık	Talep	Birikimli Olasılık	Talep	Birikimli Olasılık
0	0,37	3	0.67	0.91	6
1	0.52	4	0.79	0.97	7
2	0.64	5	0.83	1	8

Oluşturulan modelde talep miktarı dağılımı için, talep tüketimin kesikli birikimli olasılık dağılımı kullanılacaktır. Arena modelindeki gösterimi aşağıdaki gibidir.

1kV/3150A, talep dağılımı DISC(0.37, 0, 0.52, 1, 0.64, 2, 0.67, 3, 0.79, 4, 0.83, 5, 0.91, 6, 0.97, 7, 1, 8).

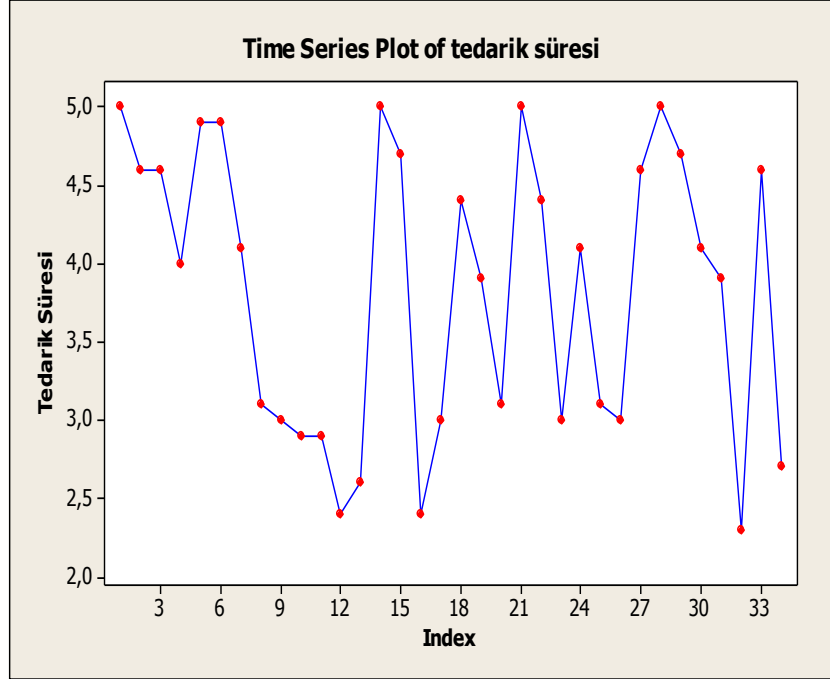
5.2.3 Ürün Tedarik Sürelerine İlişkin Analizler

Uygulamada ele alınan ürünler aynı tedarikçiden satın alınmaktadır ve ürünler siparişini takiben tedarikçi stoklarına bağlı olarak tedarik süresi değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle daha önce verilmiş siparişlerden rassal örneklem alınarak tedarik sürelerine ilişkin dağılımlar belirlenmiştir. Tablo 5.7' de tedarik sürelerine ilişkin alınan örneklem verileri verilmiştir. Bu örneklem doğrultusunda verilerin zaman serisi, otokorelasyon ve histogram grafikleri incelenecektir. Ayrıca veriler Arena Input Analyzer' de analiz edilip ilgili dağılımın simülasyonda kullanılabilirliği test edilecektir.

Tablo 5.7: Ürün tedarik süreleri örnekleme.

Sipariş no	Tedarik süresi(gün)	Sipariş no	Tedarik süresi(gün)
1	5	18	4,4
2	4,6	19	3,9
3	4,6	20	3,1
4	4	21	5
5	4,9	22	4,4
6	4,9	23	3
7	4,1	24	4,1
8	3,1	25	3,1
9	3	26	3
10	2,9	27	4,6
11	2,9	28	5
12	2,4	29	4,7
13	2,6	30	4,1
14	5	31	3,9
15	4,7	32	2,3
16	2,4	33	4,6
17	3	34	2,7

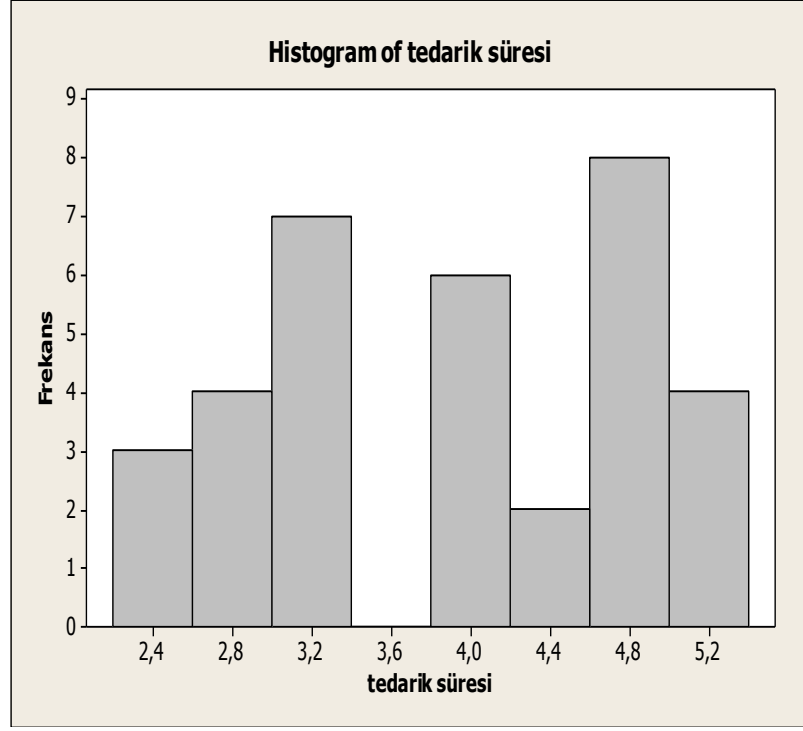
Tedarik süreleri örneklemeine ilişkin zaman serisi grafiği şekil 5.7' de verilmiştir.



Şekil 5.7: Ürün tedarik süreleri zaman serisi grafiği.

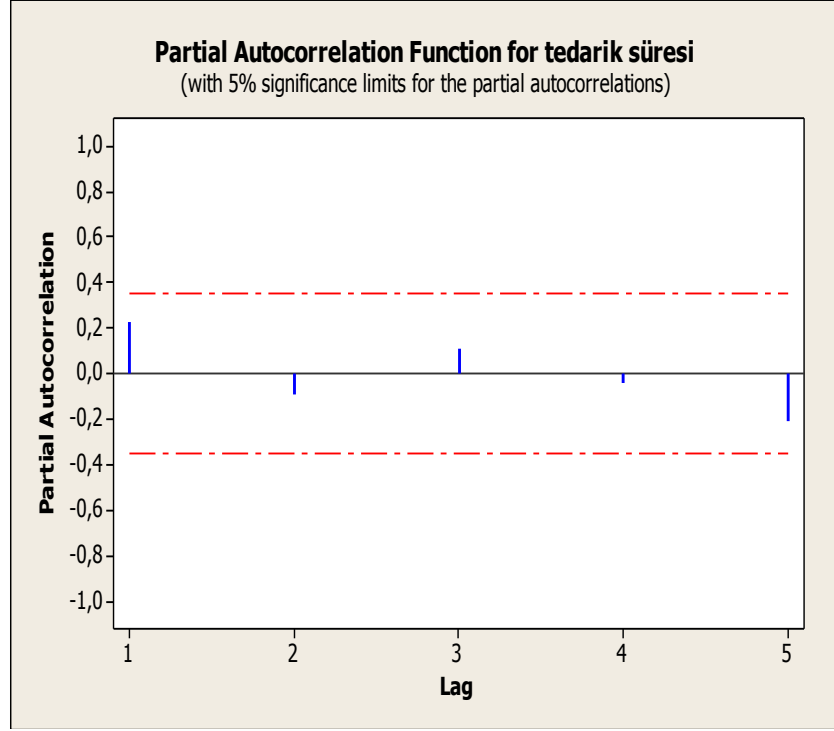
Şekil 5.7' den görüldüğü üzere örneklem verileri zamana göre durağandır.

Örneklem verilerine ilişkin histogram grafiği Şekil 5.8' de yer almaktadır.



Şekil 5.8: Ürün tedarik süreleri histogram grafiği.

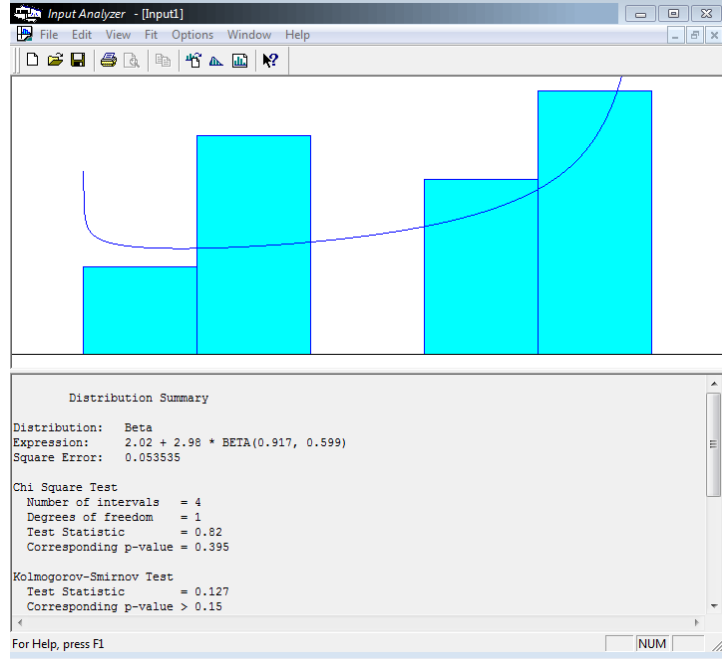
Şekil 5.9’ da tedarik süreleri örnekleme ilişkin otokorelasyon grafiği yer almaktadır.



Şekil 5.9: Ürün tedarik süreleri otokorelasyon grafiği.

Şekil 5.9' dan görüldüğü üzere tüm otokorelasyonlar % 95 güven aralığı içinde yer almaktadır. Buna göre % 95 güven düzeyinde örneklem verileri birbirinden bağımsızdır. Örneklem verileri zaman serisi grafiğine göre durağan ve otokorelasyon grafiğine göre birbirinden bağımsız olduğu için rassal örneklemdir ve bu nedenle örneklem verileri dağılım uydurmak için kullanılabilir.

Örneklem verileri Arena Input Analyzer'de analiz edilmiş ve analiz sonuçları şekil 5.10' da verilmiştir.



Şekil 5.10: Ürün tedarik süreleri girdi analizi.

Şekil 5.10' dan görüldüğü üzere hata karesi en küçük olan en uygun dağılım $2.02 + 2.98 * BETA(0.917, 0.599)$ olarak bulunmuştur. Bulunan dağılım için $\alpha=0.05$ anlam düzeyinde χ^2 uygunluk testi gerçekleştirilmiştir. Bu teste ilişkin hipotezler H_0 : Örneklem verisi $2.02 + 2.98 * BETA(0.917, 0.599)$ dağılımından gelir ve H_1 : Örneklem verisi $2.02 + 2.98 * BETA(0.917, 0.599)$ dağılımından gelmez şeklinde oluşturulmuştur. Test sonuçlarına göre $\chi^2=0.82$ ve P değeri 0.395 olarak tespit edilmiştir. P değeri $=0.395 > \alpha=0.05$ olduğu için H_0 hipotezini reddedecek istatistiksel kanıt bulunamamıştır ve bu nedenle H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Buna göre girdi analizi sonucu tedarik süresi için belirlenen $2.02 + 2.98 * BETA(0.917, 0.599)$ dağılımı simülasyonda kullanılabilir.

