TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI VE YÖNETİMİNDE SİMÜLASYON UYGULAMALARI VE JENERİK SİMÜLASYON MODELİ ÖNERİSİ

Gülnihal Akan Özkök
131157107

DOKTORA TEZİ

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı
Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Halil Halefşan Sümen

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Haziran, 2022

TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI VE YÖNETİMİNDE SİMÜLASYON UYGULAMALARI VE JENERİK SİMÜLASYON MODELİ ÖNERİSİ

Gülnihal Akan Özkök
131157107
ORCID: 0000-0003-1495-6479

DOKTORA TEZİ

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı
Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Halil Halefşan Sümen

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Haziran, 2022



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli *"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"* ile bildirilen 6689 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli *"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"* ile bildirilen 6689 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim ve akademik gelişimim boyunca bana destek olan, yol gösteren, tezime sağladığı katkılarla yardımlarını benden esirgemeyen değerli tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Halil Halefşan SÜMEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezime sunmuş olduğu katkıları ve akademik kariyerim boyunca bana göstermiş olduğu destek için değerli hocam Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ'a, tez çalışmam boyunca manevi desteğini esirgemeyen değerli Bölüm Başkan'ım Doç. Dr. Fulya TAŞEL'e, tez yazım sürecinde kıymetli bilgilerini benimle paylaşan Prof. Dr. Mehmet Bülent DURMUŞOĞLU'na ve Prof. Dr. Serol BULKAN hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana destek olan, güveniyle beni cesaretlendiren sevgili babaanneme sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Gülnihal Akan Özkök

Haziran, 2022

ÖZ

TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI VE YÖNETİMİNDE SİMÜLASYON UYGULAMALARI VE JENERİK SİMÜLASYON MODELİ ÖNERİSİ

Gülnihal Akan Özkök
Doktora Tezi
Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı
Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Halil Halefşan Sümen
Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2022

Günümüz koşulları, rekabetin artması nedeniyle işletmelerin maliyetlerini, verimliliklerini dolayısıyla kar kaldıracı sağlayan tedarik zincirlerini daha iyi kontrol etmesini zorunlu kılmaktadır. Etkin ve verimli şekilde tasarlanmış tedarik zincirleri işletmelere rekabet avantajı yaratmaktadır. Ancak, çalışmaların büyük bir kısmı tedarik zincirinin operasyonel faaliyetlerine odaklanmakta ve tedarik zinciri tasarımının operasyonel faaliyetlerine ilişkin etkisi göz ardı edilmektedir. Bu çalışmada tedarik zinciri tasarımının önemi vurgulanarak 3 tedarikçi, 1 üretici, 2 distribütör ve 4 perakendeciden oluşan tedarik zinciri tasarlanmış, stok seviyesine göre taşıma moduna (karayolu ya da demiryolu) karar verecek bir sistem oluşturulmuştur. Tedarik zinciri tasarımı Arena'da modellenerek bir jenerik simülasyon modeli önerisinde bulunulmuştur. Zamanında teslimat oranını artırmayı amaçlayan bu tasarımda karayolu ve demiryolu taşıma modları birlikte kullanılmış; ancak, sadece karayolu ve sadece demiryolu taşıma modu tercihinin tedarik zincirine etkisi de incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Tedarik zinciri, Tedarik zinciri tasarımı, Simülasyon, Arena.

ABSTRACT

SIMULATION APPLICATIONS IN SUPPLY CHAIN DESIGN AND MANAGEMENT AND GENERIC SIMULATION MODEL SUGGESTION

Gülnihal Akan Özkök
PhD
International Trade and Logistics Department
Logistics and Supply Chain Management PhD Programme
Thesis Advisor: Assistant Professor, Halil Halefşan Sümen
Maltepe University Graduate School, 2022

Today's conditions necessitate businesses to better control their costs, productivity and supply chains that provide profit leverage due to increased competition. Effectively and efficiently designed supply chains create competitive advantage for businesses. However, most of the studies focus on the operational activities of the supply chain and the impact of the supply chain design on the operational activities is ignored. In this study, by emphasizing the importance of supply chain design, a supply chain consisting of 3 suppliers, 1 manufacturer, 2 distributors and 4 retailers was designed, and a system was created to decide the mode of transport (road or rail) according to the stock level. Supply chain design was modeled in Arena and a generic simulation model was proposed. In this design, which aims to increase the on-time delivery rate, road and rail transportation modes are used together; however, the effect of only road and only rail transport mode preference on the supply chain has also been examined.

Keywords: Supply chain, Supply chain design, Simulation, Arena.

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ii
ETİK İLKE ve KURALLARA UYUM BEYANI iii
TEŞEKKÜR iv
ÖZ v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
TABLOLAR LİSTESİ ix
ŞEKİLLER LİSTESİ x
KISALTMALAR xv
ÖZGEÇMİŞ xvi
BÖLÜM 1. GİRİŞ 1

Problem 1
Amaç 1
Önem 2
Varsayımlar 2
Sınırlılıklar 3
Tanımlar 3

BÖLÜM 2. İLGİLİ LİTERATÜR 5

2.1. Tedarik Zinciri Yönetimi 5
2.1.1. Tedarik Zinciri 8
2.2. Tedarik Zinciri Koordinasyonu ve Önemi 10
2.3. Tedarik Zinciri Yönetim Süreçleri 12
2.4. Tedarik Zinciri Fonksiyonları 18
2.5. Tedarik Zinciri Planlaması 19
2.6. Tedarik Zinciri Stratejileri 21
2.6.1. Yalın Tedarik Zinciri Stratejisi 21
2.6.2. Çevik Tedarik Zinciri Stratejisi 22
2.6.3. Hibrit Tedarik Zinciri Stratejisi 23
2.6.4. İtme Çekme Stratejisi 24
2.7. Tedarik Zinciri Tasarımı 25
2.7.1. Tedarik Zinciri Tasarım Aşamaları 26
2.7.2 Tedarik Zinciri Tasarım Amaçları 28
2.7.3. Tedarik Zinciri Tasarımı Karar Değişkenleri 29
2.8 Tedarik Zinciri Performans Yönetimi 30
2.8.1 Tedarik Zincirinde SCOR Modeli 33

2.9. Tedarik Zinciri Tasarımı Modelleme Yaklaşımları 36
2.10. Tedarik Zinciri Yönetiminde Güncel Yaklaşımlar 39
2.11. Tedarik Zinciri Tasarımında Simülasyonun Önemi..... 40
2.12. Simülasyon..... 64

2.12.1 Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları 65
2.12.2. Simülasyon Kullanım Alanları 67
2.12.3. Simülasyon Aşamaları..... 68
2.12.4. Dijital İkizler 72
2.12.5. Dijital İkizler ile Simülasyonun Farkları..... 73
2.12.6 Tedarik Zincirinde Kullanılan Simülasyon Yazılımları: ARENA 74

BÖLÜM 3. YÖNTEM..... 78

3.1. Araştırma Modeli 78
3.2. Arena Programında Tedarik Zincirinin Modellenmesi ve Bir Jenerik Simülasyon Model Önerisi 82
3.3.Verilerin Toplanması ve Yorumlanması..... 114

BÖLÜM 4. BULGULAR VE YORUMLAR..... 118

BÖLÜM 5. SONUÇ 122

EK'LER 126

KAYNAKÇA..... 150

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2. 1: Yalın ve Çevik Yaklaşım Karşılaştırması 23

Tablo 2. 2: Tedarik Zinciri Stratejilerinin Karşılaştırılması 24

Tablo 2. 3: Tedarik Zincirinde Simülasyon Kullanımı Konulu Güncel Çalışmalar 43

Tablo 2. 4: Tedarik Zincirinde Simülasyon Konulu Çalışmaların İlişki Matrisi 56

Tablo 3. 1: Jenerik Model Parametreleri..... 114

Tablo 5. 1: Simülasyon Modellerinin Sonuçlarının Karşılaştırılması 124

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1: Tedarik Zinciri Süreci 9

Şekil 2. 2: Tedarik zinciri planlama matrisi 20

Şekil 2. 3: SCOR Modeli 34

Şekil 2. 4: Simülasyon Aşamaları 69

Şekil 3. 1: Ürün Ağacı 78

Şekil 3. 2: Tedarik Zinciri Modeli 78

Şekil 3. 3: Tedarikçi D'nin Arena Programındaki Genel Görünümü 83

Şekil 3. 4: Tedarikçi D Create Modülü Açıklaması 83

Şekil 3. 5: Tedarikçi D Decide Üretim Kararı Modülü Açıklaması 84

Şekil 3. 6: Tedarikçi D Assign Devam Eden Üretim Modülü Açıklaması 84

Şekil 3. 7: Tedarikçi D Process Ürerim Zamanı Modülü Açıklaması 85

Şekil 3. 8: Tedarikçi D Assign Stok Miktarı Modülü Açıklaması 85

Şekil 3. 9: Üretici I'nın Arena Programındaki Genel Görünümü 86

Şekil 3. 10: Üretici Talep Parça b Create Modülü Açıklaması 86

Şekil 3. 11: Üretici Talep Parça b Decide Emniyet Stoğu veya Yeniden Sipariş Verme Modülü Açıklaması 87

Şekil 3. 12: Üretici Talep Parça b Assign b için Karayolu Modülü Açıklaması 88

Şekil 3. 13: Üretici Talep Parça b Assign Üretici Parça b Talep Zamanı Modülü Açıklaması 88

Şekil 3. 14: Üretici Talep Parça b Decide Stok Kararı Modülü Açıklaması 89

Şekil 3. 15: Üretici Talep Parça b Hold Yeterli Stok Bekletme Modülü Açıklaması 90

Şekil 3. 16: Üretici Talep Parça b Decide Modülü Açıklaması 90

Şekil 3. 17: Üretici Talep Parça b Assign Modülü Açıklaması..... 91

Şekil 3. 18: Üretici Talep Parça b Decide Tedarikçi Kararı Modülü Açıklaması..... 91

Şekil 3. 19: Üretici Talep Parça b Decide Yeterli Stok Modülü Açıklaması..... 92

Şekil 3. 20: Üretici Talep Parça b Decide Tedarikçi Seçimi Modülü Açıklaması..... 92

Şekil 3. 21: Üretici Talep Parça b Assign Stok Azaltma Modülü Açıklaması..... 93

Şekil 3. 22: Üretici Talep Parça b Decide Taşıma Modu Modülü Açıklaması..... 93

Şekil 3. 23: Üretici Talep Parça b Delay Karayolu ile Parça Temini Modülü Açıklaması 94

Şekil 3. 24: Üretici Talep Parça b Assign Stok Modülü Açıklaması 94

Şekil 3. 25: Üretici Talep Parça b Decide Teslimat Modülü Açıklaması 95

Şekil 3. 26: Üretici Talep Parça b Record Üreticiye Zamanında Teslimat Modülü Açıklaması 95

Şekil 3. 27: Üretici Talep Parça b Record Üretici Sipariş Sayısı Modülü Açıklaması .. 96

Şekil 3. 28: Üretici Talep Parça b Record Tedarikçi Çevrim Süresi Modülü Açıklaması 96

Şekil 3. 29: Üretici Üretim Parça a Create Modülü Açıklaması 97

Şekil 3. 30: Üretici Üretim Parça a Decide Üretim Kararı Modülü Açıklaması..... 97

Şekil 3. 31: Üretici Üretim Parça a Assign Üretim Devam Modülü Açıklaması..... 98

Şekil 3. 32: Üretici Üretim Parça a Decide Yeterli b ve c Parçası Kararı Modülü Açıklaması 98

Şekil 3. 33: Üretici Üretim Parça a Hold Modülü Açıklaması 99

Şekil 3. 34: Üretici Üretim Parça a Process Üretim İşlemi Modülü Açıklaması 99

Şekil 3. 35: Üretici Üretim Parça a Assign Stok Miktarı Artışı Modülü Açıklaması .. 100

Şekil 3. 36: Üretici Üretim Parça a Assign Stok Miktarı Güncelleme Modülü Açıklaması 100

Şekil 3. 37: Distribütör Talebin Arena Programındaki Genel Görünümü 101

Şekil 3. 38: Distribütör Talep Create Modülü Açıklaması 101

Şekil 3. 39: Distribütör Talep Decide Stok Kararı Modülü Açıklaması 102

Şekil 3. 40: Distribütör Talep Assign Karayolu Mod Seçimi Modülü Açıklaması 102

Şekil 3. 41: Distribütör Talep Assign Ürün Talebi Modülü Açıklaması..... 1033

Şekil 3. 42: Distribütör Talep Decide Modülü Açıklaması..... 103

Şekil 3. 43: Distribütör Talep Hold Modülü Açıklaması 104

Şekil 3. 44: Distribütör Talep Assign Gecikmiş Teslimat Modülü Açıklaması..... 104

Şekil 3. 45: Distribütör Talep Assign Üreticiden Stok Çekme Modülü Açıklaması ... 105

Şekil 3. 46: Distribütör Talep Decide Taşıma Modu Modülü Açıklaması 105

Şekil 3. 47: Distribütör Talep Assign Stok Artırma Modülü Açıklaması 106

Şekil 3. 48: Distribütör Talep Decide Gecikmiş Teslimat ve Record Zamanında Teslimat Sayısı Modülü Açıklaması..... 106

Şekil 3. 49: Perakendeci Talep Arena Programındaki Genel Görünümü..... 107

Şekil 3. 50: Perakendeci L Create Talep Modülü Açıklaması 107

Şekil 3. 51: Perakendeci L Assign Talep Modülü Açıklaması..... 108

Şekil 3. 52: Perakendeci L Assign Bekleyen Toplam Talep Modülü Açıklaması 108

Şekil 3. 53: Perakendeci L Decide Stok Kararı Modülü Açıklaması 109

Şekil 3. 54: Perakendeci L Assign Stok Güncelleme Modülü Açıklaması 109

Şekil 3. 55: Perakendeci L Assign Toplam Bekleyen Stok Güncelleme Modülü Açıklaması 110

Şekil 3. 56: Perakendeci L Record Stock Out Modülü Açıklaması 110

Şekil 3. 57: Perakendeci L Hold Modülü Açıklaması 111

Şekil 3. 58: Perakendeci L Assign Stok Güncelleme 2 Modülü Açıklaması 111

Şekil 3. 59: Perakendeci L Assign Stok Uygunluk Sonrası Güncelleme Modülü Açıklaması 112

Şekil 3. 60: Perakendeci L Delay Karayolu Modülü Açıklaması 112

Şekil 3. 61: Perakendeci L Decide, Record Modülleri Açıklaması 113

Şekil 3. 62: Arena Modelindeki Değişkenler 115

Şekil 3. 63: Arena Modelindeki Sabit Değerler 116

Şekil 3. 64: Arena Modelinde Hesaplanan Çıktı Metrikleri 116

Şekil 3. 65: Arena'da Modeli Çalıştırma Parametreleri 117

Şekil 4. 1: Jenerik Model Tedarik Zinciri Çevrim Süresi 118

Şekil 4. 2: Demiryolu Tercihli Modelin Tedarik Zinciri Çevrim Süresi 118

Şekil 4. 3: Karayolu Tercihli Modelin Tedarik Zinciri Çevrim Süresi 119

Şekil 4. 4: Jenerik Model Metriklerinin Sonuçları 119

Şekil 4. 5: Karayolu Tercihli Model Metriklerinin Sonuçları 120

Şekil 4. 6: Demiryolu Tercihli Model Metriklerinin Sonuçları..... 121

Şekil 5. 1: Jenerik Modelin Çıktıları 122

Şekil 5. 2: Karayolu Tercihli Modelin Çıktıları 123

Şekil 5. 3: Demiryolu Tercihli Modelin Çıktıları..... 123

KISALTMALAR

APICS : Amerikan Üretim ve Stok Kontrol Derneği

EUM : Ekonomik Üretim Miktarı

SCOR : Tedarik Zinciri Operasyonları Referans Modeli

TZ : Tedarik Zinciri

TZY : Tedarik Zinciri Yönetimi

ÖZGEÇMİŞ

Gülnihal Akan Özkök

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı

Eğitim

Derece	*Yıl*	*Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı*
Y.Ls.	2012	Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı
Ls.	2010	İzmir Ekonomi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Lojistik Yönetimi (İngilizce)
Lise	2004	İzmir Buca Anadolu Lisesi (Fransızca)

İş/İstihdam

Yıl	*Görev*
2013 -	Araştırma Görevlisi. Maltepe Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi

Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri

Yıl	*Kurum*
2013 -	Üye: Lojistik Derneği (LODER)

Yayınlar ve Diğer Bilimsel/Sanatsal Faaliyetler

Akan Özkök Gülnihal, Sümen Halil Halefşan (2012). Altı Sigma ve Teknoloji İlişkisi. 3. İleri Teknolojiler Çalıştayı, 91-96. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:2927383)

Aksoy Levent, Küçük Burak, Akan Gülnihal, Gürsev Samet (2013). Şehir İçi Toplu Taşıma Araçlarının Elektriklendirilmesi Planlaması. Transist 2013 6. Uluslararası Ulaşım Sempozyumu Bildiri Kitabı (Yayın No: 544440)

Aksoy Levent, Küçük Burak, Akan Gülnihal (2013). Economic Effects of Electric Vehicles on Road Transportation. 11. Uluslararası Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi Bildiri Kitabı (Yayın No: 544376)

Aksoy Levent, Akan Özkök Gülnihal, Yardımcı İlknur, Mumcu Muhammet Cihat (2016). Operational Feasibility Study of Autonomous Vehicles in Turkey. 14. International Logistics and Supply Chain Congress (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:2927454)

Özaydın Yağmur, Çakıt Elif, Akan Özkök Gülnihal (2016). Lojistik ve Tedarik Zincirinde Trendler Üniversite Sektör İşbirliği. 5. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:2927424)

Akan Özkök Gülnihal, Yardımcı İlknur (2016). Perakende Sektöründe Yeşil Lojistik Uygulamaları. 5. Ulusal Lojistik Ve Tedarik Zinciri Kongresi, 311-320. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:2927408)

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Tedarik zincirinin etkin tasarımı ve yönetimi tedarik zincirinin verimliliğini artırmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda tezde tedarik zinciri tasarımı yapılarak bir jenerik model önerisinde bulunulmuştur. Giriş bölümde problemin tanımına, amaç, önemi, varsayımlar, sınırlılıklar ve tez içerisinde önem arz eden tanımlara yer verilmiştir.

Problem

Tedarik zinciri tasarımı, tedarik zincirindeki tesislerin sayısı, yerleri ve kapasiteleri ile üretim, taşıma ve depolama miktarlarının belirlenmesini, taşıma ve depolama şekillerinin belirlenmesi ile bu aktivitelerin yürütülmesini destekleyen tüm ürün, hizmet ve bilgi akışı süreçlerinin yapılandırılmasını içerir. Çok kriterleri karar verme ihtiyacını içeren tedarik zinciri problemleri dinamik ve stokastiktir. Bu durumlarda problemin tam bir matematiksel modelinin oluşturulamamasından ya da analitik yaklaşımla çözülemiyor olmasından kaynaklı simülasyon yaklaşımı tercih edilmektedir. Yapılan bu çalışmada öncelikle 3 tedarikçi, 1 üretici, 2 distribütör ve 4 perakendeciden oluşan kavramsal bir tedarik zinciri tasarlanmış, karayolu ve demiryolu taşıma kararı da eklenerek zamanında teslimat oranını artırmak amaçlanmıştır. Problemin dinamik ve stokastik olmasından dolayı simülasyon yaklaşımı tercih edilmiş ve tedarik zinciri ARENA programında modellenerek çözüme kavuşturulmuştur.

Amaç

Tedarik zinciri yönetiminde temel amaç tedarik zincirinden elde edilen kazancın maksimize edilmesidir. Bu amacın gerçekleştirilmesi, müşteriden elde edilen gelirin artırılması ve/veya tedarik zincirinin toplam maliyetinin azaltılmasına bağlıdır. Çalışmada 3 tedarikçi, 1 üretici, 2 distribütör ve 4 perakendeciden oluşan tedarik zinciri tasarlanmış olup stok seviyesine göre taşıma moduna (karayolu ya da demiryolu) karar verecek bir sistem oluşturulmuştur. Tedarik zinciri tasarlanırken temel amaç zamanında teslimat oranını artırmaktır. Bu amaca yönelik bir jenerik model önerisinde bulunulmuş ve modelde karayolu ve demiryolu taşıma modları birlikte kullanılmıştır, ancak; sadece

karayolu ya da sadece demiryolu taşıma modu tercihinin tedarik zincirine etkisi de incelenmiştir.

Önem

Bir şirketin tedarik zinciri tasarımının, tedarik zinciri verimliliğini ve müşteri memnuniyetini belirlediğini bilmek önemlidir. Optimal bir tedarik zinciri ağı tasarlamak, ağın şirketin uzun vadeli stratejik hedeflerini karşılayabilmesi gerektiği anlamına gelir. Bir şirket içindeki çoğu iş birimi veya işlevsel alan, bir ağ tasarım projesinden etkilenir. Tedarik zinciri tasarlanırken; iş hedeflerinin ve proje kapsamının tanımlanması, yapılacak analizlerin ve uygulanacak stratejilerin belirlenmesi ve en önemlisi en iyi tasarımın öngürülmesi gerekir. İleriye giden yol belirlendiğinde ve tasarım yaklaşımı doğru bir şekilde tamamlandığında, işletme birçok önemli fayda elde edecektir. İşletmeler çoğunlukla tedarik zinciri içerisinde stoklarının neden çok yüksek ya da sıklıkla yanlış stoklama olduğu, sadece talebi karşılamak için yüksek maliyetlere neden katlanıldığı, satış ve operasyon süreçlerinin neden daha iyi uyumlu hale getiremediklerini, talep odaklı çalışma prensibini nasıl yönetecekleri gibi sorulara cevap ararlar. Eğer tedarik zinciri, işletmenin hedef ve stratejilerine yönelik tasarlanır ve bu hedef ve stratejilere göre tedarik zinciri tasarımının test imkanı sağlanırsa, işletme; tedarik zinciriyle rekabet avantajı yaratır. Dolayısıyla, çalışmada ele alınan problem ve öngörülen çözüm metodolojisi ile tedarik zincirinin verimliliğini artırmak hedeflenmiştir.

Varsayımlar

Tedarik zinciri tasarımı çözüm metodolojisi olarak simülasyon yaklaşımı tercih edilerek tedarik zinciri akışındaki kararların etkilerinin incelenmesi öngörülmüştür. Tasarlanan tedarik zincirinde, teslimat oranını artırmak hedeflenmiş ve bu doğrultuda taşıma modları kararı esas alınarak senaryo bazlı çalışma yapılmış, tedarik zincirinin verimliliğine odaklanmıştır.

Sınırlılıklar

Çalışmada yer alan tedarik zinciri tasarımı kavramsal olup tedarik zincirine eklenecek her bir eleman, tasarımı yeniden şekillendirecek ve doğrudan yapılmış olan simülasyon modelinin çıktılarını etkileyecektir. Ayrıca oluşturulan bir simülasyon modelinin tam olarak gerçeği yansıtması beklenemez. Simülasyon modelinde ihmal edilen bazı ayrıntılar sonuçları ve dolayısıyla alınacak kararları olumsuz etkileyebilir. Çoğunlukla modelde kullanılan girdilerin, parametrelerin değerlerinin saptanması güç olabilmektedir. Simülasyon çalışmaları insan etkisine açıktır, bu sebeple istenilen sonuçların elde edilmesine yönelik müdahale de söz konusu olabilir.

Tanımlar

Araştırmaya karşı genel bir bakış açısı kazandırmak amacıyla çalışma içerisinde önemli görülen terimlerin bir kısmının tanımları aşağıda sunulmuştur.

Tedarik: Bir işletme için bir malın elde edilmesi, malı temin etme ve elde edilecek malları araştırıp bulma gibi işletme süreçleri olarak tanımlanabilmektedir. Tedarik gerek özellik gerek nitelik olarak lojistik ile benzerlikleri olsa da tedarik, lojistiği de içine alan geniş bir kavramdır (Akçi, 2012, s. 4).

Tedarik zinciri: Basit ve genel olarak tedarik zinciri, işletme faaliyetlerini karlı bir şekilde sürdürmek amacıyla, işletme genelindeki kaynakların akışı ve yönetimi olarak ifade edilebilir (Sehgal, 2009, s. 3). Amerikan Üretim ve Stok Kontrol Derneği (APICS) sözlüğünde tedarik zinciri, tedarikçiler ile nihai kullanıcılar arasında başlangıçtaki hammaddeden bitmiş ürünün nihai tüketimine kadar olan süreç olarak tanımlanmaktadır (Fredendall & Hill, 2009, s. 3).

Tedarik zinciri yönetimi: Tedarik zincirini oluşturan tedarikçiler, imalatçılar, dağıtıcılar, perakendeciler ve müşteriler arasında gerçekleşen mal, bilgi ve para akışını inceleyen bütünleşik bir yönetim disiplinidir (Hill, 2012, s. 349).

Tedarik zinciri tasarımı: Tedarik zincirinin nasıl yapılandırılacağının belirlenmesini içerir. Tasarım kararı, iş ortaklarının seçimi, depo ve üretim tesislerinin yerlerinin ve kapasitelerinin belirlenmesi, ürünlerin, taşıma şekillerinin ve bunları

destekleyen bilgi sistemlerinin belirlenmesi kararlarını içerir. Dolayısıyla, bir tasarım kararının oluşması, çok disiplinli bir katılım, yüksek tecrübe, uzman bilgisi, teknolojik altyapı, yeterli kaynak ve zamana ihtiyaç duyar.

Simülasyon: Bir sistemin davranışlarını anlamak veya farklı stratejilerin değerlendirilmesi amacıyla, sistemin modelini tasarlama süreci ve tasarlanan model üzerinde denemeler yapmak olarak tanımlanmaktadır (Seila, 2005, s. 74).

Dijital ikiz: Fiziksel bir nesneyi çok kesin olarak betimleyen bir sanal bilgi yapısı olarak belirtilmektedir. Sanal model, mikro düzeyden makro düzeye kadar bilgi içermekte ve mevcut verileri bütünleştirmektedir. En yaygın ve en çok alıntı yapılan tanıma göre, Dijital İkiz, bir aracın veya sistemin, kendisine karşılık gelen ikizini yansıtan simülasyonudur. Bir Dijital İkiz, sensörler, geçmiş veriler ve tamamlayıcı veriler gibi farklı veri kaynaklarının entegrasyonu ile karşılık geldiği sistemi mümkün olduğunca gerçekçi tanımlamaktadır (van der Valk vd., 2020, s. 2697).

Arena: Systems Modeling tarafından geliştirilen ve 2000 yılında Rockwell Automation tarafından satın alınan ayrık olay simülasyonu ve otomasyon yazılımıdır (Gözaçan, N. ve Kabadurmuş, 2019, s. 387).

BÖLÜM 2. İLGİLİ LİTERATÜR

Tezin 2. bölümünü oluşturan ilgili literatür kısmında tedarik zinciri yönetimi ve yönetimi içerisinde yer alan kavramlar, tedarik zinciri tasarımı, tedarik zincirinde simülasyon kavramları açıklanmıştır. Literatür araştırması kapsamında son 10 yılın "tedarik zinciri tasarımında simülasyon" makaleleri incelenmiş ve 40 tane makalenin özetine yer verilmiştir.

2.1. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirini oluşturan tedarikçiler, imalatçılar, dağıtıcılar, perakendeciler ve müşteriler arasında gerçekleşen mal, bilgi ve para akışını inceleyen bütünleşik bir yönetim disiplinidir (Hill, 2012, s. 349). Tedarik zinciri yönetimi, müşteriye, doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yerde, doğru fiyata, tüm tedarik zinciri için, en az maliyetle ulaşımını sağlayan, malzeme, para ve bilgi akışının, entegre bir biçimde yönetilmesidir. Başka bir ifade ile zincirin içerisinde bulunan, merkezde yer alan iş süreçlerinin uyumlaştırılması sağlanarak, müşteri memnuniyetini sağlayacak strateji ve iş modellerinin geliştirilmesidir. Tedarik zinciri yönetimi, işletmenin dışarıdaki tedarik işlerini sağlayanların yönetilmesini ve bunların etkin bir şekilde çalışabilmesi adına, işletme iç kaynaklarını bir bütün halinde ele alan bir işletme sistemidir. Tedarik zinciri yönetiminin başlangıcını, hammadde temin ve tedarik edenler, uç noktasını ise tüketiciler oluşturmaktadır. Merkezde ise üretim yapan işletmeler bulunmaktadır. (Güleş vd., 2010, s. 11).

APICS sözlüğüne göre tedarik zinciri yönetimi: "Bitmiş mamullerin hammadde aşamasından nihai tüketimine kadar olan bütün süreçlerinin, tedarikçi – kullanıcı işletmeler boyunca birbirine bağlanması, mamullerin üretilmesi ve tüketici hizmetlerinin verilmesi ile ortaya çıkan değer zincirinin oluşmasını sağlayan tüm işletme içi ve işletme dışı fonksiyonlardır" (Fredendall & Hill, 2009, s. 3).

Tedarik zinciri yönetimi, tüm tedarik zinciri operasyonlarının planlanmasını ve yönetimini kapsamaktadır. Daha da önemlisi, tedarikçiler, aracılar, üçüncü taraf hizmet sağlayıcılar ve müşteriler gibi kanal ortaklarıyla koordinasyon ve iş birliğini de

içermektedir. Böylece tedarik zinciri yönetimi, şirketler içinde ve şirketler arasında arz ve talep yönetimini bütünleştirmektedir (Zijm vd., 2019, s. 33).

Tüm bu tanımları içeren kapsamlı bir tanımda Ross tarafından yapılmıştır. Ross'a göre (2013), tedarik zinciri yönetimi, işletmenin hem kendi sahip olduğu verimli yetkinlikler ve kaynaklar ile hem de içinde bulunduğu tedarik kanalında birlikte yer aldığı ittifak halindeki diğer ortaklarının sahip olduğu yetkinlik ve kaynakların birleştirildiği, yüksek oranlarda rekabetçi, müşteri refahını artıran tedarik sistemi içinde, yenilikçi çözümler üretmek ve benzersiz, eşsiz müşteri değeri yaratmak üzere ürünlerin, hizmetlerin ve bilginin pazar yerine eşzamanlı akışını sağlamak konusuna odaklanmış, sürekli gelişen bir yönetim felsefesidir (Ross, 2013, s. 9).

Tedarik zinciri yönetimi, tüm değer zincirini kapsar ve hammaddelerin çıkarılmasından, kullanım ömrünün sonuna kadar malzeme ve tedarik yönetimine hitap eder. Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerinin süreçlerini, teknolojisini ve rekabet avantajını arttırma kabiliyetini nasıl kullandığı ve bir kuruluş içindeki imalat, lojistik ve malzeme yönetimi fonksiyonlarının koordinasyonunu nasıl kullandığı üzerine odaklanmaktadır. Değer zincirindeki tüm stratejik organizasyonlar tek bir "tekil" işletme olarak bütünleştiğinde ve performans gösterdiğinde, tedarikçi sistemi boyunca performans artar (Yıldızöz, 2006, s. 2).

Tedarik zinciri yönetimi genel olarak, müşterinin talep ve isteklerini yerine getirecek şekilde ürün ve hizmetlerin sağlanmasında rol alan her fonksiyonu incelemekte ve bünyesine dahil etmektedir. Daha sonra bütün fonksiyonların maliyetlerini azaltarak etkin ve verimli bir şekilde kullanımını sağlamayı amaçlamaktadır (Simchi-Levi vd., 2008, s. 1). Bu amaçları destekleyen ve gelişmesinde rol oynayan diğer alt bileşenler ise ürünlere olan talebi karşılama, müşteri memnuniyetini sağlama, dağıtım kanallarında verimliliğini artırma ve bütün süreçlerin entegrasyonunun sağlanmasında rol oynamaktadır. Bu yönetim süreci ile firmalar rakiplerine karşı rekabet avantajı oluşturabilmekte ve piyasadaki etkinliğini sürdürebilmektedir (Yörükoğlu, 2013, s. 30-31).

Tedarik zinciri yönetiminde temel amaç tedarik zincirinden elde edilen net kazancın maksimize edilmesidir. Bu amacın gerçekleştirilmesi, müşteriden elde edilen

gelirin artırılması ve/veya tedarik zincirinin toplam maliyetinin azaltılmasına bağlıdır. Uzun vadede tedarik zincirinin sürdürülebilir başarısı için müşteri memnuniyeti ve tedarik zinciri üyelerinin uyumu göz ardı edilmemelidir (Chopra & Meindl, 2016, s. 15-16).

Tedarik zinciri yönetiminin amacı işletmenin üretim kapasitesinin artırılması, piyasaya karşı duyarlılığının geliştirilmesi ve tüketici ile tedarik işlerini üstlenenler arasındaki ilişkilerin geliştirilmesi ile işletmenin ileriye götürülmesidir (Güleş vd., 2010, s. 11). Bu süreçte, tedarik zincirindeki faaliyetlerin, tedarik zincirine rekabet avantajı ve nihai müşteriye fayda sağlayabilecek şekilde koordinasyonunun sağlanması hedeflenmektedir (Heizer & Render, 2014, s. 432). Başka bir ifade ile tedarik zinciri yönetimiyle, işletmelerin üretim kapasitelerinin artırılması, pazara karşı duyarlılığının iyileştirilmesi, müşteri ile tedarik faaliyetlerini yürütenler arasındaki ilişkilerin geliştirilmesi yoluyla, işletme performansının artırılması amaçlanmaktadır (Güleş, vd. , 2010, s. 15). Ayrıca tedarik zincirlerinde yapılan iyileştirmelerin, işletmelerin rekabet güçleri üzerinde olumu etkisi olacaktır. Tedarik zincirinin optimize edilmesi, işletme stratejileri için önem arz etmektedir. Ürün tedarikinin ve ürün talebinin birlikte ele alınması işletmelere rekabet üstünlüğü sağlayacaktır (Yön, 2007, s. 88).

İyi tasarlanarak uygulamaya konulmuş bir tedarik zincirinin, işletmeyi; aşağıda belirtilen amaçlara ulaştırması hedeflenmektedir (Kocaoğlu, 2013, s. 14):

- Düzenli şekilde üretimin devamlılığı için malzeme ve bilgi akışını kesintisiz olarak sağlamak,
- Stoktaki kayıpları ve stok maliyetini minimum seviyede tutmak,
- Ürün kalitesini muhafaza etmek ve geliştirmek,
- Güven duyulabilecek tedarikçiler bulmak ve bu tedarikçilerle çalışmayı devam ettirmek,
- Temin edilen hammadde, yardımcı madde, parça ve servis hizmetini standartlaştırmak,
- İhtiyaç duyulan hammadde, parça ve hizmetleri minimum maliyetle temin etmek,
- İşletmenin rekabet avantajını artırmak,

- İşletmenin diğer birimleri ile ilişkilerin iyi seviyede tutmak,
- İşletmenin yönetim giderini minimize ederek faaliyetlerin devamlılığını sağlamak.

Bu hedeflere ulaşabilmek için işletmeler, tedarikçileri, dağıtıcıları ve müşterilerini kapsayacak şekilde tedarik zinciri ağında bilgi ve haber akışının sağlanması gerekmektedir. Bu sayede hem zincir içerisinde rekabet hem de verimlilik artacaktır (Küçükkaplan & Bayhan, 2012, s. 73).

2.1.1. Tedarik Zinciri

Tedarik kavram olarak bir işletme için bir malın elde edilmesi, malı temin etme ve elde edilecek malları araştırıp bulma gibi işletme süreçleri olarak tanımlanabilmektedir. Bir işletme için tedarik zinciri istenilen uygunluktaki malzemelerin, hizmetin ve diğer ihtiyaçların en uygun kaynaktan istenilen kalitede sağlanmasından sorumludur. Tedarik gerek özellik gerek nitelik olarak lojistik ile benzerlikleri olsa da tedarik, lojistiği de içine alan geniş bir kavramdır (Akçi, 2012, s. 4).

Tedarik zinciri ise ortaklar, tedarikçiler, imalatçılar, perakendeciler ve müşteriler arasında iletişimi geliştirmek, iş birliğini geliştirmek, müşteri taleplerini yerine getirmek, kaynakları etkin ve verimli bir biçimde kullanmak, esnek bir tedarik, üretim ve dağıtım zinciri kurmak temelleri üzerine ortaya çıkmış bir kavramdır. Tedarik zinciri malın ilk halinden başlayıp son hali ile müşteriye ulaşıncaya kadar oluşan bütün süreçleri kapsayan oldukça geniş bir kavramdır (Güleş vd., 2010, s. 6).

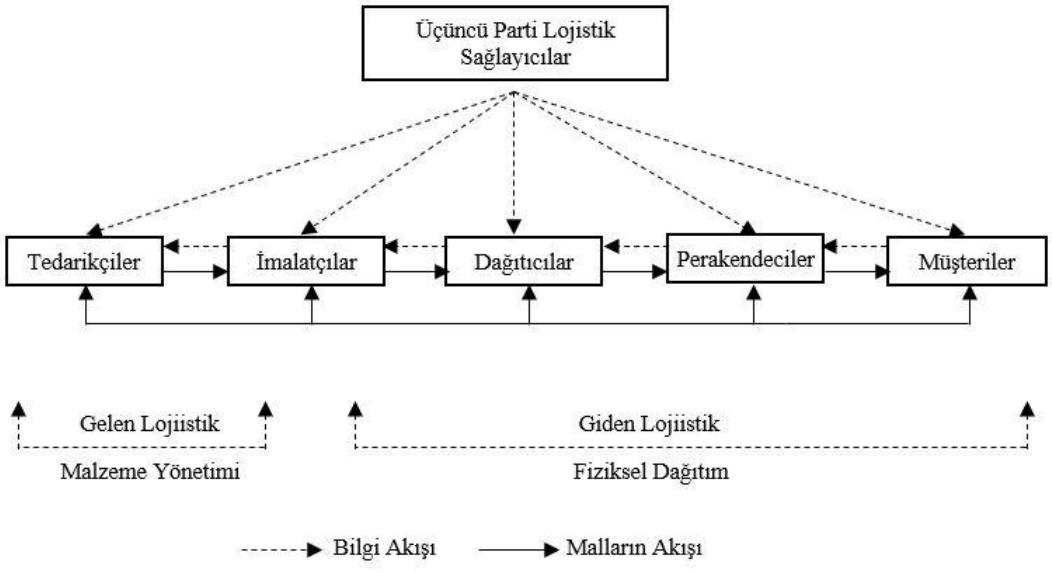
Birçok araştırmacı ve akademisyen konunun artan önemine paralel olarak tedarik zinciri ile ilgili farklı tanımlamalar yapmıştır. Bu tanımlardan bazılarına aşağıda yer verilmiştir.

Basit ve genel olarak tedarik zinciri, işletme faaliyetlerini karlı bir şekilde sürdürmek amacıyla, işletme genelindeki kaynakların akışı ve yönetimi olarak ifade edilebilir (Sehgal, 2009, s. 3). Tedarik Zinciri, bir ürün veya hizmeti tedarikçiden müşteriye ulaştırmaya dahil olan kuruluşlar, insanlar, faaliyetler, bilgiler ve kaynaklar sistemi olarak tanımlanmaktadır. Tedarik zinciri faaliyetleri, doğal kaynakların,

hammaddelerin ve bileşenlerin son müşteriye teslim edilen bitmiş bir ürüne dönüştürülmesini içermektedir (Singh & Verma, 2018, s. 3868).

Genel bir tanım olarak tedarik zinciri, hammaddelerin temini, bu hammaddelerin nihai ürün haline getirilmesi ve bu nihai ürünlerin de müşterilere ulaştırma işlemlerini sağlayan, tesis ve dağıtım seçeneklerinin ağı olarak ifade edilebilir (Karasu, 2006, s. 4). Bir başka tanımlamayla tedarik zinciri, malzeme temini faaliyetlerini yerine getiren, bunları yarı mamul ve mamullere dönüştüren ve daha sonra bunları dağıtım kanalıyla müşterilere ulaştıran hizmet ve dağıtım alternatiflerinden müteşekkil şebekeyi ifade eder. Bu şebeke, işletmelerin faaliyet gösterdiği sektör, kuruluş amacı ve yapısı gibi farklılıklar sonucu değişkenlik gösterir (Elagöz, 2006, s. 52).