5.3 Model

Bu bölümde uygulama için oluşturulan model ve stok maliyetleriyle ilgili bilgi verilecektir.

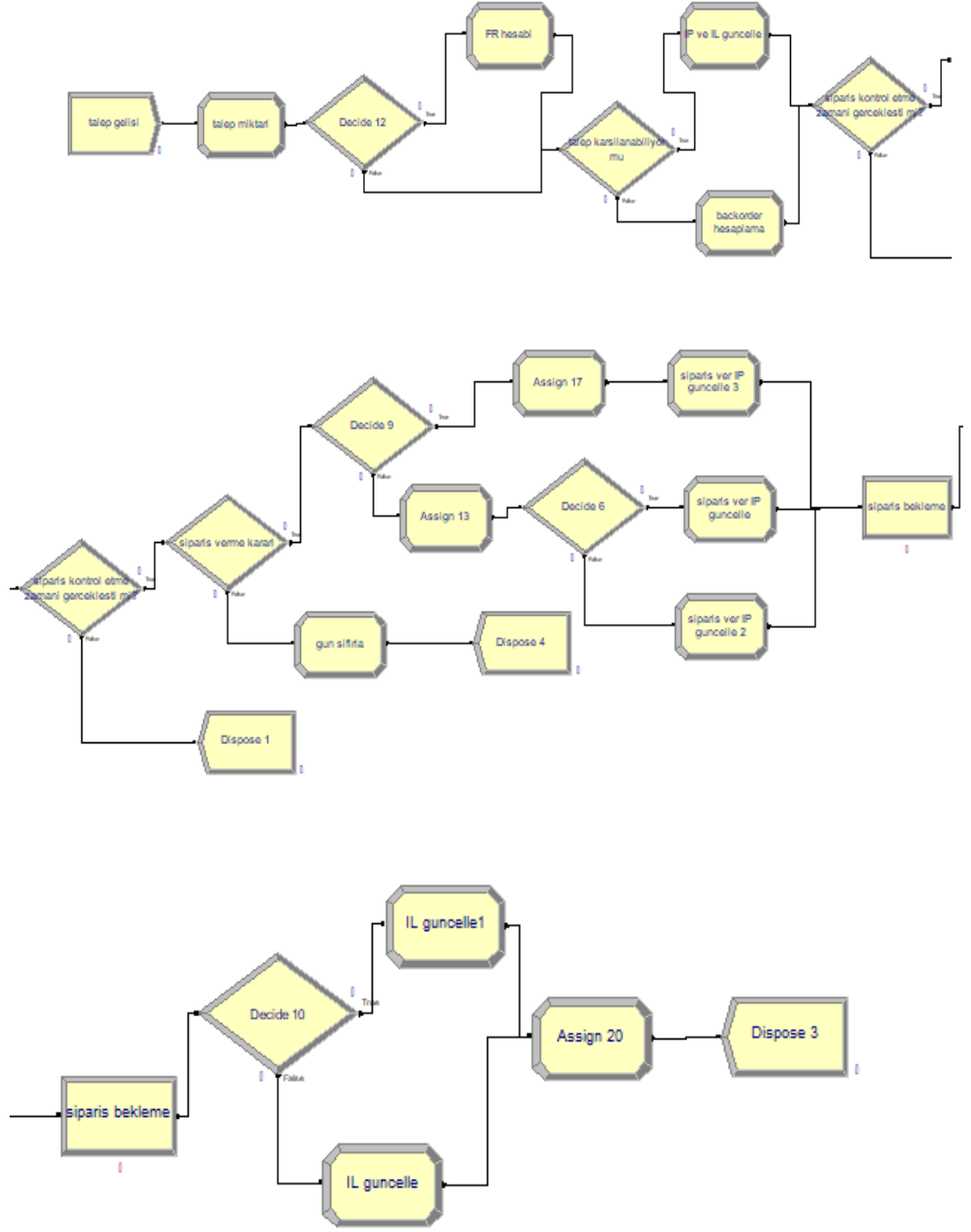
5.3.1 Arena Simülasyon Modeli

Oluşturulan modelde gelen talebin anlık olarak stoktan karşılanıp karşılanmama durumu takip edilebilmektedir. Stok kontrolünün periyodu haftalık yapılmasına karşın talep gelişleri anlık kontrol amaçlı günlük bazda değerlendirilmiştir. Talep dağılımı ile ilgili bilgilerden ilerleyen bölümlerde detaylı olarak bahsedilecektir.

İlgili malzeme yeni üretilecek bazı transformatörlerde üç adet, bazı transformatörlerde dört adet tüketilirken, tamir transformatörlerde ise arızalanan miktar kadar değişim yapılmak suretiyle gerekli miktar kadar kullanılır. Bazı durumlarda ise müşteri, ürünü transformatörün yanında yedek malzeme olarak bulundurmak ister, ya da stok transformatör olarak üretilen projenin satışı durumunda buşinglerin değişimi istenebilir. Bu gibi durumlardan ötürü talep miktarı transformatörlerden transformatöre değişkenlik gösterebilir.

Oluşturulan modelde buşinglerin stok kontrolleri haftalık bazda yapılır. Fakat kontrol yapılana kadar geçen zamanda günlük talepler gelmeye devam eder. Stoktan karşılanan miktar kullanılır, kullanıldıkça stok miktarı ve stok pozisyonu değişkenleri anlık güncellenir. Karşılanamayan miktarların toplamı ise geciktirilmiş talep (backorder) ve toplam geciktirilmiş talep olarak hesaplanır. Detaylandırılırsa açık siparişin mevcut olduğu veya tedarik süreci boyunca gelen talebin yoğun olduğu durumlarda gelecek siparişin oluşan geciktirilmiş talebin (backorder) tümünü karşılamaya yetmeyebileceği ihtimali mevcuttur. Bunun için model toplam geciktirilmiş talebin (toplam backorder) miktarını hesaplar. Stok kontrolünün gerçekleşeceği gün mevcutta uygulanan (R, s, nQ) periyodik stok kontrol politikasına göre stok pozisyonu ile emniyet stoku kıyas edilir, eğer güncel stok pozisyonu emniyet stokunun altına düşmediyse model başa döner. Eğer güncel stok pozisyonu emniyet stokunun altına düşüyse bu kez stok pozisyonunun sıfırdan küçük olup olmadığına bakılır. Bu iki durumun kendi özelliklerine göre Q veya nQ kadar siparişler verilir. Siparişlerin tedarik süreleri boyunca geciktirilmiş talepler gelmeye devam ederse siparişler tedarik edildikten sonra stok düzeyi bu doğrultuda güncellenir, geciktirilmiş talep bu sürede oluşmadıysa stok miktarı sipariş miktarı kadar artmış olur.

Modelin Arena' daki gösterimi Şekil 5.11' de, akış diyagramı Şekil Ek A' da verilmiştir.



Şekil 5.11: Arena simülasyon modeli.

Modelde kullanılan tüm değişkenlerin açıklamaları:

- V_s: Emniyet stoku
- V_Q: Sabit sipariş miktarı

- V_D: Talep miktarı
- V_gun: Gün sayacı
- V_IL: Stok düzeyi
- V_IP: Stok pozisyonu
- V_TT: Toplam talep miktarı
- V_B: Geciktirilmiş talep (backorder) miktarı
- V_TB: Toplam geciktirilmiş talep (backorder) miktarı
- V_sayac: Maliyet için kullanılan sayaç
- V_SipM: Sipariş maliyeti
- V_TsipM: Toplam sipariş maliyeti
- V_SatM: Satın alma maliyeti
- V_OStokM: Ortalama stok maliyeti
- V_OM: Ortalama maliyet
- V_SipS: n. sipariş sayısı
- V_c: Birim malzeme maliyeti
- V_i: Faiz oranı
- V_TS: Toplam backorder/Talep miktarı
- V_Q1D: Sipariş miktarı
- V_SSipS: Sipariş sayacı
- V_TesSayi: Sipariş sayacı
- V_QQ: Tedarik edilen sipariş miktarı
- V_SipS: Sipariş sayacı
- V_sayac2: Siparişleri toplamını elde etmek için kullanılan sayaç
- V_AySiparis: Verilen aylık sipariş toplamı
- V_Topsipsay: Verilen toplam sipariş sayısı
- V_sayac: Aylık maliyeti bulmak için kullanılan sayaç
- V_sayac2: Sipariş miktarını bulmak için kullanılan sayaç
- V_Lt: Tedarik süresi
- V_TB1D: O anki siparişteki toplam backorder miktarı:
- V_TBB: Toplam backorder miktarı
- V_tsure: O anki siparişin tedarik süresi
- V_topgun: Toplam gün sayısı
- V_urunteslim: Ürün teslimat sayacı
- V_toplamtalep: Toplam talep miktarı
- V_gelenmiktar: Gelen sipariş miktarı
- R: Talep kontrol periyodu
- V_FR: II. Tip müşteri hizmet düzeyi (karşılama oranı)

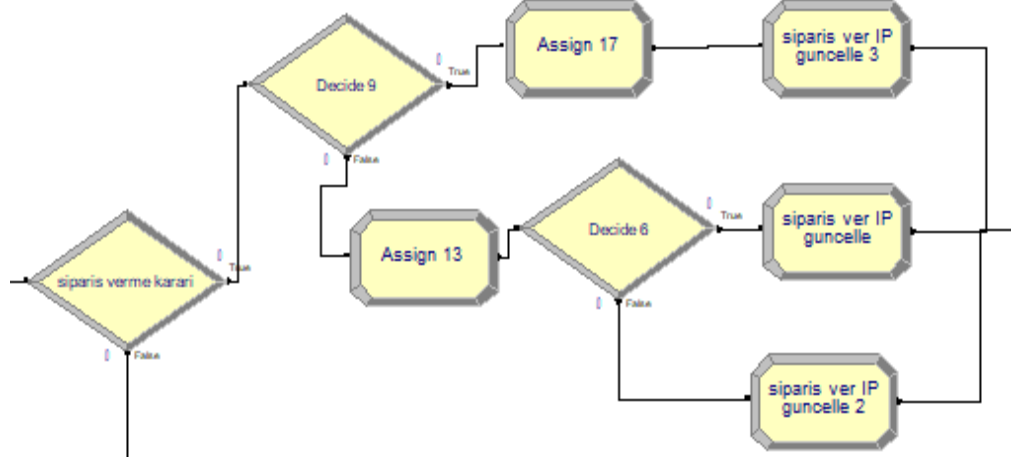
5.3.2 Modelde Maliyet Hesaplamaları

Stok maliyetinin nasıl hesaplandığına geçmeden önce modelde maliyet hesabının bulunmasında yararlanılan önemli bazı noktalara değinilecektir. Modelde kullanılan değişkenlerin açıklamaları 5.3.1' de belirtilmişti. Bu bölümde değişkenlerin formülleri, ne amaçla kullanıldıkları açıklanacaktır. Stok maliyetleriyle birebir ilişkili olduğundan aynı başlık altında verilecektir.

Şekil 5.12' de sipariş verme kararının olumlu olduğu ($V_{IP} \leq s$) model kesiti yer almaktadır. Siparişler Q veya nQ kadar verildiğinden hangi siparişte ne kadar sipariş verildiğini görebilmek adına Variable Array 1(D) özelliği kullanılmıştır. Variable name, V_{Q1D} , row bölümü V_{SipS} olan sipariş sayısı olarak tanımlanmıştır. Düzenli bir şekilde verilen sipariş miktarlarını görebilmek stok maliyetlerinin hesaplanmasında da etkili olacaktır.

Sipariş miktarı $V_{IP} > 0$ olup olmama durumuna göre değişkenlik gösterir. Eğer $V_{IP} > 0$ ise Q kadar sipariş vermek yeterli olur. Diğer değişkenler de bu doğrultuda güncellenir. $V_{IP} \leq 0$ olduğu durumda $V_{IP} \geq -V_Q$ sorusunun yanıtına göre iki ayrı seçenek daha ortaya çıkar. Eğer $V_{IP} \geq -V_Q$ ise Q kadar sipariş verilir, eğer $V_{IP} < -V_Q$ ise bunun anlamı toplam geciktirilmiş talep miktarı Q dan daha büyük demektir. Stok pozisyonu talep geldikçe güncellendiği için geciktirilmiş talep bunun içinde demektir. Dolayısıyla Q kadar sipariş vermek, taleplerin tümünü karşılamaya yetmeyecektir. Bunun için nQ kadar sipariş verilmelidir. Bu doğrultuda V_{TS} değişkeni kullanılacaktır. $V_{TS} = -1 * V_{IP} / V_Q$ ile stok pozisyonunun sabit sipariş miktarı Q 'ya oranı bulunur. Arena programının aint özelliğiyle bu oran bir alt rakama yuvarlatılır. Sonrasında +1 ile toplatılıp kaç kat sipariş verileceği yani "n" sayısı hesaplatılmış olunur. Bu sayı Q ile çarpılarak verilecek sipariş miktarı belirlenir. Stok pozisyonu bu şekilde güncellenmiş olur. İlgili formül (5.1) eşitliğinde de verilmiştir. Bu üç durumda da V_{gun} , V_{TBB} değişkenleri sıfırlatılır.

$$V_{IP} = V_{IP} + ((AINT(V_{TS}) + 1) * V_Q) \quad (5.1)$$



Şekil 5.12: Arena modeli (karar modülü detayı).

Sipariş verildikten sonra tedarik süresi boyunca gelmesi beklenir. Tedarik süresi boyunca talepler gelmeye devam eder. Karşılanamayanlar geciktirilmiş talep olarak hesaplanır. Sipariş verildikten sonra V_TBB olan toplam geciktirilmiş talep değişkeni sıfırlanmıştır. Ürün tedarik edildikten sonra da toplam geciktirilmiş talep kontrol edilmesi gerektiğinden V_TB değişkeni kullanılır. İşlevsel olarak V_TBB ile birebir aynıdır. Sadece farklı yerlerde sıfırlanmaları gerektiği için iki ayrı değişkene ihtiyaç duyulmuştur. Ürün teslim alındıktan sonra V_IL stok düzeyi güncellenir.

Maliyet hesabının programdaki uygulamasına geçmeden önce hesapların nasıl yapıldığıyla ilgili formüller verilecektir.

Sipariş maliyeti= aylık sipariş sayısı*sabit personel maliyeti+ nakliye ücreti

Satın alma maliyeti= birim ürün maliyeti* aylık sipariş miktarı

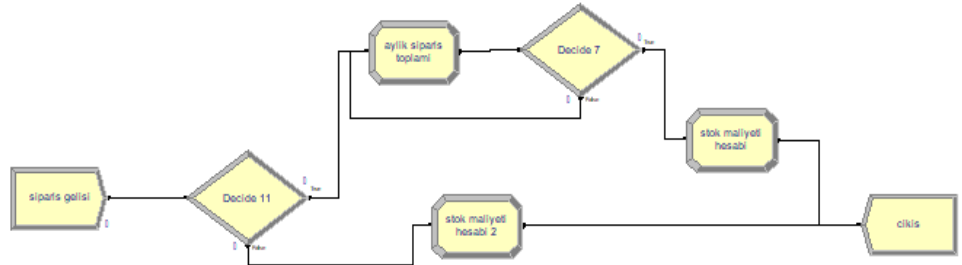
Toplam sipariş maliyeti= aylık sipariş maliyeti toplamı

Stok maliyeti= ortalama stok miktarı*aylık faiz oranı* birim maliyet

Ortalama maliyet= (toplam sipariş maliyeti+ stok maliyeti)/geçirilen ay sayısı

Yıllık satın alma maliyeti sabit ve verilen sipariş sayısı ile ilgili olmadığı için stok politikasına etkisi yoktur. Bu bakımdan ortalama maliyet hesabında stok maliyeti dikkate alınmamıştır.

Maliyet hesabı için Şekil 5.13' te görüldüğü üzere ayrı bir model kurulmuştur. Model yukarıda belirtilen hesaplar baz alınarak oluşturulmuştur.



Şekil 5.13: Arena modeli (maliyet hesabı).

Bu modelde gelişler aylık hesap olacağı için otuz günde bir olacak şekilde ayarlanmıştır. V_sayac2, aylık sipariş toplamı modülünde tanımlanmıştır. Dolayısıyla ilk karar modülünde V_sayac2 değeri 0'dır. Decide 11 modülünde V_Topsipsayi > V_sayac2 sorusu sorulur. Eğer yanıt olumlu ise aylık sipariş toplamı için, verilen toplam sipariş sayısını temsil eden V_Topsipsayi değişkeni ile V_sayac2

Decide modülü vasıtasıyla kıyas edilir, iki sayının eşitlendiği noktada o ayki verilen toplam sipariş miktarı (5.2) eşitliğinde gösterildiği gibi hesaplanır.

$$V_Aysiparis = V_Aysiparis + V_Q1D(V_sayac2) \quad (5.2)$$

Firmanın çalıştığı buşing tedarikçisinin uyguladığı nakliye ücret politikası toplam sipariş maliyetinin 0,03' ü kadardır. Dolayısıyla aylık sipariş maliyeti, aylık sipariş sayısının buşing birim maliyeti ile 0,03' ün çarpılması ile bulunur.

Bunun yanında firmada çalışan ilgili malzemenin kullanılacağına hesabını gerçekleştiren elektrik dizayn mühendisinin bu iş için harcadığı işçilik bedeli 20TL, stok kontrolünü gerçekleştirip talep formu hazırlayan malzeme planlama yöneticisinin bu iş için harcadığı işçilik bedeli 18TL, sipariş formu hazırlayıp tedarikçiyle irtibata geçen ve nakliye organizasyonu ayarlayan satın alma personelinin işçilik bedeli 12 TL, ürün geldikten sonra teslim alma işlemini fiziksel olarak gerçekleştiren ambar personeli ile sistemde malzeme kayıtlarının oluşturulması ve irsaliyelerinin kayıt altına alınması gibi işlemleri gerçekleştiren personelin toplam işçilik maliyeti 10 TL olarak hesaplanmıştır. Tüm işçilik bedellerinin toplamı 60 TL' dir. Buna göre sipariş maliyeti (5.3) eşitliğindeki gibidir.

$$V_SipM = V_SSipS * 60 + (V_AySiparis * V_c * 0.03) \quad (5.3)$$

Satın alma maliyeti (5.4) eşitliğinde gösterildiği üzere birim maliyetin o ay içerisinde verilen toplam sipariş miktarıyla çarpımıdır.

$$V_SatM = V_c * V_Aysiparis \quad (5.4)$$

Toplam sipariş maliyetin aylık siparişlerin toplamı kadardır. (5.5) eşitliğinde gösterildiği gibidir.

$$V_TSipM = _V_TSipM + V_ASipM \quad (5.5)$$

Ortalama stok maliyetin toplamı ortalama stok miktarının aylık faiz oranı ve birim maliyet ile çarpımı kadardır. (5.6) eşitliğinde gösterilmiştir.

$$V_OStokM = DAVG(V_IL Value) \times V_i \times V_c \quad (5.6)$$

Ortalama maliyet toplam sipariş maliyeti ve ortalama stok maliyetinin geçen ay sayısına (V_sayac) bölünmesiyle bulunur. (5.7) eşitliğinde gösterilmiştir.

$$V_{OM} = \frac{V_{TSipM} + V_{OStokM}}{V_{sayac}} \quad (5.7)$$

Yukarda verilen hesaplar Decide 11 modülünde $V_{Topsipsayi} > V_{sayac2}$ olduğu durumdaki haline göre hesaplanmış maliyetlerdir. Eğer $V_{Topsipsayi} \leq V_{sayac2}$ ise V_{sayac2} ilk değeri 0 olduğundan $V_{Topsipsayi}$ değişkeni de 0 demektir. Bu da o ay içerisinde hiç sipariş verilmediği anlamına gelir. Dolayısıyla o ay sipariş ve satın alma maliyeti oluşmamış demektir. Bu durumda yalnızca stok maliyeti oluşur. (5.8) eşitliğinde gösterildiği gibidir.

$$V_{OM} = \frac{V_{OStok}}{V_{sayac}} \quad (5.8)$$

İlgili buşing için stok maliyetlerinde bahsedilen kayıp satış söz konusu değildir. Çünkü transformatör satışı gerçekleştikten sonra üretim planı doğrultusunda üretime başlamak için gerekli malzemeler tedarik edildikten sonra üretim başlar. Modelde kullanılan buşing üretim sürecinin montaj aşamasında kullanıldığından üretime başlamak için engel değildir. İhtiyaç anında malzeme eğer stoktan karşılanamazsa gerekli miktar geciktirilmiş talep (backorder) olarak hesaplanır. Montajda kullanılan buşingler çeşitli olduğundan malzeme eksikliği durumunda farklı bir işin montajına devam edilir. Bu sayede geciktirilmiş talep (backorder) durumundan kaynaklı herhangi bir işçilik kaybı maliyeti söz konusu olmaz. Sipariş sonrası malzemenin kullanılacağı transformatörün üretim sürecine devam edilir. Her ne kadar stoksuz kalma maliyeti dikkate alınmamışsa da yönetimin en az %95' lik bir karşılama oranını sağlamak istediği varsayılmıştır. Bu nedenle çalışmada karşılama oranı en az %95 olması kısıtı eklenmiştir.

5.4 Çıktı Analizi

1kV/2000A ve 1kV/3150A buşing takımı için sonlandırma parametreleri ve model çıktılarından bahsedilecektir. Modelde uygulamaya geçmeden önce her iki kalem için de ısınma periyotlarını bulmak amacıyla Welch analizi yapılmıştır. Çalışmanın temelinde maliyetlerin minimizasyonu olduğu için replikasyon sayısının belirlenmesinde ortalama maliyet değişkeni dikkate alınmıştır. Çıkan sonuçlar doğrultusunda simülasyon çalıştırılmıştır. Sonrasında her iki kalem için de oluşturulan modelde mevcutta kullanılan stok politikasına göre ortalama maliyet bulunacaktır.