Farklı bir tanımlamada tedarik zinciri, birbirine bağlı tedarikçilerden sağlanan ürün ve hizmetler ile son kullanıcı gereksinimlerinin tatminini amaçlayan fiziksel, bilgisel, finansal akışları kapsayan ömür devri süreçleri olarak ifade edilmektedir. Buna göre, tedarik zincirinin sadece tedarikçiden son kullanıcıya doğru akışı ifade eden bir kavram olmadığı, malzeme, bilgi ve finansal varlıkların geriye doğru akışı gibi birçok unsurun göz önüne alınması gerektiği savunulmaktadır (Ayers, 2006, s. 5). Bir tedarik zincirinde yalnızca fiziksel mal akışı değil aynı zamanda bilgisel akış da gerçekleşmektedir (Ayers, 2006, s. 5). Basit bir tedarik zinciri Şekil 2.1'de sunulmuştur.



Şekil 2. 1: Tedarik Zinciri Süreci (Öztürk, 2016, s. 18)

Şekil 2.1 tedarik zincirinin iş birimleri arasında fiziksel mal akışından daha fazlasını içerdiğini de göstermektedir. Tedarik zinciri mal akışının yanında iş birimleri arasındaki bilgi akışını da içermektedir. Bu bilgi akışı yani iş birimleri arasındaki iletişim, tedarik zincirinin yönetilebilmesi ve devamlılığı için gereklidir. Tedarik zincirlerinin kapsamı, organizasyon boyunca talebin başlangıcından siparişlerin teslim edilmesine kadar uzanır. Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçi ve müşteri faaliyetlerini verimli bir şekilde birbirine entegre etmeye odaklanmıştır. Bunun sonucunda ürünler, hizmet düzeyinde gereksinimleri karşılarken, sistem genelinde maliyetleri en aza indirgemek için doğru miktarlarda, istenilen kalitede, uygun fiyatlarla ve zamanında üretilir ve doğru yere dağıtılır (Visser vd., 2010, s. 382).

Genel olarak etkili bir tedarik zincirinin sağlanması için yedi ana madde bulunmaktadır. Bunlar (Karabay, 2006, s. 56; Akyüz, 2021, s. 61);

- Entegrasyonun sağlanmış olması,
- Bilgisel akışın eksiksiz ve kesintisiz olması,
- Ortaya çıkan riskler ile beraber kazanılan ödüllerinde paylaşılması,
- İşbirliğinin sağlanması,
- Müşterilere sağlanan hizmetlerde ortak hedef ve faaliyetlere odaklanılması,
- Süreçlerin birbirleriyle uyumlu olması,
- Ortaklar ile etkili ve uzun süreli ilişkilerin oluşturulması olarak sıralanmaktadır.

2.2. Tedarik Zinciri Koordinasyonu ve Önemi

Tedarik zincirinde bir aşamanın veya bir tedarik zinciri üyesinin başarısız olması, tedarik zincirinin genel performansını ve rekabet edebilirliğini etkileyecektir. İşletmelerin, hedeflerine ulaşabilmeleri için tedarik zinciri üyeleri arasında koordinasyonu geliştirmesi önem arz etmektedir (Galal & Abdul Moneim, 2016, s. 419). Tedarik zinciri kavramı açısından koordinasyon şirketlerin birbirine bağlılıklarını gözetmeleri ve toplam tedarik zinciri kazancına göre tutarlı kararlar almaları anlamına

gelmektedir. Koordinasyon sağlanabilmesi için üyelerin tedarik zincirinin amaçlarının ortak belirleyecek şekilde bilgi alışverişinde bulunmaları, riskin ve kazancın adil paylaşılması ilkelerine bağlı kalmaları gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında koordinasyon, tüm tedarik zinciri üyelerinin daha iyi iş sonuçları elde etmek için kazan-kazan ilkesinde buluşmalarıdır (Arshinder vd., 2009, s. 1177).

Tedarik zincirinin koordine edilmesinin şirketler açısından birçok faydası mevcuttur. Koordinasyon sayesinde tedarik zinciri üyeleri gereksiz stok taşımaktan kurtulmaktadır. Teslimat süreleri kısalmakta satış miktarları artmaktadır. Üretim maliyetleri azalırken müşteri memnuniyeti artmaktadır. Talep belirsizliği riski azalmakta şirketlerin esnekliği ve dinamikliği artmaktadır (Chopra & Meindl, 2016, s. 268).

Tedarik zinciri koordinasyonundaki eksiklikler ise bir takım olumsuzluklara sebep olabilmektedir. Tedarik zincirinde üyeler arasında bilgi paylaşımında ortaya çıkan bozulmalar sonucunda koordinasyon eksikliği ortaya çıkmaktadır. Koordinasyon eksikliği durumunda tedarik zinciri üyelerinin maliyetleri artmakta, kazançları azalmakta ve nihayetinde toplam tedarik zinciri karı azalmaktadır. Bu temel olumsuz sonucun bileşenleri olarak, koordinasyon eksikliği durumunda ortaya çıkan problemler imalat maliyetinin artması, stok maliyetinin artması, teslimat sürelerinin uzaması, nakliye maliyetlerinin artması, sipariş karşılama düzeyinin azalması, tedarik zinciri üyeleri arasındaki ilişkinin bozulması olarak sıralanabilir. Tedarik zinciri koordinasyon eksikliğinin oluşturduğu olumsuz sonuçların ortadan kaldırılması tedarik zinciri yöneticileri için önemli bir görevdir. Yöneticilerin koordinasyon sağlanmasının önündeki engelleri aşması için hedef ve önceliklerin hizalanması, bilgi paylaşımında şeffaflık ve doğruluk, operasyonel performansın iyileştirilmesi, fiyatlandırma stratejilerinin geliştirilmesi, stratejik işbirliği ve güven gibi alması gereken aksiyonlar ve yapılması gereken faaliyetler bulunmaktadır (Chopra & Meindl, 2016, s. 268-269).

Tedarik zinciri üyeleri arasında stratejik işbirlikleri kurulması ve yönetilmesi, tedarik zinciri kontratları, bilgi paylaşımı ve bilgi teknolojileri, ortak karar mekanizmaları gibi koordinasyon mekanizmaları kullanılarak sağlanmaktadır. Bağımsız karar alan tedarik zinciri üyeleri arasında koordinasyon sağlanması için kullanılan bu mekanizmalar, tedarik zinciri üyelerinin tedarik zincirindeki rollerine ait yetki ve sorumlulukların çerçevesini belirlemektedir (Ambilikumar, Bhasi & Madhu, 2015, s. 18).

2.3. Tedarik Zinciri Yönetim Süreçleri

Tedarik zinciri yönetimi bir süreç olarak ele alındığında; hammadde kaynağının tespit edilmesinden başlayarak, hammadde ve malzemenin temin edilmesi, üretim yerine ulaştırılması, gerektiğinde depolanması, üretime alınarak mamul haline getirilmesi, pazarlanması ve doğrudan veya dolaylı olarak son kullanıcıya teslim edilmesi süreci olarak tanımlanabilmektedir (Nebol, 2016, s. 4). Tedarik zinciri yönetimi süreç odaklı olup maliyetleri azaltarak kalitenin yükseltilmesi hedeflenmektedir. Buna göre tedarik zinciri yönetimini tamamlayan süreçler başarı için kritik öneme sahiptir (Yıldırım, 2009, s. 180).

Tedarik zinciri yönetim sürecinin en büyük sorunu tedarik zinciri içerisinde yer alan bütün işletmelerin ayrı ayrı fonksiyonel yapılarının olması ve yapılandırmalarının farklı olmasıdır. Her bir işletme için yapmış olduğu faaliyetler farklı adlandırılmakta ve önem sırasını işletmesinin çıkarlarına göre belirlemektedir. Buna bağlı olarak etkili bir yönetim süreci için tedarik zincirinde yer alan işletmeler arasında hangi süreçlerin daha önemli olduğu konusunda karara varılmalı ve bu süreçlerin zincir boyunca entegrasyonunun sağlanması gerekmektedir (Karaduman, 2009, s. 39).

Küresel Tedarik Zinciri Forumu tedarik zinciri yönetiminin özünü oluşturan süreçleri müşteri ilişkileri yönetimi, müşteri hizmet yönetimi, talep yönetimi, sipariş karşılama, üretim akış yönetimi, satın alma, ürün geliştirme-ticarileştirme ve iadeler olmak üzere sekiz ana başlık altında tanımlamıştır (Croxton vd., 2001, s. 14). Bu süreçler devam eden maddelerde ele alınmıştır.

Müşteri İlişkileri Yönetimi: Müşteri ilişkileri yönetimi pazarlama literatüründe son yıllarda uygulama sahası bulmuş, bir rekabetçi pazarlama stratejisidir. Özellikle üretim ve hizmet işletmelerinde, müşterilerin sadakatini ve tatminini artırmaya, sürekliliğini sağlamaya ve geliştirmeye dönük olarak uygulanan, mevcut müşterileri elde tutmayı, onlarla ilişkileri geliştirmeyi amaçlayan stratejik bir eğilimdir (Yurdakul, 2015, s. 2).

Müşteri ilişkileri yönetimi süreci, müşteri ile olan ilişkinin nasıl geliştirilip sürdürüleceği konusunda bir yapı sağlar. Yönetim, hedef müşterileri belirler ve müşteri,

firmanın iş misyonunun bir parçası olarak hedeflenecek gruplar haline gelir (Croxton, vd., 2001, s. 13). Entegre bir tedarik zinciri yönetimine ilk adım, kuruluşun iş misyonu için kritik olarak hedeflediği önemli müşterileri veya müşteri gruplarını belirlemektir. Bu kilit müşteri grupları ile performans seviyelerini belirleyen ürün ve hizmet anlaşmaları yapılmaktadır. Müşteri servis ekipleri, talep değişkenliği kaynaklarını belirlemek ve ortadan kaldırmak için müşterilerle birlikte çalışır. Müşterilere sağlanan hizmet seviyelerinin yanı sıra, müşteri karlılığının analizinde, performans değerlendirmeleri yapılır (Lambert, 2017, s. 108).

Firmalar müşteri ilişkileri yönetimi ile sahip olunan müşteri portföyünü izleme, müşterilere özel hizmetler sunabilme imkanı elde etmekte ve yeni müşterilerini daha bilinçli olarak seçebilmektedir. Müşteri ilişkileri yönetimi ile işletmeler daha güncel bilgilere ulaşarak, işletmeleri pazarlama ve satış anlamında daha etkin hale getirmektedir. Müşteri ilişkileri yönetimi sistemleri, müşterileri hakkında ölçülebilir bilgiler elde etmenin yanında, müşteri sadakatinin kazanılmasında da sağlayarak, firmalara katkıda bulunmaktadır (Ateş, 2007, s. 80).

Müşteri Hizmet Yönetimi: Müşteri hizmetleri yönetimi müşteriye karşı firmanın yüzü olarak tanımlanabilir. Müşteri ilişkileri yönetimi safhasında hazırlanan ürün ve hizmet anlaşmalarının yönetilebilmesi için kritik önem taşır. Ürünün bulunma durumu, gönderilme tarihi ve sipariş durumu gibi müşterinin talep edebileceği bilgiler için birincil kaynak sağlar. Ürün ve hizmet anlaşmalarının uygulanması için önemli olan temasların sağlandığı safhadır (Lambert, 2017, s. 108-109). Stratejik seviyede amacı, ürün ve hizmet anlaşmalarının uygulanması için gerekli altyapı ve koordinasyon araçlarını geliştirmek ve müşteriye birebir iletişim kurabileceği bir nokta sağlamaktır. Operatif seviyede ise işletme içinde ya da dışında oluşan olaylara yanıt verecek bir mekanizma olarak görev yapmaktır (Croxton vd., 2001, s. 17).

Bu yönetim şekli, müşterinin bir işletmeye baktığında dikkatini çeken ilk kısımdır. Müşteri hizmet yönetimi, üretim ve lojistik işlemleri gibi süreçlerin sonucunda belirlenen süre içerisinde ürünün temin edilmesi, ulaştırılması vb. konularda müşteriye tam zamanlı ve doğru bilgi aktarımında bulunmaktır (Karaduman, 2009, s. 41). İşletmelerin başarılı olması için genel olarak da bilindiği üzere müşteri hizmetlerinin etkili bir şekilde yönetilmesine bağlıdır (Ross, 2011, s. 181-182). Müşteri hizmetlerinin doğru yönetilmesi

için işletmenin bünyesinde barındırdığı ortaklarının ve tüm personellerinin bu sürece odaklanması gerekmektedir (Arabacı, 2010, s. 27). Artık ürünler olduğu gibi kabul edilmemekte, müşteriler daha fazla ürün çeşitliliği talep etmekte ve firmalar bu taleplere cevap vererek rakiplerinden farklılaşabilmektedir. İtme pazarı kademeli olarak müşteri farklılaşması, daha kısa ürün yaşam döngüleri ve özel çözümler ile karakterize edilen bir çekme pazarına dönüşmüştür. Ürün kalitesi, ayırt edici bir özellik olarak ve müşteri güveni ile sadakatini kazanmada önemli bir faktör olarak kabul edilmiş ve daha fazla önem verilmiştir. Bu çerçevede, müşteri hizmetleri yönetiminin başarılı olması için işletmelerin müşteri odaklı çalışması gerekmektedir (Zijm, 2019, s. 36).

Talep Yönetimi: Talep yönetimi süreci, müşterilerin ihtiyaç ve beklentileri ile işletmenin arzlarını dengelemeye çalışır. Talep yönetim süreci, taleplerin tahminlerini, bu tahminlerle birlikte üretim, satın alma ve dağıtım süreçlerini uyumlaştırmaktadır. Ayrıca ansızın yaşanan beklenmeyen durumlarda ne yapılması gerektiğine dair alternatif planlar geliştirir ve bunları yönetir. Yanlış talep tahminleri yapıldığı zaman talep yönetimi olumsuz etkilenir. Böyle bir durumda, belli stoklarda stok birikmesi, bazı durumlarda ciddi stok açıkları, stok seviyelerinin dramatik biçimde azalması ile karşılaşılabilir (Çavuş, 2018, s. 17).

Talep yönetimi, geçmiş dönemlerde tedarik zincirinin bir parçası gibi kabul edilmemekle birlikte bugün tedarik zincirinin önemli bir unsuru haline gelmiştir. Talep yönetimi talep ve tedarik kısmında yer alan yöneticiler arasında organize edilmiş bir karar alma aşamasıdır. Talep yönetimi ile sürdürülebilir kar elde etmek amaçlanmaktadır. Tüketiciler açısından rekabetçi olan bir ürüne veya doğru bir tedarik zincirine sahip olmak yeterli değildir. Bireysel tüketici açısından da tedarik zinciri doğru olmak zorundadır. Talep yönetiminin amacı, tüketiciye ürün çeşitliliğini vermenin yanında ayrıca belirli bir ilişkinin oluşmasını sağlamaktır. Tedarikçi müşteriye nasıl yaklaşacağının yanında aynı zamanda müşteriler için daha nasıl farklılıklar yaratabileceği konusunda da hazır bulunmalıdır (Başkol, 2011, s. 72).

Talep planlama kararları ile gelecekteki müşteri taleplerine yönelik tahminde bulunulur. Bu tahminler, işletmenin gelecekteki teçhizat, işgücü, hammadde gibi ihtiyaçların belirlenmesinde kullanılır. Eğer işletmeler tarafından talep tahminleri sağlıklı ve güvenilir bir şekilde işlemez ise, işletmenin satış ve ciro hedefleri tutturulamaz ve

maliyetlerin kontrol altına alınmasında sıkıntılar yaşanır. İyi bir talep yöntemi ile işletmeler yüksek stok maliyetlerinden kurtulabilirler (Öztürk, 2016, s. 20).

Sipariş Karşılama: Tedarik zincirinde kilit noktalardan biriside müşteri siparişlerinin karşılanmasıdır. Çünkü firmaların tedarik zinciri müşterilerin talep ve istekleriyle birlikte harekete geçmektedir. Bu sürecin verimli yönetilebilmesi için üretim, pazarlama ve dağıtım süreçlerinin entegrasyonunun sağlanması gerekmektedir. Tedarik zinciri yönetiminin en önemli aşamalarından biri sipariş karşılamadır. Sipariş karşılama, müşteri taleplerini karşılayarak müşteri memnuniyetini sağlamaktır. Bu süreçte üretim, lojistik ve pazarlama gibi faaliyetler bir uyum içerisinde gerçekleşmelidir (Kaya, 2011, s. 16; Lambert, 2017, s. 109).

Müşterilerin vermiş olduğu siparişler tedarik zinciri yönetimini harekete geçirir. Sipariş karşılama aşaması sadece siparişleri karşılamak değil, aynı zamanda müşterilerin ihtiyaçlarını en üst düzeyde karşılarken, sipariş maliyetlerini de en aza indirmeyi amaçlar (Kaya, 2011, s. 16). Sipariş karşılama sürecinin, müşteri sayısının fazla, talep tahmininin zor olmasından dolayı başarıyla uygulanması büyük önem taşır. En küçük yaşanacak bir bilgi hatası, eksik not alınması sipariş karşılamada tüm süreci olumsuz yönde etkileyecektir. Sipariş karşılamada yaşanacak olan bir sorun müşteri memnuniyetsizliğine sebep olabilir (Cavlak, 2012, s. 30).

Üretim Akış Yönetimi: Üretim akış yönetimi ürünlerin imal edilmesi ve hedef pazarlara ulaşabilmek için gerekli olan üretim esnekliğini oluşturma konularıyla ilgilidir. Bu süreç, üretim tesislerindeki ürün akışını yönetmek ve üretimin esnekliğini sağlamak ve bu esnekliğini yönetmek için gerekli olan tüm faaliyetleri içermektedir (Croxto vd., 2001, s. 22).

Üretim akışı yönetimi, üretim süreçleri tamamlanmış olan ürünlerin, üretim yapılan merkezden, diğer yerlere doğru hareketinin sağlanmasının ve tedarik zincirine esneklik kazandırılmasının amaçlandığı bir süreçtir. Burada ifade edilen esneklik, planlama ve yönetim, bütün tedarik zinciri bileşenlerine yayılmalıdır (Ateş, 2007, s. 82).

Tedarik zinciri yönetimi ile ürün, müşteri ihtiyacına göre tesisten çekilir. Üretim süreçleri piyasa değişikliklerine cevap verebilmek için esnek olmalıdır. Bu kitlesel olarak

özelleştirilmiş taleplere uyum sağlamak için, hızlı bir değişim gerçekleştirme esnekliği gerektirir. Üretim öncelikleri, istenen teslim tarihlerine göre belirlenir. Üretim planlamacıları, her müşteri grubu/bölümü için stratejiler geliştirmek için müşteri planlamacıları ile birlikte çalışır. Üretim akış sürecindeki değişiklikler, daha kısa çevrim sürelerine yol açar, bu da müşterilere daha hızlı yanıt verilmesini sağlar. Belirli bir zaman içinde olabilecek en düşük maliyetle geniş çeşitlilik yelpazesinde ürün üretebilme yeteneği bu sürecin başarısını göstermektedir. (Lambert, 2017, s. 110).

Tedarikçi İlişkileri Yönetimi: İlk olarak satın alma olarak ortaya çıkan bu yönetim modeli zamanla tedarikçi ilişkileri yönetimi olarak daha geniş bir anlam kazanmıştır. Bu yönetim şekli işletmelerin tedarikçilerini nasıl belirleyeceği ve onlarla ne tür ilişkiler kuracağı konusunda ne tür kararlar alınması gerektiğini belirlemektedir. Nasıl ki müşteri ilişkileri yönetiminde müşterilerle olan ilişkilerin geliştirilmesi hedefleniyorsa bu yönetim şeklinde de tedarikçilerle olan ilişkiler incelenmekte ve geliştirilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Tedarik zinciri iyi yönetilmemesi durumunda zincir içerisinde yaşanacak en ufak bir aksaklığın diğer üyeleri de negatif yönde etkileyeceğinden bu süreçte firma için son derece önemlidir. Bu nedenle firmalar tedarikçileri ile ilişkilerinin ve çalışma stratejilerini belirlemek için anlaşmalar yapmalı ve bu anlaşmaya göre hareket etmelidir. Ayrıca firmaların yapılarıyla ve stratejileriyle uyumlu tedarikçilerle çalışması gerekmektedir (Croxton vd., 2001, s. 24).

Tedarikçi ilişkileri yönetimi, stratejik kaynak bulma ve geleneksel tedarik girişimlerinin başarısını geliştirmek için bir fırsat sunar. Maliyetleri azaltmak, yeni ürünlerle yenilik yapmak, uzun vadeli iş birliğine ve ortak başarıya yönelik karşılıklı taahhüt temelinde her iki taraf için değer yaratmak için kilit tedarikçilerle ortaklık ilişkileri geliştirmeyi içerir (Lambert & Schwieterman, 2012, s. 338).

Bir işletme müşterileriyle iyi ilişkiler geliştirmenin yanı sıra tedarikçileriyle olan ilişkilerini de geliştirmelidir. Müşteri ilişkileri yönetiminde olduğu gibi, bir işletme tedarikçilerinin belirli kısmıyla yakın iş birlikleri geliştirirken, diğerleriyle daha olağan ve sıradan bir iş birliğini sürdürmelidir. Her tedarikçi, işletmeyle arasında olan iş birliğinin koşullarını tanımlayan bir ürün ve hizmet anlaşması olmasına olumlu yaklaşım sergiler (Croxton vd., 2001, s. 24).

Tedarikçi ilişkileri yönetimi ve müşteri ilişkileri yönetimi, tedarik zinciri boyunca kritik bağlantıları sağlar ve diğer terarik zinciri yönetimi süreçlerinin her biri bu bağlantı aracılığıyla koordine edilir. Her müşteri açısından, tedarikçi ilişkileri yönetimi süreci için en kapsamlı başarı ölçüsü, bir tedarikçi veya tedarikçi segmentinin firmanın karlılığı üzerindeki etkisidir. Tedarik zincirindeki her tedarikçi için, müşteri ilişkileri yönetimi süreci için nihai başarı ölçüsü, zaman içinde bireysel bir müşterinin veya müşteri segmentinin karlılığındaki olumlu değişikliktir. Buradaki amaç, ilişkiyi daha da geliştirerek her iki tarafın karlılığını artırmaktır (Lambert & Schwieterman, 2012, s. 338).

Ürün Geliştirme ve Ticarileştirme: İşletmeler için pazara hakim olmak ve mevcut hakimiyetlerini korumak için yeni ürünler geliştirmek oldukça önemli bir kriterdir. İşletmeler için önemli olan etken sadece yeni bir ürün geliştirmek değil geliştirilen bu ürünü pazara uygun zamanında sokabilmek de önemlidir. Buna bağlı olarak tedarik zinciri yönetiminde tedarikçiler ve müşteriler bu sürece dahil edilerek ürün geliştirme ve pazara girme sürelerinin daha kısa ve uygun olması amaçlanmaktadır. Ürünü pazara sunma süresini azaltmak için müşteriler ve tedarikçiler ürün geliştirme sürecine entegre edilmelidir. Ürün yaşam döngüleri kısaldıkça, rekabetçi kalabilmek için doğru ürünler geliştirilmeli ve daha kısa zaman dilimlerinde başarılı bir şekilde piyasaya sürülmelidir (Lambert, 2017, s. 110-111).

Ürün tasarımı, ürün yaşam döngüsü değerlendirmelerinde en önemli aşamadır. Bu aşamada verilen kararlar, malzemeyi, kaliteyi, süreci, paketleme ve lojistiği ve en sonunda da hurdaya ayrıldığında ürünün nasıl işleneceğini büyük ölçüde etkiler (Heizer & Render, 2014, s. 192). Malzeme sorunlarına ve tasarım konularına ortak çözümler bulmak için, üreticiler ve tedarikçiler daha fazla miktarda bilgi paylaşımında bulunmalı ve hassas tasarım bilgilerini paylaşmaya istekli olmalıdır. Bu sayede üretim performansı, karlılık ve kapasite artışı sağlanabilecektir (Njagi & Shalle, 2016, s. 4).

İade Yönetimi: Geleneksel tedarik zinciri yönetiminde ürünlerin nihai tüketiciye teslimatı son aşama olarak görülmektedir. Fakat günümüz koşullarında verimli bir tedarik zinciri yönetimi için teslimat sonrası işlemleri kapsayan iade yönetimi de önem kazanmıştır. İade süreci, işletme yöneticilerinin önemsiz görmesi sebebiyle birçok işletme tarafından ihmal edilmektedir. Ancak bu sürecin etkin bir şekilde işletilmesi işletmenin sürdürülebilir rekabet avantajına sahip olmasını sağlamaktadır. İade yönetimi

sürecinin etkin olarak işletilmesi tedarik zinciri yönetiminin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu süreç ile işletmeler verimliliklerini artırarak yeni projeler geliştirme konusunda rakiplerine göre avantaj sağlayabilmektedir (Croxton vd., 2001, s. 24-28).

Bu sürecin stratejik olarak ilk aşaması çevresel kuralların değerlendirilmesidir. Ürünlerin kullanım ömürlerinin sona ermesi ile birlikte yasal süreçlerle ve çevresel şartlarla uyumlu olarak iade planının yapılması, tersine lojistik işlemlerinin ayarlanması gerekmektedir (Croxton vd, 2001, s. 24). İade yönetimi süreci, iadeler, tersine lojistik ve kaçınma ile ilgili faaliyetleri ve bunların firma içinde ve tedarik zincirinin kilit üyeleri arasında nasıl yönetildiğini içermektedir. Bu sürecin doğru uygulanması, yönetimin yalnızca ters ürün akışını verimli bir şekilde yönetmesini değil, aynı zamanda istenmeyen iadeleri azaltma olanaklarını belirlemesini ve konteynerler gibi yeniden kullanılabilir varlıkları kontrol etmesini sağlamaktadır. Birçok sektörde, etkili bir iade yönetimi süreci, sürdürülebilir bir rekabet avantajı elde etmek için bir fırsat sağlamaktadır (Lambert & Schwieterman, 2012, s. 352).

2.4. Tedarik Zinciri Fonksiyonları

Tedarik zinciri fonksiyonları stratejik aşama, taktik aşama ve operasyonel aşama olarak üç aşamada toplanmaktadır (Özer, 2014, s. 13; Cho vd., 2012; s. 803; Estampe vd., 2013, s. 254). Stratejik aşamada alınan ve uygulanan kararlar temel olarak tedarikçilerle, ürünlerle, üretim yöntemleriyle, müşterilerle ve dağıtım şekilleri ile ilgilidir. Üretim için gerekli olan tesislerin nerede konumlandırılacağı ve kapasite miktarlarının ne olacağının belirlenmesi, hangi tedarikçilerle nasıl işbirliklerinin oluşturulacağının belirlenmesi, ürünlerin çeşitliklerinin ve hedeflenen tüketici gruplarının belirlenmesi gibi faktörler ile ilgili alınan kararlar stratejik aşamada alınan kararlardır. Bu aşamada alınan kararlar tüketicilerin isteklerine göre en uygun ürünü en az maliyetle sunma gibi amaçlar planlandığı için firmaların verimliliğine önemli katkısı vardır. Taktik aşamada ise ortaya çıkacak ürünün özelliklerinin nasıl olacağı, gerekli olan hammaddeyi hangi tedarikçilerden temin edileceği ve üretilecek ürünün maliyetinin en aza indirilmesi için nasıl bir yol izleneceği konusunda kararlar alınmaktadır. Ayrıca depolama ve lojistik organizasyonlarının etkili ve maliyetinin en aza indirilmesi için gerekli kararların alınması da bu aşamaya dahildir. Operasyonel aşamada ise ürün, bilgi ve para akışının

zincir içerisindeki akışı ile ilgili kararlar verilmektedir. Üretim planlaması, gerekli hammadde temini için tedarikçilerle anlaşmaların yapılması, siparişler ile ilgili müşterilerle anlaşmaların sağlanması ve lojistik firmaları ile yapılan anlaşmalar bu aşamanın içerisindedir (Hadiguna, 2013, s. 25).

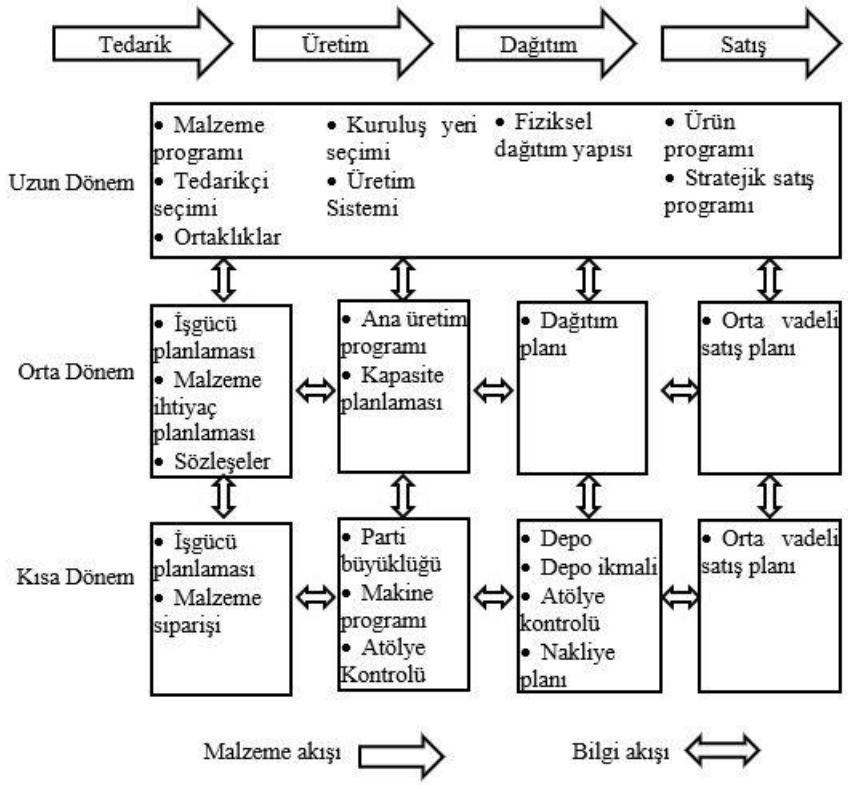
Tedarik zinciri kapsamına dahil olan fonksiyonlar, tedarik zinciri karması olarak ifade edilmektedir. Bu fonksiyonlar (Quayle, 2006, s. 107-108):

- Planlama ve Pazarlama Stratejisi: Ürün tasarımı ve pazarlama politikalarının malzeme ve dağıtım ihtiyaçları üzerindeki etkilerini incelemektedir.
- Satınalma: Kaynak araştırması ve seçimi, kontratlar, tedarikçi işbirliği ve tedarikçi geliştirme faaliyetlerini kapsamaktadır.
- Üretim Planlama: Tesis kapasitesi, konumu ve yerleşimi, çizelgeleme, üretim kaynak planlaması ve üretim kontrol faaliyetlerini içermektedir.
- Depolama ve Malzeme Elleçleme: Malların depolanması, paketlenmesi ve stok hareketleri faaliyetlerini kapsamaktadır.
- Stok Yönetimi: Stok kontrolü, minimum, optimum stok düzeyinin belirlenmesi, stok maliyetlerinin azaltılması, fire ve atıl oranlarının minimize edilmesi faaliyetlerini incelemektedir.
- Depo ve Mağazalar: Konum ve kapasite optimizasyonu ve operasyonların iyileştirmesini kapsamaktadır.
- Nakliye: Çizelgeleme, rota belirleme ve operasyonların yönetimi faaliyetlerini içermektedir.
- Müşteri Hizmetleri: Talep tahmini, hizmet seviyesi, sipariş işleme, yedek parça ve satış sonrası hizmet faaliyetlerini kapsamaktadır.
- Teknik Destek: Tedarik zinciri faaliyetlerin sürdürülebilmesi için gerekli yönetim sistemleri ve destek karar sistemlerini içermektedir (Quayle, 2006, s. 107-108).

2.5. Tedarik Zinciri Planlaması

Tedarik zinciri süreçlerinden ilkini üretim için gerekli olan kaynakları (malzeme, işgücü, vb.) sağlamadaki tüm alt süreçleri kapsayan "tedarik" süreci oluşturur. Birçok kısıtlı kaynağı girdi olarak kullanan "üretim" süreci, çok çeşitli alt süreçlerden oluşabilir.

"Dağıtım" süreci ürün ile müşteri veya perakendeciler arasında köprü görevi üstlenir. Bu üç sürecin de oluşması için talebin olması gerekir, bu da "satış" sürecinin kapsamına girer. Yapılacak olan tedarik zinciri planı Şekil 2.2'de gösterilen tedarik zinciri planlama matrisine uygun olarak uzun, orta ve kısa dönemli olarak yapılabilir (Nemati & Alavidoost, 2019, s. 4871).



Şekil 2. 2: Tedarik zinciri planlama matrisi (Stadtler ve Kilger, 2010, s. 63)

Yapılan bu planlama süreçlerinde yatay bilgi akışı; müşteri siparişi, satış tahmini, üretim ve depo ikmali için gerekli olan bölümler arası işletme içi siparişler, tedarikçiden satın alma emirlerinden oluşur. Yatay bilgi akışı tüm tedarik zinciri boyunca müşteriden gelen sipariş ile başlar ve devam eder. Komşu olan veya olmayan süreçler arasında çift yönlü olarak gerçekleşen bilgi akışı tedarik zincirinin performansını önemli ölçüde arttırır. Dikey yönde gerçekleşen bilgi akışı bir üst düzeydeki planı kontrol etmek için gerekli olan alt planlardaki bilgiyi sağlar. Bu bilgiler bir üst düzeyde tedarik zincirinin performansını arttırmak için kullanılan, maliyet bilgileri, üretim oranları, tedarik süreleri, ekipman ve iş gücü durumu gibi bilgileri içerir (Stadtler ve Kilger, 2010, s. 63).

2.6. Tedarik Zinciri Stratejileri

Tedarik zinciri stratejisi, üretimdeki verimliliği artırmak amacıyla stabil bir program sağlanması ve tedarik zincirinde tüm fazla maliyetleri ortadan kaldırmak amacıyla tedarikçiden müşteriye kadar bir değer akışı geliştirmeyi hedefler. Tedarik zinciri stratejileri bir işletmenin tüm politikalarını, planlarını ve kültürünü içeren stratejilerin bütünüdür. Tedarik zinciri stratejisi müşteriye daha hızlı yanıt verme süresi, kitlesel özelleştirme ve çeşitlendirilmiş ürün gruplarıyla karakterize edilen daha fazla talep odaklı olmaktır (Roh vd., 2014, s. 200-202).

Genel anlamda iki tür tedarik zinciri stratejisi vardır. Yalın tedarik zinciri ve çevik tedarik zinciri ancak son dönemlerde tedarik zinciri stratejilerinde tek bir modelin, her beklentiye cevap veremeyeceği görüşü yaygınlaştığı için hibrid model olarak adlandırılan "yalın ve çevik" stratejileri de açıklanmıştır.

2.6.1. Yalın Tedarik Zinciri Stratejisi

Yalın düşünme çeşitli şekillerdeki fazlalıkların ortadan kaldırılmasını içerir. Müşterilerin gözünde hiçbir değeri olmayan fakat kaynakları tüketen faaliyetler 'Yalın' paradigmada ortadan kaldırılması gereken fazlalıklardır (Goldsby vd., 2006, s. 57).

"Yalın" terimi bir dizi faaliyet veya israfı ortadan kaldırmak için katma değeri olmayan (non-value added) işlemleri azaltarak bunun yanında katma değeri (value-added) olan işlemleri geliştirerek çözüm bulmaktır (Wee & Simon, 2009, s. 336).

Yalın sistemin ana hedefi atıkların giderilmesidir. Atık değeri olmayan veya değer katmayan herhangi bir şeydir. Büyük İtalyan heykeltraş Michelangelo'ya ne heykeli yaptığı sorulduğunda, heykel yapmadığını, gereksiz kayaları (atıkları) çıkartarak içindeki figürü (değeri) ortaya çıkardığını söylemiştir. Yalın yaklaşım, Michelangelo gibi, herhangi bir işlem veya üründeki tüm atık türlerini sadece değerli olana kadar kaldırmayı ifade etmektedir. Anahtar cümle, israfı tespit etmek ve israfı durdurmaktır (Domingo, 2015, s. 1).

Yalın sistem atıkların eliminasyonu için yedi çeşit atık sınıflandırması yapmıştır (Domingo, 2015, s. 1).

- Fazla üretim: İhtiyaçtan fazla üretim ve ihtiyaçtan hızlı üretimdir.
- Atık işleme: Üzerinde çalışılan veya üretilen ancak öğeye değer katmayan gereksiz imalattan gelir.
- Taşıma atığı: Herhangi bir şey, insanlar, ekipman malzemeleri, araçlar, belgeler gereksiz yere bir yerden başka bir yere taşındığında, nakliye atığı oluşur.
- Bekleme süresi kaybı: İnsanlar ve ekipman gibi kaynaklar, varıştaki gecikmelerden, bilgi aktarımının gecikmesi de dahil olmak üzere gereksiz yere beklemeye zorlandığında olur.
- Stok atıkları: Aşırı malzeme veya diğer kaynakların satın alınması, düzenlenmesi, depolanmasından kaynaklanmaktadır.
- Hareket atığı: Bir görevi yerine getirirken gereksiz vücut hareketleri yapıldığında meydana gelir.
- Kusur atığı: Kusurlar olmadan ilk seferinde doğru olanı yapmak kalitedir.

2.6.2. Çevik Tedarik Zinciri Stratejisi

Çevik tedarik zinciri stratejisi, tedarik zincirinin değişen müşteri ihtiyaçlarına etkili ve hızlı cevap vermeyi amaçlar (Tarafdar & Qrunfleh, 2017, s. 2).

Çevik tedarik zinciri stratejisi, değişen müşteri ihtiyaçlarına ve rekabetçi bir piyasaya daha hızlı, dinamik ve sürekli yanıt vermesi nedeniyle esneklik ve uyarlanabilirlik şeklinde açıklanabilir. Tedarik zinciri düzeyinde müşteriye cevap vermek son derece önemlidir ve gerekli olan organizasyon, müşterinin değişen ihtiyaçlarına cevap verebilme yeteneğine sahip olmak zorundadır. Bu yetenekte, piyasa değişimlerini algılayarak müşteri taleplerindeki değişimi görüp gerekli olan organizasyonu yapabilmesidir (Huma & Siddiqui, 2019, s. 4).

Tedarik zinciri çevikliği, firmaların müşterilerine ürünlerini uygun maliyetli ve zamanında sunmak için yenilikçi üretim ve teslimat yeteneğini kullanmasıdır. Yoğun rekabet baskılarının yanı sıra piyasalardaki belirsizlik kuruluşların tedarik zincirlerinde çeviklik gerektirdiğini belirtmiştir. Çeviklik, piyasalardaki belirsizliğin yarattığı

kaosların üstesinden gelmenin ve müşterilere kesintisiz hizmet sağlamanın yanı sıra üstün bir değer sağlamaktadır (Swafford vd., 2006, s. 174).

2.6.3. Hibrit Tedarik Zinciri Stratejisi

Yalın ve çevik tedarik zinciri stratejileri arasında önemli farklı bulunmaktadır. Yalın yaklaşım daha çok zaman ve maddi kayıplara yol açan süreçleri ortadan kaldırarak standart iş süreçleri yaratma amacındeyken, çevik yaklaşım ise pazarlama araçlarını kullanarak değişken taleplerin olduğu pazarlarda müşteri memnuniyetini sağlayarak kar etmeyi amaçlar (Nebol & Uslu & Uzel, 2013, s.30).

Tablo 2. 1: Yalın ve Çevik Yaklaşım Karşılaştırması (Nebol & Uslu & Uzel, 2013, s.30)

Etken	Yalın Yaklaşım	Çevik Yaklaşım
Amaç	Etkin operasyonlar	Talebi karşılamada esneklik
Yöntem	Tüm gereksiz işlemlerin ortadan kaldırılması	Müşteri memnuniyeti
Kısıt	Müşteri hizmetleri	Maliyet
Değişim Oranı	Uzun dönemde kararlılık	Değişen koşullara hızlı ayak uydurma
Performans Kriterleri	Verimlilik, kaynakların verimli kullanılması	Teslimat süresi ve hizmet seviyesi
İş	Düzenli, standartlaştırılmış	Değişken, yerel kontrol ağırlıklı
Kontrol	Düzenli, plan dönemleri	İlgili yetkililerce daha az yapılandırılmış

Yalın ve çevik üretim sistemleri uyarlanabilir imalatı, kitlesel özelleştirmeyi, esnek üretim modelini ve diğer üretimi geliştirme yaklaşımlarıyla bazı ortak noktalara sahiptir. Uyarlanabilir bir üretim sisteminin özellikleri ile çeviklik (artan ürün çeşitliliği ve yeni ürün geliştirme için düşük sabit maliyetler) ve yalınlık (kurulum sürelerini ve işi azaltmak için parçaların gruplandırılması gibi) kavramları arasında önemli derecede çakışma vardır (Krishnamurthy & Yauch, 2007, s. 590).