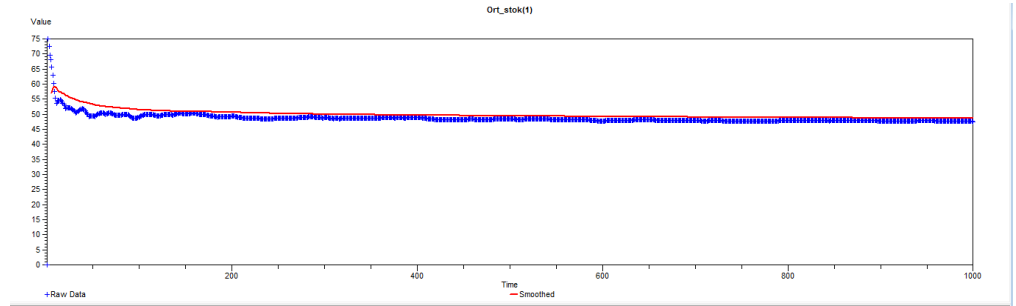
5.4.1 1kV/2000A Buşing Takımı için Çıktı Analizi

1kV/2000A Buşing Takımı için sonlandırma parametreleri ve mevcut durum simülasyon çıktıları bu bölümde verilecektir.

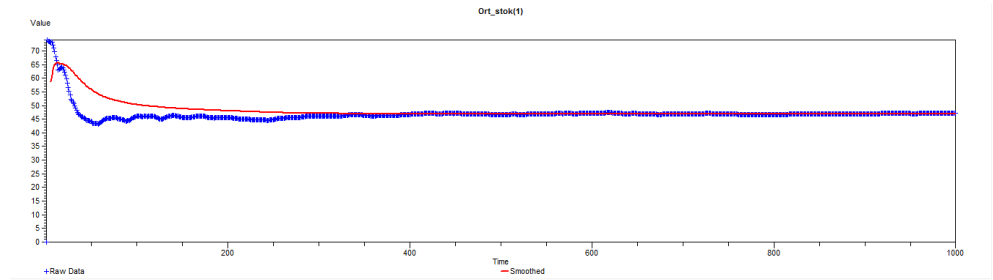
5.4.1.1 1kV/2000A Buşing Takımı için Sonlandırma Parametreleri

Bu bölümde ilgili ürüne ait yapılan Welch analizi ve simülasyon parametrelerinden bahsedilecektir.

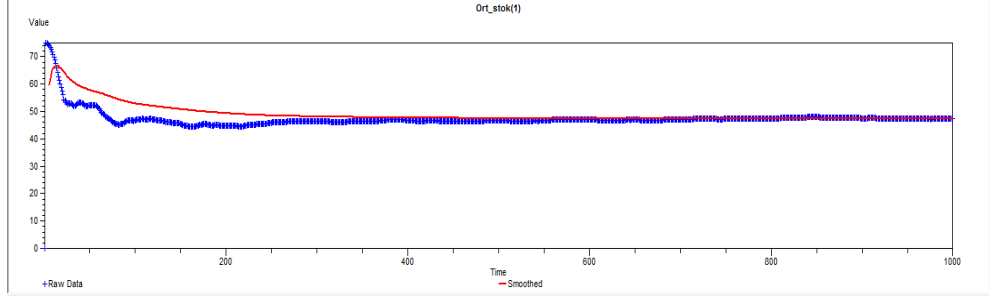
1kV/2000A Buşing takımı için Arena uygulamasında statistic komutu ve output analyzer yazılımı kullanarak elde edilen Welch analizi grafikleri Şekil 5.14-5.18’ de verilmiştir.



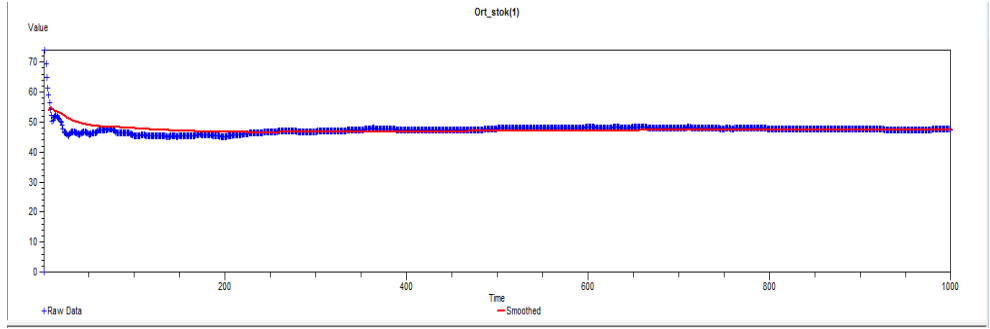
Şekil 5.14: 1kV/2000A Buşing takımı welch grafiği 1.



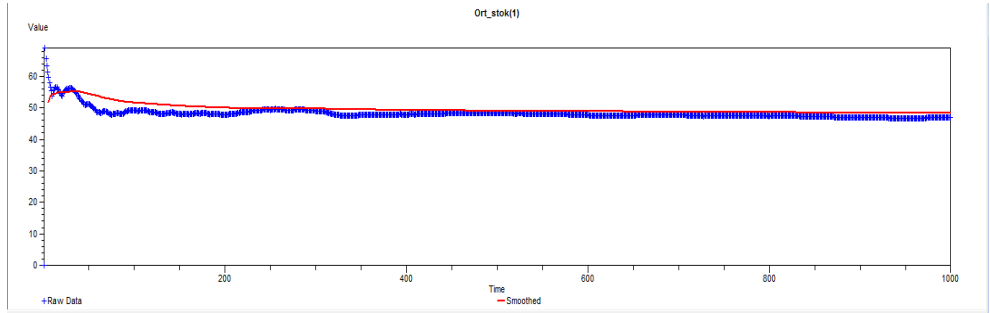
Şekil 5.15: 1kV/2000A Buşing takımı welch grafiği 2.



Şekil 5.16: 1kV/2000A Buşing takımı welch grafiği 3.



Şekil 5.17: 1kV/2000A Buşing takımı welch grafiği 4.



Şekil 5.18: 1kV/2000A Buşing takımı welch grafiği 5.

1kV/2000A Buşing takımı kaleminin welch grafiklerine bakıldığında durağan dağılıma en uzun 400 günde geçildiği için ısınma periyodu 400 gün olarak alınmıştır. Bir replikasyon uzunluğu, ısınma periyodunun 10 katı olarak belirlenmiştir.

Model ısınma periyodu 400 gün, simülasyon uzunluğu 4000 gün ve replikasyon sayısı 10 parametreleri ile çalıştırıldığında aylık ortalama maliyet 1208,

07 TL ve %95 yarı güven genişliği 27,34 TL olarak hesaplanmıştır. Yarı güven genişliğinin fazla olduğu değerlendirilerek en fazla 12 TL olacak şekilde replikasyon sayısı belirlenmesi hedeflenmiştir.

Buna göre pilot çalışmadaki replikasyon sayısı $n_0=10$, pilot çalışmada elde edilen %95'lik yarı güven genişliği $h_0=27,34$ ve istenen %95'lik yarı güven genişliği $h=12$ değerleri formülde yerine konulduğunda simülasyonun replikasyon sayısı $n \approx 53$ olarak belirlenmiştir.

5.4.1.2 1kV/2000A Buşing Takımı için Model Çıktıları

Replikasyon sayısı=53, ısınma periyodu=400 gün ve simülasyon uzunluğu 4000 gün olarak simülasyon çalıştırıldığında ortalama maliyet % 95 güvenle [1203,89;1227,89] olarak bulunmuştur.

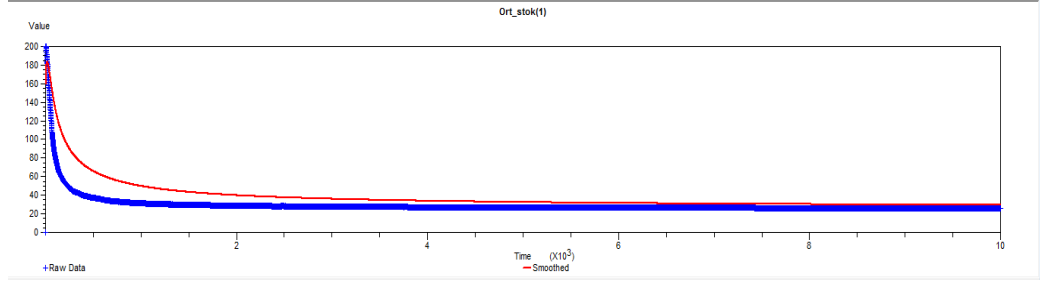
İlgili ürün grubu için firmanın kullandığı stok politikası periyodik gözden geçirme politikasına uygun (R, s, nQ) modelidir. Birim fiyat c ile temsil edilmektedir. Değerler R=6, s=50, Q=25, c=445 TL' dir. Oluşturulan modelde mevcut veriler ile hesaplanan ortalama maliyet 1215,89 TL olmuştur.

5.4.2 1kV/3150A Buşing Takımı için Çıktı Analizi

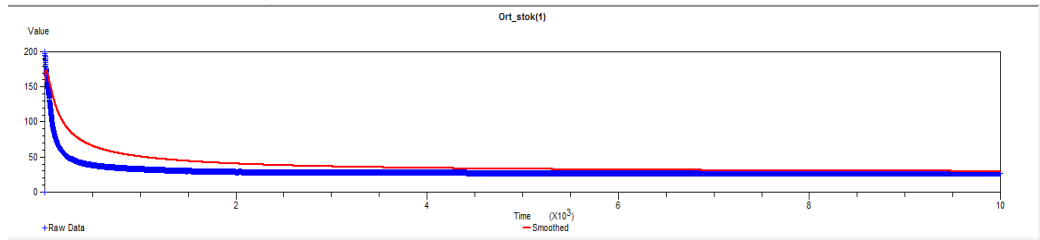
1kV/3150A Buşing Takımı için sonlandırma parametreleri ve mevcut durum simülasyon çıktıları bu bölümde verilecektir.

5.4.2.1 1kV/3150A Buşing takımı için Sonlandırma Parametreleri

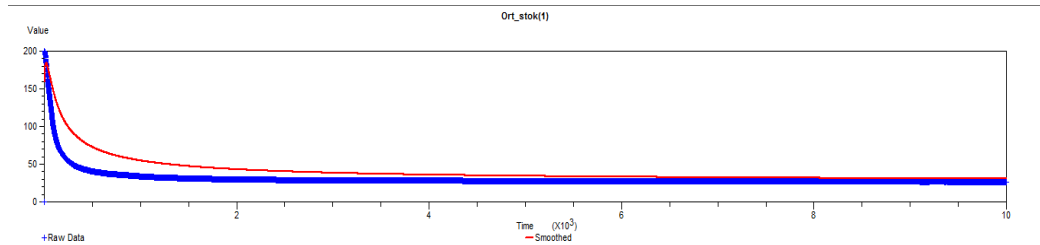
1kV/3150A Buşing takımı için Arena uygulamasında statistic komutu ve output analyzer yazılımı kullanarak elde edilen Welch analizi grafikleri Şekil 5.19-5.23' te verilmiştir.



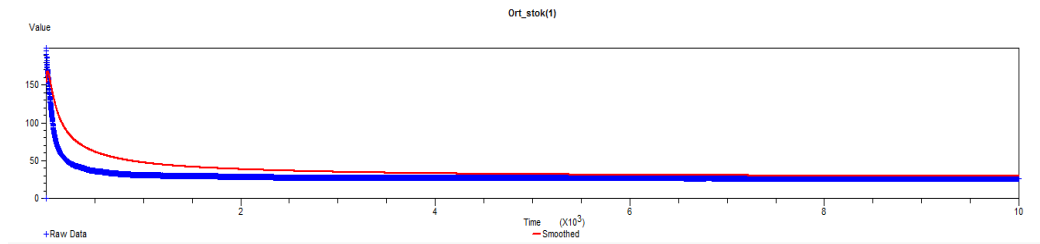
Şekil 5.19: 1kV/3150A Buşing takımı welch grafiği 1.