Çevik ve yalın yaklaşım arasında ortak elementler vardır ve bu iki kavramın tek bir şekilde düşünülmesi ve uygun bir şekilde yönetilmesi şartıyla yalın ve çevik iş stratejileri bir arada bulunabilmektedir. Yalın ve çevik stratejiler birbirinden tamamen farklı değildir. Tüketim döngüsünün çok hızlı olduğu bu ortamda tek bir yaklaşımın tüm pazarın beklentisini karşılayabilmesi mümkün değildir. Her tedarik kanalına göre üretim stratejisi belirlenmeli bununla beraber tedarik zinciri stratejilerinin de birbirini tamamlayıcı şekilde olması gerekmektedir (Aitken vd., 2007, s. 6).

Aşağıdaki tabloda yalın, çevik ve hibrit yaklaşımın ayırt ediici özellikleriyle karşılaştırılması gösterilmiştir.

Tablo 2. 2: Tedarik Zinciri Stratejilerinin Karşılaştırılması (Nebol & Uslu & Uzel, 2013, s.32)

Ayırt Edici Özellikler	Yalın Tedarik Zinciri	Çevik Tedarik Zinciri	Karma Tedarik Zinciri
Pazar talebi	Beklenen	Değişebilen	Hem beklenen hem de değişebilen
Ürün çeşitliliği	Düşük	Yüksek	Orta
Ürün yaşam döngüsü	Uzun	Kısa	Kısa
Müşterinin beklentisi	Maliyet	Ulaşılabilirlik ve geri dönme zamanı	Hizmet düzeyi
Kar marjı	Düşük	Yüksek	Orta
Baskın maliyetler	Fiziksel maliyetler	Pazarlama maliyetleri	Her ikisi de
Envanter cezaları	Uzun dönemli sözleşmeler	Acil ve değişebilir	Stok alanı bulunmamakta
Alışveriş koşulları	Ürün alışverişi	Garantili kapasite	En son perakendecide envanter
Bilgi zenginleştirme	Oldukça arzu edilen	Mecburi	Temel zorunluluk
Tahmin mekanizması	Algoritma	Danışman	Her ikisi de
Yerel ürünler	Mallar	Moda olan ürünler	Müşterinin talep ettiği ürünler
Geri dönme baskısı	Temel zorunluluk	Temel zorunluluk	Arzu edilen
Kayıpların elenmesi	Temel zorunluluk	Arzu edilen	İsteğe bağlı
Yeniden hızlı yapılanma	Arzu edilen	Temel zorunluluk	Temel zorunluluk
Güçlü olma durumu	İsteğe bağlı	Temel zorunluluk	Arzu edilen

2.6.4. İtme Çekme Stratejisi

Bir tedarik zincirinde süreçler, müşteri siparişinin oluşması ya da müşteri siparişlerinin beklentisi üzerine gerçekleşen operasyonların yürütülmesi olarak iki kategoriye ayrılır. Çekme süreci müşterinin siparişi tarafından başlatılırken, itme süreci müşteri siparişlerinin beklentisiyle başlar ve gerçekleşir. Tedarik zincirleri itme-çekme stratejisini birlikte yürütmekle beraber yalnızca çekme ya da yalnızca itme stratejisini uygulamaya yönelik de tasarlanabilir.

"İtme-çekme stratejisi", tedarik zinciri tasarım araştırması alanındaki tedarik zinciri stratejilerinden biridir ve artan popülaritesi ile pratikte yaygın olarak kullanılmaktadır. "Erteleme" sürecini kullanan itme-çekme stratejisi, ürünlerin faaliyet düzeyinde, süreç düzeyinde, tesis düzeyinde veya iş fonksiyonu düzeyinde özelleştirilmesini müşteri siparişleri gelene kadar ertelemeyi gerektirmektedir. Tahminlere dayalı olarak, yarı mamul ürünler, literatürde aynı zamanda "sipariş giriş

noktası” veya “ayrışma noktası” olarak da isimlendirilen “itme-çekme sınırı” olarak adlandırılan bir ara envanter depolama konumuna “itilmektedir”. Bir sipariş verildikten sonra ürünler, kalan özelleştirme süreçlerini tamamlamak için itme-çekme sınırından "çekilmekte" ve müşteriye teslim edilmektedir. İtme-çekme yaklaşımında, tedarik zincirindeki tek bir stok noktası itme-çekme sınırı veya birincil stok depolama yeri olarak seçilmektedir. Bu itme-çekme sınırı, bir tedarik zincirinin farklı noktalarında yer alabilir ve envanterleri, ürün özelleştirmeleri için daha fazla esneklik sağlayan jenerik (veya yarı bitmiş) bir biçimde depolanmaktadır (Kim vd., 2012, 5651).

2.7. Tedarik Zinciri Tasarımı

Tedarik zinciri tasarımı, tedarik zincirinin nasıl yapılandırılacağının belirlenmesini içerir. Tasarım kararı, iş ortaklarının seçimi, depo ve üretim tesislerinin yerlerinin ve kapasitelerinin belirlenmesi, ürünlerin, taşıma şekillerinin ve bunları destekleyen bilgi sistemlerinin belirlenmesi kararlarını içerir. Dolayısıyla, bir tasarım kararının oluşması, çok disiplinli bir katılım, yüksek tecrübe, uzman bilgisi, teknolojik altyapı, yeterli kaynak ve zamana ihtiyaç duyar. Tedarik zinciri tasarımı, çok fonksiyonlu bir süreç olması nedeniyle, finans, pazarlama, üretim ve tedarik zinciri takım üyelerinin tasarım sürecinde aktif rol almasını gerektirir. Ürün programına dahil olan her bir grubun sürece dahil olması, maliyet, temin süresi ve elde bulunabilirlik gibi önemli konularda faydalı bilgi sağlaması nedeniyle tedarik zinciri tasarımının başarısıyla birebir ilişkilendirilebilir. Tedarik zinciri tasarımı, tasarlanacak tedarik zincirinin niteliklerinin, iş yapma mekanizmasının ve kurallarının belirlenmesi süreçlerini kapsar. Bir tedarik zincirinin tasarlanması, bu tedarik zincirindeki tesislerin sayısı, yerleri ve kapasiteleri ile üretim, taşıma ve depolama miktarlarının belirlenmesini, taşıma ve depolama şekillerinin belirlenmesi ile bu aktivitelerin yürütülmesini destekleyen tüm ürün, hizmet ve bilgi akışı süreçlerinin yapılandırılmasını içerir (Calleja vd., 2018, s. 4468).

Literatürde yer alan tedarik zinciri tasarımı konulu çalışmaları, ürün tasarımını temel alan yaklaşımlar ve süreç tasarımını temel alan yaklaşımlar olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür. Ürün tasarımını temel alan yaklaşımlar, tedarik zinciri tasarımının, ürün tasarımı ve üretim süreci tasarımı esnasında eşzamanlı olarak yapılması gerekliliğini öneren yaklaşımlardır. Bu çalışmalar, sırasıyla ürün tasarımı, süreç tasarımı

ve tedarik zinciri tasarımı çalışmalarının ardı ardına yürütülmesinin, tedarik zinciri tasarımının başarısını olumsuz yönde etkilediği savunmaktadır. Ürün yaşam çevrimi göz önünde bulundurularak, ürün, süreç ve tedarik zinciri tasarımının birlikte eşzamanlı yapılması gerekliliği savunulmaktadır (Rungtusanatham & Forza, 2005).

Süreç tasarımını temel alan yaklaşımlar ise envanter optimizasyonu, ağ tasarımı, tesis tahsisi ve bunların sentezinden oluşan problemlere çözüm üretmeye çalışan yaklaşımlardır. Envanter optimizasyonu problemlerinde, envanterin tedarik zinciri içinde nasıl hareket edeceği ve envanter kontrol parametrelerinin nasıl belirleneceği gibi envanter politikaları incelenmektedir. Ağ tasarımı modellerinde, her bir tesisin nereye kurulacağı, kapasitelerinin ne olacağı, hangi pazara hizmet sunacağı ve hangi tedarikçiden kaynak temin edeceği konularının belirlenmesi ile birlikte, kurulacak tesislerin sayısı ve her tesisin tedarik zinciri içinde üstleneceği rol belirlenmektedir (Gunasekaran & Ngai, 2005; Karaman & Altıok, 2009).

2.7.1. Tedarik Zinciri Tasarım Aşamaları

İşletmelerde tedarik zincirinin kurulması ayrıntılı bir planlama gerektirir. Bir zincir boyunca her dakika yüzlerce birbirinden bağımsız kararlar alınabilir ve bunların koordine edilmesi gerekir. Çok karışık yapıya sahip olan tedarik zincirlerin oluşturulmasında tüm ayrıntıların planlama aşamasında yer alması gerekmez. Tedarik zinciri ağlarının etkin tasarımı ve yönetimi, üretimin ve çeşitli ürünlerinin tesliminin düşük maliyet, kısa gecikme zamanı ve yüksek kalitede olmasına yardım eder. Rekabetçi performans açısından tedarik zinciri ağının yapısının çok önemli olduğu açıktır. Tedarik zinciri ağının tasarımında yerine getirmesi gereken aşamalar aşağıda kısaca anlatılmıştır (Paksoy, 2005, s. 438-439):

1) Problemin Tanımlanması: Bir çalışma temelde bir ihtiyaca yönelik hazırlanmamışsa, eksiksizliği ve detaylılığı herhangi bir anlam ifade etmez. Etkili bir çalışmanın yapılabilmesi için, potansiyel problemleri bulunan sistemlerde yer alan parçaların incelenerek ve çalışmaların bunlara göre oluşturulması gerekir. Problem başarılı bir model kurucusu aracılığı ile sistemin tüm parçalarını içine alacak şekilde tasarlanmalıdır. Ancak fazla ve gereksiz bilgilere yer verilen bir model bilgisayar

üzerinde diğer modellerle karşılaştırıldığında daha yavaş çalışma ve yüksek maliyet gibi dezavantajlarla karşılaşabilir.

2) Hedeflerin Belirlenmesi: Tedarik zinciri modelinin amaçları belirlenirken çalışılması planlanan tedarik zincirinin durumu göz önüne alınır. Geliştirmede yararlanılan bazı metotların, çalışma hedeflerinin oluşturulmasında rolü büyüktür. Ancak belirlenen hedefler, önceden oluşturulan modelin sonucunun yeni verilere uyarlanmasına engel olacak şekilde dar planlanmaması gerekir.

3) Model Formülasyonu: Hedeflerin ve problemin belirlenmesinin ardından, model kurucusu modelin çatısını geliştirir. Bu çatı çoğunlukla olayın prensibini ve kullanılmış olan elemanları bulundurur. Toplanmış olan verilerin doğruluğu, elde edilecek sonuç açısından çok önemlidir. Yapılan ilk planda; bilgi kaynağının, gerekli verilerin ve bu bilgilerin nasıl elde edilebileceğinin belirtilmesi gerekir. Öncelikle, çalışma hedefleri ile ilişkisi bulunan bilgilerin belirlenmesi gerekir. Tecrübeli olan bir model kurucunun, çalışmanın içinde yer alan diğer kişilere gerekli ve gereksiz verileri konusunda yardımcı olmalıdır.

Tedarik zinciri tasarımını gerçekleştirmek için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Tedarik zinciri tasarımı yöntemleri genellikle, tedarik zinciri tasarımı probleminin çözümü için hazırlık, tedarik zinciri tasarımın tespiti, performans ölçütlerinin tanımlanması ve verilen kararların değerlendirilmesi gibi genel karar verme aşamalarını içermektedir. Önerilen yöntemler temelde aynı süreci işaret etmektedir. Örneğin, Chandra ve Grabis (2007) tarafından önerilen tedarik zinciri tasarımı metodolojisi adımları aşağıda sunulmuştur.

- Tasarım girişimini başlatma
- Karar ortamının tanımlanması ve modelleme hedefinin belirlenmesi
- Bilgi modellerinin geliştirilmesi
- Veri erişilebilirliğine bağlı olarak amaçların tekrar değerlendirilmesi
- Karar verme planı oluşturulması
- Ön seçim
- Seçim modellerinin geliştirilmesi ve çalıştırılması
- Çıktıların analizi

- Sonuçların kabul edilmesi
- Tasarım kararının uygulanması
- Beklenen ve gerçekleşen performans ölçütü değerlerinin izlenmesi (Chandra & Grabis, 2007).

2.7.2 Tedarik Zinciri Tasarım Amaçları

Tedarik zinciri, hammadde ve malzeme kaynaklarından başlamak üzere tüketicilere uzanan, farklı coğrafi lokasyonlarda faaliyet gösteren, farklı ve kendi öz amaçları olan bağımsız kuruluşlar ile bu kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen, birbirini izleyen üretim ve lojisiik operasyonları zinciridir. Bu zincirin temel amacı müşteriler için değer yaratmak ve bu süreç içinde kar elde etmektir.

Tedarik zincirinde tasarımın gerçekleşmesi için operasyonel, taktik ve stratejik kararlar çerçevisinde amaçlar belirlenir. Belirlenen amaçlar doğrultusunda verilen kararlar mevcut tedarik zincirinin optimize edilmesi sağlanır. Tedarik zinciri tasarımı esnasında aşağıdaki kararlar amaç fonksiyonlarını oluşturmaktadır (Türköz, 2007).

- Müşteri Hizmet İhtiyaçları: Kısıtlı müşteri hizmet seviyesi hedefleri, merkezi stokların birkça yerde oluşturulmasına ve daha ekonomik taşıma tiplerinin kullanılmasına olanak sağlar. Yüksek müşteri hizmet seviyesi hedeflendiğinde ise kısıtlı hizmet seviyesinin tam tersi gerçekleşir. Hizmet seviyeleri çok üst sınırlaea çıktığında lojistik maliyetler artmaktadır. Bu sebeple en uygun müşteri hizmet seviyesine karar verilmelidir.

- Lojistik Ağı Yapılandırılması ve Tesis Yeri Seçimi: Tedarik zinciri tasarımında gerekli fabrika ve depo sayısının belirlenmesi, tesislerin yer seçimi, kapasitelerinin belirlenmesi en önemli stratejik kararlardandır. Bu sebeple tedarik zinciri boyunca maliyetlerin en aza indirgenmesi yönünde önemli rol oynamaktadır.
- Stok Yönetimi: Yüksek stok müşteri hizmet seviyelerini gerçekleştirilmesi için garantidir ancak en büyük maliyet kalemine de sebep olmaktadır. Bu sebeple optimum stok kararını verebilmek tedarik zinciri tasarımında önemli bir amaç fonksiyonunu oluşturur.

- Taşıma Kararları: Taşıma, tedarik zinciri tasarımının ve yönetiminin en önemli bileşenidir. Taşıma modu seçenekleri havayolu, karayolu, demiryolu, denizyolu ya da multimodel taşımadır. Taşıma kararları, stok seviyelerine, taşıma modu kararı, büyüklüğüne karar verme, yük birleştirme kararları, taşıyıcı rota tayini, araç çizelgeleme kararlarını içerir.
- Üretim Kararları: Hangi ürünlerin üretileceği, üretim alanları, hammadde tedarikçi kararları stratejik kararlar olup operasyonel kararlara yön verir ve detaylı üretim planlamaları yapılır.
- Dağıtım Stratejileri: Doğrudan sevkiyat, depolama, distribütörler, aktarma merkezlerini içeren dağıtım starejilerine karar verilerek tasarım yapılır.

2.7.3. Tedarik Zinciri Tasarımı Karar Değişkenleri

Tedarik zinciri yönetiminde birçok karar verme problemi söz konusudur. Bu değişkenler aşağıdaki beş başlık altında açıklanmıştır (Dönmez, 2007):

1. Yer seçimi kararları: Üretim tesislerinin ve depoların sayılarının ve coğrafi konumlarının belirlenmesi, tedarik zinciri oluşturmada ilk karar adımıdır. Tesislerin konumlarının belirlenmesi, uzun dönem planlarında kaynaklara bağlıdır. Bu kararlar firmaların rekabet güçlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Yer seçimi kararları, üretim ve taşıma maliyetleri, vergiler, bölgesel bileşenler gibi etkenlere bağlı olarak tanımlanır. Ayrıca seçilen konumun, firma, tedarikçiler ve müşteriler arasındaki optimum ağı oluşturması amaçlanır.

2. Üretim kararları: Üretim kararları kapsamında değerlendirilebilecek kararlar, hangi üründen hangi üretim tesisinde ne kadar üretileceğinin, hangi tedarikçilerden ne kadar malzeme/ara ürün temin edileceğinin ve üretim tesisleri ile depoların kapasitelerinin belirlenmesi gibi kararları içerir. Bu kararların gelir, maliyet, finansman ve müşteri hizmetleri üzerinde derin etkileri vardır. Bu kararlar verilirken, tesislerin konumları veri olarak alınır. Operasyonel seviyedeki üretim kararları ise detaylı üretim çizelgelemesine dayanır. Taktik düzeyde belirlenen ana üretim çizelgesine uygun bir şekilde, makineler bazında üretim çizelgelerinin oluşturulması ve araç gerecin bakımı gibi süreçlere ilişkin kararları içerir.

3. Stok kararları: Tedarik zincirinin her aşamasında hammadde, ara ürün ve bitmiş ürün stoklarıyla karşılaşıldığından, stokların yönetimine ilişkin kararlar, tedarik zinciri yönetiminin önemli bir diğer karar alanını oluşturmaktadır. Tedarik zincirinde tutulan stoklar, birçok belirsizliğe karşı tampon görevi görmektedir. Stokların etkin yönetimi, tedarik zinciri operasyonları için kritik bir unsurdur. Sipariş miktarının ve yeniden sipariş verme noktasının optimum seviyesinin tanımlanması, güvenlik stoğu düzeyinin belirlenmesi, bu alanda verilmesi gereken en önemli kararlardandır. Bu kararlar, müşterilere sunulan hizmetin düzeyini de büyük ölçüde etkilemektedir.

4. Taşıma kararları: Tedarik zinciri boyunca ürünlerin nasıl taşınacağına ilişkin verilmesi gereken kararlar, stok kararlarıyla çok yakından bağlantılıdır. Ürünlerin taşınmasında hangi taşıma tipinin kullanılacağının belirlenmesi, bu alanda ele alınabilecek kararlardan birisidir. Hava yollarını kullanmak, hızlı, güvenilir ve daha az güvenlik stoğu tutulmasını gerektiren bir yol olmakla beraber pahalı bir yoldur. Deniz yoluyla veya demiryoluyla taşıma daha ucuz olabilir, ancak bu durumda nakliye sırasında karşılaşılabilecek belirsizliklere karşı tampon görevi görecek yüksek miktarda stok tutulması gerekir. Ayrıca hedeflenen müşteri memnuniyeti düzeyi ile tesislerin, depoların ve müşterilerin coğrafi yerleşimleri, bu kararların alınmasında önemli rol oynar. Ürünlerin taşınmasında kullanılacak araç filosunun büyüklüğünün tespiti, bu araçların rotalarının belirlenmesi ve çizelgelenmesi, araçlarda taşınacak kargo büyüklüğünün ve ürün bileşiminin belirlenmesi, kilit önem taşıyan taşıma kararlarındandır.

5. Dağıtım ağı kararları: Dağıtım ağı tasarımı, tedarik zinciri yönetiminde ele alınması gereken stratejik düzeyde bir karar alanıdır. Bir tedarik zincirindeki ürün, bilgi ve müşteri akışlarını belirleyecek olan dağıtım stratejisi seçilirken, ürünlerin karakteristik özellikleri, talep düzeyleri, taşıma ve stokta tutma maliyetleri gibi unsurlar göz önünde bulundurularak karar verilmelidir.

2.8 Tedarik Zinciri Performans Yönetimi

Tedarik zinciri performansı yüksek olan işletmeler bulundukları rekabet ortamı içerisinde rakiplerine karşı üstünlük elde etmektedir. Bu nedenle firmalar için tedarik zinciri performanslarını artırmak önemli hale gelmiştir. Bir işletmenin faaliyet alanını

genişletebilmesi için öncelikli olarak performans ölçümü yapması ve sahip olduğu performans düzeyini bilmesi gerekmektedir. Ayrıca işletmeler mevcut performans durumunu öğrendiği takdirde işletmenin performansındaki eksiklikleri giderebilmek için nelere yapması gerektiği hakkında bilgi sahibi olacaktır. Bunun yanı sıra işletmeler uygulamış olduğu tedarik zincirinin işleyişine hakkında geri dönüş alabilmesi ve tedarik zinciri modelinin anlaşılır bir hale gelmesi için etkin bir performans ölçümü yapılması gerekmektedir. Üstelik bu sayede tedarik zinciri ağında yer alan bütün üyeler de mevcut performansları hakkında bilgilendirilerek, harcanan emeğin karşılığına ait bilgi elde edebilirler (Yıldız, 2013, s. 19-20).

Tedarik zinciri performansı, tedarik zinciri üyeleri arasındaki anlayışı ve iş birliğini artırabileceğinden hem firma hem de endüstri düzeyinde iş kapasitesini geliştirmeye yardımcı olabilmektedir. Tedarik zinciri performans ölçümü, yalnızca ilerlemeyi ortaya çıkarmak, motivasyonu ve iletişimi geliştirmek ve sorunları teşhis etmek için geri bildirim sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda tedarik zinciri üyeleri arasındaki karşılıklı anlayışı ve entegrasyonu kolaylaştırmakta ve sonuç olarak genel müşteri memnuniyetinin yanı sıra rekabet gücü ve karlılık da artmaktadır. Bu nedenle, firmaların kendi tedarik zinciri performanslarını bir başlangıç referansı olarak değerlendirebilmeleri kritik öneme sahiptir (Banomyong & Supatn, 2011, s. 20).

Tedarik zinciri performans değerlendirilmesinde en önemli unsur tedarik zincirinin etkinliğini belirleyecek ölçütlerin saptanmasıdır. Kullanılan ölçütler, geleneksel performans ölçütlerine göre farklılıklar göstermekle birlikte, tüm ölçütlerdeki benzerlik, son müşteri memnuniyetidir. Yönetim, tedarik zinciri yapısını değerlendirdiğinde, değerleme ölçütleri, zamanla geliştirilmeli ve potansiyel problem alanlarından ayrı tutularak kullanılmalıdır (Fredendall & Hill, 2009, s. 45).

Etkili bir tedarik zinciri performans ölçüm sisteminin kurulabilmesi için öncelikli olarak performans kriterleri belirlenmelidir. Performans kriterleri belirlenmesinde seçilen kriterlerde bulunması gereken dört önemli özellik bulunmaktadır. Bu dört özellik, performans ölçütlerinin konu ile alakalı bütün durumları kapsayacak genişlikte olması, evrenselliğinin olması, ölçüme konu olan verilerin ölçülebilirliğinin olması, amaç ve hedeflerin uygulanabilirliğinin olması seklinde sıralanabilir (Nuthall, 2017, s. 266).

Uygulamada tedarik zincirindeki organizasyonları ve çalışanlarını, uzun dönemde sürekli kara götürecek mükemmel bir performans ölçümü yoktur. Zaten performans ölçümünden beklenende bu olmamalıdır. Organizasyon ve tedarik zinciri için performans ölçümü seçiminde en önemli özelliklerden biri izlenebilirliktir. Kullanılan performans ölçütleri tedarik zincirinin finansal başarısını ve mevcut problemlerini ortaya çıkarmalı ve onları açıklayıcı niteliğe sahip olmalıdır (Fredendall & Hill, 2009, s. 45).

Stock ve Lambert (2007) en iyi performans ölçümünün yapıya özgü olacağı kabulüyle, ölçümün müşteri, tedarik zinciri ve üyeleri için değer yaratması gerektiğini ifade etmekle birlikte, tedarik zinciri performansının temel ölçütünü, işletmenin amaç ve hedefleri doğrultusunda, sahip olduğu hedef pazarın tatmininin boyutu olarak belirtmişlerdir. Bu ölçüm, ürünün uygunluğu, müşteri hizmet yeterliliği ve marka imajının gücü gibi ölçütleri içermektedir. Bazı potansiyel nicel tedarik zinciri performans ölçütleri olarak, tedarik zincirindeki her bölümün lojistik maliyetleri, nakit devir hızı, toplam envanter devir gün sayısı sayılabilir. Nitel ölçüler olarak da, tedarik zincirindeki eşgüdümün derecesi, karışıklığın derecesi ve zincirden sağlanan bilginin uygunluğu olarak sayılabilir. Nitel ölçütler yöneticilerin, tedarik zincirini veya bir üye işletmeyi tekrar değerlendirmesinde kullanılabilir (Stock & Lambert, 2007, s. 85).

Tedarik zinciri performans ölçütlerinin farklı araştırmacılar tarafından farklı yaklaşımlarla sınıflandırıldığı görülmektedir. Örneğin, Chan vd. (2003), tedarik zincirinin performansının ölçülmesi için sistematik olarak, niceliksel ve niteliksel olmak üzere iki ölçüt grubu belirtmişlerdir. Niceliksel grup, maliyet temelli ölçütler (en az maliyet, en fazla satış, en fazla kar, en az envanter yatırımı), müşteri temelli ölçütler (en fazla sipariş teslim oranı, en az ürün gecikmesi, en az teslim süresi), verimlilik temelli ölçütler (kapasiteden en fazla faydalanma, kaynaklardan en fazla faydalanma) olmak üzere üç grupta toplanmıştır. Niteliksel grup, müşteri tatmini, kalite, esneklik, şeffaflık, güven ve yenilik ölçütlerinden oluşmaktadır (Bıçakcı, Üreten, & İlter, 2017, s. 148). Gunasekaran vd. (2001) ise üçlü sınıflandırma yaparak performans ölçütlerini stratejik, taktik ve işlemsel olarak ayırmışlardır. Tedarik zinciri için performans ölçütlerini, tedarik zincirinin finans ve lojistik maliyeti ile ilgili ölçütleri olmak üzere altı grupta değerlendirmiş ve bu ölçütlerin tedarik zincirini bütünsel olarak dikkate alması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu altı grup: planlanmış sipariş prosedürlerini değerlendirme

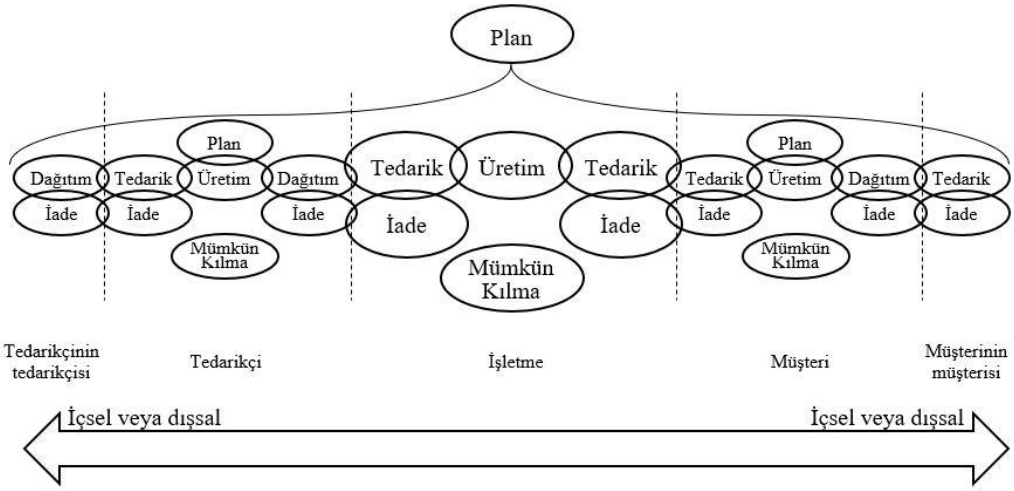
ölçütleri, tedarik zinciri üye ilişkileri ile ilgili ölçütler, üretim düzeyi ölçütleri, dağıtım ile ilgili ölçütler, müşteri hizmeti ve tatmini ölçütleridir (Hadiguna, 2013, s. 25).

2.8.1 Tedarik Zincirinde SCOR Modeli

Tedarik Zinciri Operasyonları Referans modeli (SCOR), 2014 yılındaki Tedarik Zinciri Konseyi ile APICS arasındaki birleşmeyi takip eden bir APICS ürünüdür. SCOR modeli 1996 yılında geliştirilmiş ve tedarik zinciri iş uygulamalarındaki değişikliklere uyum sağlamak için düzenli olarak güncellenmiştir. SCOR, tedarik zinciri faaliyetlerini ve performansını değerlendirmek ve karşılaştırmak için güçlü bir araçtır. SCOR, tedarik zinciri ortakları arasındaki iletişimi desteklemek ve tedarik zinciri yönetimi ile ilgili tedarik zinciri iyileştirme faaliyetlerinin etkinliğini artırmak için iş sürecini, ölçümleri, en iyi uygulamaları ve teknolojiyi birleşik bir yapıya bağlayan bir çerçeve sağlamaktadır. SCOR modeli, müşteri talebini karşılamanın tüm aşamalarıyla ilişkili iş faaliyetlerini tanımlamak için geliştirilmiştir. Model; planlama, tedarik, üretim, dağıtım, iade ve mümkün kılma olmak üzere altı ana yönetim süreci etrafında organize edilmiştir. SCOR modeli, bu süreç yapı taşlarını kullanarak ve ortak bir tanım kümesi kullanılarak çok basit veya çok karmaşık olan tedarik zincirlerini tanımlamak için kullanılabilmektedir (Apics, 2017, s. 4).

- Planlama; tedarik, üretim ve dağıtım gereksinimlerinin karşılanabilmesi için arz ve talebin dengelenmesi sürecidir.
- Tedarik; güncel veya planlanan talebin karşılanabilmesi için gerekli mal veya hizmetlerin temini sürecidir.
- Üretim; güncel veya planlanan talebi karşılamak için ürünlerin son duruma dönüşümü sürecidir.
- Dağıtım; güncel veya planlanan talebi karşılamak için bitmiş ürün ve hizmetlerin sağlanması sürecidir ve tipik olarak sipariş yönetimi, taşıma yönetimi ve dağıtım yönetimi de bu sürece dahildir.
- İade; herhangi bir sebeple ürünlerin iadesi veya iade alınması ile ilgili süreçtir.

Bu süreçleri içeren SCOR modeli Şekil 2.3'te sunulmuştur (Apics, 2017, s. 5).



Şekil 2. 3: SCOR Modeli (Apics, 2017, s. 5)

SCOR, tüm müşteri etkileşimlerini (fatura yoluyla sipariş girişi), tüm fiziksel malzeme işlemlerini (tedarikçinin tedarikçisinden müşterinin müşterisine, ekipman, sarf malzemeleri, yedek parçalar, toplu ürün, yazılım vb. dahil) ve tüm pazar etkileşimlerini (toplam talebin anlaşılmasından her bir siparişin yerine getirilmesine kadar) kapsamaktadır. SCOR, her iş sürecini veya faaliyetini tanımlamaya çalışmamakta, özellikle satış ve pazarlama (talep oluşturma), ürün geliştirme, araştırma ve geliştirmeyi ele almamaktadır (Apics, 2017, s. 5).

SCOR, bir süreç referans modelidir. Bir süreç referans modelinin veya iş süreci çerçevesinin amacı, süreç mimarisini temel iş fonksiyonları ve hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlamaktır. Burada mimari, süreçlerin nasıl etkileşime girdiğini ve gerçekleştirildiğini, bu süreçlerin nasıl yapılandırıldığını ve süreçleri çalıştıran personelin gereksinimlerine (becerilerine) atıfta bulunmaktadır. SCOR referans modeli Performans, Süreçler, Uygulamalar ve İnsanlar olmak üzere 4 ana bölümden oluşmaktadır. SCOR'un performans bölümü, tedarik zinciri sürecinin yürütülmesinin sonuçlarının ölçülmesi ve değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Süreç bölümü, çoğu şirketin tedarik zincirlerini etkin bir şekilde yürütmek için gerçekleştirdiği faaliyetler için bir dizi önceden tanımlanmış tanım sağlamaktadır. Daha önce 'en iyi uygulamalar' olarak bilinen uygulamalar bölümü, şirketlerin değerleriyle kabul ettiği endüstriden bağımsız uygulamaların bir koleksiyonunu sağlamaktadır. İnsanlar bölümü, görevleri

gerçekleştirmek ve süreçleri yönetmek maksadıyla gereken becerilerin tanımlanması için bir standart sağlamaktadır. Genel olarak, bu beceriler tedarik zincirine özgü olsa da tanımlanan bazı beceriler, tedarik zinciri süreç alanının dışında uygulanabilmektedir. SCOR modeli ayrıca özel uygulamalar için bir bölüm içermektedir. Özel Uygulamalar olarak adlandırılan bu beşinci bölüm, modele entegrasyon için henüz tam olarak test edilmemiş, ancak APICS'nin SCOR kullanıcıları için faydalı olacağına inandığı önerilen SCOR eklemeleri için kullanılmaktadır (Apics, 2017, s. 6-10).

SCOR modeli tedarik zincirlerini birden çok düzeyde incelemek üzere tasarlanmıştır. Birinci seviyede süreç tanımlamaları, ikinci seviyede süreç kategorileri ve üçüncü seviyede süreç elemanlarını tanımlanmaktadır. Hiyerarşik modelin son seviyesi olan dördüncü seviyede ise iyileştirme araçlarından/faaliyetlerinden faydalanılır. Diğer bir ifadeyle, birinci seviye planlama, ikinci ve üçüncü seviye yürütme, dördüncü seviye ise uygulama seviyesidir (ASCM, 2021).

SCOR modelinin birinci seviyesi altı temel yönetim sürecinden (planlama, tedarik, üretim, dağıtım, iade ve destek) oluşmaktadır. Birinci seviye modelin kapsamının ve içeriğinin tanımlandığı seviyedir. SCOR modelini uygulamak isteyen işletme öncelikle bu seviyede ana süreçlere uygun olarak amacını ve hedeflerini tanımlar. Birinci seviyede ana sürecin belirlenmesi, sonraki seviyelerde odaklanılacak noktayı belirlemeye yardımcı olacaktır. İkinci seviyede ise bu süreçlerin kategorileri belirlenir. Üçüncü seviyede bireysel süreçler tanımlanarak yürütme yeteneği kazanılmıştır. İşletmelerin pazarda rekabet edebilme yeteneğinin tanımlandığı seviyedir. Bu seviyede her bir süreç kategorisi hiyerarşik yapı içerisinde detaylı olarak süreç elemanlarını meydana çıkarır. Dördüncü seviyede ise işletmelerin rekabet avantajı sağlayacak ve değişen iş koşullarını yönetebilecek çıkarımlarda bulunması ve pratik tanımlamaların yapılması gerçekleşir. SCOR modeli ilk üç seviyede standart tanımlamalara yer verirken son seviyede işletmenin kendine özgü tanımlamalarını ortaya çıkartması için iyileştirme araçları ve uygulamaları sunar (ASCM, 2021).

2.9. Tedarik Zinciri Tasarımı Modelleme Yaklaşımları

Tedarik zinciri tasarımı modelleme yaklaşımları, tüm modelleme paradigmalarının temel mantığını oluşturan ve altında yatan olgudur. Bunlar (Gökçe, 2008, s. 80-83; Kocaoğlu, 2009, s. 18-37):

Doğrusal-Tamsayılı Programlama: Doğrusal Programlama; sınırlı kaynakların en etkin biçimde nasıl kullanılması gerektiğini saptama tekniği ve bir karar verme aracıdır. Yöneylem Araştırması yöntemleri içerisinde en çok bilineni ve en fazla kullanım alanı bulmuş olanıdır. Kullanım alanları; optimum ürün karışım tespiti, satın alma politikası belirlenmesi, hammadde karışım ve kullanımların optimizasyonu, optimum işlem çizelgelerinin kurulması, ürünlerin pazara en iyi dağıtımlarının yapılması, personel ataması, çok dönemli planların saptanması, reklam harcamalarında minimum maliyetle maksimum faydayı sağlayacak reklam araçlarının tespiti vb. alanlardır. Tamsayılı programlama, değişkenlerinden bazılarının veya tümünün tamsayılı (ya da kesikli) değerler aldığı bir doğrusal programlama problemidir. Uygulamada karşılaşılan birçok problemin yapısı gereği, problemde yer alan değişkenlerin tümü ya da bir kısmı tamsayı değerli olmak durumundadır. Bu nedenden, değişkenlerin kesikli olarak tanımlandığı problemler literatürde kesikli optimizasyon problemleri ve özelde de tamsayılı optimizasyon problemleri olarak ele alınır. Tamsayılı programlama, işletme, iktisat, mühendislik, istatistik ve matematik gibi bilim dallarının uğraştıkları, planlama, ulaşım, üretim, telekomünikasyon, güvenlik, modelleme, öngörü, finans, yatırım, sigortacılık ve bunu gibi birçok alanda karşılaşılan problemlerin çözümünde yaygın bir şekilde kullanılır.

Stokastik Programlama: Stokastik modeller bir veya birden fazla olasılıklı veri içerirler. Dolayısı ile girdiler rassal olduğundan çıktılarda rassal olur. Gerçek hayat sistemleri genellikle stokastik yapıdadır. Örneğin sipariş miktarları, teslim süreleri, siparişler arası geçen süreler vb. stokastik olabilir.

Ağ temelli yaklaşım: Gruplara ve bireylere, karar verme sürecindeki karmaşık yapıyı yansıtan karşılıklı bağımlılık ve geri beslemeyi de değerlendirme olanağı veren bir yöntem bilimdir. Karışık, anlaşılması güç veya yapısallaşmamış sorunlar için genel bir çok kriterli karar verme yöntemidir. Her sorun için kriter ve seçeneklerin elemanı olduğu

farklı kümelerden oluşan bir ağ modeli kullanır. Ağ temelli yaklaşımda geri bildirim ve bağımlılık özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikler nedeniyle, kriterler diğer kriterlere bağlı olabildikleri gibi kendi içlerinde de bağımlı olabilmektedirler. Kriter kümeleri arasındaki bağımlılığa dış bağımlılık, kriterin kendi kümesi içindeki bağımlılığa iç bağımlılık denir. Ağ temelli yaklaşım, içsel bağımlılıkları ve kriterler arasındaki karşılıklı etkileşimleri içerebilmesi nedeniyle karar verme problemlerinin daha etkili ve gerçekçi bir biçimde çözümlenmesini sağlamaktadır. Ağ temelli yaklaşım, karar verme sürecini etkileyen kriterler ve alt kriterler arasındaki her türlü bağımlılık ve geri besleme ilişkilerini sistematik olarak ortaya koyma olanağı veren bir metodolojidir.

Ajan Bazlı Simülasyon: Ajan, çevresi ve diğer ajanlar ile iletişim kurabilen, merkezi olmayan bir yazılım objesidir. Ajan aslında sistem bazlı düşünüldüğünde sistemi meydana getiren herhangi bir birimdir. Bu birim kendi basına karar verebilir, çevresine karsı duyarlıdır, öğrenebilir, yaşayan ve ölen bir objedir. Ajan bazlı modelleme bu yönü ile asağıdan yukarıya bir modelleme yöntemdir. Sistemin bileşenleri modellenir ve bu bileşenler birbirleri ile etkileşerek sistemin davranışını ortaya koyarlar. Bu açıdan özellikle Discrete Event modellenmesi için çok zor olan olgular, bu yolla daha kolay modellenebilmektedir. Ajan bazlı yaklaşım, yazılım teknolojisinde nesne tabanlı yazılım gelistirme eğiliminin bir neticesi olarak ortaya çıkmıştır. Yazılım teknolojisinde gelişmeler ile simülasyon alanı her daim birbirini tetiklemistir. Nesne yönelimli yazılımları özellikle robotics gibi alanlarda ajan bazlı yazılım sistemleri takip etmiştir. Ajan bazlı yazılım sistemleri ise, ajan bazlı simülasyon metodoloji geliştirilmesini tetiklemiştir. Ajan bazlı simülasyon metodolojisi, Sistem Dinamiğinde olduğu gibi sistemi modellemekten ziyade; sistemi olusturan birimlerin modellenmesi ve birimlerin kollektif davranışlarının sistemi yansıtması esasına dayanır. Ajan bazlı modelleme sistemi yukardan aşağıya modellemek yerine, aşağıdan yukarı modellemek yolu ile bazı alanlarda çok daha etkin modelleme imkanı sağlar. Özellikle ekosistem modellerinde, sosyoekonomik modellerde ve pazar modellemede yaygın olarak kullanılır.

Kesikli Olay Simülasyonu: Kesikli olay simülasyonlarında, sistemin durum değiskenleri anlık olarak değişmektedir. İmalat ve lojistik simülasyon uygulamaları tamamen bu başlık altına girmektedir. Örnek olarak bir imalat modeli kurulurken,

modelde her bir makinanın dolu-boş durumu, işlenecek malzeme geldiğinde dolu, işlem bittiğinde ise boş olarak anlık olarak değişecektir.

Sürekli Simülasyon: Sürekli simülasyonda sistemin durum değişkenleri sürekli olarak değişir. Örneğin boşalmakta olan bir tankın su seviyesi, reel bir değişken ile ifade edilebilir. Bir su tankının dolma ve boşalma sürecinin modellenmesi sürekli simülasyon çalışmasıdır. Sürekli simülasyonlar makina tasarımında, kimyasal reaksiyonların tasarımında, robot tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sistem Dinamiği: Sistem dinamiği, aslında sürekli simülasyonların bir varyasyonudur. Teknoloji olarak aynı mekanizmaya sahiptir ancak uygulama sahası farklıdır. Sistem dinamiği sistem düşüncesinden yola çıkarak, sosyo-ekonomik sistemlerde çalışma yapmak amacı ile geliştirilmiştir. Sosyo- ekonomik sistemin her bir faktörü bir sürekli değişken olarak ele almıstır. Sistem dinamiği modelleme tekniği, sistem parametreleri ve bu parametrelerin birbirleri ile etkileşimi esasına dayanır. Bu parametreler birbirlerini pozitif veya negatif etkileyerek değişimi sağlarlar ve yer yer bu parametreler arasında geri beslemeler oluşur. Sistem dinamiği modelleme tekniğinde, model birikim (stock) ve akış (flow) tespit edilmesi gerekmektedir. Modelde bir değişken değerde birikim varsa o birikim iken, birikimlerin değerini değiştiren ise akıştır. Sistem dinamiği modelleme sürekli bir modelleme tekniği olduğundan simülasyon başladığı anda birikimler, akışa bağlı olarak sürekli azalır veya artar. Burdaki mantık ise simülasyon motoru her birim zamanda ilerleme ile ilgili değişkenlerin değerini denklemler dahilinde güncellemesidir.

Hibrid Simülasyon*:* Çoğu gerçek hayat uygulamasında, bir çok model hem sürekli hemde kesikli bileşenler ihtiva eder. Örneğin bir tüp dolum tesisinde gaz tankları sürekli bir component iken, tüpleri taşıyan forklift ekipmanları kesikli simülasyon bileşenleridir. Bunun gibi hem süreki hemde kesikli simülasyon model kompenentleri içeren simülasyon modelleri hibrid olarak adlandırılır.

Dinamik Simülasyon: Dinamik simülasyon ile sürekli sistem modelleri kurulabilmektedir. Uygulama sahası olarak makine mühendisliği, kimya mühendisliği alanlarında en başta kullanılan simülasyon paradigmasıdır. Sistem Dinamiği ile Dinamik

Simülasyon arasında teknoloji olarak bir fark yoktur, sadece farklı uygulama sahalarına odaklandıkları için farklı paradigmalardır.

2.10. Tedarik Zinciri Yönetiminde Güncel Yaklaşımlar

Dijitalleşme, endüstriyel firmalara yıllardır eşlik eden bir olgudur. Ancak Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasıyla dijitalleşme, yeni teknolojiler, akıllı yazılım araçları ve bulut tabanlı iletişim yoluyla yeni bir seviyeye ulaşmış bulunmaktadır. Ulaşılan bu seviye tedarik zinciri süreçlerinde kullanılmak üzere yeni yaklaşımlar ortaya çıkarmıştır (Herlyn & Zadek, 2020, s.662).

En önemli trendlerden birisi, temelde tasarlanmış nesnelere odaklanan "dijital ikizler"dir. Fiziksel ve sanal dünyayı birbirine bağlayan, ortaya yeni çıkan ve hızla büyüyen bir teknoloji olan dijital ikiz, son zamanlarda dünya çapında büyük ilgi görmektedir (Tao vd., 2019, s. 3935). Tedarik zincirleri bağlamında dijital ikizler, iş yapma biçimlerini değiştirmekte, işbirliği ortamlarını ve veriye dayalı karar vermeyi kolaylaştırmak adına da paydaşlara bir dizi seçenek sunmakta ve iş süreçlerini daha sağlam ve somut hale getirmektedir. Dijital ikizler kavramı, mevcut tüm operasyonel verilerle birlikte bir bileşenin, ürünün veya sistemin kapsamlı bir fiziksel ve işlevsel tanımını ifade etmektedir (Boschert vd, 2018, s. 209). Tedarik zinciri bağlamında dijital ikizler; yüzlerce varlık, depo, lojistik ve malzeme akışları ile envanter pozisyonlarının sanal bir tedarik zinciri kopyasını ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle işletme için para kaybına ve operasyonel risklere neden olan tüm karmaşıklıkları analiz etmek de dahil olmak üzere, her senaryo altında performansı simüle etmek için kullanılabilecek sanal bir kopyayı belirtmektedir. Dijital ikizler bir parçanın, bir makinenin ya da bir sürecin sanal bir modelini oluşturmakta kullanılmaktadır. Tedarik zincirleri, doğaları gereği sürekli güncellenmesi gereken planlamalardır. Dijital ikiz teknolojisi sayesinde tedarik zinciri, projenin başlangıcından bitişine kadar gerçek zamanlı ve sürekli güncellenen tek bir analitik sistem üzerinden görüntülenebilmektedir (KLU, 2021).

Teknolojik gelişmelere dayalı trendlerden bir diğer hiperotomasyon olarak karşımıza çıkmaktadır. Hiperotomasyon, son zamanlarda kullanılan araçlar ve planlanan yatırımlarla çok çeşitli teknolojileri mümkün olan en iyi şekilde karıştırmak ve

eşleştirmek için bir çerçevedir. Güncel uygulamalardan bir diğeri yapay zeka olarak belirtilmektedir. Yapay zeka (AI), genellikle şirketlerin karmaşık içeriği anlamasına, insanlarla doğal diyaloğa girmesine, insan performansını artırmasına ve rutin görevleri devralmasına yardımcı olmaktadır. Yapay zekanın, tedarik zinciri liderlerinin veri siloları ve yönetişimle ilgili uzun süredir devam eden zorlukları çözmelerine yardımcı olduğu belirtilmektedir. 5G ağları da teknolojik gelişmelerle tedarik zincirinde alan bulan güncel uygulamalardandır. Önceki modellerle karşılaştırıldığında 5G, veri hızı ve işleme yetenekleri açısından ileriye doğru büyük bir adımdır. 5G'nin her yerde bulunan doğası, tedarik zincirleri için potansiyeli artırmaktadır. Örneğin, bir fabrikada 5G ağı çalıştırmak gecikmeyi en aza indirebilmekte, gerçek zamanlı görünürlüğü ve IoT yeteneklerini geliştirebilmektedir. Bunun yanında küresel risk olayları artmakta olduğundan ve güvenlik ihlalleri şirketleri hem dijital hem de fiziksel düzeyde etkilediğinden, tedarik zinciri yönetimi ve güvenliği giderek daha fazla önem arz etmektedir (KLU, 2021). IoT, bulut bilişim, büyük veri, sanal gerçeklik, eklemeli imalat, mobil internet ve yapay zeka (AI) gibi yeni nesil bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızla gelişmesi nedeniyle, geleneksel üretim yönetimi ve kontrolü önemli bir değişim geçirmektedir. Entegrasyon kapsamı da yavaş yavaş içten dışa doğru kaymakta ve tedarik zinciri işletmeleri arasında işbirliğine dayalı üretim yönetimi ve kontrolünü gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır (Zhuang vd., 2018).

Küresel ısınma nedeniyle doğal kaynakların giderek yok olduğu günümüzde "Yeşil Tedarik Zinciri" de önemini artırmaktadır. Çevreye daha az zarar vermek adına hibrit araçların kullanılmaya başlandığı, atık azaltmak için ambalajlarını değiştiren firmaların olduğu görülmektedir. Doğru tedarik zinciri uygulamalarıyla nakliyenin de azalacağını ve böylelikle çevreye salınan karbondioksit miktarının düşeceği belirtilmektedir.

2.11. Tedarik Zinciri Tasarımında Simülasyonun Önemi

Tedarik zincirinin tasarımı ve yapısı, tedarik zincirini iyileştirmek için farklı araçların, metodolojilerin ve sistemlerin kullanılmasını gerekli kılan bir karmaşık bir yapıdadır. Tedarik zinciri yönetiminde analiz, değerlendirme ve karar verme için kullanılan birçok teknik ve araç vardır ve bunlardan biri de simülasyondur. Simülasyon,

üretim operasyonlarında ve lojistik sistemlerde, matematik programlama yöntemlerine veya stokastik modellere kıyasla, kullanıcının dinamik davranış sistemini gözlemlemesine, analiz etmesine ve öğrenmesine izin verme avantajı sağlayan etkili bir araçtır (Ramírez vd., 2016, s. 214-215).

Simülasyon; tedarik zincirinde, tedarikçi seçimi, en uygun zincir yapısı, stok seviyeleri, dağıtım kanalları, dış kaynak kullanma seçenekleri gibi önemli kararların verilmesi amacına yönelik olarak sıkça kullanılan bir yöntemdir. Simülasyon, tedarik zinciri için çok yönlü, esnek ve etkili bir analiz aracıdır. Simülasyonun, zamanın değişim etkisini, karmaşık etkileşimi ve rastgele oluşu yakalama yeteneği, onu tedarik zincirinin modellenmesinde ideal bir aday yapmaktadır (Manzini vd., 2005, s. 143). Bir tedarik zincirinin karmaşık, dinamik ve etkileşimli yapısı göz önüne alındığında, modelleme ve simülasyon, yöneticileri karar verme sürecinde desteklemektedir. Tedarik zinciri simülasyonu, çeşitli senaryoların analizinde ve uygun çözümlerin seçiminde karar vericilere yardımcı olmaktadır. Ayrıca etkileşimleri anlamak ve tedarik zinciri performansını geliştirmek için yararlı bir araçtır (Oliveira, Lima & Montevechi, 2016, s. 166).

Tedarik zincirleri, üretim sistemleri için rekabet avantajı yaratmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu karmaşık, entegre ve etkileşimli ilişki sisteminde karar verme çok önemli ve zorlu bir süreçtir. Modelleme ve simülasyon, karar vericilere tedarik zinciri sistemini tasarlama, geliştirme, analiz etme ve revize etme konusunda yardımcı olmaktadır. Tedarik zincirinde simülasyon kullanımının sağladığı üç temel avantaj bulunmaktadır: (1) Tedarik zincirlerindeki sorunları anlama ve teşhis etme, (2) Tedarik zinciri performansını iyileştirme ve (3) Yeni senaryolar, modeller veya projeler deneme (Mousavi vd., 2019, s. 2399-2400).

Tedarik zincirindeki elemanların çeşitliliği ve tedarik zincirlerinin karmaşıklığı problemlerin simülasyon yardımıyla çözülmesinde etkili olmuştur (Erhun ve Deleris, 2005). Günümüz koşullarında karmaşık bir yapı sergileyebilen tedarik zincirinin yönetiminde planlama ve yönetiminde karşılaşılması olası senaryoların sisteme olan etkilerinin test edilebilmesi ve genel olarak tedarik zinciri yapısının daha iyi anlaşılması için kullanılabilecek tek yöntemin simülasyon olduğu belirtilmektedir (Yavuz, 2014, s. 2).

Pek çok uygulayıcı ve akademisyen, müşteri memnuniyetini en üst düzeye çıkarırken toplam maliyeti en aza indirecek olan tedarik zincirlerinde optimalliği aramaktadır. Bu amaçla optimizasyon modelleri ve simülasyon modelleri yarışmaktadır. Girdilerde küçük bir değişiklik olması durumunda, optimizasyonun doğası gereği optimal yanıtın önemli ölçüde değişebileceği vurgulanmaktadır. Bir yönetici, bir planın sağlam olduğunu bilmelidir; bu, işteki varyansın genel yanıtı büyük ölçüde etkilemeyeceği anlamına gelmektedir. Optimizasyonun, "kamçı etkisinin" birincil nedeni olan "talep varyansı" veya "tahmin hatası" gibi bazı temel iş konularını gözden kaçırdığı belirtilmektedir. Simülasyonun, iş operasyonlarının optimize edilemeyecek kadar karmaşık olduğu ve tedarik zincirinde değişkenliğin ana itici güç olduğu durumlarda her zaman daha iyi bir seçim olduğu vurgulanmaktadır. Zira risk faktörü düşünüldüğünde, böyle bir tedarik zincirinde optimal bir cevap en iyi yanıt olmayabilmektedir (Sancar, 2006, s. 18).

Tedarik zinciri modellemesinde simülasyon kullanmanın bir başka önemi de zamanında kararlar almak için zaman sağlamasıdır. Bazı iyi tasarlanmış simülasyon modelleri, kullanıcıların sistem durumunu ve performansını izlemesini ve gerçek zamanlı olarak karar vermesini sağlamaktadır. Ancak böylesine karmaşık bir modelin çok kısa sürede çalıştırılabilmesi için bazı teknoloji gereksinimlerinin karşılanması gerekmektedir. Her şeyden önce, bilgi almak, görev atamak, sistem durumu ve performansı hakkında geri bildirim almak için istenen veritabanları ile arayüz oluşturmalıdır. Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning- ERP) ve Gelişmiş Planlama ve Çizelgeleme (Advanced Planning and Scheduling-APS) büyük firmaların çoğunda kullanılsa da, esas olarak hareket işleme ile ilgilendikleri için gerçek zamanlı kararlar vermeleri mümkün değildir. Dolayısıyla bu sistemler, firmaya gerçek zamanlı kararlar verme yeteneği sağlamak için simülasyon modellerini eklenti olarak içerebilir. ERP ve APS tarafından kullanılan nicel yöntemler arasında simülasyon, şüphesiz bir tedarik zinciri ortamında Karar Destek Sistemi (Decision Support System-DSS) olarak uygulanacak en güçlü tekniklerden biridir. Tedarik zincirinde simülasyon kullanımı, stratejik, taktik ve operasyonel seviyelerde hızlı tepkiler, işbirlikçi planlama, toplu planlama, talebi tahmin etme, üçüncü taraflarla taşeronluk gibi faaliyetlerde karar destek işlevi görmektedir (Campuzano & Mula, 2011, s. 4).

Tedarik zincirlerinde simülasyon kullanımının öneminin ötesinde, hesaplama gücünün evrimi ve birleşik simülasyon modelleme yeteneği (örneğin, ayrık olay, sistem dinamiği ve ajan tabanlı gibi çok paradigmalı simülasyon), araştırmacıların daha karmaşık simülasyon modelleri kullanarak tedarik zinciri sistemlerini analiz etmelerini mümkün hale getirmiştir (Monch vd., 2018, s. 4426).

Tedarik zincirinde simülasyon kullanımına yönelik olarak on yılda yayımlanan çalışmalara ilişkin bilgiler Tablo 2.3'de sunulmuştur.

Tablo 2. 3: Tedarik Zincirinde Simülasyon Kullanımı Konulu Güncel Çalışmalar

Makalenin Adı, Yazarı(ları) ve Tarihi	Ele Alınan Problem	Çözüm Yöntemi	Kısa Özeti
Birden fazla bulanık hedefe sahip bir tedarik zinciri oyununun simülasyonu (Wena, Larbani, & Hao, 2010)	Stratejik ortaklığın bir tedarik zincirinde bireysel ve küresel performansı nasıl etkilediğini analiz etmek.	Çeşitli ortaklıklar altındaki başarı düzeyine göre bir tedarik zincirinin mikro ve makro performansı bulanık çok amaçlı oyun çerçevesinde simüle edilmiştir. Ayrıca duyarlılık analizi yapılmıştır.	Bu çalışma, bulanık çok amaçlı programlama, ittifak matrisi ve başarı düzeyi/istek derecesi temelinde tedarik zinciri ortaklarının stratejik davranışlarının araştırılması için bir oyun çerçevesi formüle etmektedir. Analiz sonuçları, parametrelerdeki değişikliklerin tedarik zincirinde bozulmalara ve dalgalanmalara yol açabileceğini göstermektedir.
Statik Senaryo Karşılaştırma ve Dinamik Simülasyonu Entegre Etme: Tedarik Zinciri Tasarımı için birleşik bir metodoloji (Seidel, 2007)	Tedarik Zinciri Tasarımı için yaygın olarak uygulanan mevcut metodolojileri ve araçları incelemek	Bireysel metodolojilerin mevcut eksikliklerinin üstesinden gelmek için entegre bir Statik Senaryo Karşılaştırma ve Dinamik Simülasyon yaklaşımı önerilmiştir.	Tedarik Zinciri Tasarımı, ağ yapılarını ve süreçlerini yapılandırmakta ve böylece tedarik ağının işletimi sırasında sonradan ortaya çıkan maliyet ve performansın ezici bir bölümünü belirlemektedir. Bu nedenle, geçerli anahtar performans göstergelerinin güvenilir, hızlı ve verimli bir şekilde oluşturulmasına izin veren karar verme metodolojilerine ihtiyaç vardır. Çalışmada, bireysel metodolojilerin mevcut eksikliklerinin üstesinden gelmek için entegre bir Statik Senaryo Karşılaştırma ve Dinamik Simülasyon yaklaşımı önerilmiştir. Bu birleştirilmiş metodolojinin hem modelleme süresi ve gerekli çaba hem de analiz sonuçlarının kalitesinin artması açısından avantajlar sağladığı gösterilmiştir.
Bilgiye dayalı tedarik zinciri ağı: radyo	Tren taşımacılığı için Bilgi Tabanlı	Yerleşik model ve ray sevk modeli uygulanmıştır.	Bu çalışmanın amacı, Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) ve Otomatik Ekipman Tanımlama

frekansı tanımlama, yük treni sevkiyatı ve konteyner sevkiyatları ile yapılandırılmış bir simülasyon uygulama tasarımı (Chen, Chen, Chen, 2010)	Tedarik Zinciri Ağı geliştirmek		etiket mesajlarını kullanan bir nakliye simülasyon modeli ve akıllı bir veri tabanı sunmaktır. Bu temel yük simülasyon modelinin uygulanmasının çözümlerin yapılandırılmasına ve arızaların önlenmesine yardımcı olabileceği ve gelecekteki navlun darboğazları önleyeceği.sonucuna varılmaktır.
Ajan Tabanlı Tedarik Zinciri Simülasyonu için Organizasyon Odaklı Metodolojik Çerçeve (Mustapha, Tranvouez, Espınasse, Ferrarını, 2010)	Tedarik zinciri organizasyonel yönlerinin modellenmesine ve simülasyonuna izin veren organizasyona yönelik bir metodolojik çerçeve sunmak	Kavramsal düzeyde, modelleme bir Kavramsal Rol Örgütsel Modeline dayandırılmış ve daha sonra bir Kavramsal Ajan Örgütsel Modeli olarak rafine edilmiştir. Operasyonel düzeyde, modelleme esas olarak Operasyonel Ajan Modeli'ne dayanmaktadır.	TZ organizasyon yapısı ve ilgili yönetim politikaları, TZ modelleme ve simülasyonunda dikkate alınması gereken TZ performansını iyileştirmek için ayarlanabilen çok önemli bir faktördür. Bu çalışmada, ajan tabanlı TZ simülasyonu bağlamında, TZ organizasyonel yönlerinin modellenmesine ve simülasyonuna izin veren organizasyona yönelik bir metodolojik çerçeve sunulmuştur.
Bilgi Koordinasyonu ile Tedarik Zinciri Dinamik Simülasyonu (Li, Zhai, Chen, Jiang, 2010)	Bilgi koordinasyonunun değerinin nasıl belirleneceği	İlk olarak, sistem dinamiği yaklaşımı ile iki seviyeli bir tedarik zinciri simülasyon modeli kurulmuş ve ardından bu model için Simulink aracı benimsenmiştir.	Mevcut tedarik zinciri simülasyon araştırmalarında kritik sorulardan biri bilgi koordinasyonunun değerinin nasıl belirleneceğidir. Simülasyon yoluyla, bilgi koordinasyonunun tüm tedarik zincirinin işleyişi üzerinde büyük etkisi olduğu görülebilir. Bilgi koordinasyonu için küçük bir iyileştirme, dolaylı olarak büyük karlar getirebilir. Bu değişiklik, özel bir simülasyon koşulunda tam olarak hesaplanabilir. Böylece bilgi koordinasyonunun değeri kazanılabilir. Ayrıca yatırım projesi, tedarik zinciri açısından sistematik ve eksiksiz olarak değerlendirilebilir.
Rastgele Talep Altında Çok Aşamalı Tedarik Zincirinin Sistem Dinamiği Modellemesi ve Simülasyonu (Nuo, Xiao-jie, 2010).	Çok aşamalı bir arzda rastgele talebin etkisini incelemek	Tedarik zinciri sistem dinamiği ile modellenmiştir. Buna dayanarak üretici, distribütör, toptancı ve perakendeciden oluşan çok aşamalı tedarik zinciri modellenmiştir.	Makale, her tedarik zinciri düğümünün Rastgele Döngü Şeması ile başlamaktadır. Rastgele talep altındaki simülasyon sonuçları, dikkate değer bir kamçı etkisinin var olduğunu göstermektedir. Duyarlılık analizi, emniyet envanteri ve tahmin süresine kıyasla tedarik zinciri üzerinde en büyük etkiye sahip olan tedarik süresinin olduğunu göstermektedir.

Ayrık ve Sürekli Modellemeye Dayalı Tedarik Zinciri Ağı Simülasyonu (Wen-li, Yao-wen, 2010)	Hibrit tedarik zinciri modellemek	AnyLogic platformunda uyarlanabilir üretim planlaması altında ayrık-sürekli birleşik modellemeye dayalı geleneksel tedarik zinciri ve bir VMI tedarik zinciri simüle edilmiştir.	Dinamik, karmaşık ve stokastik karakterlerinden dolayı tedarik zinciri sistemleri ne tamamen ayrık ne de süreklidir, ancak hibrit dinamik sistemlerdir. Bu tür hibrit tedarik zincirini modellemek ve simüle etmek zordur. Bu kapsamda gerçekleştirilen simülasyonlar neticesinde, ayrık-sürekli hibrit simülasyonun, ayrık olay modelinden farklı olarak tedarik zincirinin kamçı etkisini açıkladığı belirlenmiştir.
Tedarik zinciri sistem analizi için bir simülasyon modelleme çerçevesi (Umeda, Zhang, 2010).	Hibrit modeller kullanarak bir tedarik zinciri simülasyonu önermek	Tedarik zinciri simülasyonu, ayrık olay modellerini ve sistem dinamiği modellerini birleştiren hibrit modeller kullanılarak açıklanmaktadır.	Bu makale, ayrık olay simülasyonlarını sistem dinamiği simülasyonları ile birleştiren yeni bir simülasyon modelleme çerçevesi önermektedir. İlki, bir tedarik zinciri içindeki operasyonel süreçleri temsil etmekte ve ikincisi, bir tedarik zincirinin dışındaki yönetim ortamını temsil etmektedir. Ayrıca makale, birkaç örnek simülasyon modeli kullanarak gerçek dünyada tedarik zinciri sistemleri için önerilen çerçevenin modelleme yeteneklerini de tartışmaktadır.
İnşaat tedarik zincirlerinde lojistik simülasyon modellemesi (Vidalakis, Tookey & Sommerville, 2010)	Değişen talebin inşaat lojistiğinin performansı üzerindeki etkisini değerlendirmek	Çalışmada, simülasyon modellemesi kullanarak deney yapmayı kolaylaştıran kavramsal bir lojistik model geliştirmek için bir saha çalışması yaklaşımı izlenmiştir.	İnşaat malzemelerinin büyük çoğunluğunun aracı kuruluşlar aracılığıyla dağıtıldığı göz önüne alındığında, bu çalışmada inşaatçı tüccarlarının lojistiğine odaklanılmıştır. İnşaat tedarik zincirleri çalışmasına aracı kuruluşların dahil edilmesinin önemi vurgulanmış, envanter ve nakliye maliyetleriyle ilgili lojistik performans üzerindeki değişen talebin etkileri ortaya koyulmuştur.
Tedarik zincirinde kamçı etkisini azaltan alternatif tahmin teknikleri: bir simülasyon çalışması (Campuzano-Bolarín, Frutos, Abellón, Lısec, 2012)	Talep tahmininin kamçı etkisi üzerindeki etkisinin araştırılması	Bu makale, farklı tahmin yöntemlerinin kamçı etkisi üzerindeki etkisini karşılaştırmaya odaklanmıştır.	Farklı simüle edilmiş talep kalıpları kullanılarak, geleneksel tahmin tekniklerine kıyasla bir tedarik zincirinde kamçı etkisini azaltabilecek alternatif tahmin yöntemleri önerilmiştir. Ana bulgular, Bullwhip, NSAmp ve FillRate gibi tedarik zincirindeki önemli özellikleri geliştirmek için kernel regresyonunun iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir.
Tedarik Zincirinde Simülasyon ve Optimizasyon	Küçük bir şirketin verimli operasyonlara sahip olması için ihtiyaç	Çoklu doğrusal regresyon ve simülasyon teknikleri uygulanmıştır	Küçük şirketler kendilerini büyük şirketlerle karşılaştıramazlar, çünkü büyük şirketler teknolojilerini ve süreçlerini daha düşük fiyatlarla, zaman

(Brinzaa, 2012)	duyulan faktörleri incelemek		harcamadan ve alınan önlemler planlanandan saptığında yönü değiştirmek için mevcut finansal kaynaklarla yükseltebilirler. Bu nedenle küçük şirketler piyasada dezavantajlardan muzdariptir. Bu durumların üstesinden gelmek ve rekabete başlamak için, küçük şirketler yaratıcılığı düşünme ve hareket etme biçimlerine dahil etmelidir. Bu çalışmada küçük bir dondurma dükkanı analiz edilmiştir.
Ahşap palet tedariğinin tasarımı ve analizi için bir simülasyon modeli (Mobini, Sowlati, & Sokhansanj, 2013)	Ahşap palet tedarik zincirlerinin tasarımı ve analizi ile ilgili çalışmaları geliştirmek ve kolaylaştırmak	Palet tedarik zinciri adı verilen bir ayrık olay simülasyon modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model bir örnek olay kapsamında incelenmiştir.	Ahşap palet tedarik zincirlerinin tasarımı ve analizi kapsamında geliştirilen simülasyon modeli ile incelenen senaryoya dayalı analiz sonuçları, kurutma yakıtının talaştan ağaç kabuğuna değiştirilmesiyle yaklaşık %1.5'lik bir maliyet azalmasının sağlanabileceğini göstermiştir. Beyaz ağaç besleme stokunda %10 kabuğun karıştırılması, tahmini maliyeti %4,75 düşürmüştür.
Ayrık bir tedarik zincirinde güvene dayalı ödüllendirici-cezalandırıcı bir koordinasyon mekanizması (Pezeshki, Baboli, Cheikhrouhou, Modarres, & Jokar, 2013)	Dürüst ve aldatıcı ortaklar arasında bir farklılaştırma faktörü olarak kabul edilen, tedarik zinciri katmanları arasında güvene dayalı yeni bir ödüllendirme-cezalandırma koordinasyon mekanizması önermek.	Bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Problemi basitleştirmek ve çözmek için bir yaklaştırma yöntemi kullanılmışır. Model daha sonra, tahmin bilgisi paylaşımı için 10 farklı stratejiye göre dört farklı durumda Monte-Carlo simülasyonu kullanılarak uygulanmıştır.	Perakendeciler tedarikçi ile satış acenteleri olarak işbirliği yaparlar; yani gelir paylaşımı sözleşmeleri çerçevesinde çalışırlar. Bol arz sağlamak ve talep değişkenliği ile başa çıkmak için perakendecilerin özel tahmin bilgilerini abartma eğilimi vardır. Testlerden elde edilen bulgular, karar faktörü olarak güveni içeren mekanizmanın her durumda 'Güven Yok' mekanizmasından daha iyi performans gösterdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, koordinasyon mekanizmasının tasarımında güvenin dikkate alınmasının tedarik zincirinin finansal performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir.
Tedarik zinciri konfigürasyonunu tedarik zinciri performansına bağlamak: Ayrık bir olay simülasyon modeli (Cigolini, Pero, Rossi, & Sianesi, 2014)	Tedarik Zinciri konfigürasyonunun farklı malzeme yönetimi politikaları altında Tedarik Zinciri performansını nasıl etkilediğini araştırmak	Değişkenler arasındaki ilişkiler, senaryo tasarım tekniği ve ayrık olay simülasyonu aracılığıyla istatistiksel analizlerle birlikte incelenmiştir. Ekonomik Sipariş Miktarı (EOQ) tabanlı ve tahmin tabanlı tedarik zinciri modelleri geliştirilmiştir.	Aracılar ve uzman aktörler (küresel veya yerel - mesafenin alakasız olduğu kanıtlandığı için) perakendeci aşamasında hizmet seviyesi performansını olumsuz etkilemeden ürün kalitesi ve maliyeti adına eklenebilir. İşbirlikçi uygulamaların, özellikle kaynak sayısı arttığında çok yardımcı olduğu kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, distribütörlerin ve üreticilerin performansı

			düşerken perakendecilerin performansı artmakta, bu da işbirliği için engelleri artırmaktadır.
Mezoskopik tedarik zinciri simülasyonu (Henniesa, Reggelina, Tolujewa, & Piccut, 2014)	Tedarik zinciri modellemesi ve simülasyonu için mevcut yaklaşımları incelemek ve karşılaştırmak	Bir tedarik zinciri örneği, ayrık olay, mezoskopik ve sistem dinamiği simülasyonu ile modellenmiştir.	Çalışmanın amacı, her bir yaklaşımı kullanarak model oluşturma sürecini ve geçerliliğini karşılaştırmaktır. Çalışma, simülasyon için mezoskobik yaklaşımın avantajlarını incelemektedir. Mezoskopik yaklaşımın başlıca faydaları, modelleme çabalarının gerekli ayrıntı düzeyiyle dengelenmesi ve hızlı ve basit model oluşturma ve simülasyonu kolaylaştırmasıdır.
Taguchi yöntemi ve dinamik simülasyon kullanılarak kan tedarik zinciri sisteminin etkinliğinin iyileştirilmesi (Zahraeea, Rohania, Firouzia, Shahpanaha, 2015)	Kan tedarik zinciri verimliliğini artırmak için sağlam bir kan tedarik zinciri sistemi tasarlamak	Dinamik simülasyon ve Taguchi yöntemi uygulanmıştır.	Kan sıradan bir meta olmadığı gibi arz ve talebi verimli bir şekilde eşleştirmek kolay değildir. Çalışmada verimli bir kan tedarik zinciri sistemi tasarlamak amaçlanmıştır. Taguchi yöntemi için, donörlerin geliş hızı, maksimum envanter seviyesi, minimum envanter seviyesi ve kan dağıtım politikası olmak üzere dört ana kontrol edilebilir faktör ve talep değişkeni faktörü seçilmiştir. Sonuçlara göre, verimli bir kan tedarik zinciri elde etmek için ana faktörlerin yüksek düzeyde yer alması gerekmektedir.
Stokastik simülasyona dayalı Giyim Tedarik Zinciri Ağının Tasarımı (Dai, Zheng, 2015)	Belirsizlik ortamında giyim tedarik zinciri ağının tasarımı	Optimal çözümü bulmak için stokastik simülasyon kullanılmıştır.	Giyim tedarik zinciri ağının tasarımı, giyim tedarik zinciri yönetimindeki en önemli konulardan biridir. Bu makale, fiyatı belirsiz çok kademeli bir giyim tedarik zinciri ağı tasarım modeli önermektedir. Önerilen modelin belirsizlik altında giyim tedarik zinciri ağı tasarlamada etkili ve pragmatik olduğu belirtilmektedir.
Eklemeli üretim ve tedarik zinciri için tasarımı dikkate alan simülasyona dayalı yöntem Lamba endüstrisinin ampirik bir çalışması (Chiu, Lin, 2015)	Katmanlı üretim ve tedarik zinciri tasarımı ile birlikte kullanılacak bir karar destek aracı geliştirmek	Bir uygulama programlama arayüzü (API) ve simülasyon modeli geliştirilmiştir. Ürün tasarımında müşteri tercihine göre TZ konfigürasyonu analiz edilmiştir.	Çeşitli talep dalgalanma seviyeleri altında geleneksel üretim süreci ile hibrit üretim süreci arasındaki farklı TZ performansını araştırmak için farklı üretim süreçlerine sahip iki model oluşturulmuştur. Sonuçlar, eklemeli üretim sürecinin tamamlayıcı kapasitesinin, tedarik süresi ve toplam maliyet açısından TZ performansını iyileştirdiğini göstermektedir.

Tedarik Zinciri Simülasyonunda perspektifler ve ilişkiler: Sistematik bir literatür taraması (Oliveira, Lima, & Montevechi, 2016)	Tedarik zincirlerinde modelleme ve simülasyonun ilişkileri ve potansiyel perspektifleri hakkında bir meta-analiz geliştirmek..	Tedarik Zinciri Simülasyonunda en son durumu araştıran sistematik bir literatür taraması yapılmıştır.	Tedarik zincirlerinde modelleme ve simülasyonun daha iyi entegre edilebileceği gösterilmiştir. Modeller, bu ağların dinamiklerini ve davranışını yakalamak için daha karmaşık olabilir. Aracı tabanlı simülasyon ile optimizasyon yöntemlerinin kombinasyonu gözlemlenen bir eğilimdir. Normatif modelleri ve ampirik uygulamaları içeren hibrit simülasyonlar, tedarik zinciri performansını iyileştiren alternatif çözümler üreterek tedarik zincirlerinin gerçekliğini temsil etmek için faydalı olabilir.
Ajan tabanlı simülasyon kullanarak kimyasal tedarik zincirlerinde filo boyutlandırma (Sha, & Srinivasan, 2016)	Filo boyutlandırma.	Tanker araç filosu boyutlandırma probleminin inceliklerini ortaya çıkaran çok bölgeli bir kimyasal tedarik zincirinin detaylı ajan tabanlı simülasyon modeli geliştirilmiştir. Modelde, ikmal planlaması ve sipariş ataması gibi operasyonlar arasındaki etkileşimlerin yanı sıra farklı varlıkların bağımsız karar vermesi de hesaba katılmıştır.	Filo boyutlandırma, tedarik zinciri yönetiminin önemli bir unsurudur. Ayrıca, boyutlandırma kararı izole bir karar değildir ve filo rotası, envanter yönetimi ve lojistik ve tedarik zinciri yönetiminin diğer yönleriyle yakından bağlantılıdır. Simülasyon çalışmaları sonucunda, farklı filo boyutlarının ve yönlendirme politikalarının, müşteri memnuniyeti ve tesis performansı dahil olmak üzere tedarik zincirinin genel performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceği gösterilmiştir.
Tedarik Zincirlerinde Talep Paylaşımı Hataları: Bir Simülasyon Çalışması (Cannella, Dominguez, Framinan, Bruccoleri, 2018)	Bilgi yanlışlıklarının TZ performansı üzerindeki etkisi.	Üç TZ dinamik performans göstergesi (kamçı etkisi, envanter değişkenliği ve ortalama envanter) kullanılarak dört faktörün (talep hatası, talep gecikmesi, talep değişkenliği ve ortalama tedarik süreleri) etkisi incelenmiştir.	Tedarik zinciri boyunca talep bilgisi paylaşımında iki ana bilgi yanlışlığı kaynağı (hatalar ve gecikmeler) araştırılmıştır. Sonuçlar, talep hatasının, hatanın büyüklüğü ve düşük talep değişkenliği senaryoları tarafından şiddetlenen TZ performansı üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, talep gecikmesi, tedarik zinciri konfigürasyonundan etkilenerek tedarik zinciri yanıtında doğrusal olmayan bir davranış üretir (yani, kısa bir gecikme olumsuz bir etkiye sahip olabilir ve uzun bir gecikme olumlu bir etkiye sahip olabilir).
Dijital tedarik zincirlerinde akıllı otonom araçlar (Tsolakis, Bechtsis & Srai, 2018)	Tedarik ağı operasyonların da akıllı otonom araçların simülasyonunu n veya gerçek dünya	İlk olarak, fiziksel IAV'lerin simülasyon modellemesi veya gerçek dünya uygulaması ile ilgili başlıca faydaları ve eksiklikleri belirlemek için mevcut literatür incelenmiştir. Ardından,	Bu çalışmada dijital tedarik ağlarının etkin tasarımı için IAV'lerin kavramsallaştırma, simülasyon, öykünme ve fiziksel uygulamasının entegre uygulamasını destekleyen teorik ve ampirik kanıta dayalı metodolojik bir çerçeve sağlamak

	uygulamasının kullanımıyla ilgili temel zorlukları tartışmak.	kavramsal bir çerçevede bir IAV'nin operasyonlarını değerlendirmek için üç boyutlu bir geçerleme ve doğrulama aracıyla birlikte bir yazılım geliştirilmiştir. Fiziksel ortamdaki testler için ticari bir derinlik sensörü kullanılmıştır.	amaçlanmıştır. Sonuçlar, ideal performans açısından alternatif tedarik zinciri operasyonlarını keşfetmek için kavramsal ve simülasyon modellemenin başlangıçta kullanılması gerektiğini gösterirken, benzetim araçları ve gerçek dünya IAV testleri, tercih edilen dijital tedarik zinciri tasarım seçeneklerini doğrulamada üstündür.
Tedarik zinciri tasarımında depo yeri sorunu: bir simülasyon analizi (Szczepański, Jachımowskı, Izdebskı, Jacyna-Gołda, 2019)	Tedarik zincirindeki depo yeri sorununun hassasiyetini incelemek	Konum sorununun matematiksel formülasyonu ve Busacker-Gowen yönteminin modifikasyonu kullanılarak buluşsal algoritmaya dayalı çözüm yöntemi sunulmuştur. Ardından FLEXSIM ortamında tedarik zinciri simülasyon modeli geliştirilmiş ve çeşitli girdi verileri ve model parametreleri için senaryo çalışmaları yapılmıştır.	Bu makalede, tedarik zincirindeki depo yeri sorununun hassasiyetini incelemek amaçlanmıştır. Çözüm, SIMMAG3D projesi kapsamında geliştirilen metodolojiye dayalı olarak elde edilmiştir. Analizler sonucunda, girdi verilerini tanımlamak için istatistiksel bir dağılım seçiminin lojistik sistemin şeklini nasıl etkileyebileceği gösterilmiştir.
Tedarik zinciri risk yönetiminde simülasyon ve optimizasyon yöntemlerinin rolü: Performans ve gözden geçirme bakış açıları (Oliveira, Jin, Lima, Kobza, Montevechi, 2019)	Tedarik zinciri risk yönetimi yaklaşımı için simülasyon ve optimizasyon yöntemlerinin rolünü ve katkısını analiz etmek	Sistematik bir literatür tarama süreci gerçekleştirilmiş, ardından incelenen konu üzerinde tartışmalar ve analizler yapılmıştır.	Etkili bir risk yönetimi prosedürü, tedarik zincirleri üzerindeki kritik etkileri dengeleyebilmektedir. Çalışma neticesinde, risk yönetimi aşamalarını, simülasyon ve optimizasyon yöntemlerini içeren önemli bir metodolojik kopukluk ortaya çıkarılmıştır. Konuyla ilgili yayınlanan makalelerin sayısı önemli olmasına rağmen, bu boşluk, özellikle gerçek dünya/gerçek zamanlı uygulamalarda olmak üzere tedarik zincirlerindeki risklerin dinamiklerini ve karmaşıklığını temsil etmek için çeşitli modellerin sınırlamalarını vurgulamaktadır. Tedarik zinciri risk yönetimi için hibrit ve esnek simülasyon tabanlı optimizasyon modellerinin, karar verme sürecini iyileştirebileceği belirtilmektedir.
Tedarik zinciri hibrit simülasyonu: Büyük Veriden dağıtımlara ve yaklaşım karşılaştırması (Vieira, Dias, Santos, Pereira,	Büyük veri bağlamlarında TZ simülasyonu için modelleme yaklaşımları sağlamak	Bir Büyük Veri Tabanında depolanan veriler, istatistiksel dağılımlar veya her iki yaklaşımın bir kombinasyonu kullanılarak çalışan bir hibrit simülasyon modeli geliştirilmiştir.	Tedarik Zincirlerinin belirsizliği ve değişkenliği, bu tür riskleri azaltmak için simülasyonun kullanılmasının yolunu açmaktadır. İlgili Tedarik Zinciri süreçlerini yönetmek için kullanılan sistemler tarafından üretilen veri miktarları nedeniyle, Büyük Veri teknolojilerinin Tedarik Zinciri simülasyon