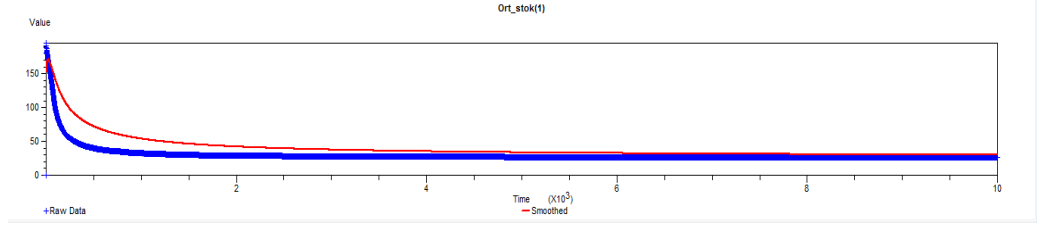
Şekil 5.20: 1kV/3150A Buşing takımı welch grafiği 2.



Şekil 5.21: 1kV/3150A Buşing takımı welch grafiği 3.



Şekil 5.22: 1 kV/3150A Buşing takımı welch grafiği 4.



Şekil 5.23: 1kV/3150A Buşing takımı welch grafiği 5.

1kV/3150A Buşing takımı kaleminin welch grafiklerine bakıldığında durağan dağılıma en uzun 4000 günde geçildiği için ısınma periyodu 40000 gün olarak alınmıştır. Bir replikasyon uzunluğu, ısınma periyodununun 10 katı olarak belirlenmiştir.

Model ısınma periyodu 4000 gün, simülasyon uzunluğu 40000 gün ve replikasyon sayısı 10 parametreleri ile çalıştırıldığında aylık ortalama maliyet 1872,03 TL ve %95 yarı güven genişliği 9,24 TL olarak hesaplanmıştır. Yarı güven genişliğinin yeterli olduğu değerlendirilerek replikasyon sayısı $n \approx 10$ olarak seçilmiştir.

5.4.2.2 1kV/3150A Buşing takımı için Model Çıktıları

Replikasyon sayısı=10, ısınma periyodu=4000 gün ve simülasyon uzunluğu 40000 gün olarak simülasyon çalıştırıldığında ortalama maliyet % 95 güvenle [1867,76;1881,24] olarak bulunmuştur.

İlgili ürün grubu için firmanın kullandığı stok politikası periyodik gözden geçirme politikasına uygun (R, s, nQ) modelidir. Birim fiyat c ile temsil edilmektedir. Değerler $R=6$, $s=25$, $Q=25$, $c=824$ TL' dir. Oluşturulan modelde mevcut veriler ile hesaplanan ortalama maliyet 1872,03 TL olmuştur.

5.5 Simülasyon Tabanlı Optimizasyon

Bu bölümde her iki kalem için Optquest yazılımı kullanılarak %95 müşteri hizmet düzeyine sahip ortalama maliyeti minimize etmeyi amaçlayan (R, s, nQ) politikasına uygun gözden geçirme periyodunun sabit olduğu ve sabit olmadığı her iki duruma göre optimum emniyet stok miktarı ve sipariş miktarı değerlerini

bulunmaya çalışılacaktır. Önerilen durumda en iyi 15 çözüm sunulacaktır. Sonuç bölümünde mevcut durum ile önerilen durum kıyaslanacaktır.

5.5.1 1kV/2000A Buşing takımı için Optquest Analizi

İlgili ürün için R' nin sabit olduğu durum için önerilen politika aşağıdadır.

5.5.1.1 R Sabit Durumda Önerilen Politika

Optquest yazılımı kullanarak %95 müşteri hizmet düzeyine göre ortalama maliyetin minimize edildiği optimum emniyet stok miktarı ve sipariş miktarı bulunmaya çalışılacaktır. Tanımlanan değişkenler aşağıdaki gibidir. Değişkenler tanımlanıp optquest çalıştırıldığında amaç fonksiyonuna uygun optimum kontrol değişkenlerini bulacaktır.

Kontrol değişkenleri: V_s, V_Q .

Yanıt değişkenleri: $V_{OM}(\text{Value}), V_{FR}$

Amaç fonksiyonu: $V_{OM}(\text{Value})$: minimize

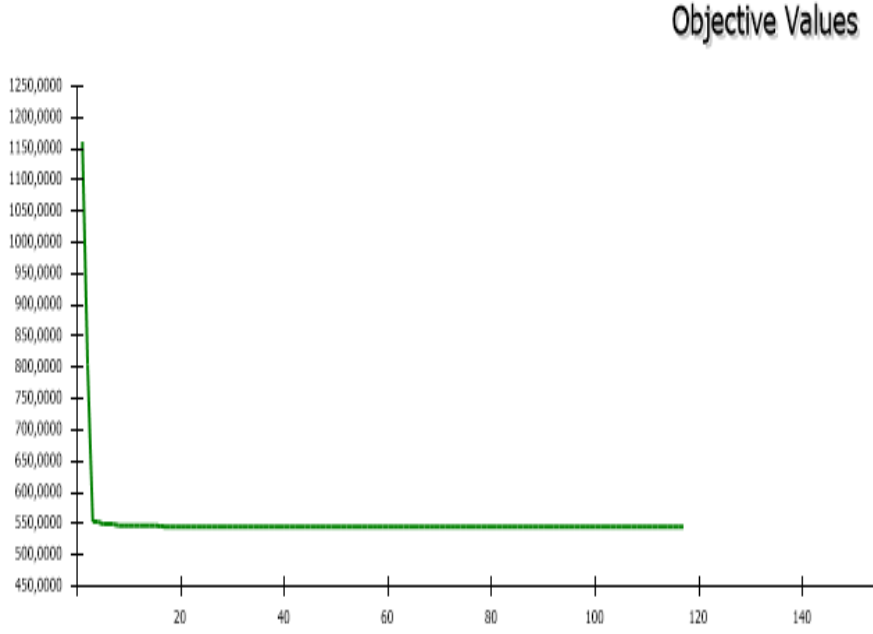
Kısıtlıyıcılar: $100 * V_{FR} \geq 95$

En iyi 15 çözüm Tablo 5.8' de verilmiştir. Buna göre en iyi çözüm V_Q sipariş miktarının 150, V_s emniyet stokunun miktarı 22 ile stok maliyeti 545,82 TL ile minimum değerdedir.

Tablo 5.8: 1kV/2000A Buşing takımı için R-sabit Optquest çözümü.

Best Solutions						
Select	Simulation	Objective Value	Status	V_Q	V_s	
<input type="checkbox"/>	21	545,822390	Feasible	150	22	
<input type="checkbox"/>	69	546,568195	Feasible	150	26	
<input type="checkbox"/>	16	546,602576	Feasible	150	25	
<input type="checkbox"/>	73	546,769529	Feasible	150	28	
<input type="checkbox"/>	80	546,921268	Feasible	150	27	
<input type="checkbox"/>	81	547,618637	Feasible	150	30	
<input type="checkbox"/>	94	547,648428	Feasible	150	29	
<input type="checkbox"/>	102	547,819971	Feasible	150	32	
<input type="checkbox"/>	78	547,821323	Feasible	150	33	
<input type="checkbox"/>	82	547,971758	Feasible	150	31	
<input type="checkbox"/>	83	548,598284	Feasible	150	34	
<input type="checkbox"/>	85	548,673730	Feasible	150	12	
<input type="checkbox"/>	15	548,886630	Feasible	150	10	
<input type="checkbox"/>	86	549,152619	Feasible	150	11	
<input type="checkbox"/>	74	549,428165	Feasible	150	14	

Değişkenler tanımlanıp optquest çalıştırıldığında amaç fonksiyonuna uygun optimum kontrol değişkenleri için sonuçların iyileştiği grafik Şekil 5.24' te gösterilmiştir.



Şekil 5.24: 1kV/2000A Buşing takımı için Optquest grafiği.

5.5.1.2 R Değişken Durumda Önerilen Politika

Bu politikada gözden geçirme periyodunun sabit olduğu durumdan ayıran tek farkı kontrol değişkenlerine R değişkeninin eklenmesidir. Bu durumda en az maliyeti gerçekleyen optimum emniyet stok miktarı ve sipariş miktarı ve gözden geçirme periyodu bulunmaya çalışılmıştır.

Kontrol değişkenleri: V_s , V_Q , V_R

Yanıt değişkenleri: $V_{OM}(\text{Value})$, V_{FR}

Amaç fonksiyonu: $V_{OM}(\text{Value})$: minimize

Kısıtlıyıcılar: $100 * V_{FR} \geq 95$

En iyi 15 çözümün bulunduğu Tablo 5.9' da verilmiştir. Buna göre en iyi çözüm V_Q sipariş miktarının 150, V_s emniyet stokunun miktarı 15, gözden geçirme periyodu 40 gün ile stok maliyeti 522,21 TL ile minimum değerdedir.

Tablo 5.9: 1kV/2000A Buşing takımı için R-değişken Optquest çözümü.

Best Solutions						
Select	Simulation	Objective Value	Status	R	V_Q	V_s
<input type="checkbox"/>	113	522,217704	Feasible	40	150	12
<input type="checkbox"/>	153	522,290414	Feasible	40	150	13
<input type="checkbox"/>	121	522,290414	Feasible	40	150	14
<input type="checkbox"/>	130	522,290414	Feasible	40	150	15
<input type="checkbox"/>	135	524,059157	Feasible	40	150	17
<input type="checkbox"/>	127	524,059157	Feasible	40	150	18
<input type="checkbox"/>	106	524,059157	Feasible	40	150	16
<input type="checkbox"/>	160	524,161182	Feasible	40	150	23
<input type="checkbox"/>	152	524,161182	Feasible	40	150	19
<input type="checkbox"/>	145	524,161182	Feasible	40	150	21
<input type="checkbox"/>	133	524,161182	Feasible	40	150	20
<input type="checkbox"/>	114	524,161182	Feasible	40	150	22
<input type="checkbox"/>	146	524,718916	Feasible	40	150	26
<input type="checkbox"/>	158	524,718916	Feasible	40	150	24
<input type="checkbox"/>	159	524,919445	Feasible	40	150	27

5.5.2 1kV/3150A Buşing takımı için Optquest Analizi

İlgili ürün için R' nin sabit olduğu durum için önerilen politika aşağıdadır.

5.5.2.1 R Sabit Durumda Önerilen Politika

Optquest yazılımı kullanarak %95 müşteri hizmet düzeyine göre ortalama maliyetin minimize edildiği optimum emniyet stok miktarı ve sipariş miktarı bulunmaya çalışılacaktır. Tanımlanan değişkenler aşağıdaki gibidir. Değişkenler tanımlanıp optquest çalıştırıldığında amaç fonksiyonuna uygun optimum kontrol değişkenlerini bulacaktır.

Kontrol değişkenleri: V_s, V_Q.

Yanıt değişkenleri: V_OM(Value), V_FR

Amaç fonksiyonu: V_OM(Value): minimize

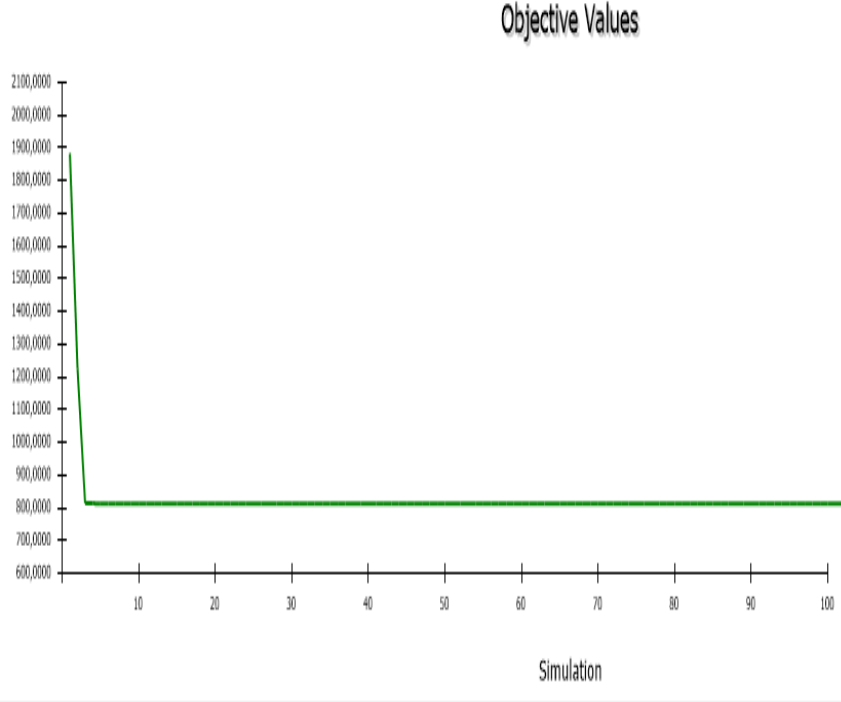
Kısıtlıyıcılar: $100 \cdot V_{FR} \geq 95$

En iyi 15 çözümün bulunduğu tablo 5.10' da verilmiştir. Buna göre en iyi çözüm V_Q sipariş miktarının 150, V_s emniyet stokunun miktarı 22 ile stok maliyeti 800,35 TL minimum değerdedir.

Tablo 5.10: 1kV/3150A Buşing takımı için R-sabit Optquest çözümü.

Best Solutions						
Select	Simulation	Objective Value	Status	V_Q	V_s	
<input type="checkbox"/>	76	800,359435	Feasible	150	18	
<input type="checkbox"/>	70	800,406666	Feasible	150	19	
<input type="checkbox"/>	75	800,457213	Feasible	150	20	
<input type="checkbox"/>	77	800,502977	Feasible	150	21	
<input type="checkbox"/>	86	800,570991	Feasible	150	26	
<input type="checkbox"/>	16	800,681392	Feasible	150	25	
<input type="checkbox"/>	72	800,793672	Feasible	150	27	
<input type="checkbox"/>	66	800,813167	Feasible	150	31	
<input type="checkbox"/>	84	800,916107	Feasible	150	33	
<input type="checkbox"/>	81	801,003113	Feasible	150	35	
<input type="checkbox"/>	17	801,056447	Feasible	150	36	
<input type="checkbox"/>	15	801,058478	Feasible	150	10	
<input type="checkbox"/>	87	801,100121	Feasible	150	11	
<input type="checkbox"/>	83	801,116994	Feasible	150	34	
<input type="checkbox"/>	94	801,143449	Feasible	150	38	

Değişkenler tanımlanıp optquest çalıştırıldığında amaç fonksiyonuna uygun optimum kontrol değişkenleri için sonuçların iyileştiği grafik Şekil 5.25' te gösterilmiştir.



Şekil 5.25: 1kV/3150A Buşing takımı için Optquest grafiği.

5.5.2.2 R Değişken Durumda Önerilen Politika

Bu politikada gözden geçirme periyodunun sabit olduğu durumdan ayıran tek yanı kontrol değişkenlerine R değişkenin eklenmesidir. Bu durumda en az maliyeti gerçekleyen optimum emniyet stok miktarı ve sipariş miktarı ve gözden geçirme periyodu bulunmaya çalışılmıştır.

Kontrol değişkenleri: V_s , V_Q , V_R

Yanıt değişkenleri: $V_{OM}(\text{Value})$, V_{FR}

Amaç fonksiyonu: $V_{OM}(\text{Value})$: minimize

Kısıtlıyıcılar: $100 * V_{FR} \geq 95$

En iyi 15 çözümün bulunduğu Tablo 5.11' de verilmiştir. Buna göre en iyi çözüm V_Q sipariş miktarının 150, V_s emniyet stokunun miktarı 10, gözden geçirme periyodu 43 gün ile stok maliyeti 797,60 TL ile minimum değerdedir.

Tablo 5.11: 1kV/3150A Buşing takımı için R-değişken Optquest çözümü.

Best Solutions						
Select	Simulation	Objective Value	Status	R	V_Q	V_s
<input type="checkbox"/>	121	797,608847	Feasible	43	150	10
<input type="checkbox"/>	80	798,151946	Feasible	44	150	10
<input type="checkbox"/>	137	798,280362	Feasible	41	150	10
<input type="checkbox"/>	42	798,495349	Feasible	1	150	10
<input type="checkbox"/>	166	798,905201	Feasible	34	150	10
<input type="checkbox"/>	202	799,440783	Feasible	32	150	10
<input type="checkbox"/>	23	799,520719	Feasible	41	150	16
<input type="checkbox"/>	68	799,545760	Feasible	45	150	10
<input type="checkbox"/>	221	799,670440	Feasible	8	150	10
<input type="checkbox"/>	96	799,732653	Feasible	41	150	15
<input type="checkbox"/>	74	799,802814	Feasible	2	150	10
<input type="checkbox"/>	73	799,985831	Feasible	45	150	17
<input type="checkbox"/>	94	800,140859	Feasible	45	150	19
<input type="checkbox"/>	97	800,146575	Feasible	45	150	18
<input type="checkbox"/>	8	800,172263	Feasible	42	150	28

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Analiz kısmında her iki kalem için de gözden geçirme periyodunun sabit ve değişken olduğu iki duruma göre de minimum maliyet bulunmaya çalışılmıştır. 1kV/2000A Buşing takımı için mevcut durum ile önerilen durum kıyaslaması Tablo 6.1' de verilmiştir.

Tablo 6.1: 1kV/2000A Buşing takımı analiz tablosu.

Durum	R (adet)	S (adet)	Q (adet)	Maliyet (TL)
Mevcut	6	50	25	1215,89
R sabit	6	22	150	545,82
R değişken	40	15	150	522,21

1kV/2000A Buşing Takımı için analiz sonuçları değerlendirmesi 5. bölümde ilgili ürün grubu için firmanın kullandığı stok politikası periyodik gözden geçirme politikasına uygun (R, s, nQ) modeline uygun değerleri R=6, s=50, Q=25, c=445 TL olan modelde mevcut veriler ile hesaplanan ortalama maliyet 1215,89 TL olduğu belirtilmiştir.

Gözden geçirme periyodunun sabit olduğu durumda en az maliyeti amaçlayan optquest yazılımı çalıştırılması sonucu en iyi çözüm V_Q sipariş miktarının 150, V_s emniyet stokunun miktarı 22 ile stok maliyeti 545,82 TL ile minimum değerdedir. Mevcut durumla önerilen durum kıyaslandığında %55,1 oranında maliyette azalma gözlemlenmiştir.

Gözden geçirme periyodunun değişken olduğu durumda ise en az maliyeti amaçlayan optquest yazılımı çalıştırılması sonucu Q sipariş miktarının 150, V_s emniyet stokunun miktarı 15, gözden geçirme periyodu 40 gün ile stok maliyeti 522,21 TL ile minimum değerdedir. Mevcut durumla önerilen durum kıyaslandığında %57,05 oranında maliyette azalma gözlemlenmiştir.

1kV/3150A Buşing takımı için mevcut durum ile önerilen durum kıyaslaması Tablo 6.2' de verilmiştir.

Tablo 6.2: 1kV/3150A Buşing takımı analiz tablosu.

Durum	R (adet)	S (adet)	Q (adet)	Maliyet (TL)
Mevcut	6	25	25	1872,03
R sabit	6	22	150	800,35
R değişken	43	10	150	797,60

1kV/3150A Buşing Takımı için analiz sonuçları değerlendirmesi 5. bölümde ilgili ürün grubu için firmanın kullandığı stok politikası periyodik gözden geçirme politikasına uygun (R, s, nQ) modeline uygun değerleri R=6, s=25, Q=25, c=824 TL olan modelde mevcut veriler ile hesaplanan ortalama maliyet 1872,03 TL olduğu belirtilmişti.

Gözden geçirme periyodunun sabit olduğu durumda en az maliyeti amaçlayan optquest yazılımı çalıştırılması sonucu en iyi çözüm V_Q sipariş miktarının 150, V_s emniyet stokunun miktarı 22 ile stok maliyeti 800,35 TL minimum değerdedir. Mevcut durumla önerilen durum kıyaslandığında %57,2 oranında maliyette azalma gözlemlenmiştir.

Gözden geçirme periyodunun değişken olduğu durumda ise en az maliyeti amaçlayan optquest yazılımı çalıştırılması sonucu V_Q sipariş miktarının 150, V_s emniyet stokunun miktarı 10, gözden geçirme periyodu 43 gün ile stok maliyeti 797,60 TL ile minimum değerdedir. Mevcut durumla önerilen durum kıyaslandığında %57,3 oranında maliyette azalma gözlemlenmiştir.

Stok politikası sabit kalmak şartıyla en az maliyeti gerçekleyen optimum sipariş miktarları ve emniyet stok miktarları bulunmuştur. Her iki kalemin maliyetlerinde en az %55 gibi önemli bir oranda azalma olduğu gözlemlenmiştir. Gözden geçirme periyodunun değişken olmasının ise maliyette gözle görülür bir azalma sağlamadığı saptanmıştır. İki kalem için de görülmektedir ki sipariş

miktarının mevcut durumdan fazla olması maliyeti düşürmüştür. Bu durum şöyle değerlendirilebilir; her sipariş verildiğinde katlanılan maliyetin, ortalama maliyete ciddi bir etkisi vardır. Sipariş miktarı arttığında daha az sıklıkla sipariş verilme durumu ortaya çıktığından ortalama maliyet düşmektedir. Sipariş miktarının arttırılması stoklarda daha fazla malzeme bulundurulma anlamı taşısa da katlanılan stok maliyeti, her sipariş verildiğinde katlanılan maliyetten çok daha az olduğu için ortalama maliyetin düşmesini sağlamıştır.

Çalışmada yaklaşık optimal stok politikası parametrelerinin belirlenmesinde Arena ve OptimumQuest yazılımlarıyla simülasyon tabanlı bir yaklaşım izlenmiştir. Bu yaklaşımda parametrelerin kullanıcı tarafından tanımlanan aralıktaki değerler bir sonlandırma kriteri ile simüle edilerek yaklaşık optimal politika belirlenmeye çalışılmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda Arena simülasyon yazılımının Visual Basic Uygulaması (VBA) editörü yardımıyla, yaklaşık optimal parametrelerinin belirlenmesinde genetik algoritma, tabu araması, tavlama benzetimi vb. yapay zeka algoritmaları kullanılarak mantıklı sürelerde yaklaşık optimal sonuçlar elde edilebilir.