Oliveira, 2019)			modellerine fayda sağlayabileceği yaygın olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, bir simülasyon modeli, risk senaryolarını test etme veya tahmin etme gibi amaçlar için kullanılmasına izin veren istatistiksel dağılımları da dikkate almalıdır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, eski yaklaşımın simülasyonlara fayda sağladığını ve modeli istatistiksel dağılımlara dayalı olarak çalıştıracak şekilde ayarlarken gerekli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu makale bu yaklaşımları karşılaştırarak, her birinin artılarını ve eksilerini ve ayrıca hesaplama gereksinimlerindeki farklılıklarını vurgulamaktadır.
Kesinti kuyrukları ve canlanma politikaları: İyileşme ve kesinti sonrası dönemlerde tedarik zinciri tasarımı ve üretim siparişi sistemlerinin simülasyon analizi (Ivanov, 2019)	Aksama riskleri olan tedarik zincirlerinde üretim siparişi davranışını incelmek ve ciddi aksamaların üretim ve dağıtım ağı tasarımı üzerindeki etkisi incelemek	Logistix'te ağ optimizasyonu ile harmanlanmış ayrık olay simülasyonu yardımıyla bir TZ'deki bozulmanın gerçek hayattaki bir vaka çalışması şeklinde incelenmiştir.	İyileşme ve kesinti sonrası dönemlerde aksama riskleri olan tedarik zincirinde üretim siparişi davranışını incelmek ve ciddi aksamaların üretim ve dağıtım ağı tasarımı üzerindeki etkisi incelemek hedeflenmiştir. Sonuçlar, izole üretim ve dağıtım ağı tasarım optimizasyonunun, TZ kesintileri durumunda performansta ciddi düşüşlere yol açabileceğini göstermektedir.
Büyük veri kullanan bir otomotiv tedarik zincirinin simülasyonu (Vieiraa, Diasa, Santos, Pereira, Oliveiraa, 2019)	Büyük Veri bağlamında TZ simülasyon modeli geliştirmek	TZ problemlerini modellemek için istatistiksel dağılımları kullanan geleneksel simülasyon yaklaşımlarının aksine, bir Büyük Veri Ambarı ve bir simülasyon modeli tarafından desteklenen bir Karar-Destek Sistemi geliştirilmiştir.	Tedarik Zincirleri,sayısal olarak belirlenmesi zor sonuçları olan aksamalara maruz kalan dinamik ve karmaşık ağlardır. Bu nedenle, sistemlerin belirsizliği ve dinamik doğasının dikkate alınmasına izin verdiği için simülasyon kullanılabilir. Ayrıca, TZ'lerde kullanılan çeşitli sistemler, giderek daha yüksek hacimlerde ve hızlarda veri üreterek Büyük Veri bağlamlarında simülasyon modellerinin geliştirilmesinin önünü açmaktadır. Bu makalede Büyük Veri Kümesi'nden veri alan ve ilgili malzeme ve bilgi akışlarını yeniden üreten bir TZ simülasyon modeli önerilmiştir.
Fildişi Sahili'nde kakao tedarik zincirinin lojistiği üzerine: Simülasyona Dayalı Analiz	Tedarik zincirinin lojistiğinin performansını değerlendirmek	Üreticilerden, dağıtım merkezinden ve nihai toplama ve sevkiyat merkezinden gelen Kakao ürünlerinin tedarik zincirini tanımlamak ve	Fildişi Sahili, dünyadaki toplam Kakao üretiminin yaklaşık yüzde 42'sini üretmekte ancak toplam üretimin yalnızca yüzde 30'unu işlemektedir. Ülkenin büyük bir kısmı Kakao üretimi ve tedarik

(Mota, Makhloufi, Scala, 2019)		analiz etmek için bir ayrık olay simülasyon modeli uygulanmıştır.	zincirinden elde edilen gelire bağımlıdır. Oluşturulan simülasyon modeli, Kakao tedarik zincirinin üretkenliğini ve performansını engelleyen verimsizlikleri, darboğazları ve engelleyicileri belirleyerek Kakao tedarik zincirinin lojistiğindeki iyileştirmelerin potansiyeline ışık tutmuştur.
Sistem dinamikleri ve politika optimizasyonuna dayalı arazi yeşil tedarik zinciri simülasyonu (Songa, Cuib, Wang, 2019)	Farklı kalkınma planları altında ekonomi ve arazi arasındaki ilişkiden ortaya çıkan gelecekteki eğilimleri simüle etmek ve en uygun çözümü bulmak	Doğrusal olmayan ve karmaşık problemi tamamen simüle etmek ve ekonomi, arazi, teknoloji ve çevre olmak üzere dört modülü entegre etmek maksadıyla sistem dinamikleri modelleme yaklaşımı benimsenmiştir.	Bu çalışmada, arazi yeşil tedarik zinciri, TEEE dinamik modelini oluşturan teknoloji (T), enerji (E), çevre (E) ve ekonomi (E) alt sistemlerine bölünmüştür. Modele dayanarak, 2003'ten 2020'ye kadar Shandong Eyaletinde teknoloji, enerji, çevre ve ekonominin gelişme eğilimi simüle edilmiştir. Ayrıca, Shandong Eyaletinin 2020 ekonomik ve çevresel hedeflerini gerçekleştirmek için en uygun politikalar incelenmiş ve optimizasyonu ele alınmıştır.
Simülasyon modellemesi kullanarak envanter yönetiminin orman bazlı biyokütle tedarik zincirlerinin talep karşılama, maliyet ve emisyonu üzerindeki etkisi (Akhtari, Sowlati, Siller-Benitez, Roeser, 2019)	İki sürekli envanter sisteminin performansını değerlendirmek ve karşılaştırmak	Ayrık olay simülasyon modeli geliştirilmiş ve simülasyon modelini çalıştırmak için Kanada'daki bir durum çalışmasına ilişkin veriler kullanılmıştır.	İki envanter sistemi (stok hedefi, sabit sipariş) için bir biyokütle tedarik zincirinin talep karşılama, maliyet ve emisyonunu karşılaştırmak üzere bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. . Sonuçlar, envanter yönetim sisteminin seçiminin yıllık talep karşılamayı biraz etkilediğini, ancak tedarik zincirinin toplam maliyeti ve toplam CO2 emisyonunu önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Ek olarak, her bir envanter sistemi için talep karşılamada küçük bir iyileşmenin, çalışma saatlerinde önemli harcamalar gerektireceği ve artan emisyonla sonuçlanacağı vurgulanmıştır.
Biyofarmatik Tedarik Zincirini Güvenceye Almak İçin Simülasyon Tabanlı Blok Zincir Tasarımı. (Xie, Wei,Wang, Bo Ye, Zehao Wu, Wencen You, Jie Zhou, Qi. 2019)	Biyo-ilaç tedarik zincirini yanlış bilgilere ve kötü amaçlı değişikliklere, siber saldırılara karşı korumak ve risk yönetimi kolaylaştırmak.	İki katmanlı blok zincir tasarımı ve akıllı sözleşmeler önererek; hırsızlık, sahtecilik ve sıcaklık sapma riskine karşı korunmak için güvenilir ve verimli biyo-ilaç dağıtımı sağlayabilen küresel biyo-ilaç tedarik zinciri tasarımı yapılmış ve yeni blok zinciri platformu ve ve platformun geliştirilmesine rehberlik edecek bir stokastik	Klasik tedarik zinciriyle karşılaştırıldığında, biyofarma tedarik zincirinin karmaşıklık, soğuk zincir, uzun teslimat süresi, yüksek marjinal değer ve sahteciliğe karşı savunmasız olması gibi temel zorlukları vardır. Biyofarmatik tedarik zinciri yönetimindeki zorluklar sebebiyle iki katmanlı QuarkChain üzerine inşa edilen, blok zincir etkin bir öneri sunulmuş ve itibara dayalı sözleşme protokolü hazırlanmış; riskleri azaltmak ve blok zinciri

		simülasyon modeli ve algoritması geliştirilmiştir.	tasarımına rehberlik etmesi için stokastik simülasyon modeli geliştirilmiştir.
Tedarik Zinciri Risk Yönetimi: Büyük Veri Bağlamında Etkileşimli Bir Simülasyon Modeli (Vieiraa, Diasa, Santosa, Pereiraa, & Oliveiraa, 2020)	Simülasyon modelinin etkileşimli olarak kullanılmasından oluşan, TZ'lerde risk senaryolarının etkisini test etmek için alternatif bir yaklaşım sunmak	Simülasyon modeli SIMIO'da geliştirilmiştir. Google Earth tarafından sağlanan, varlıkların hem dahili hem de harici lojistik hareketleri ve tesiste meydana gelen malzeme transferlerini temsil ettiği bir dünya haritası görünümünde çalıştırılmıştır.	Endüstri 4.0, çeşitli bilgi alanlarının kullanımını gerektiren birçok araştırma ve yenilik hedefi belirlemektedir. Bu hareketle bağlantılı olarak, son çalışmalar, risk azaltmayı geliştirmek için uygulanacak tedarik zinciri simülasyon modellerine ve Büyük Veri kavramlarına ve teknolojilerine duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Bu çerçevede, bu çalışmada, tipik simülasyon yaklaşımları yerine, kullanıcıların çalışma zamanında kesintileri başlatmasına ve böylece sistemin genel performansındaki etkilerini değerlendirmesine izin veren bir aracı kullanmayı içeren bir yaklaşım önerilmiştir.
Salgınların küresel tedarik zincirleri üzerindeki etkilerini tahmin etmek: Koronavirüs salgını üzerine simülasyon tabanlı bir analiz (Ivanov, 2020)	COVID-19'un (SARS-CoV-2) küresel TZ'ler üzerindeki etkisi	Ayrık olay simülasyon metodolojisi kullanılmıştır. Model, AnyLogic simülasyon ve optimizasyon araç setinde oluşturulmuş ve çözülmüşür. Analiz için standart bir AnyLogic modeli "Küresel Ağ İncelemesi" kullanılmıştır.	Bu çalışmada ilk olarak, salgınların benzersiz bir TZ riski türü olarak çerçeveleyen belirli özellikleri ifade etmek amaçlanmıştır. İkinci olarak, salgınların TZ performansı üzerindeki etkilerini incelemek ve tahmin etmek için simülasyon tabanlı metodolojinin nasıl kullanılabileceğini göstermek hedeflenmiştir. Çalışmada elde edilen en önemli gözlem, tesislerin farklı kademelerde kapanma ve açılma zamanlamasının, yukarı yönde bir kesinti süresi veya salgın yayılma hızından ziyade salgın salgının TZ performansı üzerindeki etkisini belirleyen önemli bir faktör haline gelebileceğidir. Diğer önemli faktörler, tedarik süresi, salgın yayılma hızı ve Tdeki yukarı ve aşağı akış kesinti süreleridir.
Kapasiteli bir tedarik zinciri sisteminde hücresel üretim tasarımı ve yenileme stratejisi: Simülasyona dayalı bir analiz (Sadeghi, Suer, Sinaki, Wilson, 2020)	Tedarik zinciri sisteminde tasarım ve kontrol aşamalarının entegrasyonunu incelemek	Simio'nun OptQuest özelliğinin kullanıldığı ayrık olay simülasyon yaklaşımı kullanılmıştır. Optquest, dağılım araması, tabu araması ve sinir ağları dahil olmak üzere metasezgisel algoritmalar kullanmaktadır.	Bu makale, bir kan şekeri üreticisinin üç kademeli tedarik zinciri sisteminde tasarım ve kontrol aşamalarının entegrasyonunu incelemektedir. Çalışmanın odak noktası, stok parametrelerinin ve beklenen hücre kullanımının maliyet bileşenleri ve müşteri hizmet düzeyi üzerindeki etkisini değerlendirmek için bir simülasyon modeli geliştirmektir. Analizler sonucunda, Yeniden

			Sipariş Noktası değerlerinin tasarım aşamasında tahmin edilen Yeniden Sipariş Noktası değerlerine kıyasla önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir; ancak sipariş miktar değerleri için aynı sonuç geçerli değildir.
Simülasyon tarafından öngörülen talep ile sürdürülebilir buğday tedarik zinciri ağı tasarımı (Motevalli-Taher, Paydar, Emami, 2020)	Buğday ve ürünlerinin sürdürülebilir tedarik zinciri ağını optimize etmek	Çok amaçlı bir matematiksel model önerilmiştir. Daha sonra çok amaçlı problem, meta-hedef programlama yöntemi kullanılarak tek amaçlı probleme dönüştürülür. Ayrıca, talep belirsizliği simülasyon yoluyla ele alınmıştır.	Üretimden dağıtıma kadar çeşitli aşamalarının uygun şekilde araştırılması ve yönetimi birçok sorunu çözebilir. Önerilen modeli değerlendirmek için bir vaka çalışması gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları, önerilen model ve belirlenen hedeflerle üretim talebinin %60'ına kadar karşılanabileceğini göstermektedir. Ayrıca su tüketiminin önemi artınca tedarik zincirinin maliyeti ve iş imkanının azaldığı; ancak tedarik zincirinde iş fırsatının önemi artınca su tüketiminin azaldığı ve zincirin toplam maliyetinin arttığı belirtilmiştir.
Sürdürülebilir Tedarik Zinciri: Kavramlar, Optimizasyon ve Simülasyon Modelleri ve Eğilimler (Bernal, Castro, Mantilla, 2020)	Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi ile ilgili güncel bakış açılarını incelemek	Literatür taraması	Performansın çevresel ve sosyal boyutları, çevre ve toplum üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmek için şirketlerde ve tedarik zincirlerinde stratejik, taktik ve operasyonel hedeflere dahil edilmeleri gerektiğinden büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda bu çalışmada, kuruluşlarda ve tedarik zincirlerinde sürdürülebilirliğin uygulanmasına rehberlik edecek yeni araştırmalara ve uygulamalara ilgiyi artırmak için yeşil ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi alanındaki kavramlar ve eğilimler sunulmuıştur.
Blockchain odaklı tedarik zinciri merkezi olmayan operasyonlar: bilgi paylaşımı perspektifi (Xue, Dou, Shang, 2020)	Blockchain odaklı tedarik zinciri merkezi olmayan operasyonlarını bilgi paylaşımı perspektifinden incelemek	Üst ve alt işletmeler arasındaki hiyerarşik ilişkiyi değiştiren, müşterileri tüm sistemin merkezi olarak gören ve kamçı etkisini etkin bir şekilde azaltan bilgi paylaşımı ve yerinden yönetim operasyonel modeli oluşturulmuştur. Ardından, örnek tasarım olarak ev tedarik zinciri seçilmiş ve blockchain tabanlı operasyon süreci üzerinde sistem dinamiği	Bilgi paylaşımı, tedarik zincirinin verimliliğini artırmaya yardımcı olmaktadır. Ancak, çok aşamalı tedarik zincirinde zamansız bilgi geri bildirimi ve bozulma gibi bazı sorunlar vardır. Gelişmiş işbirliğini sağlamada son zamanlarda kaydedilen ilerlemeye rağmen, verimsizlik durumu devam etmektedir. Tedarik zincirine değer katmak da zordur. Bu çerçevede bir operasyonel model oluşturulmuştur. Sonuçlara göre, blockchain dayalı model, tedarik zinciri yönetiminin

		simülasyonu gerçekleştirilmiştir.	maliyeti düşürme, kaliteyi iyileştirme ve sistemin genel verimliliğini artırma hedefini gerçekleştirmeye yardımcı olmaktadır.
Çevrimiçi incelemelerin tedarik zinciri Dinamikleri üzerindeki etkisini keşfetmek için simülasyonu kullanma (Huang, Potter, & Eyers, 2021)	Çevrimiçi incelemelerin etkisini dahil ederek tedarik zincirlerinin dinamik davranışını incelemek	Simülasyon kullanılarak, bir tedarik zincirindeki dinamik performans, bir çevrimiçi inceleme sistemini benimsemek ve sistemi benimsememek şeklindeki iki senaryo için karşılaştırılmıştır. Tedarik zinciri dinamik performansı, kamçı etkisi ve envanter varyansı büyütmesi ile ölçülmüştür.	Müşterileri ve bir e-ticaret perakendecisini içeren bir çevrimiçi tedarik zinciri modellenmiştir. Sonuçlar, çevrimiçi inceleme sisteminin hem kamçı etkisini hem de envanter varyansı artışını artırdığını ve bu etkinin ürün kalitesi, birim uyumsuzluk maliyeti, teslim süresi ve müşteri oynaklığı ile yönetilebileceğini göstermiştir.
Katmanlı Üretimin Tedarik Zinciri tasarımına etkisi: bir simülasyon çalışması (Rinaldia, Caterinoa, Mancoa, Fera, Macchiarolia, 2021)	Katmanlı üretimin tedarik zinciri performansı üzerindeki etkilerini incelemek	Oyuncuların davranışlarını yeniden oluşturmak ve farklı senaryoları karşılaştırmak için Microsoft Excel kullanılarak bir ayrık olay simülasyon modeli uygulanmıştır.	Bu makalede, farklı TZ yapılarını göz önünde bulundurularak tedarik zinciri performansı üzerindeki katmanlı üretimin etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, katmanlı üretimin benimsenmesiyle ilgili bazı güçlü bulguları göstermektedir. Katmanlı üretim, özellikle tedarik zinciri performansı için büyük bir destek sunarak ve tedarik zinciri teslim süresinde güçlü tasarruflar sağlayarak daha kısa bir TZ tasarlamaya izin vermektedir. Ayrıca, merkezi olmayan katmanlı üretim ağı, stok tutma ve genel olarak tedarik zinciri maliyetleri açısından en iyi çözümü sunmaktadır. Ek olarak, katkı teknolojisi ve ademi merkeziyetçiliğin birleşimi, müşteri memnuniyetinde yüksek performansla en esnek çözüm olduğunu doğrulamaktadır.
Gelişen işletmelerde tedarik zincirlerinin risk odaklı simülasyonu (Fedorovıch, Pronchakov, 2021)	Tedarik lojistiğindeki tehditleri ve güvenlik açıklarını incelemek	Risk teorisi, simülasyon olay modellemesi, ajan modelleme ve kuyruk teorisi kullanılmıştır. Riskleri modellemek için, taşıma sistemindeki siparişler ile risk birikiminin gerçekleştirildiği bir aracı modeli kullanılmıştır. Darboğazları simüle etmek için, taşıma sisteminde oluşan büyük kuyrukların analiz edildiği bir simülasyon olay modeli kullanılmıştır. Tehditleri ve güvenlik açıklarını	Üretim sisteminin dağıtımının yanı sıra çok sayıda uzak malzeme tedarikçisinin mevcudiyeti nedeniyle, hammadde ve bileşen tedarik planları tehdit altındadır. Tedarik kesintileri de ana üretim planlarını etkileyerek olası cezalara, ekonomik kayıplara ve yüksek teknolojili ve bilim yoğun ürünlerin pazarlarına mamul ürünlerin arzında aksamalara neden olabilir. Bu makalenin amacı, mevcut tehditleri incelemek ve bunların dağıtılmış üretim sisteminin lojistik zincirlerinin güvenlik açıkları üzerindeki etkilerini

		modellemek için stokastik bir simülasyon modeli kullanılmıştır	değerlendirmek için risk odaklı bir yöntem geliştirmektir. Tedarik lojistiğindeki tehditleri ve güvenlik açıklarını incelemek için geçmiş istatistikleri ve uzman değerlendirmelerini kullanarak potansiyel tehditleri dikkate alan risk odaklı yaklaşım önerilmiştir.

Tedarik zinciri tasarımında simülasyon yönteminin kullanımı üzerine yukarıdaki tabloda özetleri verilen toplamda 40 makale incelenmiş ve makalelerin amaç, yöntem, uygulama bazlı aralarındaki ilişki de aşağıdaki matriste gösterilmiştir. Söz konusu 40 makalenin 16 tanesi kavramsal, 23 tanesi vaka incelemesi olup 1 tanesi ise tedaraik zinciri tasarım modellerinin karşılaştırılmasını içererek vaka incelemesi yapmıştır. Makalelerin amaçları çerçevesinde maliyet minimizasyonu, süreç iyileştirme, performans yönetimi ve tedarik zinciri tasarımı model önerisi bulunmaktadır. Makaleler birkaç amaca yönelik de araştırma yapmış olup, tek bir amaç üzerine çalışmış makaleler de mevcuttur. Makalelerin 22 tanesi tedarik zinciri tasarım önerisinde bulunmuş, 13 tanesi tedarik zinciri performansının artırılmasına yönelik araştırma yapmış, 5 tanesi maliyet mimizasyonunu, 5 tanesi ise süreç iyileştirilmesini amaçlamıştır. Makalelerin yöntemleri içerisinde tedarik zinciri tasarımı modelleme yaklaşımları dahil edilmiştir. Buna göre makalelerin birkaç modelleme yaklaşımını benimsemiş olanlar hibrid simülasyon olarak gruplanmıştır. Makalelerin 11 tanesi dinamik simülasyon, 10 tanesi hibrid simülasyon, 9 tanesi kesikli simülasyon, 9 tanesi ağ temelli yaklaşım, 8 tanesi sistem dinamiği, 6 tanesi doğrusal programlama, 3 tanesi ajan bazlı simülasyon, 3 tanesinde ise stokastik programlama kullanılmıştır. Simülasyon yazılımı kullanan makale sayısı ise 7'dir. Tercih edilen yazılımlar ise; AnyLogic, Simulink, FlexSim, Simio'dur.

Tablo 2. 4: Tedarik Zincirinde Simülasyon Konulu Çalışmaların İlişki Matrisi

Makale Adı ve Yılı	Amaç				Yöntem								Uygulama		
	Maliyet Minimizasyonu	Süreç İyileştirme	Performans Yönetimi	Tedarik Zinciri Tasarım Modeli Önerisi	Doğrusal Programlama	Stokastik Programlama	Ağ Temelli Yaklaşım	Dinamik Simülasyon	Ajan Bazlı Simülasyon	Kesikli Olay Simülasyonu	Sistem Dinamiği	Hibrid Simülasyon	Kavramsal	Vaka	Simülasyon Yazılımları
Birden fazla bulanık hedefe sahip bir tedarik zinciri oyununun simülasyonu (Wena, Larbani, & Hao, 2010)			X		X								X		
Statik Senaryo Karşılaştırma ve Dinamik Simülasyonu Entegre Etme: Tedarik Zinciri Tasarımı için birleşik bir metodoloji (Seidel, 2007)	X	X						X					X		
Bilgiye dayalı tedarik zinciri ağı: radyo frekansı tanımlama, yük treni sevkiyatı ve konteyner sevkiyatları ile yapılandırılmış bir simülasyon uygulama tasarımı (Chen, Chen, Chen, 2010)		X			X						X	X		X	
Ajan Tabanlı Tedarik Zinciri Simülasyonu için Organizasyon Odaklı Metodolojik Çerçeve (Mustapha, Tranvouez, Espınasse, Ferrarını, 2010)			X						X				X		
Bilgi Koordinasyonu ile Tedarik Zinciri Dinamik Simülasyonu (Li, Zhai, Chen, Jiang, 2010)		X						X			X		X		Simulink

(Tablo 2.4 Devam)

Makale Adı ve Yılı	Amaç				Yöntem								Uygulama		
	Maliyet Minimizasyonu	Süreç İyileştirme	Performans Yönetimi	Tedarik Zinciri Tasarım Modeli Önerisi	Doğrusal Programlama	Stokastik Programlama	Ağ Temelli Yaklaşım	Dinamik Simülasyon	Ajan Bazlı Simülasyon	Kesikli Olay Simülasyonu	Sistem Dinamiği	Hibrid Simülasyon	Kavramsal	Vaka	Simülasyon Yazılımları
Rastgele Talep Altında Çok Aşamalı Tedarik Zincirinin Sistem Dinamiği Modellemesi ve Simülasyonu (Nuo, Xiao-jie, 2010).		X		X							X		X		
Ayrık ve Sürekli Kombine Modellemeye Dayalı Tedarik Zinciri Ağı Simülasyonu (Wen-li, Yao-wen, 2010)	X					X		X		X		X			AnyLogic
Tedarik zinciri sistem analizi için bir simülasyon modelleme çerçevesi (Umeda, Zhang, 2010).		X		X						X	X	X	X	X	
İnşaat tedarik zincirlerinde lojistik simülasyon modellemesi (Vidalakis, Tookey & Sommerville, 2010)			X			X								X	
Tedarik zincirinde kamçı etkisini azaltan alternatif tahmin teknikleri: bir simülasyon çalışması (Campuzano-Bolarín, Frutos, Abellón, Lısec, 2012)	X				X								X		

(Tablo 2.4 Devam)

Makale Adı ve Yılı	Amaç				Yöntem								Uygulama		
	Maliyet Minimizasyonu	Süreç İyileştirme	Performans Yönetimi	Tedarik Zinciri Tasarım Modeli Önerisi	Doğrusal Programlama	Stokastik Programlama	Ağ Temelli Yaklaşım	Dinamik Simülasyon	Ajan Bazlı Simülasyon	Kesikli Olay Simülasyonu	Sistem Dinamiği	Hibrid Simülasyon	Kavramsal	Vaka	Simülasyon Yazılımları
Tedarik Zincirinde Simülasyon ve Optimizasyon (Brinzaa, 2012)	X				X									X	
Ahşap palet tedariğinin tasarımı ve analizi için bir simülasyon modeli (Mobini, Sowlati, & Sokhansanj, 2013)	X			X						X				X	
Ayrık bir tedarik zincirinde Güvene dayalı ödüllendirici-cezalandırıcı bir koordinasyon mekanizması (Pezeshki, Baboli, Cheikhrouhou, Modarres, & Jokar, 2013)			X					X						X	
Tedarik zinciri konfigürasyonunu tedarik zinciri performansına bağlamak: Ayrık bir olay simülasyon modeli (Cigolini, Pero, Rossi, & Sianesi, 2014)			X					X						X	
Mezoskopik tedarik zinciri simülasyonu (Henniesa, Reggelina, Tolujewa, & Piccut, 2014)				X						X	X	X	X		

(Tablo 2.4 Devam)

Makale Adı ve Yılı	Amaç				Yöntem								Uygulama		
	Maliyet Minimizasyonu	Süreç İyileştirme	Performans Yönetimi	Tedarik Zinciri Tasarım Modeli Önerisi	Doğrusal Programlama	Stokastik Programlama	Ağ Temelli Yaklaşım	Dinamik Simülasyon	Ajan Bazlı Simülasyon	Kesikli Olay Simülasyonu	Sistem Dinamiği	Hibrid Simülasyon	Kavramsal	Vaka	Simülasyon Yazılımları
Taguchi yöntemi ve dinamik simülasyon kullanılarak kan tedarik zinciri sisteminin etkinliğinin iyileştirilmesi (Zahraeea, Rohania, Firouzia, Shahpanaha, 2015)				X				X						X	
Stokastik simülasyona dayalı Giyim Tedarik Zinciri Ağının Tasarımı (Dai, Zheng, 2015)				X		X								X	
Eklemeli üretim ve tedarik zinciri için tasarımı dikkate alan simülasyona dayalı yöntem Lamba endüstrisinin ampirik bir çalışması (Chiu, Lin, 2015)				X				X						X	
Tedarik Zinciri Simülasyonunda perspektifler ve ilişkiler: Sistematik bir literatür taraması (Oliveira, Lima, & Montevechi, 2016)				X								X	X		
Ajan tabanlı simülasyon kullanarak kimyasal tedarik zincirlerinde filo boyutlandırma (Sha, & Srinivasan, 2016)			X						X					X	

(Tablo 2.4 Devam)

Makale Adı ve Yılı	Amaç				Yöntem								Uygulama		
	Maliyet Minimizasyonu	Süreç İyileştirme	Performans Yönetimi	Tedarik Zinciri Tasarım Modeli Önerisi	Doğrusal Programlama	Stokastik Programlama	Ağ Temelli Yaklaşım	Dinamik Simülasyon	Ajan Bazlı Simülasyon	Kesikli Olay Simülasyonu	Sistem Dinamiği	Hibrid Simülasyon	Kavramsal	Vaka	Simülasyon Yazılımları
Tedarik Zincirlerinde Talep Paylaşımı Hataları: Bir Simülasyon Çalışması (Cannella, Dominguez, Framinan, Bruccoleri, 2018)			X		X							X	X		
Dijital tedarik zincirlerinde akıllı otonom araçlar (Tsolakis, Bechtsis & Srai, 2018)			X					X						X	
Tedarik zinciri tasarımında depo yeri sorunu: bir simülasyon analizi (Szczepańskı, Jachımowskı, Izdebskı, Jacyna-Gołda, 2019)				X				X						X	FlexSim
Tedarik zinciri risk yönetiminde simülasyon ve optimizasyon yöntemlerinin rolü: Performans ve gözden geçirme bakış açıları (Oliveira, Jin, Lima, Kobza, Montevechi, 2019)			X									X	X		
Tedarik zinciri hibrit simülasyonu: Büyük Veriden dağıtımlara ve yaklaşım karşılaştırması (Vieira, Dias, Santos, Pereira, Oliveira, 2019)			X									X	X		

(Tablo 2.4 Devam)

Makale Adı ve Yılı	Amaç				Yöntem								Uygulama		
	Maliyet Minimizasyonu	Süreç İyileştirme	Performans Yönetimi	Tedarik Zinciri Tasarım Modeli Önerisi	Doğrusal Programlama	Stokastik Programlama	Ağ Temelli Yaklaşım	Dinamik Simülasyon	Ajan Bazlı Simülasyon	Kesikli Olay Simülasyonu	Sistem Dinamiği	Hibrid Simülasyon	Kavramsal	Vaka	Simülasyon Yazılımları
Kesinti kuyrukları ve canlanma politikaları: İyileşme ve kesinti sonrası dönemlerde tedarik zinciri tasarımı ve üretim siparişi sistemlerinin simülasyon analizi (Ivanov, 2019)				X				X						X	Logistix
Büyük veri kullanan bir otomotiv tedarik zincirinin simülasyonu (Vieiraa, Diasa, Santos, Pereira, Oliveiraa, 2019)				X				X					X		
Fildişi Sahili'nde kakao tedarik zincirinin lojistiği üzerine: Simülasyona Dayalı Analiz (Mota, Makhloufi, Scala, 2019)			X							X				X	
Sistem dinamikleri ve politika optimizasyonuna dayalı arazi yeşil tedarik zinciri simülasyonu (Songa, Cuib, Wang, 2019)				X							X			X	
Simülasyon modellemesi kullanarak envanter yönetiminin orman bazlı biyokütle tedarik zincirlerinin talep karşılama, maliyet ve emisyonu üzerindeki etkisi (Akhtari, Sowlati, Siller-Benitez, Roeser, 2019)			X							X				X	

(Tablo 2.4 Devam)

Makale Adı ve Yılı	Amaç				Yöntem								Uygulama		
	Maliyet Minimizasyonu	Süreç İyileştirme	Performans Yönetimi	Tedarik Zinciri Tasarım Modeli Önerisi	Doğrusal Programlama	Stokastik Programlama	Ağ Temelli Yaklaşım	Dinamik Simülasyon	Ajan Bazlı Simülasyon	Kesikli Olay Simülasyonu	Sistem Dinamiği	Hibrid Simülasyon	Kavramsal	Vaka	Simülasyon Yazılımları
Biyofarmatik Tedarik Zincirini Güvenceye Almak İçin Simülasyon Tabanlı Blok Zincir Tasarımı. (Xie, Wei,Wang, Bo Ye, Zehao Wu, Wencen You, Jie Zhou, Qi. 2019)				X		X								X	
Tedarik Zinciri Risk Yönetimi: Büyük Veri Bağlamında Etkileşimli Bir Simülasyon Modeli (Vieiraa, Diasa, Santosa, Pereiraa, & Oliveiraa, 2020)				X							X			X	Simio
Salgınların küresel tedarik zincirleri üzerindeki etkilerini tahmin etmek: Koronavirüs salgını üzerine simülasyon tabanlı bir analiz (Ivanov, 2020)				X						X			X		AnyLogic
Kapasiteli bir tedarik zinciri sisteminde hücresel üretim tasarımı ve yenileme stratejisi: Simülasyona dayalı bir analiz (Sadeghi, Suer, Sinaki, Wilson, 2020)				X						X				X	Simio
Simülasyon tarafından öngörülen talep ile sürdürülebilir buğday tedarik zinciri ağı tasarımı (Motevalli-Taher, Paydar, Emami, 2020)				X	X									X	

(Tablo 2.4 Devam)

Makale Adı ve Yılı	Amaç				Yöntem								Uygulama		
	Maliyet Minimizasyonu	Süreç İyileştirme	Performans Yönetimi	Tedarik Zinciri Tasarım Modeli Önerisi	Doğrusal Programlama	Stokastik Programlama	Ağ Temelli Yaklaşım	Dinamik Simülasyon	Ajan Bazlı Simülasyon	Kesikli Olay Simülasyonu	Sistem Dinamiği	Hibrid Simülasyon	Kavramsal	Vaka	Simülasyon Yazılımları
Sürdürülebilir Tedarik Zinciri: Kavramlar, Optimizasyon ve Simülasyon Modelleri ve Eğilimler (Bernal, Castro, Mantilla, 2020)				X								X	X		
Blockchain odaklı tedarik zinciri merkezi olmayan operasyonlar: bilgi paylaşımı perspektifi (Xue, Dou, Shang, 2020)				X							X			X	
Çevrimiçi incelemelerin tedarik zinciri Dinamikleri üzerindeki etkisini keşfetmek için simülasyonu kullanma (Huang, Potter, & Eyers, 2021)				X				X					X		
Katmanlı Üretimin Tedarik Zinciri tasarımına etkisi: bir simülasyon çalışması (Rinaldia, Caterinoa, Mancoa, Fera, Macchiarolia, 2021)			X							X			X		
Gelişen işletmelerde tedarik zincirlerinin risk odaklı simülasyonu (Fedorovıch, Pronchakov, 2021)				X				X	X			X		X	

2.12. Simülasyon

Simülasyon, bir sistemin davranışlarını anlamak veya farklı stratejileri değerlendirmek amacıyla, sistemin modelini tasarlama süreci ve tasarlanan model üzerinde denemeler yapmak olarak tanımlanmaktadır (Seila, 2005, s. 74). Simülasyonun en karışık sistemleri bile modelleyebilme imkanı sağlaması işletmeler tarafından sıklıkla tercih edilmesine neden olmuştur (Kelton vd., 2015, s. 36). Simülasyon, yeni kurulacak bir sistemin performansını ölçmek, mevcut sistemin ileriki dönemlerdeki analizini yapmak amacıyla en çok kullanılan tekniklerden birisidir. Sistemin özelliklerini ve çalışma mantığını ortaya koyabilen bir araç olduğu için en çok tercih edilen yöntemlerden birisidir. Simülasyon, belirli bir süreçte taklit edilen sistemin işleyişini inceler. Değerlendirme, karşılaştırma, tahminleme, optimizasyon amacıyla simülasyon tekniği kullanılabilir (Yetim, 2016, s. 34).

Simülasyon modelleri sayesinde birbirine bağlı sistemlerin ve sisteme etki eden tüm değişkenlerin performansı ölçülebilir ve sistem süreçleri optimize edilebilmektedir. Aslında simülasyon sistemin optimizasyonunu bulmaya yardımcı olan bir araçtır. Bir simülasyon modelinde modeli kuran kişi belirli varsayımlar ve koşullar altında sistemin davranışını incelediği için simülasyon bir problem çözme tekniği değil aksine bir durum analiz aracıdır (Yetim, 2016, s. 35).

Simülasyon, "deterministik ve stokastik", "statik ve dinamik" ve "sürekli ve ayrık" olmak üzere üç boyut içermektedir. Stokastik simülasyonların yaygın olarak zamanla gelişen rastgele olayları modellediği belirtilmekte, bu kapsamda olmayan türler ise deterministik olarak adlandırılmaktadır. Statik simülasyonlar zamanın doğal işlevlerini içermemekte, ancak dinamik modeller içermektedir. Sürekli simülasyon, zamanın her anında devam eden ölçüm gerektirmektedir. Ayrık simülasyon ise, gerçek sürecin davranış ve performansını simüle ederken, olaylar arasındaki ilgisiz davranışı dışarıda bırakarak yalnızca değişimin meydana geldiği zaman adımlarını temsil etmektedir (Rossetti, 2015, s. 36).

Gerçek yaşam sistemlerinin modellenmesinde stokastik karakter çok önemli bir unsurdur. Optimizasyon ile optimal sonuçlar bulan simülasyon arasında yöntem ve

uygulama farklılıkları vardır. Optimizasyonda bulunan çözüm tanımlanan deneysel çevredeki senaryoya bağımlıdır. Optimal çözüm sadece tanımlanan senaryo için geçerlidir ve eğer senaryo değişirse çözümde değişecektir. Simülasyonda ise, en uygun çözümün bulunması farklı senaryo setlerinin denenmesi ile mümkün olabilmektedir (Persson ve Araldi, 2009, s. 576).

2.12.1 Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları

Simülasyonun önemli bir avantajı, dinamik karmaşıklıklar dahil olmak üzere gerçek yapıyı simüle etme potansiyeline sahip olmasıdır. Simülasyonun analitik yeteneği, karmaşık süreçleri kavrayabilmek için ihtiyaç duyulan uyarlanabilir modelleme üretebilmektedir. Gerçek hayatta geliştirilecek fiziki modeller çoğunlukla çok maliyetli olduğundan, simülasyon modelleri belirli bir sistemin nasıl çalıştığına dair çıkarımlar yapmak için düşük maliyetli deney yapma imkanı sağlamaktadır (Rossetti, 2015, s. 57). Bunun yanında simülasyon, maliyetli işlevsel uygulamalar gerektirmeden prosedürlerin oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, değişken talep nedeniyle mevcut prosedür ve ilkelerin doğruluğunu teyit etmek için oldukça faydalı bir yöntemdir (Balogh vd., 2020, s. 219).

Simülasyon dinamik olayların etkilerinin ve sistemin bütünün daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Diğer yöntemlerle çözülemeyen problemlerin çözümüne yardımcı olmaktadır. İşletme risklerinin hafifletilmesinin öneminin daha da arttığı günümüzde simülasyon, gerçek yaşamda çok pahalı ve tehlikeli olan projelerin ele alınıp incelenmesine imkan sağlamaktadır. Simülasyon, olayların birçok kez denenerek değişimlerin gözlenmesine de olanak vermektedir. Modelde yer alan ve birbirleri ile ilişkili sabit ve değişkenlerin, bağımsız değişkenlere farklı değerler verilerek etkinliği ne şekilde etkileyeceği konusunda anlamlı duyarlılık analizleri yapılmasına olanak vermektedir. Gerçek problemlerde çok uzun sürede gerçekleşecek değişimleri çok kısa sürede deneme olanağı sağlamaktadır. Bazı durumlarda analitik yöntemlerle de çözülebilecek modeller, simülasyon modelleri ile çözülerek, bulunan çözümleri karşılaştırma ve analiz yapma olanağı sağlamaktadır (Esen, 2008, s. 397-398).

Simülasyon yöntemi oldukça esnektir istenildiği zaman değişiklik yapılabilir. Gerçek sistemler ve bileşenleri oldukça stokastik yapıdadır ve bu modellerin

matematiksel olarak gösterilmesi oldukça zordur. Bu tip sistemlerin modellenmesinde simülasyon yöntemi oldukça kolaydır. Simülasyon zaman kavramı üzerinde tam bir kontrol sağlar. Sistem zamanının değiştirilmesi ve zaman parametrelerindeki değişiklikler kolaylıkla kontrol edilebilir. Simülasyon yöntemi gerçek sistem içinde değişiklikler, denemeler, alternatif fikirlerin uygulanması gibi kontrol ve zaman isteyen çalışmaları kolay bir şekilde uygulama imkanı verir. Simülasyon yöntemi hem mevcut sistemdeki olası değişikliklerin sistem üzerindeki etkisini belirlemek için bir analiz aracı, hem de değişen koşullar altında yeni oluşturulacak bir sistemin performansını belirleme için bir tasarım aracı olarak kullanılabilir. Yeni sistem tasarımları, planlar, taşıma sistemleri simülasyon modeli üzerinde herhangi bir kaynak harcanmadan test edilebilir. (Çörekçi, 2014, s. 2-3).

Değişkenler arasındaki ilişki simülasyon modellerinde daha rahat gözlemlenebilmektedir. Anlaşılması daha kolay ve diğer risk analiz yöntemlerine göre daha esnek bir yapıdadır. Çözümlenmesi pahalı ve aylar sürebilecek bir problemi kısa sürede ve daha ucuza çözebilmek mümkündür. Kurulan model üzerinde kullanıcı tam bir yetkiye sahiptir ve modeli revize etmek, yeni bir değişken eklemek tamamen isteğe bağlıdır. Senaryo analizine de imkan tanıyarak, kullanıcıların modelin değişken durumlardaki davranışını görmesini sağlamaktadır (Yetim, 2016, s. 36-37).

Bu avantajlarının yanında simülasyonun bir takım dezavantajları da olabilmektedir. Simülasyon modelleri alternatif sistemlerin karşılaştırmasında iyi olduğu kadar optimizasyonda iyi değillerdir. Geçmiş verilerle deneme-yanılma yönteminin birleşkesi olan simülasyon hiçbir zaman optimum sonucu vermemektedir. Denemeler neticesinde alternatif çözümler karşılaştırılmakta ve alternatif çözümler arasından en iyisi seçilmektedir. Tüm alternatifleri denemek mümkün değildir. Diğer bir dezavantaj ise simülasyon modellerinin kendine has özelliklerinin olmasıdır. Yani modellemesi yapılan sistemlerin çözüm yaklaşımı başka modellerde kullanılmayabilir. Kısacası çözümler kendine özgüdür. Sabit bir modelden bahsetmek olanaksızdır, her bir problem için farklı modellerin kurulması gerekebilir. Bir diğer zorluk ise gerçek sistemi yansıtabilmek için modellemeye başlamadan önce verilerin eksiksiz ve hatasız olmasının gerekmesidir. Aksi taktirde model yanlış sonuçlar verir. Modellenecek sistem karmaşıklaştıkça ve gerçekçi veriler elde edilememesi durumunda yararlı olmayabilir. Simülasyon modelini

oluşturmak can alıcı nokta olduğu için, modelin geliştirilmesi vakit alıcı ve pahalı olabilir. Son olarak ise simülasyon özel amaçlı bir bilgisayar yazılımının kullanımını zorunlu kılmaktadır (Çörekçi, 2014, s. 3; Yetim, 2016, s. 37).

2.12.2. Simülasyon Kullanım Alanları

Simülasyonun anahtar güçlerinden biri zamanın ilerlemesiyle sistem davranışını modelleme yeteneğidir. Simülasyon, gerçek yaşam sisteminin davranışsal özelliklerini sergileyen modelin kullanımını kapsayan bir analiz yöntemidir.

Bazı problemlerin çözümünde simülasyon kullanılması zorunluluğu ortaya çıkabilir (Türker, 2011, s.8);

- Problemin tam matematiksel modelinin olmaması,
- Matematiksel modelin analitik yaklaşımla çözülemiyor olması,
- Analitik çözümün mümkün, ancak bu çözümün matematiksel olarak çok karmaşık olması,
- İçinde bulunan koşullarda simülasyonun tek analiz yönetimi olması,
- Üzerinde çalışılacak gerçek sistemin çalışmaya, deney yapmaya uygun olmaması,
- Sistem henüz tasarım aşamasında olması,
- Problemin analitik çözümü mümkün olmasına rağmen, matematiksel modelin verebileceği sonuçlar dışında farklı sonuçlarla ilgileniliyor olunması,
- Sistemin davranış analizleri yapılmak isteniyor olması.

Günümüzde simülasyon birçok problemin davranışlarını analiz ederek bir karar verme ortamı hazırladığından birçok alanda başarıyla kullanılır. Simülasyon, işletme hayatının hemen her alanında başarıyla kullanılabilir. Örneğin envanter, stok kontrol, dağıtım, kuyruk, bütçe kontrol, nakit akışı, borsa hareketlerinin incelenmesi, ihalelerin kazanılması konusunda açık arttırma ve eksiltme olaylarının incelenmesi, büyük projelere ilişkin farklı faaliyet sürelerinin toplam projeye ilişkin etkilerinin incelenmesi, pazar paylarındaki değişimlerin veya talep belirsizliklerinin işletmenin finansal yapısı

üzerindeki etkileri ve benzeri birçok konuda simülasyon başarı ile kullanılır (Esen, 2008, s. 398-399).

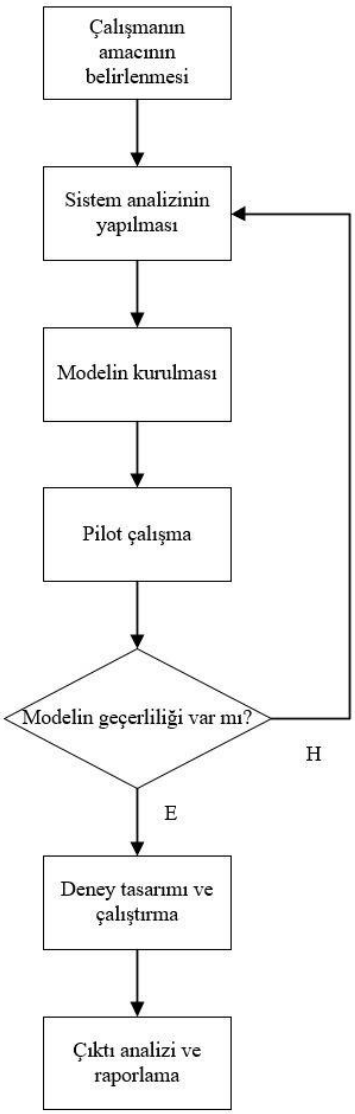
Yetim (2016, s. 38) literatürde yer alan simülasyon uygulama alanlarını aşağıdaki şekilde belirtmiştir:

- Üretim/imalat sistemlerinin tasarım ve analizi,
- Montaj hattı dengeleme,
- İşgücü planlaması,
- Malzeme taşıma sistemleri,
- Yeni askeri silah ve sistem taktiklerinin saptanması,
- Bir envanter sistemindeki sipariş planlarının incelenmesi,
- İletişim sistemlerinin ve bunlar için gerekli mesaj protokollerinin tasarımı,
- Otoyollar, havaalanları, metrolar ve limanlann tasarım ve işletimi,
- Ambulans bulundurma noktalarının ve araç sayılarının saptanması,
- Yangın söndürme istasyonlarının yerleri ve araç sayısının saptanması,
- Finansal veya ekonomik sistemlerin analizi,
- Dağıtım kanallarının tasarımı,
- Bir bilgisayar sisteminin donanım ve yazılım gereksinimlerinin belirlenmesi,
- İşletme yöneticilerinin eğitilmesi (işletme oyunları/firma simülasyonu),
- Tamir-bakım sistemleri,
- Lojistik operasyonlarında risklerin minimize edilmesi,
- Tedarik zinciri tasarımları.

2.12.3. Simülasyon Aşamaları

Simülasyon çalışmalarında ilk olarak çalışmanın amacı net olarak belirlendikten sonra modelleme sürecindeki faaliyetler organize edilir. Modellenecek sistemin analizi yapılarak sistem öğeleri, değişkenleri, parametreleri, ilişkileri, varsayımları, kısıtları ve çıktıları tanımlanır. Simülasyonun gerçekleşmesi için gerekli olan girdi değişkenlerinin değerlerinin belirlenmesi amacıyla gerçek sistemden veriler toplanacak, analiz edilecek ve buradan elde edilecek bilgiler ışığında uygun bir istatistiki dağılım ile girdi değişkenleri modellenir. Simülasyon programları ile sistemin modeli kurulur ve pilot

çalışma gerçekleştirilir. Pilot deneyler ile elde edilen çıktılar gerçek sistemden toplanan veriler istatistiksel metotlar yardımı ile karşılaştırılır. Simülasyon modeli sistemi doğru şekilde yansıttığı tespit edilemez ise gerekli düzenlemeler ile model yeniden oluşturulur. Model kurulduktan sonra, sistem üzerinde gerçekleştirilecek senaryolar belirlenir ve model çalıştırılır. Modelin çalıştırılması ve sonuçların elde edilmesinden sonra toplanan bilgiler ve sonuçlar raporlanır (Türker, 2011, s.13). Aşağıdaki şekilde simülasyon çalışamasının aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 2. 4: Simülasyon Aşamaları

Simülasyon, karar vericilerin değişik koşullar altında bir sistemin davranışlarını irdeleyebildiği, anlaması ve kullanımı kolay bir yöntemdir. Karar değişkenlerinin değerleri analitik modellerde çıktıları, simülasyon modellerinde ise girdileri oluşturur. Simülasyona ilişkin tüm bu özellikler dikkate alınarak simülasyon modelleri günümüzde birçok sorunun çözümünde kullanılmaktadır (Esen, 2008, s. 403). Genel olarak simülasyon projeleri, "problem tanımlama", "veri toplama ve manipülasyonu", "model kurma", "geçerlilik ve gerçeklemenin yapılması", "analiz ve denemelerin yapılması" ve "sonuçlar ve uygulama" olmak üzere altı temel aşama içermektedir (Yavuz, 2014, s. 5).

Birinci aşamada problem tanımlanmakta ve amaç belirlenmektedir. İkinci aşama sistem analizi yapılaraka veri toplama ve analiz safhasıdır. Veri toplama, simülasyonu yapılacak sistemin ve alt bileşenlerinin sayısal verilerinin toplanması işlemidir. Gerçek sistemin yansıtılmasında simülasyon tekniği ne kadar önemli ise iyi bir simülasyon için de iyi bir istatistik bilgisine ihtiyaç vardır. Bu aşamada sistemle ilgili çok sayıda veri toplanması gereklidir. Gerçek sistemi birebir yansıtabilmesi için oldukça fazla sayıda veri toplamak önemlidir. Sistemin içeresindeki olaylar ile ilgili ayrı ayrı gözlemler yapılarak veriler toplanmalıdır. Sistemin içeresindeki olaylar ile ilgili veriler deterministtik yapıda ise bu yapıların incelenmesi kolaydır. Çünkü verileri bir dağılıma uydurma zorunluluğu yoktur. Fakat olaylarla ilgili veriler rassal ise yani stokastik veriler varsa anlamlı sayıda veri toplanması gereklidir. Veri analizinin uygulanabilmesi için ilk olarak gözlemler yapılarak işlenmemiş haldeki ham veriler toplanmalıdır. Veriler toplandıktan sonra bağımsızlığı test edilmelidir. Veriler bağımsız ise verilerin uyabileceği dağılım ailesi belirlenir ve bu dağılımlara ait parametreler tespit edilir. Son olarak verilerin uyduğu düşünülen dağılımlar, sezgisel ve formal uyum iyiliği testleriyle test edilir (Çörekçi, 2014, s. 5-6).

Üçüncü aşama probleme uygun bir simülasyon modelinin oluşturulması safhasıdır. Model kurma üç adımda gerçekleşmektedir. Birinci adım; gerçek sistemi gözlemlemek ve sistemin farklı parçaları/bileşenleri arasındaki etkileşimleri ve bileşenlerinin davranışları hakkında bilgi toplamaktır. Ancak modellemeci'nin/analizcinin yalnız başına sistemi incelemesi nadiren yeterli bilgileri elde ettirir. Bu nedenle, sistem ve sistemin alt sistemleri hakkında bilgisi olanlara sorular yönelterek, onların bu değerli bilgilerini toplamak gerekmektedir. Bu sayede bir uzmanın

açıklayamadığını diğerinin açıklaması sağlanabilmektedir. Model geliştirilirken, bu adıma bazen geri dönerek, ortaya çıkan yeni sorunlara cevap bulmak için sistemin yapısı ve davranışları irdelenebilir. İkinci adım; kavramsal modelin kurulmasıdır. Kavramsal model, kişinin topladığı bilgilerin sonucunda zihninde, ilgili sistemin nasıl çalıştığının formüle edilmesidir. Bu adımda, sistemin yapısı ve bileşenleri hakkında varsayımları toplama, modelin girdi parametrelerinin değerleri hakkında hipotezde bulunma işlemleri yapılmaktadır. Üçüncü adım; bilgisayar yazılımı ile simülasyon modelinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu adımda, daha önce tespit edilen kavramsal modelin varsayımları, yazılım konseptine ve algılama durumuna göre birleştirilmektedir. Gerçekte model kurma, bu üç adımın sırayla yapılmasından çok, ihtiyaç duyulan adımlara tekrar geri dönerek, doğrulama ve geçerleme sonucunda ortaya çıkan hataların düzeltildiği bir süreçtir ve devamlılık arz etmektedir (Çörekçi, 2014, s. 10-11).

Dördüncü aşama modeli doğrulama ve geçerleme safhasıdır. Doğrulama, modelin doğruluğunu sağlamak için iki veya daha fazla sonucu karşılaştırma işlemidir. Bu süreçte, modelin uygulanması ve kavramsal açıklama ve spesifikasyonlarla ilişkili veriler karşılaştırılmalıdır. Simülasyon modeli çıktısı, doğrulama yapmak için çeşitli girdi kombinasyonları kullanılarak kontrol edilir. Geçerleme ise modelin, gerçek sistemin anlamlı ve doğru temsili olup olmadığının belirlenmesi sürecidir. Model, belirli bir amaç için geliştirilmeli ve geçerlemesi bu amaca göre belirlenmelidir. Geçerleme, kavramsal modelin altında yatan teori ve varsayımların doğruluğunu, modelin yapısının, mantığının, matematiksel ve tesadüfi ilişkilerinin mantıklı olduğunu belirlemektedir. Doğrulama, modeli doğru kurmakla ilgili iken geçerleme, doğru modeli kurmakla ilgilidir (Gözaçan, ve Kabadurmuş, 2019, s. 388).

Beşinci aşamada oluşturulan simülasyon modeli rastgele sayılar değiştirilerek işletilir. Çıktı analizi olarak adlandırılan bu aşama, simülasyon modelinin doğrulanması ve geçerlemesinden sonra, simülasyon modelinin çalıştırılmasıyla elde edilen sonuçlara uygulanan istatistiksel analizlerden oluşmaktadır. Çıktı analizi, mevcut bir sistemin performansını incelemek için veya henüz mevcut olmayan bir sistemin performansını tahmin etmek için kullanılabilir. Girdi analizi yapılırken, sistemin yapısı, verilerin analizinde farklılık göstermez. Girdi analizinde sadece verilerin yapısı önemlidir. Ancak çıktı analizinde sistemin yapısına göre çıktı analizinin yapılması farklılık gösterir.

Simülasyon modelinin girdileri rassal olduğu için çıktıları da rassaldır. Dolayısıyla, rassal olan bu çıktılara girdi analizinde olduğu gibi istatistiksel analizlerin uygulanması gerekir. Girdileri rassal olan simülasyon modelinin her bağımsız tekrarında farklı rassal sayı setleri kullanılarak gerçek hayatta oluşabilecek çeşitli durumlar canlandırılmaya çalışılır. Her tekrarın sonucunda elde edilen farklı sonuçların değerlendirilmesi çıktı analizi olarak adlandırılır. Bir simülasyon modelinin birden fazla tekrarı ile oldukça fazla sayıda çıktı elde edilir. Hem çıktı çeşidi hem de çıktı miktarı olarak çok sayıda sonuç elde edilir. İlk bakıldığında, sistem hakkında bir fikir edinmek çok zordur. Bu sebeple, analizi yapan kişi ya da grup problemin tanımlanması ve amaçların belirlenmesi aşamasında tespit edilen bir ya da birkaç ölçüte odaklanmalıdır. Bu ölçütler, problemin çözülmesinde en önemli rolü oynayanlar arasından seçilir. Son aşamada ise simülasyon sonuçları değerlendirilmektedir. (Çörekçi, 2014, s. 14).

2.12.4. Dijital İkizler

"İkiz" konseptin ilk kullanımı, NASA'nın birden fazla uzay aracı inşa ettiği Apollo projesine kadar götürülebilir. Bu projede, yerdeki araç, uzaydaki aracı yansıtmış ve eğitim amaçlı kullanılmasının yanı sıra kritik durumlara yönelik çözümleri simüle etmek için kullanılmıştır."Dijital İkiz", fiziksel bir nesneyi çok kesin olarak betimleyen bir sanal bilgi yapısı olarak belirtilmektedir. Sanal model, mikro düzeyden makro düzeye kadar bilgi içermekte ve mevcut verileri bütünleştirmektedir. En yaygın ve en çok alıntı yapılan tanıma göre, Dijital İkiz, bir aracın veya sistemin, kendisine karşılık gelen ikizini yansıtan simülasyonudur. Bir Dijital İkiz, sensörler, geçmiş veriler ve tamamlayıcı veriler gibi farklı veri kaynaklarının entegrasyonu ile karşılık geldiği sistemei mümkün olduğunca gerçekçi tanımlamaktadır (van der Valk vd., 2020, s. 2697).

Dijital İkiz; gerçek alandaki fiziksel ürünler, sanal alandaki sanal ürünler ve sanal ve gerçek ürünleri birbirine bağlayan veri bağlantıları olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Farklı tanımlarda, bu ifade genişletilerek fiziksel bölüm, sanal bölüm, bağlantı, veri ve hizmetler olmak üzere beş bölümden oluşan bir dijital ikiz de önerilmektedir (Grieves, 2014, s. 2).

Yukarıdaki tanımların ortak noktası, bir dijital ikizin karşılık gelen bir fiziksel ikize sahip olmasıdır. Eşit derecede önemli olan, her iki ikiz arasındaki veri bağlantısıdır.

Bu iki yönlü veri bağlantısı, dijital ikiz ve dijital gölge arasındaki en önemli fark olarak görülmektedir. Dijital ikiz, sanal ve fiziksel kısım arasında tamamen entegre bir veri akışına sahip sanal bir temsilken, dijital gölge yalnızca bir yönde entegre bir veri akışına sahiptir. Dijital ikiz, simülatif uygulamalar bağlamında, simülasyon, modelleme ve optimizasyon teknolojisinin geleceği olarak görülmektedir (van der Valk vd., 2020, s. 2698).

2.12.5. Dijital İkizler ile Simülasyonun Farkları

Simülasyonların en temel fikri, bir yapıyı veya davranışı tanımlamak için bir veya daha fazla matematiksel modelle fiziksel bir sistemi taklit etmektir. Böyle bir simülasyonun bir özelliği, az çok statik olmasıdır. Böyle bir simülasyon, gerekli verilerle beslendikten sonra, fiziksel nesne veya yapının ayrıntılı bir modelini sunmakta ve verilerle sürekli olarak güncellenmesi gerekmemektedir. Ayrıca, böyle bir simülasyon yaklaşımı, simülasyonun ilgili fiziksel varlığın yeterli bir modeli olup olmadığının ve ne dereceye kadar olduğunun kesin olarak belirlenmesine izin vermektedir (Braun, 2021, s. 395).

Dijital ikizler hala simülasyon olarak tanımlanabilmekte, ancak birkaç ek özellik içermektedirler. Bu tür ikizler, temsil edilen yapı veya davranışla ilgili kalıcı veri girişine ihtiyaç duymaktadır. Daha sonra gerçek zamanlı simülasyon ve geri bildirim sağlayabilmektedirler. Birçok temel simülasyon durumunda, bir model oluşturmak için başlangıç noktası olarak kullanılan bireysel bir fiziksel nesne vardır. Dijital ikizlerde ise durum böyle değildir. Kitlesel olarak toplanmış veri kümelerindeki belirli kalıplara dayalı olarak tasarlanabilirken, bu kalıpların somut bir fiziksel varlığı izleme veya bunlara karşılık gelme olasılığını açık bırakırlar. Veriye dayalı tahminin yanı sıra gerçek zamanlı karar vermeyi iyileştirme potansiyeli olmasına rağmen, ödenecek bedel, oluşturulan simülasyonun kalıcı olarak doğrulanması için büyük bir yatırımdır. Böyle bir doğrulama, gömülü ve kullanılan verilerin doğru bir şekilde analiz edildiğini ve simülasyon ile simüle edilen nesne veya varlık arasında geçerli bir korelasyon olduğunu garanti etmelidir. Dijital ikizler ayrıca, gerçek zamanlı geri bildirim sağlamak üzere fiziksel tabanlı bir modeli belirli bir veri modeliyle birleştirmek için kullanılabilir. Bu tür dijital ikiz biçimleri üç temel bileşenden oluşur: birincisi, gerçek zamanlı kısıtlamalar altında

fiziksel modelleri temsil eden karmaşık matematiksel problemleri çözebilen bir simülasyon çekirdeği; ikincisi, veri asimilasyonu, veri iyileştirme ve veriye dayalı modellemeyi mümkün kılan gelişmiş stratejiler; ve üçüncüsü, modeli çevrimiçi olarak gelişen ortamlara uyarlamak için mekanizmalardır (Chinesta vd., 2020, s. 106).

Temel simülasyon durumunda, bir nesne veya sistemin bir simülasyonu bulunmaktadır. Böyle bir simülasyon, fiziksel nesnenin kesin bir modeli olarak hizmet etmektedir. Dijital ikiz yaklaşımında ise yalnızca nesnenin simüle edilmiş bir modeli olmamakta, aynı zamanda fiziksel nesnenin durumuna ilişkin değişikliklerle güncellenmektedir. Daha da önemlisi, daha geniş çevrenin dinamik bir simülasyonuna entegre edilebilmektedir. Bu tür simülasyon biçimleri, olasılıkları tahmin etmenin yanı sıra, bağlantılı verilerin kalıcı bir analizine dayalı olarak farklı seçenekler önerebilmektedir (Braun, 2021, s. 396).

2.12.6 Tedarik Zincirinde Kullanılan Simülasyon Yazılımları: ARENA

Simülasyon teknolojisindeki gelişmeler, endüstride daha büyük bir farkındalık ve simülasyon kullanımı yaratmıştır. Birçok yönetici simülasyonun potansiyel faydalarının artık daha fazla farkındadır. Bununla birlikte, kaydedilen birçok önemli ilerlemeye rağmen, karmaşık sistemlerin simülasyonun faydası olmadan tasarlanıp uygulandığı birçok durum bulunmaktadır. Aslında, simülasyondan yararlanabilecek sistemlerin çok küçük bir yüzdesi simüle edilmektedir. Bunun başlıca nedeni, simülasyon teknolojisini başarılı bir şekilde kullanmak için gereken yüksek düzeyde çabadır. Simülasyon teknolojisini daha yaygın olarak kullanmanın anahtarı, modelleme gücü ve esnekliğinden ödün vermeden araçları öğrenmeyi ve kullanmayı önemli ölçüde kolaylaştırmaktır (Rossetti, 2015, s. 97-98).

Arena, Systems Modeling tarafından geliştirilen ve 2000 yılında Rockwell Automation tarafından satın alınan ayrık olay simülasyonu ve otomasyon yazılımıdır. Arena, nesne yönelimli programlama ve hiyerarşik modelleme kavramlarına dayanan tek adımlı, grafik modelleme ve animasyon sistemidir. Arena, SIMAN simülasyon dilini kullanmaktadır (Gözaçan, N. ve Kabadurmuş, 2019, s. 387).

Arena'nın arkasındaki ana fikir, onu belirli bir uygulama alanına uyarlama konseptidir. Arena sistemi belirli bir önceden tanımlanmış modelleme seti ile sınırlı değildir ve bir şablon aracılığıyla belirli bir uygulamaya kolayca uyarlanabilir. Bunun bir uzantısı, yeniden kullanılabilirliktir. Yani, yazılıma "sabit kodlanmış" olan geleneksel simülasyon sistemlerinin aksine, Arena, son kullanıcıya şablonu birçok farklı durumda ve farklı kısıtlamalar altında tekrar tekrar kullanma özgürlüğü sağlamaktadır (Hammann ve Markovitch, 2005, s. 519).

Arena'nın gücü, kullanıcıya kendi uygulamasına göre özelleştirilmiş bir araçla hızlı ve kolay bir şekilde modelleme yeteneği sağlamasında ve kullanıcıyı yalnızca tek bir etki alanı ile sınırlamamasındadır. Kullanıcı, bir veya daha fazla uygulama odaklı şablon yapıları birleştirebilir ve böylece geleneksel sabit kodlu, etki alanı kısıtlamalı paketlerde karşılaşılan sorunlardan kaçınabilir. Modelleme gücü, kullanıcıya basit bir ek şablon olarak sunulur ve bu nedenle herhangi bir seviyede (en düşük, en ayrıntılı seviyede bile), modelleme ortamı ve yaklaşımı aynıdır. Yani, programlama gerektirmeyen, nesne yönelimli, sürükle ve bırak, boşlukları doldur stili olarak kullanılır. Şablon konsepti, Arena tarafından sağlanan esneklik ve kullanım kolaylığı için esastır. Bu mekanizma, son kullanıcıya modellenen gerçek sistemle yakından eşleşen bir araç sağlamayı mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla kullanıcıya aşina olduğu ve uygulamasına odaklanan kavramlar ve terminoloji sunulmaktadır. Bu, modelleme soyutlama seviyesini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenle, ARENA, teknik olarak yeterli olmayabilecek, ancak sistemlerini iyi bilen kullanıcıların da simülasyonu kullanabilmesine yardımcı olmaktadır. Kullanıcı tabanını bu şekilde genişletmek; simülasyonu endüstride daha görünür hale getirmeye yardımcı olmakta ve böylece simülasyonun bir karar destek ve planlama aracı olarak genel kullanımını genişletmektedir (Hammann ve Markovitch, 2005, s. 519-520).

Arena simülasyonu, gerçek sistemi tam olarak kopyalamak için bir sistem oluşturmayı gerektirmektedir. Bu çoğaltma işlemi sırasında Arena'nın sunduğu grafiksel özellikler kullanılmaktadır. Arena simülasyonu modüller yardımı ile gerçek sistemi yansıtacak akış şeması oluşturularak modellenir. Söz konusu modüller Arena içerisinde "basic process", "advanced process", "advanced transfer", "flow process", "packaging", "contact data", "script" panellerinde bulunmaktadır. Her bir panelin içerisinde

modellenecek yapı için uygun olan modül bulunmaktadır. Bu modüller ise aşağıdaki tanımları verilmiş gezen birim (entity), gezen birim özellikleri (attribute) ve sistem değişkenleri (variable) sayesinde yönetilerek işleme girerler.

- Gezen Birim (entity): Gezen birim, simülasyon çalışımı boyunca sistem içerisinde oluşturulmuş, hareket eden parçalardır. Gezen birimlerin de gerçek sistemde hareket ettikleri gibi model içerisinde de hareket etmeleri sağlanır. Gerçek sistemin akışını yansıtacak şekilde birbiriyle bağlantılı oluşturulan modülleri, gezen birimler verilen akışa göre ziyaret ederek modüllerin çalışmasını sağlarlar.
- Gezen Birim Özellikleri (attribute): Oluşturulan model içersinde birbirinden farklı çok sayıda gezen birim aynı anda bulunabilir. Bu gezen birimlerin birbirinden ayırt edilebilmeleri ve farklı işlemlerde yer alabilmeleri için bazı bilgileri üzerinde taşıması gerekir. Gezen birim ile hareket eden bu bilgilere gezen birim özellikleri denir.
- Sistem Değişkenleri (variables): Bir simülasyon çalışımında sistem içerisinde işleme alınmış değişkenlik gösteren tüm bilgiler sistem değişkenleridir.

Bu tezde, modellenen tedarik zinciri için “basic process” içerisinde yer alan “create”, “process”, “dispose”, “assign”, “decide”, “batch”, “record” modülleri ile “advanced process” içerisinde yer alan “delay”, “hold” modülleri kullanılmıştır. Kullanılan modüllerin kısaca tanımları aşağıdaki gibidir;

- Create Modülü: Gerçek sistemlerde bir üretim olması için sistemde hareket eden unsurların, işlemlerin olması gerekmektedir. Akış şemasındaki gerçek unsurları veya işlemleri temsil eden modüllerin işlevlerini yerine getirmesi için “entity” yani gezen birim tarafından manüpile edilmesi gerekir. Bu nedenle oluşturulan modele gezen birim akışının sağlanması gerekir ve işlevi yerine getiren modül de “create” modülüdür.

- Process Modülü: Gezen birimler simülasyon modelinde bir noktada belli bir süre bekletilmelerini veya bir kaynakta işlem görecek iseler

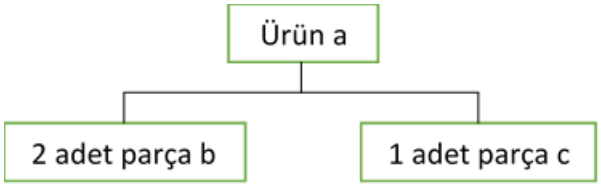
kaynağın ve gezen birimin birlikte işlem süresi boyunca bekletilmelerini sağlar. Bu süreç process modülü yardımıyla gerçekleşir.

- Dispose Modülü: Bu modül simülasyon modelindeki gezen birimlerin çıkış noktasıdır. Gezen birimlerin istatistikleri sistemden çıkarılmadan önce kayıt altına alınır.
- Assign Modülü: Bu modül ile sistem değişkenlerine, gezen birim özelliklerine değer atayabilmek için kullanılır.
- Decide Modülü: Bu modül gezen birimlerin model içerisinde şarta veya duruma göre yönlendirilmesine olanak sağlar. Gezen birim bu modüle geldiğinde bir olasılığa bağlı olarak iki ya da daha fazla yoldan biriyle akışa devam eder.
- Batch Modülü: Gezen birimlerin geçici veya kalıcı olarak gruplanmasını sağlayan modüldür.
- Record Modülü: Simülasyon modelinin çalıştırıldığında kullanıcı tarafından elde edilmek istenilen istatistikleri toplamak için kullanılan modüldür.
- Delay Modülü: Gezen birimi belirli bir süre boyunca bekleten modüldür. Gezen birim bu modüle geldiği zaman, belirtilen zaman kadar beklemede kalır. Ancak bu bekleme kaynağa tahsis yapılmadan gerçekleştiği için kuyruk oluşturmaz.
- Hold Modülü: Gezen birimlerin kuyrukta tutulmasını sağlayan modüldür. Hold modülü bu tutma işini üç farklı şekilde yapar. Gezen birim modüle gelir, kuyrukta tutulur ve sinyal gelince bırakılır. Gezen birime koşul bağlanırsa, koşul gerçekleştiğinde bırakılır. Son olarak ise, gezen birimler sonsuza kadar tutulabilir ve modülden çıkması için de remove ve dropoff modülü kullanılır.

BÖLÜM 3. YÖNTEM

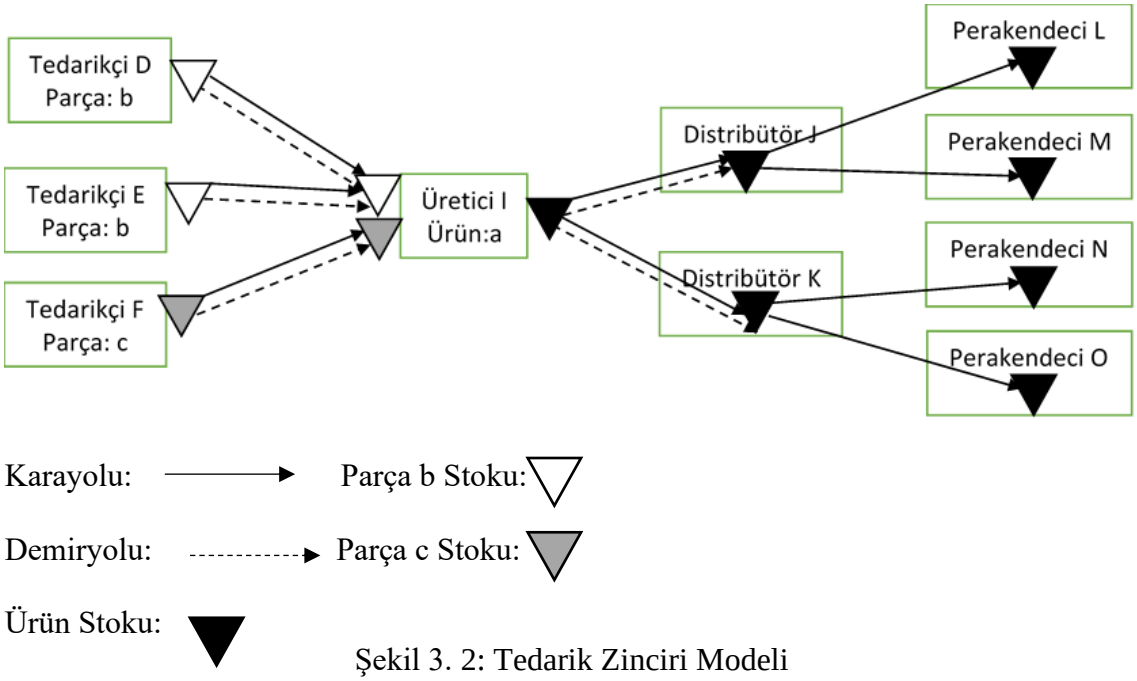
3.1. Araştırma Modeli

Araştırmanın modeli kapsamında 3 tedarikçi (D, E, F) 1 üretici (I), 2 distribütör (J, K) ve 4 perakendeciden (L, M, N, O) oluşan kavramsal bir tedarik zinciri tasarlanmış, karayolu ve demiryolu taşıma kararı da eklenerek zamanında teslimat oranını artırmak amaçlanmıştır. Sitemdeki tek üretici olan Üretici I a ürününü üretmek için Tedarikçi D ve E'den parça b'yi, Tedarikçi F'den ise parça c'yi tedarik etmektedir. Ürün ağacı aşağıdaki gibidir.



Şekil 3. 1: Ürün Ağacı

Tedarik zinciri modeli, modelin varsayımları ve notasyonları aşağıda gösterilerek açıklanmıştır.



Şekil 3. 2: Tedarik Zinciri Modeli

Varsayımlar:

1. Sistemde 4 perakendeci (L, M, N, O) bulunmaktadır.
2. Sistemde 2 distribütör bulunmaktadır (J, K).
3. J Distribütörü L ve M perakendecilerine, K Distribütörü N ve O perakendecilerine a ürünü vermektedir. Perakendecilere ürün tesliminde karayolu kullanılmaktadır ve öngörülen teslim süresi 1 gündür. Perakendeci stok düzeyi yeniden sipariş verme düzeyine geldiğinde distribütöre ekonomik sipariş miktarı kadar sipariş vermektedir.
4. Perakendeciler ve distribütörlerin kendi aralarında ürün akışı yoktur.
5. Sistemde tek üretici bulunmaktadır (I). Üretici 2 adet b ve 1 adet c parçasının montajını yaparak a ürününü üretmektedir.
6. Üreticiden distribütörlere a ürününün sevkiyatında karayolu veya demiryolu kullanılabilmektedir. Karayolunda öngörülen teslim süresi 2, demiryolunda 4 gündür. Distribütör stok düzeyi yeniden sipariş verme düzeyine geldiğinde distribütör üreticiye demiryolu ile gelecek şekilde ekonomik sipariş miktarı kadar sipariş vermektedir. Distribütör stok düzeyi emniyet stoku düzeyinin altına düştüğünde ise sipariş karayoluyla gelecek şekilde verilmektedir.
7. Sistemde üç adet tedarikçi bulunmaktadır (D, E, F). D ve E tedarikçileri b parçasını, F tedarikçisi sadece b parçasını üretmektedir. I üreticisi normal koşullarda b parça ihtiyacının %70'ini D, %30'unu E tedarikçisinden tedarik etmektedir. Ancak bu durum stok durumuna ve tedarik süresine bağlı olarak değişebilmektedir. Üretici tedarikçilerin stok düzeyini görebilmekte, yeterli stok yoksa diğer tedarikçiye sipariş vermektedir.
8. Tedarikçiler parçaları karayolu veya demiryolu ile I üreticisine gönderebilmektedir. Karayolunda öngörülen teslim süresi 2, demiryolunda 4 gündür. Üretici ürün stok düzeyi yeniden üretim düzeyine geldiğinde üretim kararı almakta ve ekonomik üretim miktarı kadar üretim yapmaktadır. Parça stok düzeyi yeniden sipariş verme düzeyine geldiğinde üretici tedarikçilere demiryolu ile gelecek şekilde ekonomik sipariş miktarı kadar sipariş vermektedir. Parça stok düzeyi emniyet stoku düzeyinin altına düştüğünde ise sipariş karayoluyla gelecek şekilde verilmektedir.

9. D, E ve F tedarikçilerinin üretim kapasiteleri, üretim maliyeti, ekonomik üretim miktarı, emniyet stok miktarı, sipariş verme düzeyi, karayolu ve demiryolu ile ekonomik sevkiyat miktarları ve nakliye maliyetleri belirli ve deterministik olup parça üretim süreleri ile karayolu ve demiryolu ile sevkiyat süreleri normal dağılım gösterecek şekilde stokastiktir. Tedarikçilerin hammadde stoklarının sınırsız olduğu, üretimde kesinti ve sevkiyatta kapasite kısıtı olmadığı varsayılmıştır.
10. I üreticisinin ekonomik üretim miktarı, a ürünü üretim maliyeti, b ve c parçaları ile a ürünün emniyet stok miktarları, sipariş verme düzeyleri, karayolu ve demiryolu ile ekonomik sevkiyat miktarları ve maliyetleri, belirli ve deterministik olup a ürünü üretim süresi ile karayolu ve demiryolu ile sevkiyat süreleri normal dağılım gösterecek şekilde stokastiktir. Üreticinin üretiminde kesinti ve sevkiyatta kapasite kısıtı olmadığı varsayılmıştır.
11. J ve K distribütörlerinin ekonomik satın alım miktarı, hizmet maliyeti, karayolu ve demiryolu nakliye maliyeti ve a ürünü emniyet stok miktarları, sipariş verme düzeyleri, operason maliyeti, belirli ve deterministik olup, işlem süreleri ve karayolu ile sevkiyat süreleri normal dağılım gösterecek şekilde stokastiktir. Distribütörlerde a ürünü için kapasite kısıtı ve hizmet süresinde kesinti olmadığı varsayılmıştır.
12. Tedarik zincirinde tüm taraflar için sipariş süresinin 1 gün olduğu varsayılmıştır. (Sipariş Süresi=Siparişin önceki tedarikçilere verilme süresi)
13. Her parça ve ürün için elde bulundurma ve bulundurmama maliyetleri belirli ve deterministiktir.
14. Distribütör ve üreticide stok seviyesi emniyet stok seviyesinin altına düştüğünde tedarik mutlaka karayolu ile yapılmaktadır.
15. Tüm aşamalarda başlangıç stok düzeyleri yeniden sipariş verme düzeyinin üzerindedir.

Çıktılar:

1) Ortalama Tedarik Zinciri Çevrim Süresi (=Ortalama Tedarikçi Çevrim Süresi+ Ortalama Üretici Çevrim Süresi+ Ortalama Disribütör Çevrim Süresi)
(Çevrim Süresi=Sipariş Süresi+Üretim/İşlem Süresi+Sevkiyat Süresi)

2) Tedarik Zinciri Boyunca Ortalama Zamanında Teslimat Oranı

Amaç:

Zamanında Teslimat Oranını Artırmak

Notasyon:

İndisler: Perakendeciler (l=1,2,3,4)

Distribütörler (k=1,2)

Üretici (j=1)

Tedarikçi (i=1,2,3)

Gün (g=1,2,…….,30)

Değişkenler: S_l: l. perakendeci stok düzeyi (adet)

S_k: k. distribütör stok düzeyi (adet)

S_{Ja}: j. üretici a ürünü stok düzeyi (adet)

S_{Jb}: j. üretici b parçası stok düzeyi (adet)

S_{Jc}: j. üretici c parçası stok düzeyi (adet)

S_{Jb}: i. tedarikçi b parçası stok düzeyi (adet)

S_{Jc}: i. tedarikçi c parçası stok düzeyi (adet)

Parametreler: ES_l: l. perakendecisi emniyet stoku düzeyi (adet)

YS_l: l. perakendecisi yeniden sipariş düzeyi (adet)

EO_l: l. perakendeci ekonomik sipariş miktarı (adet)

D_l: l. perakendecine gelen talep miktarı (adet/gün)

ES_k: k. distribütör emniyet stoku düzeyi (adet)

YS_k: k. distribütör yeniden sipariş düzeyi (adet)

EO_k: k. distribütör ekonomik sipariş miktarı (adet)

ES_{ja}: j. üretici a ürünü emniyet stoku düzeyi (adet)

ES_{jb}: j. üretici b parçası emniyet stoku düzeyi (adet)

ES_{jc}: j. üretici c parçası emniyet stoku düzeyi (adet)

YS_{ja}: j. üretici a ürünü yeniden üretim düzeyi (adet)

YS_{jb}: j. üretici b parçası yeniden sipariş düzeyi (adet)

YS_{jc}: j. üretici c parçası yeniden sipariş düzeyi (adet)

EU_{ja}: j. üretici a ürünü ekonomik üretim miktarı (adet)

EO_{jb}: j. üretici b parçası ekonomik sipariş miktarı (adet)

EO_{jc}: j. üretici c parçası ekonomik sipariş miktarı (adet)

K_{ja}: j. üretici a ürünü üretim kapasitesi (adet)

ES_{ib}: i. tedarikçi b parçası emniyet stoku düzeyi (adet)

ES_{ic}: i. tedarikçi c parçası emniyet stoku düzeyi (adet)

YS_{ib}: i. tedarikçi b parçası yeniden üretim düzeyi (adet)

YS_{ic}: i. tedarikçi c parçası yeniden üretim düzeyi (adet)

EU_{jb}: i. tedarikçi b parçası ekonomik üretim miktarı (adet)

EU_{jc}: i. tedarikçi c parçası ekonomik üretim miktarı (adet)

K_{jb}: i. tedarikçi b parçası üretim kapasitesi (adet)

K_{jc}: i. tedarikçi c parçası üretim kapasitesi (adet)

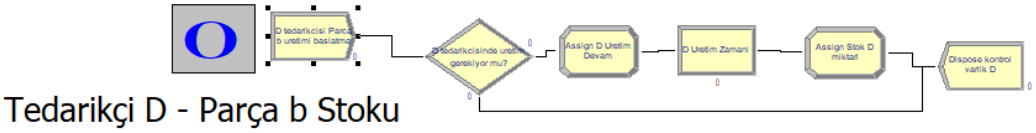
3.2. Arena Programında Tedarik Zincirinin Modellenmesi ve Bir Jenerik Simülasyon Model Önerisi

Tedarik zinciri tasarımının Arena programında modellenmesine ilişkin adımlar, açıklamalara bu bölümde yer verilmiştir. Modellenen tedarik zinciri için "basic process" içerisinde yer alan "create", "process", "dispose", "assign", "decide", "batch", "record" modülleri ile "advanced process" içerisinde yer alan "delay", "hold" modülleri kullanılmıştır.