7.KAYNAKLAR

- [1] Nahmias, S., “Perishable Inventory Theory: A review”, *Operations Research*, 30(4), 680-708, (1982).
- [2] Fisher, M., Raman, A. “Reducing the Cost of Demand Uncertainty through Accurate Response to Early Sales”, *Operations Research*, 44(1), 87-99, (1996).
- [3] Silver, E. A., Naseraldin, H., Bischak, D., “Determining the reorder point and order-up-to-level in a periodic review system so as to achieve a desired fill rate and a desired average time between replenishments” *Journal of the Operational Research* 60(9), 1244-1253, (2009).
- [4] Janssen F., Heuts R. and Kok T. de “The Impact of Data Collection on Fill Rate Performance in the (R, s, Q) Inventory Model” *he Journal of the Operational Research Society*, 50(1), 75-84, (1999).
- [5] Ouyang L., Chuang B. “A Periodic Review Inventory-Control System with Variable Lead Time”, *Information and Management Sciences*, 12(1), 1-13, (2001).
- [6] Tagaras G., Vlachos D., “A Periodic Review Inventory System with Emergency Replenishment”, *Management Science*, 47(3), 337-491, (2001).
- [7] Chiang C., “Optimal replenishment for a periodic review inventory system with two supply modes”, *European Journal of Operational Research*, 149, 229–244, (2002).
- [8] Şahin, S., “(S,s) stok sistemlerinden en uygun stok politikasının belirlenmesi için simülasyon uygulaması üzerine teorik bir çalışma örneği”, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 17(1-2), 255-274, (2003).

- [9] Sezen, B., “Tedarik Zincirinde Stok Yönetimi Problemleri için Elektronik Tablolar Yardımı ile Simülasyon Uygulaması”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 11(1), 58-68, (2007).
- [10] Köchel, P., Nielander U., “Simulation-Based optimization of multi echelon inventory systems”, *Int. J. Production Economics*, 93(1), 505-513, (2005).
- [11] Doğar, A., “Tedarik zincirinde stok yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2006).
- [12] Zhou, S. X., Shang, H.K., “Optimal and Heuristic Echelon (r, nQ, T) Policies in Serial Inventory Systems with Fixed Costs”, *Operations Research*, 58(2) 414-427, (2010).
- [13] Akyurt, İ. Z., Önder E., “Periyodik opsiyonlu yenileme modeli parametrelerinin simülasyon yardımıyla belirlenmesi”, *Yönetim ve Ekonomi Araştırma Dergisi*, 11, 46-54, (2009).
- [14] Selçuk, Ö., “Stok kontrol yöntemlerinin incelenmesi ve inşaat malzemeleri sektöründe bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2007).
- [15] Yeşiltaş Ü., ”Stok kontrolü ve bilgisayar donanım sektöründe bir uygulama”, Yüksek lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Anabilim Dalı, İstanbul, (2007).
- [16] Madduri, V. S. R., “Inventory Policies for perishable products with fixed Shelf Lives” The Pennsylvania State University, Harold and Inge Marcus Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Pennsylvania, (2009).
- [17] Özçakar, N., Akyurt, İ. Z., “Stokastik (R,S,S) ve stokastik (R,S) stok kontrol politikalarının poliüretan sektöründe markov karar süreci yardımıyla karşılaştırılması”, *DergiPark Akademi*, 56 (1), 10-16, (2007).

- [18] Kiesmuller G.P., Kok A.G., Dabia S., “Single item inventory control under periodic review and a minimum order quantity”, *Int. J. Production Economics*, 133, 280–285, (2011).
- [19] Kabadayı, N., Keskindürk, T., “Comparison Of Periodic-Review Inventory Control Policies In A Serial Supply Chain”, *Alphanumeric Journal*, 3(2), 27-34, (2015).
- [20] Silver, E. A., Bischak D. P., and Kok T., “Determining the reorder point and order-up-to level to satisfy two constraints in a periodic review system under negative binomial demand” *The Journal of the Operational Research Society*, 63(7), 941-949, (2012).
- [21] Özen, D., “Talep Öncelikli Yedek Parça Stok Yönetimi”, *Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, (2013).
- [22] Aisyati A., Jauhari W. A., Rosyidi C.N., “Periodic Review Model for Determining Inventory Policy for Aircraft Consumable Spare Parts”, *International Journal of Business Research & Management (IJBRM)*, 5(3), 41-51, (2014).
- [23] Sariaslan, H., "Stok Kontrol Sistemlerinde Simülasyon Tekniği Demir Export A.Ş. Kangal Kömür İşletmesi Örnek Uygulaması", *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 48 (1), 162-196, (2014).
- [24] Bijvank, M., “Periodic review inventory systems with a service level criterion”, *The Journal of the Operational Research Society*, 65(12), 1853-1863, (2014).
- [25] Aslan, Ş., “Sağlık Sektöründe (S,s) Stok Kontrol Modeli Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Dicle Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Anabilim Dalı, Diyarbakır, (2015).

- [26] Karahan M., Aslan Ş., “Bir çimento fabrikasında hammadde stok kontrolü uygulaması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(3), 773-783, (2016).
- [27] Göçken, M., Boru, A. and Dosdoğru, T. A., ”İki Aşamalı Tedarik Zincirinde Eş Zamanlı Stok Kontrolünün ve Tedarikçi Seçiminin Simülasyon Optimizasyonu Yaklaşımı ile Analizi”, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1-10, (2017).
- [28] Kobu, B., *Üretim yönetimi*, İstanbul: Beta Basım Yayın, 327-334, (2014).
- [29] Kara, Ö., “İşlemlerde stok yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Okan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı*, İstanbul, (2014).
- [30] Kızılboğa, A., “Envanter kontrol yöntemleri ve bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı*, İstanbul, (2013).
- [31] Yılmaz, Ö. F., “Bekleyen sipariş durumunda sürekli gözden geçirmeye dayalı olasılıklı (R,Q) stok kontrol modeli ve depo yapısı”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2012).
- [32] Keskin, M. H., *Tedarik zinciri yönetimi*, Ankara: Nobel Yayın, 81 s., (2015).
- [33] Nahmias, S., *Production and operation analysis*, New York: McGraw-Hill Companies, 197-201, (2001).
- [34] Tanrıverdi, İ., “Tedarik zinciri ve stok yönetimi üzerine bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı*, Denizli, (2010).

- [35] Aydın, C., “Tedarik zincirinde müşteri hizmet düzeyi-Stok optimizasyonu” Yüksek Lisans Tezi, *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, İstanbul, (2009).
- [36] Ocaktan, M. A. B., “İkame ürün dağıtım ağlarında stok optimizasyonu ve optimal dağıtım politikaları”, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, (2012).
- [37] Çokoy, B., “Üretim ve stok kontrol politikalarının belirlenmesi: Plastik sektöründe bir uygulama”, *Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, (2013).
- [38] Axsater, S., *Inventory control*, Massachusett: Kluwer Academic Publishers, 26 s., (2000).
- [39] Çekiç, B., “Çok aşamalı stok kontrol yönetimi için bir stokastik programlama yaklaşımı”, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Anabilim Dalı, Ankara, (2012).
- [40] Sipper, D., Bulfin, R. L., *Production: Planning, control and integration*, Singapore: McGraw- Hill Eduaiton, 220-226, (1998).
- [41] Silver, E., Pyke D. and Peterson, R. *Inventory management and* Silver, E., Pyke D. and Peterson, R. *Inventory management and production planning and scheduling*. New Jersey: John Wiley and Sons, 232-242, (1998).
- [42] Türker, A. K., “Benzetim Dilleri Komutlar Raporu”, 3-10, (2007).
- [43] Kelton W. D., Sadowski R. P., Zupick N. B., *Simualation with Arena*, New York: McGraw- Hill Eduaiton, 1 s., (2010).
- [44] Rossetti M. D., *Simulation Modeling and Arena*, United States: John Wiley and Sons, 3 s., (2010).
- [45] Brandley, A., *Arena Basic User’ s Guide*, Publication Arenab-UM001F- EN-P-Nowember , (2007).

- [46] Brandley, A., OptQuest for Arena, User' s Guide, Publication ArenaO-UM001F-EN-P-January , (2012).
- [47] Uncu, N., "Isınma Periyodu Belirleme Yöntemlerinin Etkinliklerinin Analizi", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(4), 201-210, (2017).

İnternet Siteleri:

- [48] <http://www.bestrafo.com.tr/Yeni/Default.aspx>, (Erişim tarihi: 09.09.18).
- [49] [https://www.elektrikport.com/universite/transformatörlerin-uretimi-ve-cesitleri-\[ozel-dosya-\]-1-bolum/8588#ad-image-0](https://www.elektrikport.com/universite/transformatörlerin-uretimi-ve-cesitleri-[ozel-dosya-]-1-bolum/8588#ad-image-0), (Erişim tarihi: 12.10.18).
- [50] <http://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-trafolari/kuru-tip-trafo-131>, (Erişim tarihi: 12.10.18).

EKLER

7.EKLER

Ek A ABC Analizi

Tablo A 1: ABC Analizi.

Kalem Tanımı	Satınalma maliyeti	Birikimli Toplam	Birikimli yüzde	ABC
KOMPLE BUŞİNG 1/3150A	235.455	235.455	0,17	A
KOMPLE BUŞİNG 1 / 2000A	159.497	394.952	0,28	A
ELASTIMOLD BUŞİNG 36kV 250A	113.773	508.725	0,36	A
BARA PABUCU FP-M48x3	94.419	603.144	0,43	A
KOMPLE BUŞİNG TAKIMI 1/4000A	93.026	696.169	0,5	A
HERMETİK KORUMA RÖLESİ D.M.C.R.	86.531	782.700	0,56	A
SÜRGÜLÜ-GÖSTERGELİ VANA DN25-MS58	85.084	867.784	0,62	A
BARA PABUCU FP-M42x3	68.343	936.127	0,67	A
BUCHHOLZ RÖLESİ MIBOS MBP25-V50	60.606	996.733	0,71	A
OVAL CONTA VİTON	43.609	1.040.342	0,74	A
KOMPLE BUŞİNG TAKIMI DT 30 NF 250	24.235	1.064.577	0,76	A
VANA TAM GÇ.DÜZ FL.PSL.KÜR.KİL.	22.105	1.086.682	0,78	A
BUCHHOLZ RÖLESİ BRR25-F16 (221RR23)	19.609	1.106.291	0,79	A
BUCHHOLLZ RÖLESİ BRC25-V16 (231RR23)	18.816	1.125.106	0,81	B
KOMPLE BUŞİNG 1 / 630A	17.871	1.142.977	0,82	B
KOMPLE BUŞİNG TAKIMI DT 20 NF 630	16.755	1.159.732	0,83	B
HERMETİK KORUYUCU RÖLE MIBOS MCHD	15.221	1.174.953	0,84	B
KADEME DEĞİŞT. KDR-D 209553 B1 44339	12.830	1.187.783	0,85	B
MONOBLOK BUSHING 12kV 250A (CEM)	12.021	1.199.804	0,86	B
ÇİFT KONT.SEV.GST. KYSA-B2 D=900	10.919	1.210.723	0,87	B

Tablo A.1: ABC Analizi (devam).