Tedarik zinciri çekme sistem olarak tasarlanmıştır. Buna göre perakendeci sipariş oluşturduğu anda sistem çalışmaya başlamaktadır. Sipariş akışı perakendeciden tedarikçiye doğru ilerlemektedir. Ancak model Arena'da modellenirken ilk adım olarak tedarikçinin programa dahil edilmesiyle başlar. Sistemde bulunan 3 tedarikçinin Arena'da işlenmesiyle üretici, distribütör ve perakendeciler için gerekli olan adımlara geçilir.

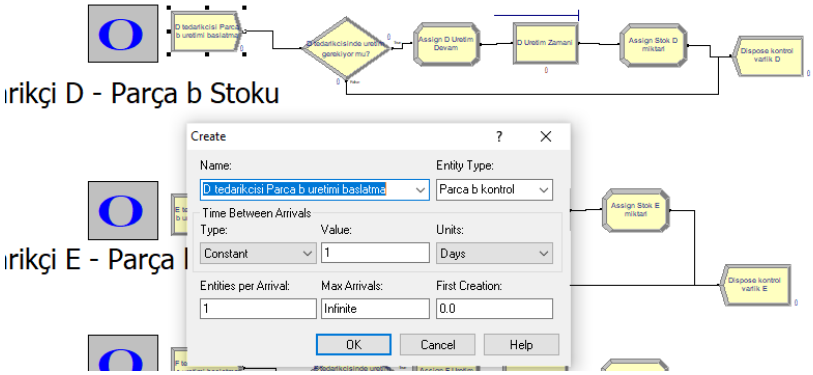
Jenerik model önerisinde taşıma modu karmadır, yani hem karayolu hem de demiryolu kararlarını içermektedir. Daha sonra model Arena üzerinde modifiye edilerek yalnızca karayolu seçimi ile yalnızca demiryolu seçimi kararları incelenmiş ve modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Tedarikçi Modeli:



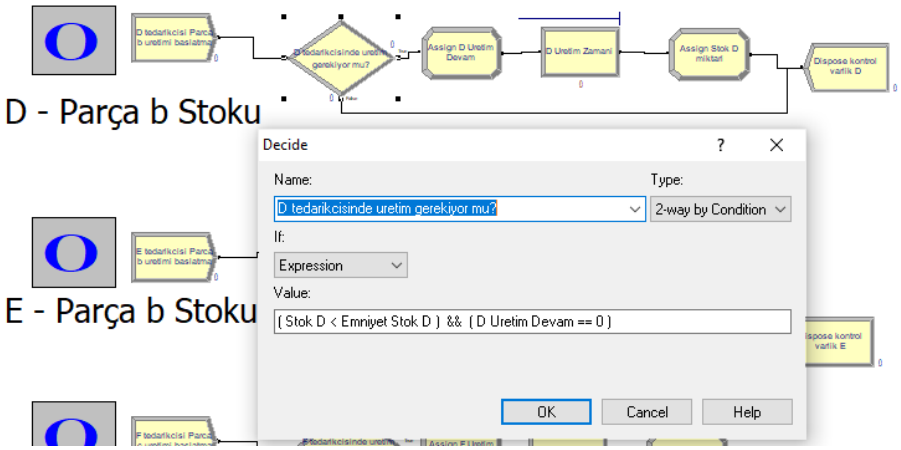
Şekil 3. 3: Tedarikçi D'nin Arena Programındaki Genel Görünümü

Modellemeye cerate modülü ile başlanır. Modelleme yöntemi gereğince her bir tedarikçi için periyodik olarak (1 gün) sisteme parça üretimine ihtiyaç olup olmadığını test etmek amacıyla "Parca b kontrol" adında bir entitiy (gezen birim) gönderilmektedir.



Şekil 3. 4: Tedarikçi D Create Modülü Açıklaması

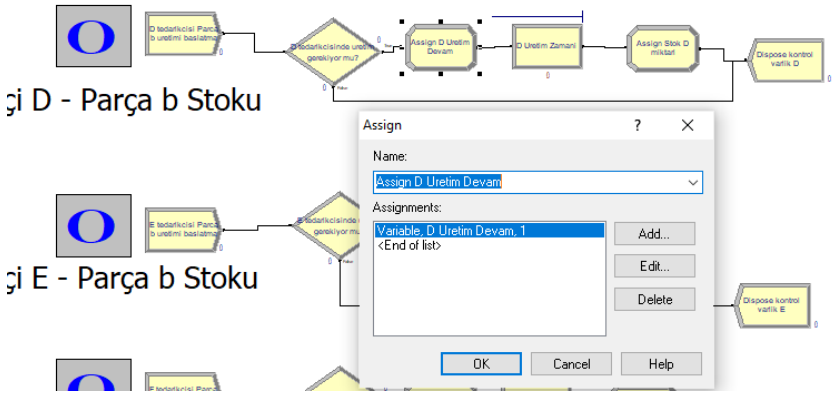
Modelin ikinci bölümünde decide modülü kullanılır. Üretim gerekliliği tedarikçideki stok miktarı emniyet stoğunun altına düşmesi durumunda oluşmaktadır. Bu nedenle "2-way by Condition" tipindeki decide modülünde bu koşul kontrolü sağlanmaktadır. Ek olarak "D Uretim Devam" adında bir Binary Variable (ikili değişken) de bu koşul içerisinde yer almaktadır. Bunun nedeni eğer üretim ihtiyacından dolayı devam eden bir üretim varsa decide modülünün True kısmından yeniden üretimi tetikleyecek bir entity (gezen birim) gönderilmesini engellemektir.



Şekil 3. 5: Tedarikçi D Decide Üretim Kararı Modülü Açıklaması

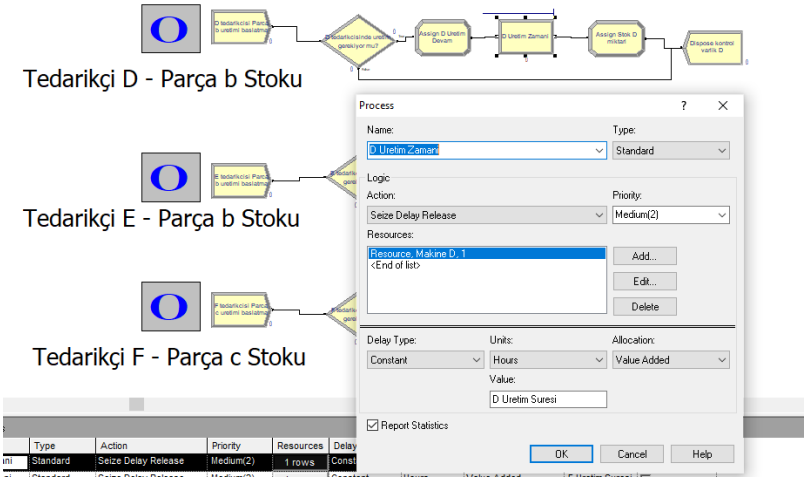
AND (&&) ile bağlı koşullardan herhangi biri doğru değilse decide modülünün false çıkışından kontrol entity'si modelden "Dispose" modülü çıkarılmaktadır. Arena'da her çıkış mutlaka bir dispose modülü ile sonlanmaktadır.

Modelin üçüncü aşamasında assign modulüne geçilir. Bu modülde bir önceki koşulda kullanılan "D Uretim Devam" adındaki değişken tanımlanmakta ve değeri 1 olarak güncellenmektedir.



Şekil 3. 6: Tedarikçi D Assign Devam Eden Üretim Modülü Açıklaması

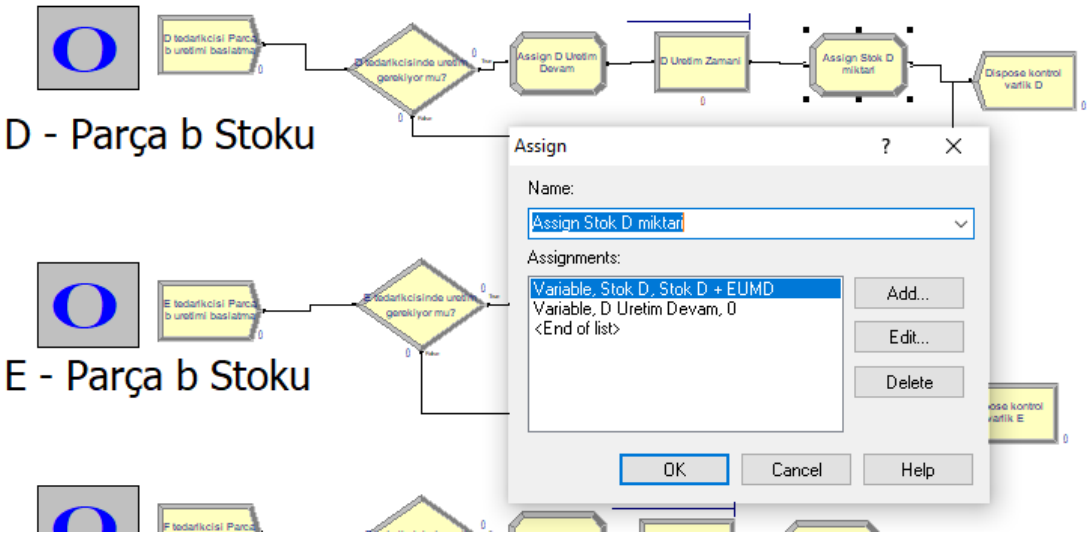
Process modülü ile devam edilir. Tedarikçinin üretim gerçekleştirme süresi (D Uretim Suresi) kadar surede EUMD (D'nin ekonomik üretim miktarı) adedinde parça üretimini gerçekleştirdiği işlemdir. Resource tanımlama ihtiyacı gerektiği için "Makine D" adında bir resource tanımlanmıştır. Aynı anda tek bir sürecin tedarikçide sürdüğü söylenebilir.



Şekil 3. 7: Tedarikçi D Process Ürerim Zamanı Modülü Açıklaması

Tekrar assign modülü kullanılır ve üretim tamamlandıktan sonra Variable olarak tanımlanan tedarikçi parça stoku (Stok D) güncellenerek ve EUMD kadar arttırılmaktadır.

Üretim sona erdiği için “D Uretim Devam” adındaki değişken tekrar 0 olarak güncellenir.

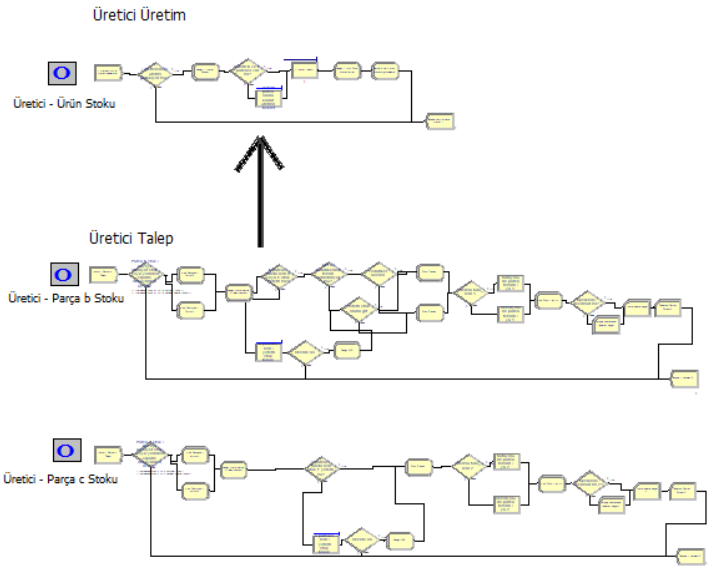


Şekil 3. 8: Tedarikçi D Assign Stok Miktarı Modülü Açıklaması

Diğer tedarikçilerin modellemesi de yine benzer şekildedir.

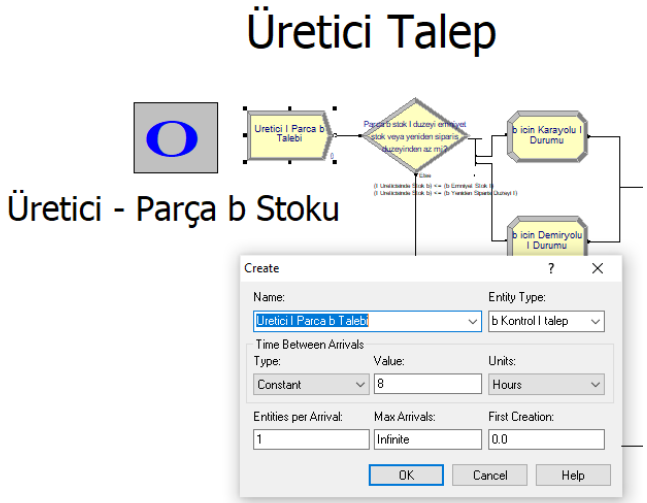
Üretici Modeli:

Üretici kısmının modellenmesi iki ana süreç üzerinden gerçekleştirilmiştir; Üretici Üretim, Üretici Talep.



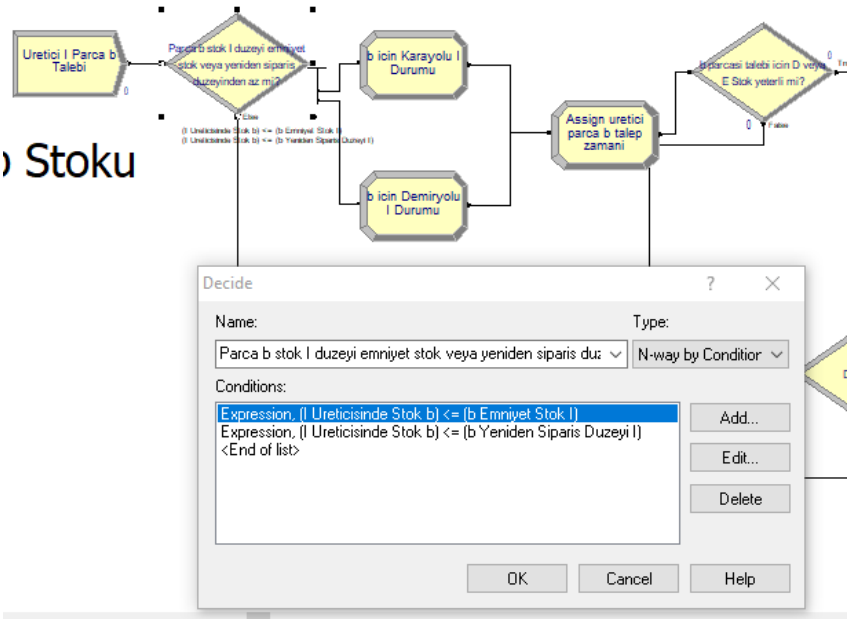
Şekil 3. 9: Üretici I'nın Arena Programındaki Genel Görünümü

Üretici Talep bölümü de Create modülü aracılıyla yine bir kontrol entity'si ile başlamaktadır. Her 8 saatte bir üreticinin parça talebi olup olmadığı kontrol edilecek bir yapı kullanılmıştır. b parçası için tedarikçi seçimi söz konusu olduğundan model yapısı daha kompleks hale gelmiştir.



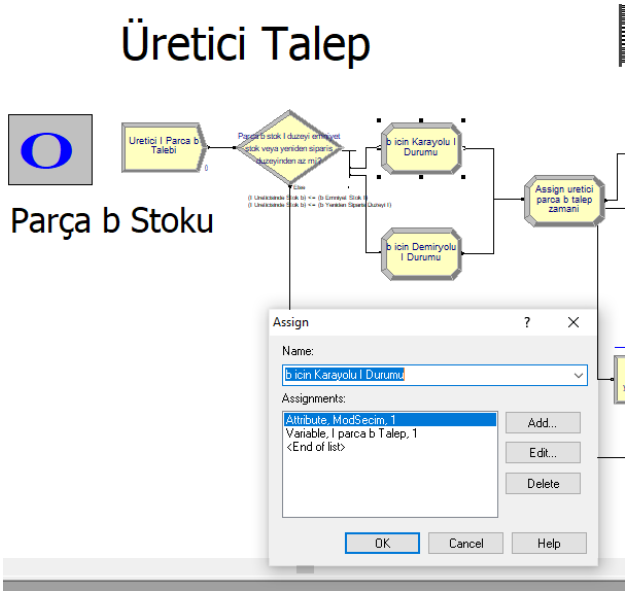
Şekil 3. 10: Üretici Talep Parça b Create Modülü Açıklaması

Decide modülü ile üreticide b parçası ihtiyacı olup olmadığı b parçasının I üreticisindeki stok düzeyine bakılarak gerçekleştirilmektedir. “N-way by condition” tipindeki Decide modülünde önce stok düzeyinin emniyet stokundan düşük olup olmadığı, daha sonra da yeniden sipariş düzeyinden küçük olup olmadığı sırasıyla sorgulanmaktadır. İki koşuldan hangisi sağlanırsa entity duruma göre Karayolu veya Demiryolu mod’larından birinin seçimine yönlendirilmektedir.



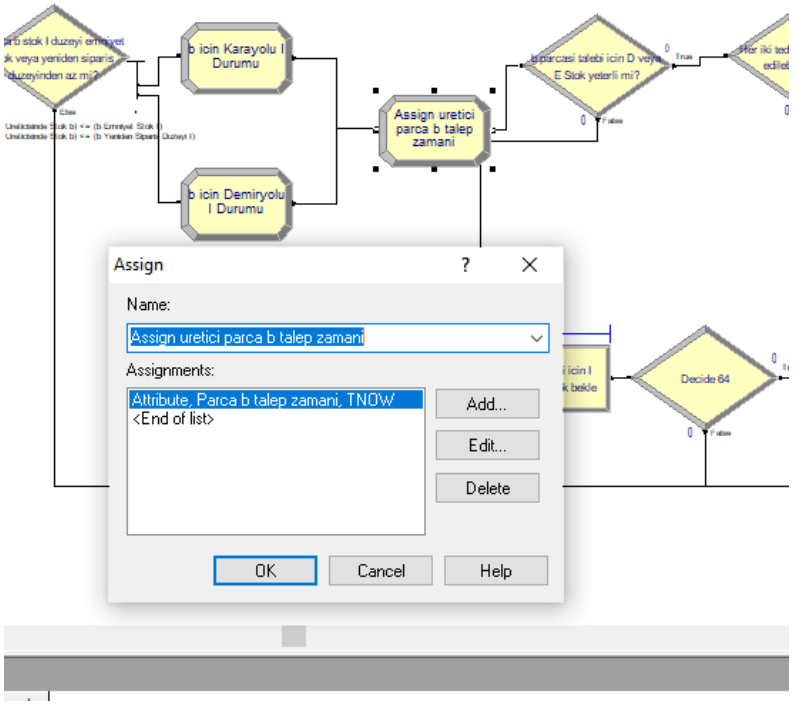
Şekil 3. 11: Üretici Talep Parça b Decide Emniyet Stoğu veya Yeniden Sipariş Verme Modülü Açıklaması

“ModSecim” adındaki özellik (attribute) burada tanımlanmakta ve karayolu için değeri 1’e eşitlenmektedir. Bu değer demiryolu için tanımlanmış Assign modülünde 2’dir. Yine halihazırda bir talep olup olmadığı ile ilgili ikili değişken (1 veya 0 değerlerini alan) oluşturulmuştur.



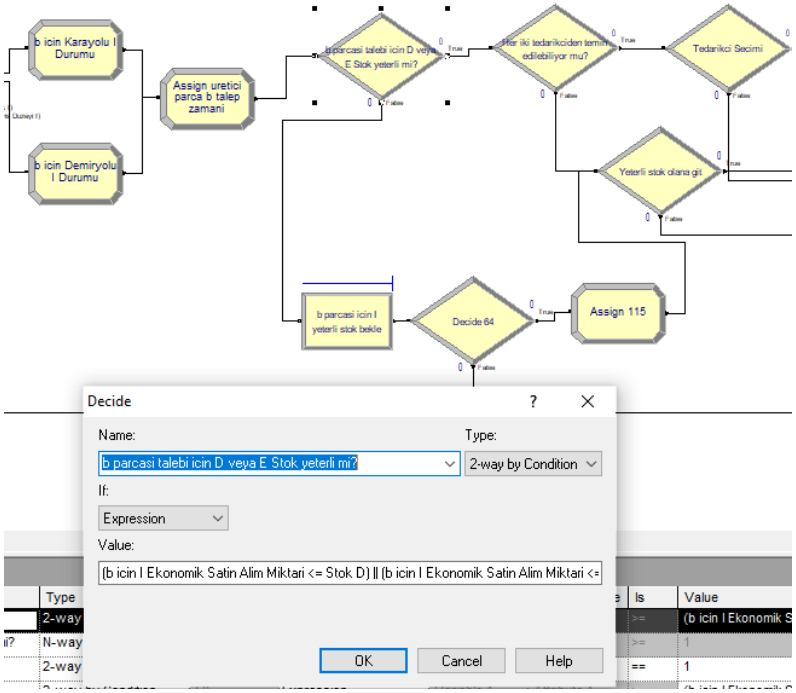
Şekil 3. 12: Üretici Talep Parça b Assign b için Karayolu Modülü Açıklaması

Parçanın ne zaman talep edildiği, çevrim süresinin hesaplanabilmesi için gereklidir. Bu nedenle yeni bir Assign modülünde "Parca b talep zamani" adında bir attribute oluşturularak değeri simülasyon saatini gösteren "TNOW" değerine eşitlenmiştir.



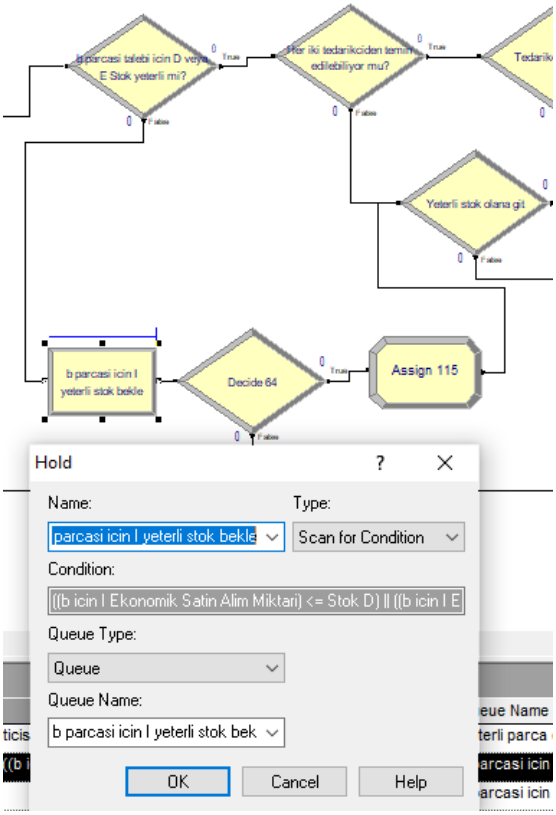
Şekil 3. 13: Üretici Talep Parça b Assign Üretici Parça b Talep Zamanı Modülü Açıklaması

Decide modülü kullanılarak b parçası için herhangi bir tedarikçide yeterli stok olup olmadığı koşulu OR (||) ile bağlanmış denklemle kontrol edilmektedir. Herhangi birinde stok olması durumunda koşul doğru olacaktır.



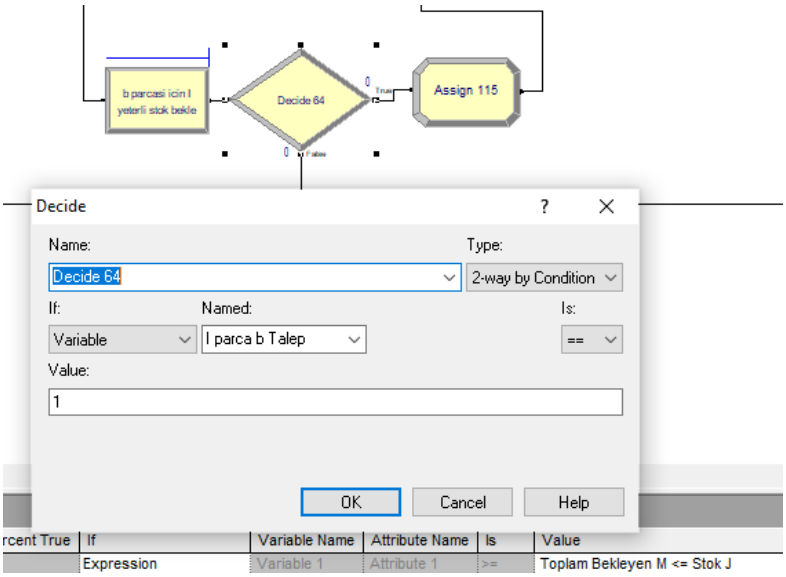
Şekil 3. 14: Üretici Talep Parça b Decide Stok Kararı Modülü Açıklaması

Yeterli stok olmaması durumunda yeterli stok tedarikçide oluşana kadar beklenmesi gerektiğinden Hold modülü kullanılmıştır. Hold modülü ile gerekli koşul sağlanana kadar talep beklemeye alınmaktadır. Hold modülüne gelmiş bir talebin zamanında teslimatı yapılmadığı söylenebilir.



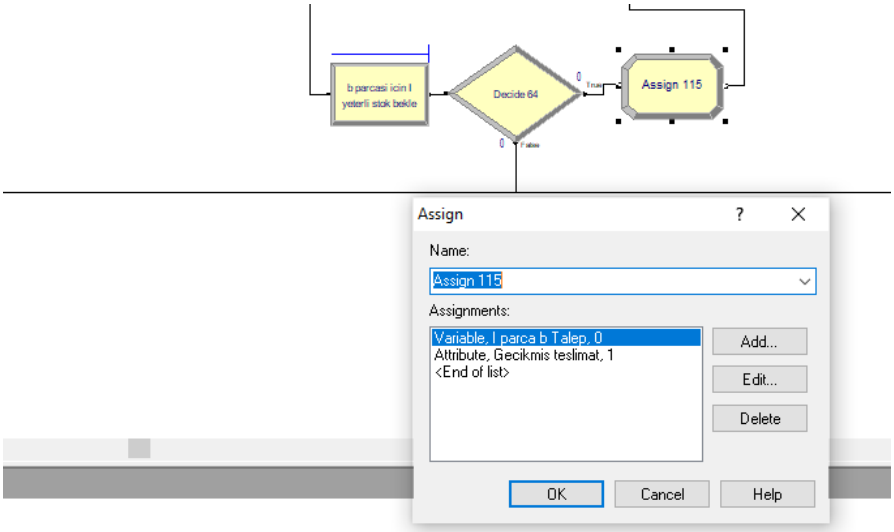
Şekil 3. 15: Üretici Talep Parça b Hold Yeterli Stok Bekletme Modülü Açıklaması

Model akışı gereği Hold modülünde birden fazla talep olabileceği için hala geçerli bir talep olup olmadığı Decide ile kontrol edilir.



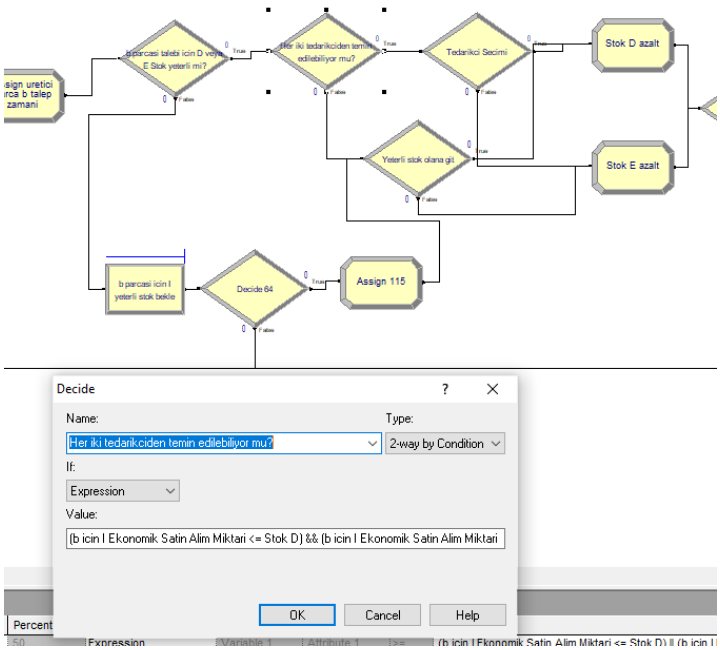
Şekil 3. 16: Üretici Talep Parça b Decide Modülü Açıklaması

Assign modülünde “Gecikmiş teslimat” adındaki attribute ile söz konusu talebin zamanında teslim edilmediğine dair etiketlenme yapılır. Ayrıca talep karşılandığı için “I parça Talep” adındaki değişken tekrar 0 olarak güncellenir.



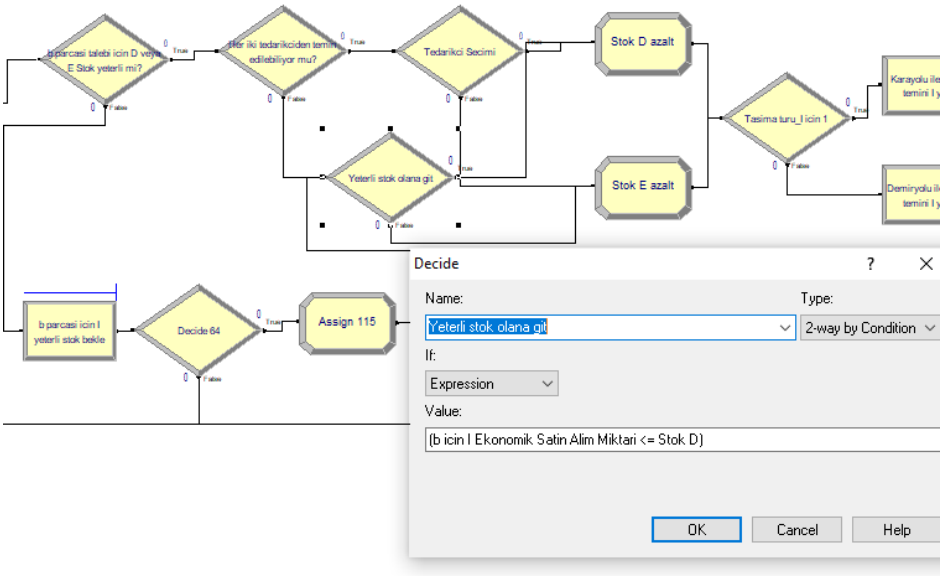
Şekil 3. 17: Üretici Talep Parça b Assign Modülü Açıklaması

Decide modülü ile artık en az 1 tedarikçide yeterli stok bulunduğu teyit edilmiştir. Bu nedenle önce her iki tedarikçide de stok olup olmadığı kontrol edilmektedir. Koşul doğru ise tedarikçi seçimi rassal yapılır.



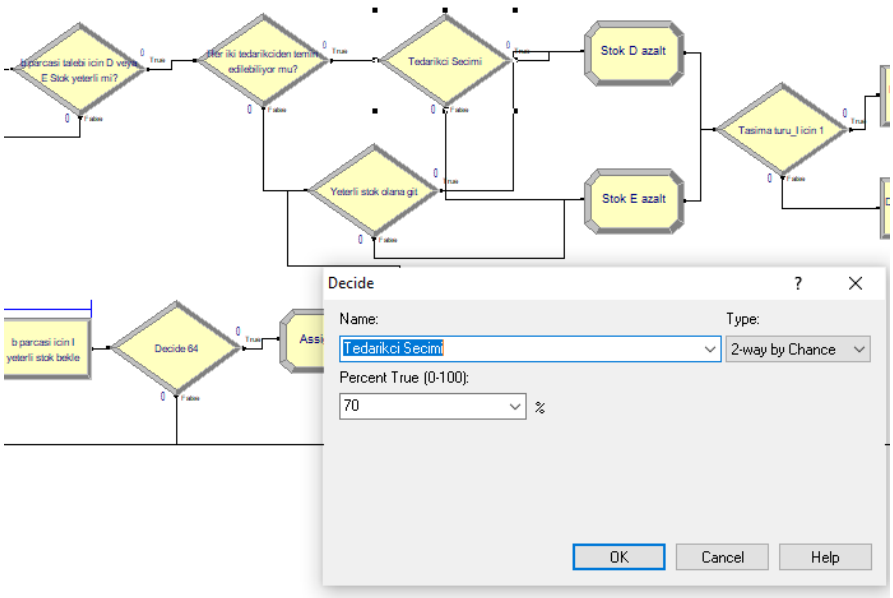
Şekil 3. 18: Üretici Talep Parça b Decide Tedarikçi Kararı Modülü Açıklaması

Bağlı decide modülündeki koşul yanlış ise yalnızca bir tedarikçide stok bulunmaktadır. Bu nedenle D'de mi yoksa E'de mi stok olduğu "2-way by Condition" tipindeki bir Decide ile tekrar kontrol edilmektedir.



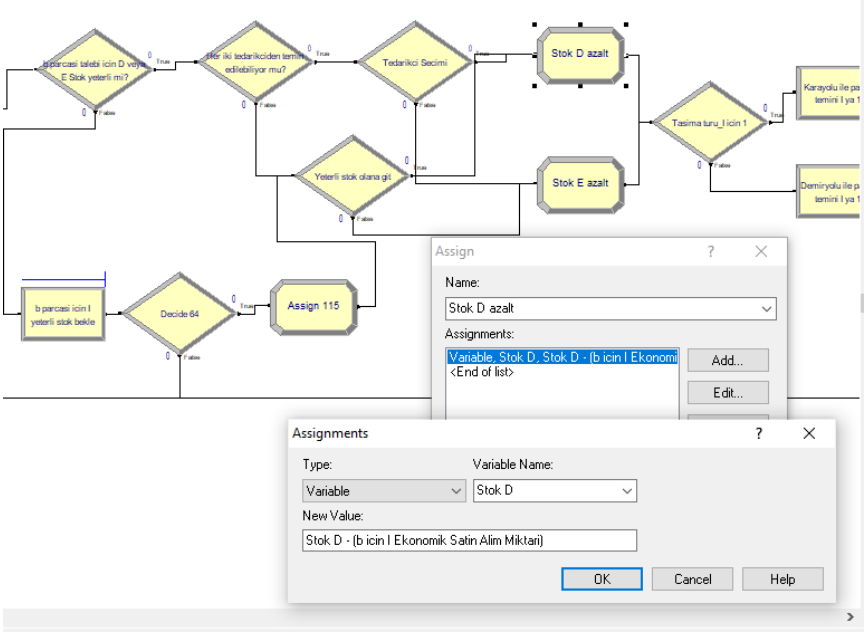
Şekil 3. 19: Üretici Talep Parça b Decide Yeterli Stok Modülü Açıklaması

Decide modülü ile her iki tedarikçide de stok olması durumunda %70 oranında D tedarikçisinden alım yapılmaktadır.



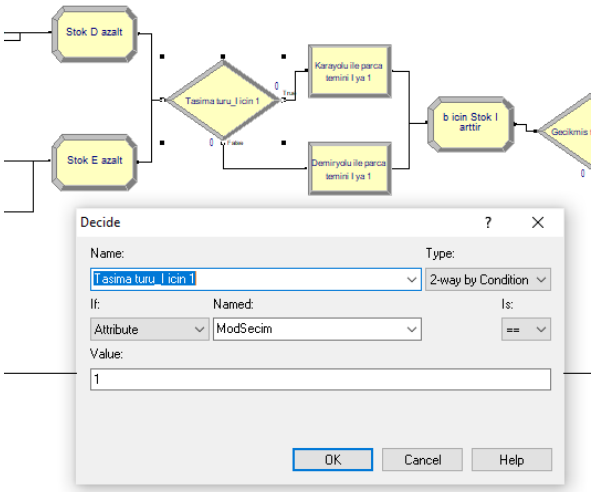
Şekil 3. 20: Üretici Talep Parça b Decide Tedarikçi Seçimi Modülü Açıklaması

Assign modulü ile tedarikçi seçimine göre D veya E için stok güncellemesi yapılmakta, stok çekilmektedir. Bunun için Stok D adındaki değişkenden ekonomik satın alım miktarı kadar stok azaltılmaktadır.



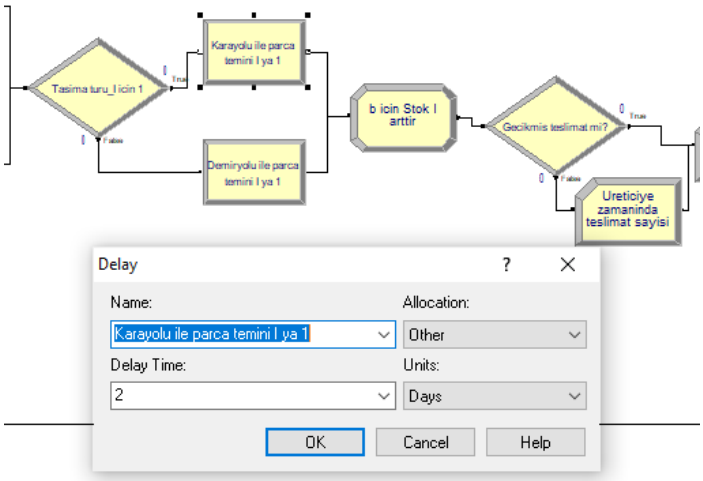
Şekil 3. 21: Üretici Talep Parça b Assign Stok Azaltma Modülü Açıklaması

Taşımanın nasıl yapılacağı Üretici Talep modelinin en başında ModSecim attribute'ü ile belirlenmişti. Bu Decide modülünde daha önce atanmış olan değer kullanılarak ilgili taşıma türüne yönlendirme yapılmaktadır.



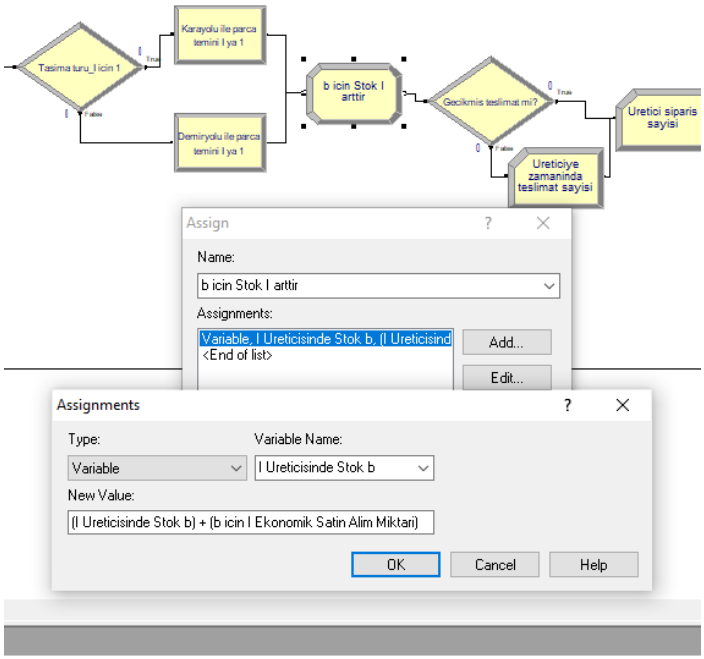
Şekil 3. 22: Üretici Talep Parça b Decide Taşıma Modu Modülü Açıklaması

Delay modülü taşıma işlemini temsil edilmektedir. Karayolu için 2 gün, Demiryolu için 4 gün bu modüllerde tanımlanmıştır.