KOMPLE BUŞING TAKIMI DT 10 NF 630	10.294	1.221.017	0,87	B
CONTA NİTRİL ŞERİT MANTAR 4x60	10.140	1.231.157	0,88	B
BUCHOLLZ RÖLESİ BRR25-F50	9.879	1.241.035	0,89	B
KLEMENS KUTUSU	9.810	1.250.845	0,9	B
RIS KORUYUCU RÖLE	9.744	1.260.589	0,9	B
KÜÇÜK KLEMENS KUTUSU - PLASTİK	9.671	1.270.260	0,91	B
İZOLATÖR METAL TAKIMI DT30 NF250	9.607	1.279.867	0,92	B
PLUG IN BUŞING M 400 AR-3/J 36 kV	7.923	1.287.790	0,92	B
KOMPLE BUŞING 1 / 1250A	7.246	1.295.036	0,93	B
PİRİNÇ KABLO REKORU PG-48 (TAPALI)	6.822	1.301.858	0,93	B
YAĞ SEV.GST. KYSA-B2 D=900 L=440	6.491	1.308.350	0,94	B
BUCHOLLZ RÖLESİ BRR50-F100	6.237	1.314.587	0,94	B
MONOBLOK BUŞING 1,1kV 1700A 8 WAY	5.590	1.320.177	0,94	B
MONOBLOK BUŞING 1,1kV 1700A 4 WAY	5.517	1.325.694	0,95	B
KOMPLE BUŞING TAKIMI DT 20 NF 250	5.462	1.331.156	0,95	C
BASINÇ EMNİYET VENT. T 10 0.35 BAR	5.170	1.336.326	0,96	C
KONTAKLI BAS.EMN.VEN. T50-0,70 BAR	4.978	1.341.304	0,96	C
NİTRİL ŞERİT MANTAR CONTA 6X70	4.726	1.346.031	0,96	C
KONTAKLI BAS.EMN.VEN. T50-0,50 BAR	4.572	1.350.602	0,97	C
BARA PABUCU DP-20	3.449	1.354.051	0,97	C
KOMPLE BUŞING 1 / 250A	3.195	1.357.246	0,97	C
KOMPLE BUŞING TAKIMI DT 10 NF 250	2.901	1.360.147	0,97	C
HP BORU 10,5/13X1000	2.846	1.362.993	0,98	C
MONOBLOK BUŞING 1,1kV 3150A 16 WAY	2.534	1.365.527	0,98	C
SAPLAMA Fe 360B M16x1280/400/80	2.187	1.367.714	0,98	C
ELASTIMOLD BUŞING K 180 AR-1-G/J	1.997	1.369.711	0,98	C

Tablo A.1: ABC Analizi (devam).

LASTİK CONTA Ø29/45x3,5	1.972	1.371.682	0,98	C
KOMPLE BUŞING DT 20 NF 250	1.810	1.373.492	0,98	C
KADEME DEĞ. KDR-F 269554 B1	1.733	1.375.225	0,98	C
İZOLATÖR CONTA TAKIMI	1.378	1.376.603	0,99	C
PİRİNÇ KABLO REKORU PØ-55 (TAPALI)	1.376	1.377.979	0,99	C
KONTAKSIZ YAĞ.SEV.GÖS. KSS	1.287	1.379.267	0,99	C
BARA PABUCU EP-M30x2	1.262	1.380.528	0,99	C
Ø 425/495X6 LASTİK CONTA	1.047	1.381.575	0,99	C
TRAFO KALDIRMA KANCASI ETİKETİ	1.016	1.382.591	0,99	C
KREP BORU ø08/10x1000	980	1.383.571	0,99	C
KADEME DEĞİŞT. KDR-D 209554 B1 44339	835	1.384.407	0,99	C
ANA BOŞ. ve YAĞ TASF. ALT VANASI ETİ.	735	1.385.142	0,99	C
YEDEK TERMOMETRE CEBİ ETİKETİ	719	1.385.860	0,99	C
KADEME DEĞİŞTİRİCİ ETİKETİ	719	1.386.579	0,99	C
KADEME DEĞİŞT. KDR-D 209353 B1 44339	701	1.387.280	0,99	C
SAPLAMA Fe 360B M10x300/80/80	674	1.387.954	0,99	C
BASINÇ EMNİYET VENTİLİ ETİKETİ	538	1.388.492	0,99	C
KÖR TAPA- R1" A2-70 PASL.ÇELİK	527	1.389.019	0,99	C
DEPO YAĞ DOLDURMA AĞZI ETİKETİ	452	1.389.471	0,99	C
PİRİNÇ KABLO REKORU PG-21 (TAPALI)	426	1.389.897	0,99	C
SAPLAMA Fe 360B M12x520/80/80	421	1.390.317	1	C
İZOLATÖR METAL TAKIMI DT20 NF250	411	1.390.728	1	C
KADEME DEĞİŞT. KDR-D 209353	374	1.391.103	1	C
L-150 ÖRG.BAKIR TOPR.İLET.	351	1.391.453	1	C
PASLANMAZ ÇELİK SAPLAMA M10X25 A4	348	1.391.801	1	C
HERMATİK TRAFO UYARI ETİKETİ TR.	328	1.392.129	1	C
CONTA NİTRİL ŞERİT MANTAR 4x50	304	1.392.433	1	C
TOPRAKLAMA İŞARETİ	266	1.392.699	1	C

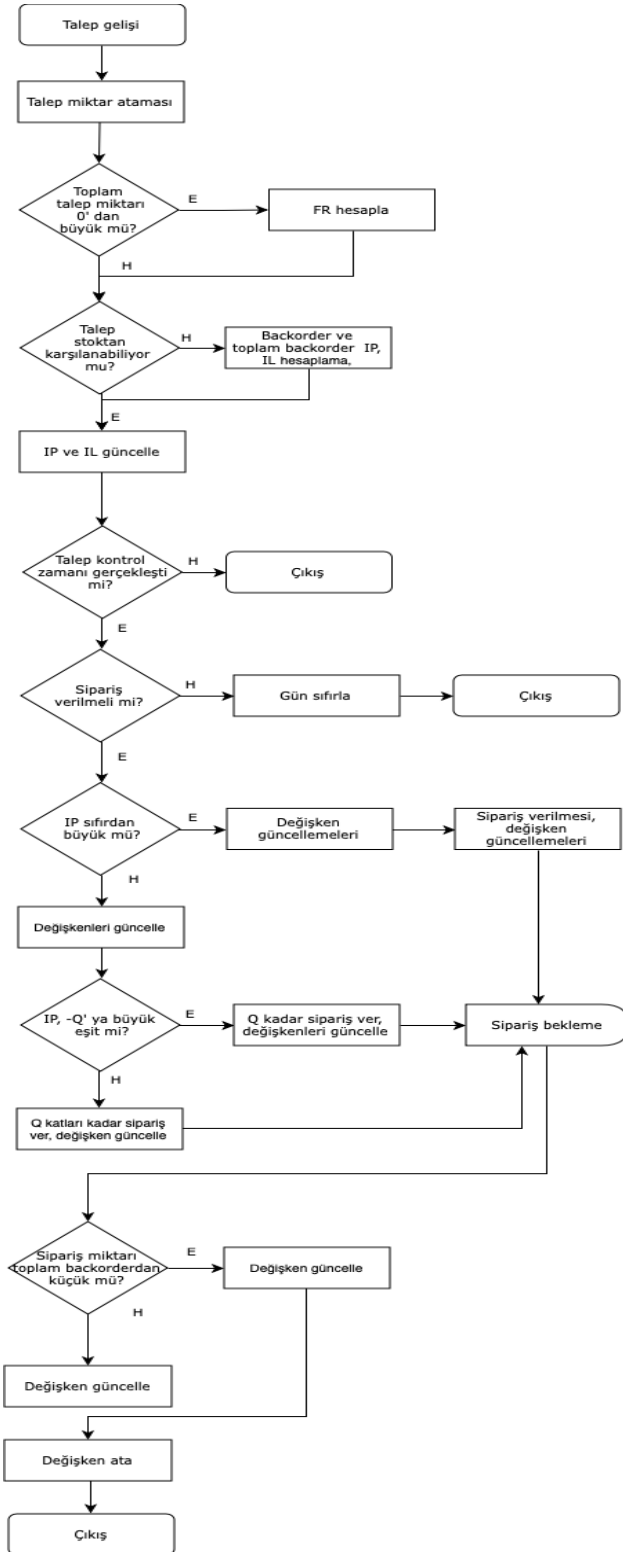
Tablo A.1: ABC Analizi (devam).

TAPA	241	1.392.940	1	C
SAPLAMA Fe 360B M10x1000	235	1.393.176	1	C
SAPLAMA Fe 360B M20x1610/500/80	229	1.393.405	1	C
SAPLAMA FE360B	224	1.393.629	1	C
TRAFO KALDIRMA KANCASI ETİKETİ -İNG.	213	1.393.842	1	C
CONTA (4 x 572 x 216 mm)	201	1.394.043	1	C
İZOLATÖR METAL TAKIMI DT30 NF630	175	1.394.218	1	C
SAPLAMA Fe 360B	170	1.394.389	1	C
SAPLAMA Fe 360B M12x380/80/80	170	1.394.559	1	C
SAPLAMA Fe 360B M10x320/80/80	167	1.394.726	1	C
Ø30/37 x 3 YAĞ DOLDURMA AĞZI CONTASI	159	1.394.884	1	C
KRİKO MESNET YERİ ETİKETİ -İNG.	159	1.395.043	1	C
TUTUCU, ÇITA L=600	153	1.395.196	1	C
CONTA (4 x 470 x 216 mm)	140	1.395.336	1	C
KADEME DEĞİŞTİRİCİ ETİKETİ -İNG.	135	1.395.470	1	C
YEDEK TERMOMETRE CEBİ ETİKETİ - İNG.	131	1.395.601	1	C
SAPLAMA Fe 360B M10x360/80/80	114	1.395.715	1	C
TUTUCU, ÇITA L=1500	109	1.395.824	1	C
TUTUCU, ÇITA L=1100	106	1.395.930	1	C
İZOLATÖR CONTA TAKIMI NF 630	104	1.396.033	1	C
KABLO PABUCU 10 -70	95	1.396.128	1	C
SAPLAMA FE360B M16X1190/80/80	91	1.396.219	1	C
ANA BOŞ. ve YAĞ TASF. ALT VANASI ETİ.	82	1.396.302	1	C
TRF.İÇİN YAĞ SEVİYESİ ETİKETİ -İNG.	74	1.396.376	1	C
SAPLAMA Fe 360B M10x350/80/80	74	1.396.450	1	C
BASINÇ EMNİYET VENTİLİ ETİKETİ - İNG.	72	1.396.522	1	C
TUTUCU, ÇITA L=900	62	1.396.584	1	C
SAPLAMA FE360B M10X220/80/80	57	1.396.640	1	C
TUTUCU, ÇITA L=1400	53	1.396.693	1	C
SAPLAMA Fe 360B M16x390/80/80	52	1.396.745	1	C
SAPLAMA Fe 360B M12x470/80/80	52	1.396.797	1	C
TUTUCU, ÇITA L=1600	48	1.396.845	1	C
SAPLAMA Fe 360B M16x1060/400/80	43	1.396.889	1	C
SAPLAMA Fe 360B M10x290/80/80	36	1.396.925	1	C

Tablo A.1: ABC Analizi (devam).

SAPLAMA FE360B M10X160/60/60	11	1.397.192	1	C
SAPLAMA Fe 360B M12x970/250/80	11	1.397.203	1	C
DEPO KAPAĞI UYARI ETİKETİ (İNG)	11	1.397.213	1	C
SAPLAMA Fe 360B M12x800/250/80	10	1.397.223	1	C
SAPLAMA Fe 360B M10x150/60/60	6	1.397.230	1	C
SAPLAMA TAM DIŞ C 45K M10X1000	5	1.397.235	1	C
TUTUCU, ÇITA L=1800	0	1.397.235	1	C
KLEMENS KUTUSU BAĞ.ŞEM.ETİKETİ	0	1.397.235	1	C
SEPERATÖR Ø800X1800	0	1.397.235	1	C

Ek A Simülasyon Modeli Akış Diyagramı



Şekil A.1: Simülasyon modeli akış diyagramı.