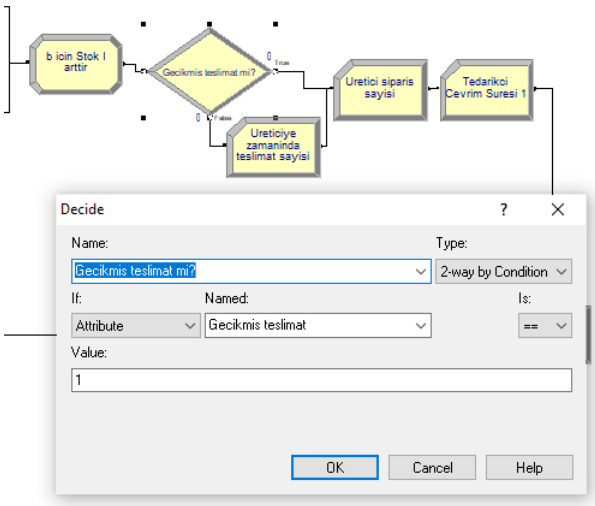
Şekil 3. 23: Üretici Talep Parça b Delay Karayolu ile Parça Temini Modülü Açıklaması

Taşıma tamamlandığında I üreticisindeki parça stoku güncellenmelidir (artırılmalıdır). Bu nedenle Assign modülü ile stok değişkeni artırılmaktadır.



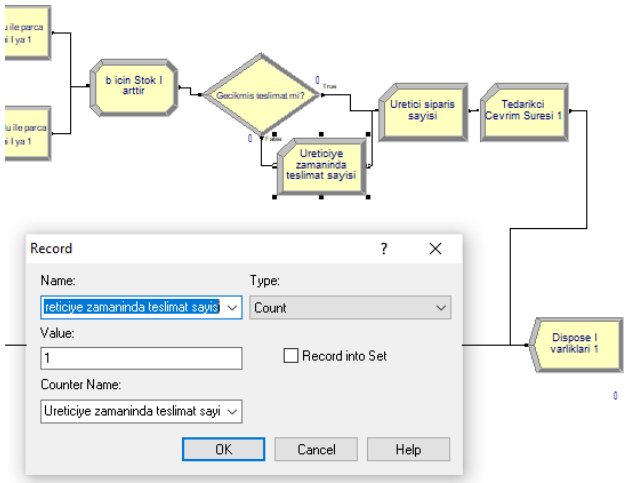
Şekil 3. 24: Üretici Talep Parça b Assign Stok Modülü Açıklaması

Decide modülü, model için toplanması gereken çıktıların/istatistiklerin toplanabilmesi için zamanında teslimat olup olmadığını kontrol etmektedir. Eğer teslimatta bir gecikme yaşanmışsa (model içerisinde bu etiket oluşturulmuştur) "Gecikmis Teslimat" attribute'ünün değeri 1 olarak atanmaktadır.

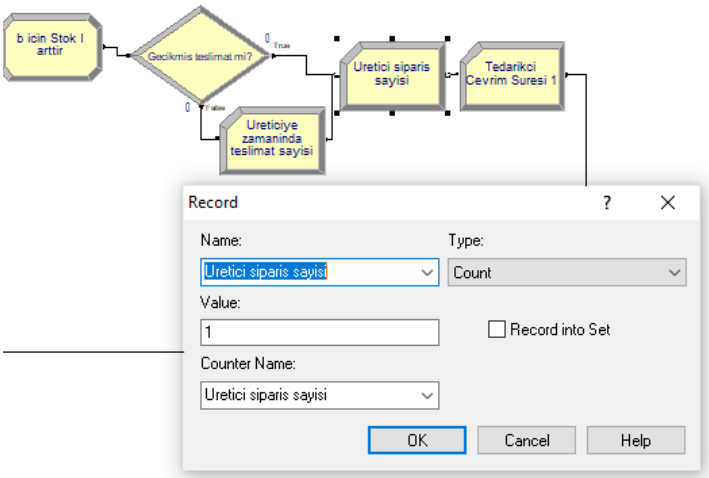


Şekil 3. 25: Üretici Talep Parça b Decide Teslimat Modülü Açıklaması

Record modülleri ile modelde çıktı/sonuç toplanmaktadır. İlk Record modülü ile zamanında teslimat adedi, ikincisi ile de toplam teslimat sayısı "Count" seçeneği sayesinde elde edilmektedir.

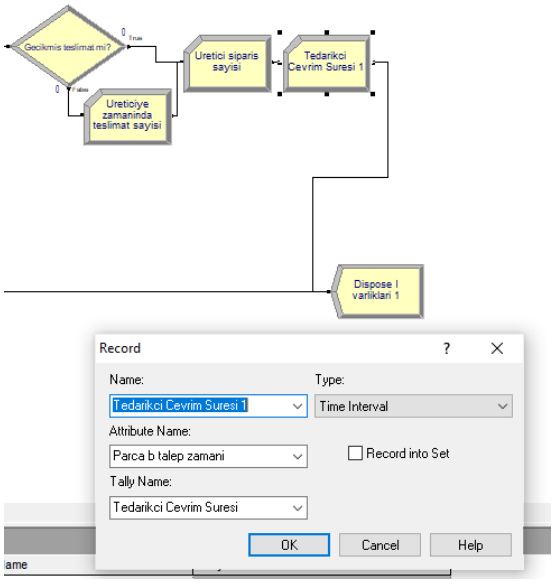


Şekil 3. 26: Üretici Talep Parça b Record Üreticiye Zamanında Teslimat Modülü Açıklaması



Şekil 3. 27: Üretici Talep Parça b Record Üretici Sipariş Sayısı Modülü Açıklaması

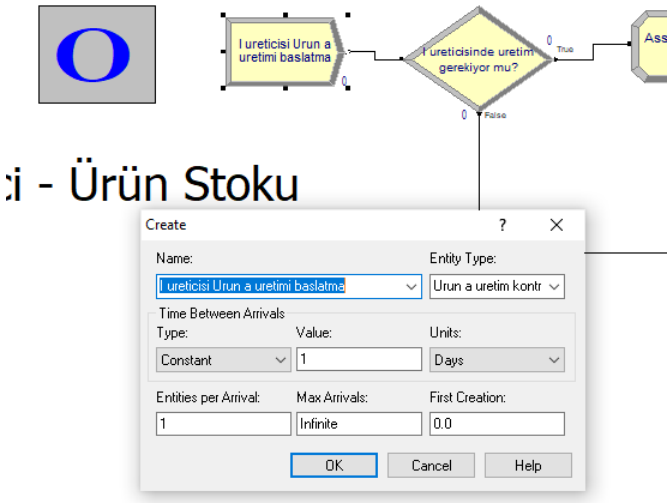
Record modülünde ayrıca "Tedarikci Cevrim Suresi" ismi verilen bir çıktı, model başında oluşturulmuş ve TNOW değerine eşitlenerek "Parca b talep zamani" attribute'ü sayesinde hesaplanmıştır. Bu Record modülünün tipi "Time Interval" olarak seçilmesinin amacı entity'nin bu attribute değerinden bu yana ne kadar sürenin geçtiğini hesaplamaktır. Bu sayede çevrim süresi tedarikçi için hesaplanmaktadır.



Şekil 3. 28: Üretici Talep Parça b Record Tedarikçi Çevrim Süresi Modülü Açıklaması

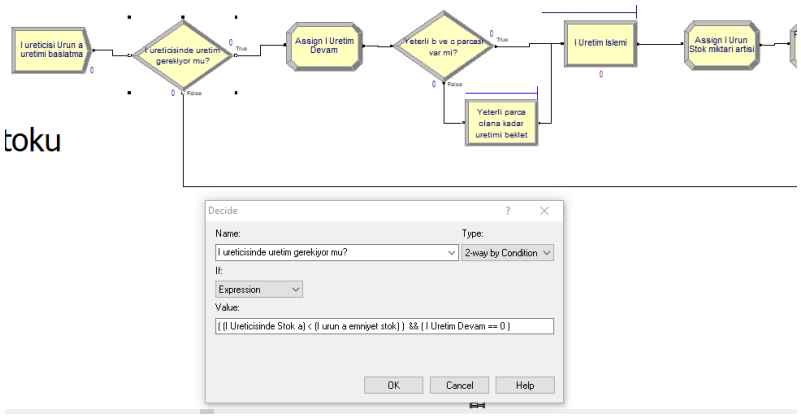
Son olarak bir dispose modülü ile Üretici Talep bölümü sonlanmaktadır.

Üretici talep bölümü tamamlandıktan sonra üretici üretim bölümüne geçilir. Create modülü ile üreticideki üretim süreci için yine bir kontrol entity'si ile model logic'i başlatılmaktadır.



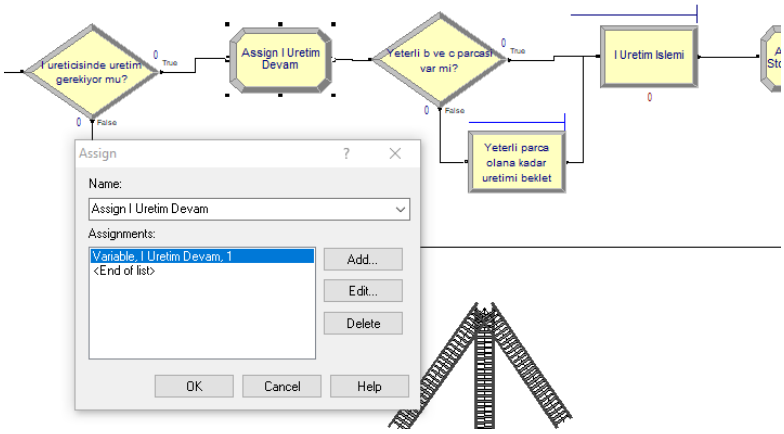
Şekil 3. 29: Üretici Üretim Parça a Create Modülü Açıklaması

Üretim gerekip gerekmediği her ürünün stok kontrolü decide modülü ile yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle üreticideki ürün stoğu ile emniyet stoğu karşılaştırımaktadır. Ayrıca, devam eden bir üretim olup olmadığı yine sağlıklı ve doğru bir model için kontrol edilmesi gerektiğinden ikili değişkenle koşul içerisinde yer almıştır.



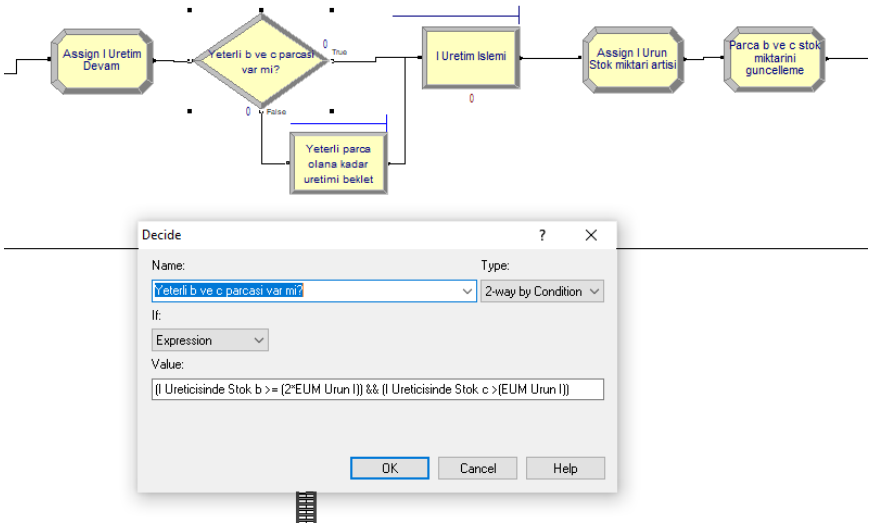
Şekil 3. 30: Üretici Üretim Parça a Decide Üretim Kararı Modülü Açıklaması

Assign modülü önceki Decide modülünde kullanılan ikili değişkenin tanımlanması için kullanılmıştır.



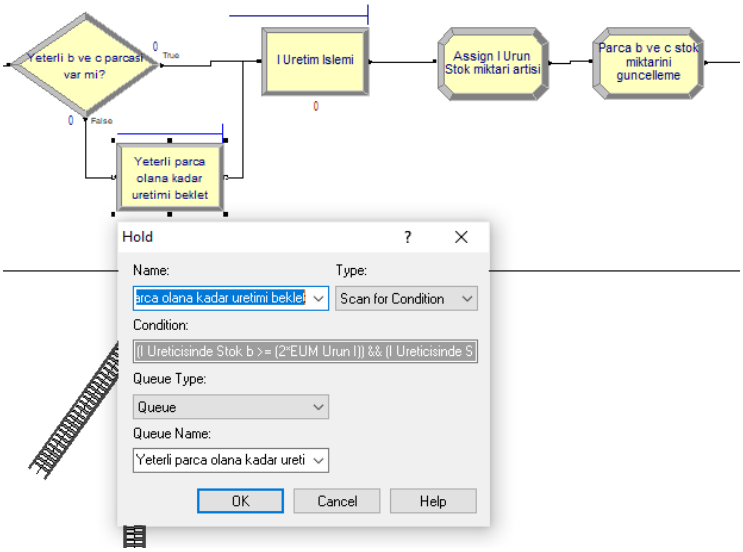
Şekil 3. 31: Üretici Üretim Parça a Assign Üretim Devam Modülü Açıklaması

Üretim ihtiyacı olması durumunda a ürününün üretiminin yapılabilmesi için yeterli sayıda b ve c parçasının üretici stokunda yer alması gerekir. Bir a ürünü için iki adet b gerektiğinden ekonomik üretim miktarının iki katı b parçası stokta bulunmalıdır. Bu nedenle koşul kontrolünde decide modülü ile bu ayrıma yer verilmiştir.



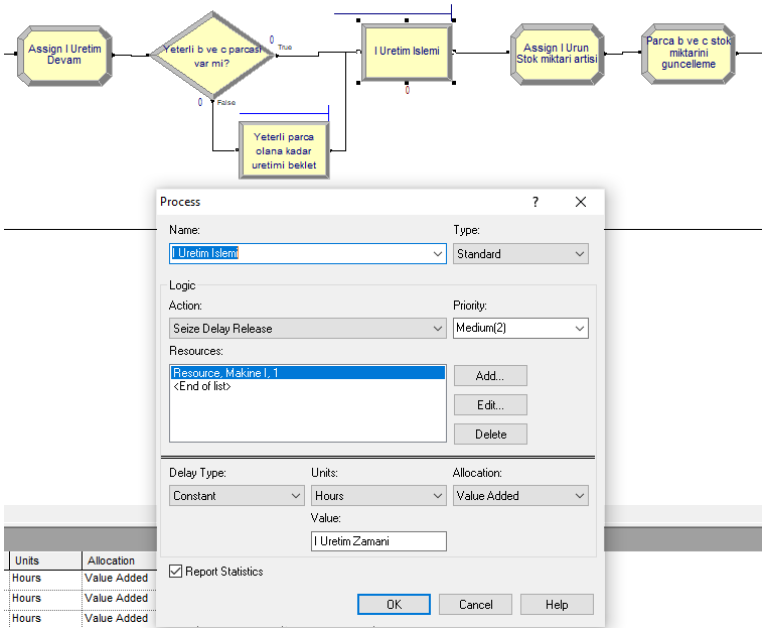
Şekil 3. 32: Üretici Üretim Parça a Decide Yeterli b ve c Parçası Kararı Modülü Açıklaması

Yeterli parça olmaması durumunda decide modülünün “False” çıkışına bağlanmış hold modülü ile yeterli parça olana kadar üretim talebi bekletilmektedir.



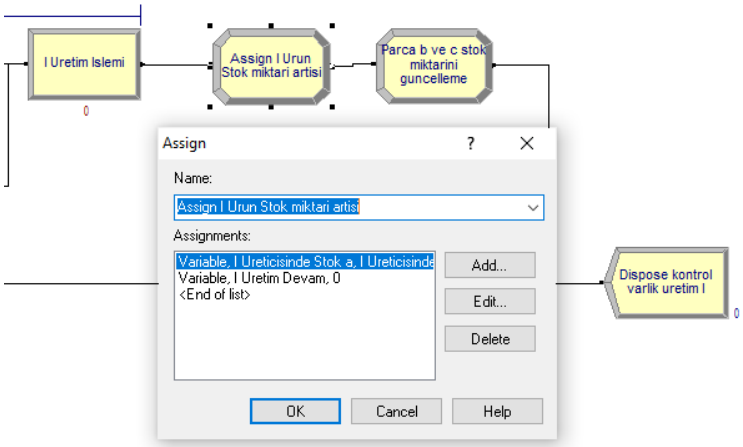
Şekil 3. 33: Üretici Üretim Parça a Hold Modülü Açıklaması

Process modülünde “I Uretim Zamani” olarak tanımlanmış sabit değer kadar süre boyunca (saat cinsinden) üretim gerçekleştirilmektedir.



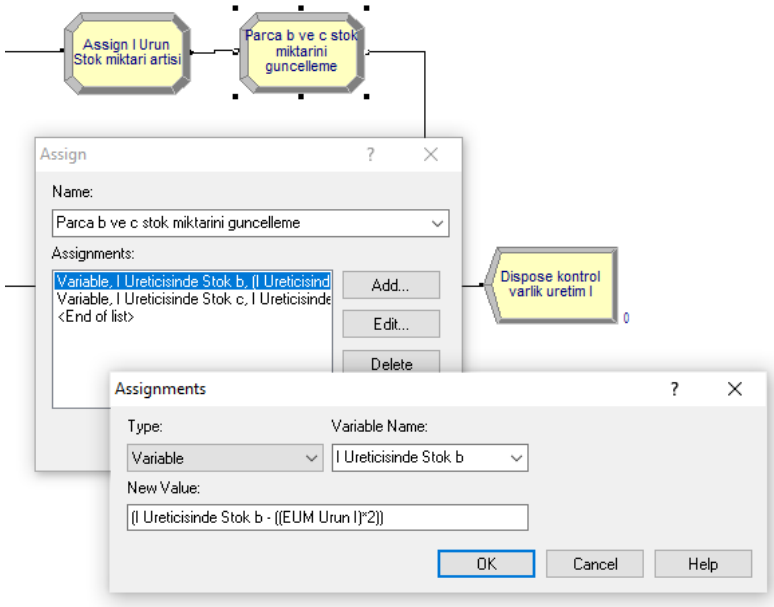
Şekil 3. 34: Üretici Üretim Parça a Process Üretim İşlemi Modülü Açıklaması

İlk Assign modülü ile ürün (a) stoku üretim sonrasında artırılmaktadır. Aynı zamanda I Uretim Devam adındaki ikili değişkenin değeri de tekrar 0 yapılmaktadır.



Şekil 3. 35: Üretici Üretim Parça a Assign Stok Miktarı Artışı Modülü Açıklaması

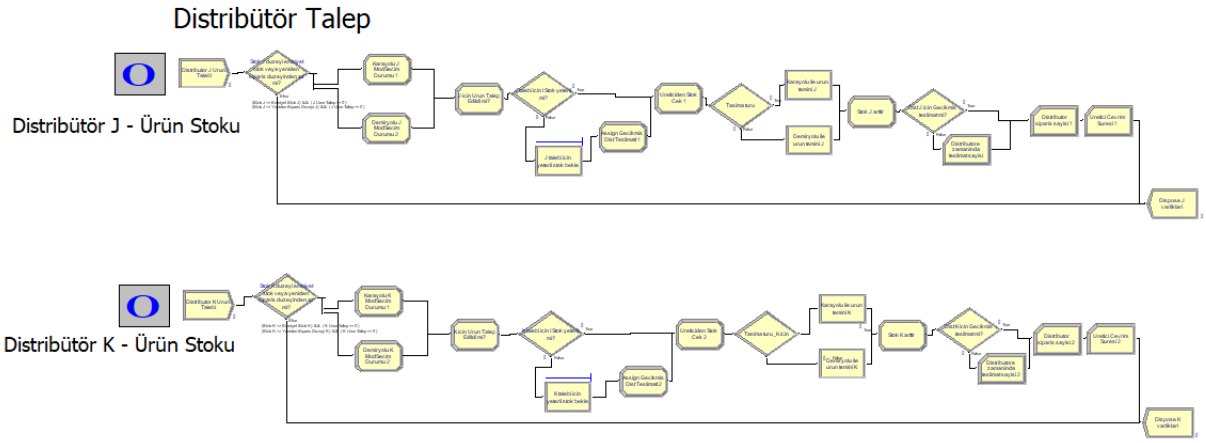
İkinci Assign modülü ile de kullanılan parçalar nedeniyle I üreticisindeki parça stoku (b ve c) ayrı ayrı güncellenmektedir.



Şekil 3. 36: Üretici Üretim Parça a Assign Stok Miktarı Güncelleme Modülü Açıklaması

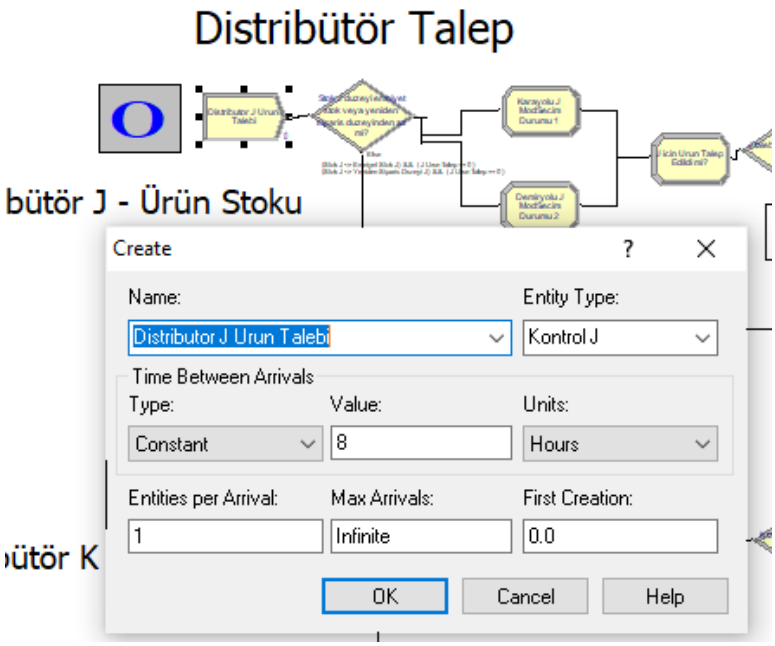
Dispose modülü ile üreticideki üretim süreci sonlanmaktadır.

Distribütör Modeli:



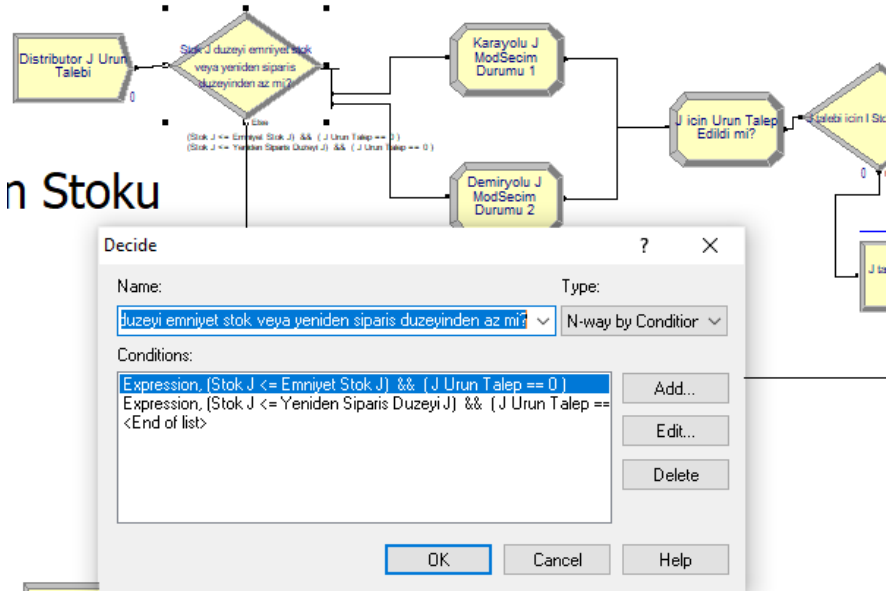
Şekil 3. 37: Distribütör Talebin Arena Programındaki Genel Görünümü

Create modülü yardımıyla distribütörlerde model yine bir kontrol entity'sinin periyodik olarak modele iletilmesiyle başlamaktadır.



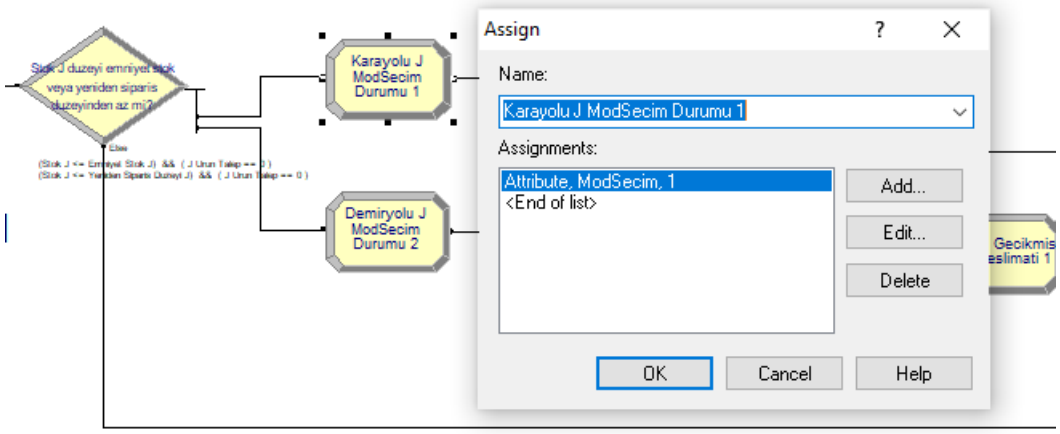
Şekil 3. 38: Distribütör Talep Create Modülü Açıklaması

Decide modülünde distribütördeki stok düzeyi sırasıyla emniyet stoku ve yeniden sipariş düzeyi ile kıyaslanmaktadır.



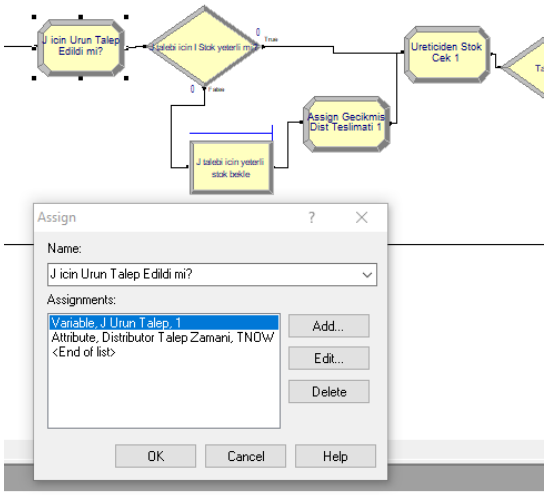
Şekil 3. 39: Distribütör Talep Decide Stok Kararı Modülü Açıklaması

Takip eden iki Assign modülü ile stok miktarının hangi seviyenin altına indiğine bağlı olarak mod seçimi yapılmaktadır.



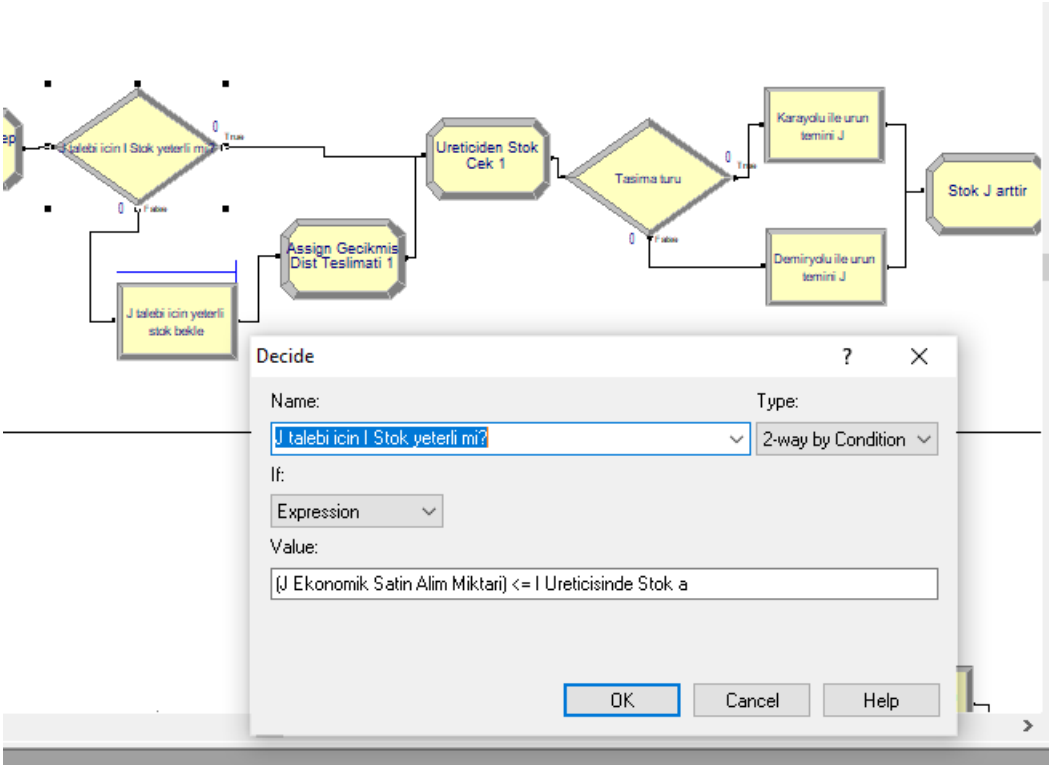
Şekil 3. 40: Distribütör Talep Assign Karayolu Mod Seçimi Modülü Açıklaması

Assign modülünde distribütör (J) için ürün talep edilip edilmediğine dair ikili değişken oluşturulmuş olup bu daha sonra decide modülünde kullanılacaktır. Aynı zamanda çevrim süresi hesaplanabilmesi için tedarikçinin sipariş geçtiği an TNOW fonksiyonu sayesinde "Distributor Talep Zamani" adlı attribute'e atanmaktadır.



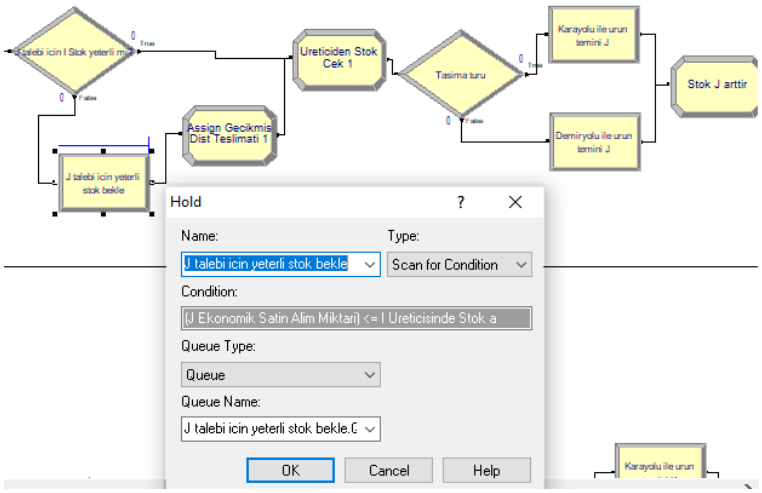
Şekil 3. 41: Distribütör Talep Assign Ürün Talebi Modülü Açıklaması

Distribütörün ürün talebi için üreticide yeterli stok olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu nedenle Decide modülünde belirtilen koşulun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.



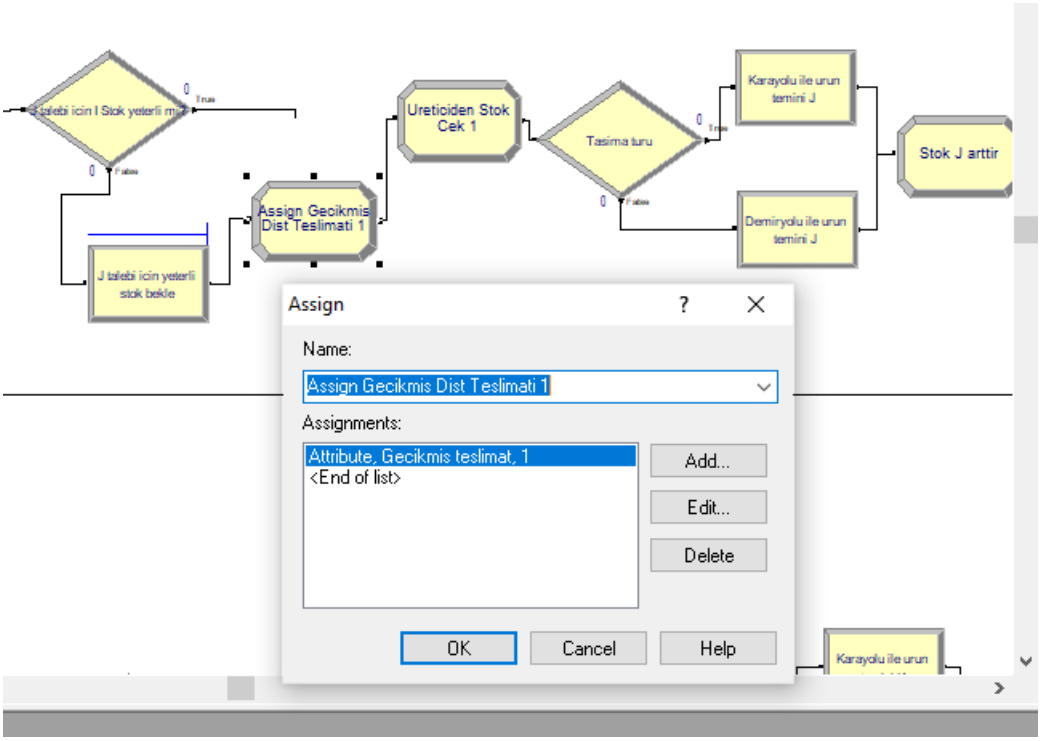
Şekil 3. 42: Distribütör Talep Decide Modülü Açıklaması

Yukarıda belirtilen koşul sağlanmaması durumunda tedarikçi talebi Hold modülü sayesinde beklemeye alınmaktadır.



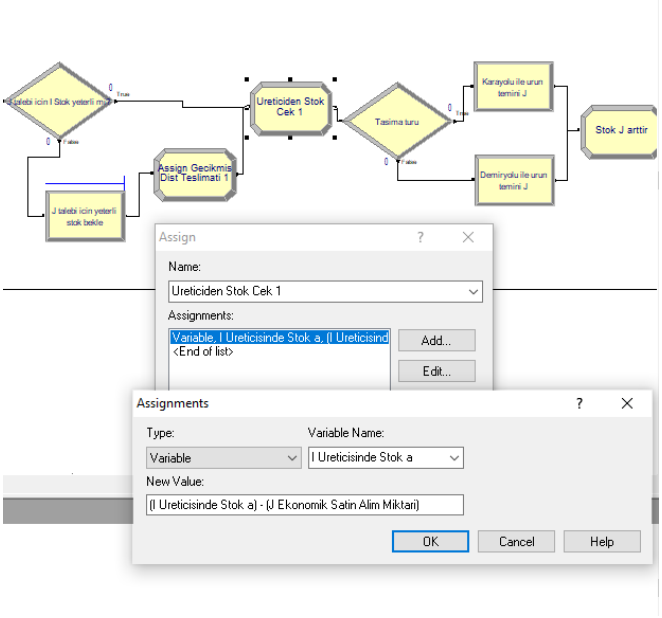
Şekil 3. 43: Distribütör Talep Hold Modülü Açıklaması

Bu bekleme süreci doğal olarak gecikmiş teslimat anlamına geldiğinden yeni bir attribute tanımı ile gecikmiş teslimat durumu assign modülünde etiketlenmektedir.



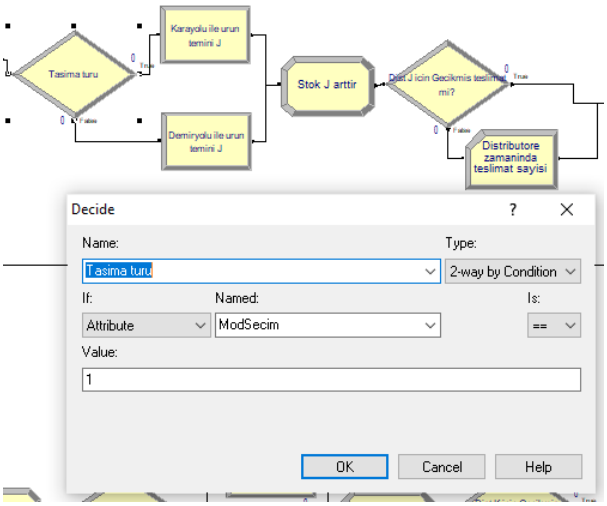
Şekil 3. 44: Distribütör Talep Assign Gecikmiş Teslimat Modülü Açıklaması

Yeterli stok olması durumunda üreticideki ürün (a) stok miktarından J tedarikçisinin ekonomik satın alım miktarı kadar stok çekilmektedir. Bu nedenle ilgili stok değişkeni assign modülünde azaltılmaktadır.



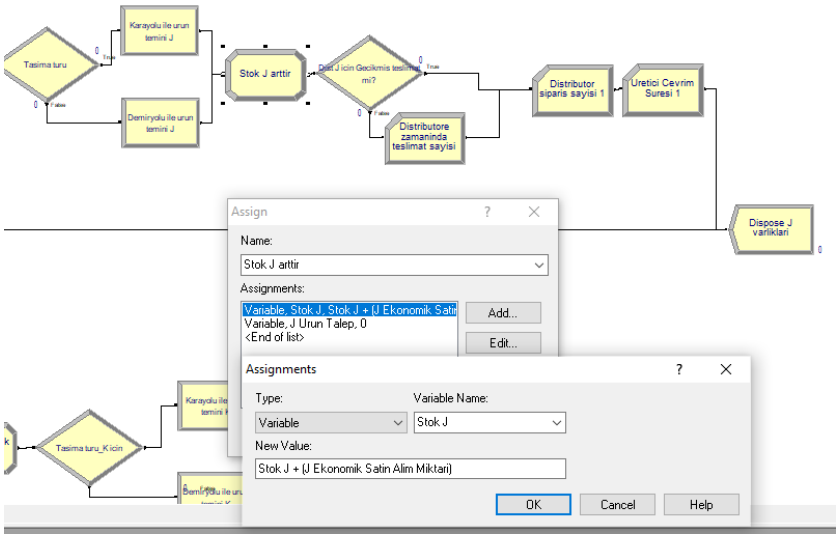
Şekil 3. 45: Distribütör Talep Assign Üreticiden Stok Çekme Modülü Açıklaması

Decide modülünde daha önceden belirlenmiş taşıma türüne yönlendirme yapılması için "ModSecim" attribute'ü kullanılarak ayrıştırma yapılmaktadır. Sonrasında delay modülleri ile karayolu veya demiryolu ile taşıma işlemi gerçekleştirilmektedir.



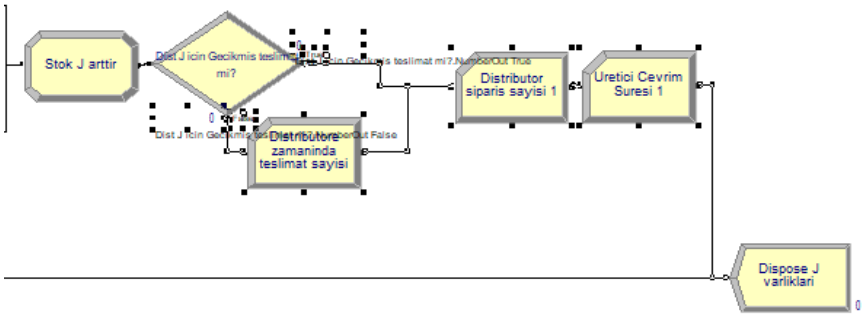
Şekil 3. 46: Distribütör Talep Decide Taşıma Modu Modülü Açıklaması

Assign modülü kullanılarak taşıma işlemi tamamlandığında distribütördeki stok miktarı (bu örnekte Stok J) ekonomik satın alım miktarı kadar arttırılmaktadır. Ek olarak, ikili değişkenin değeri tekrar 0 yapılmaktadır.



Şekil 3. 47: Distribütör Talep Assign Stok Artırma Modülü Açıklaması

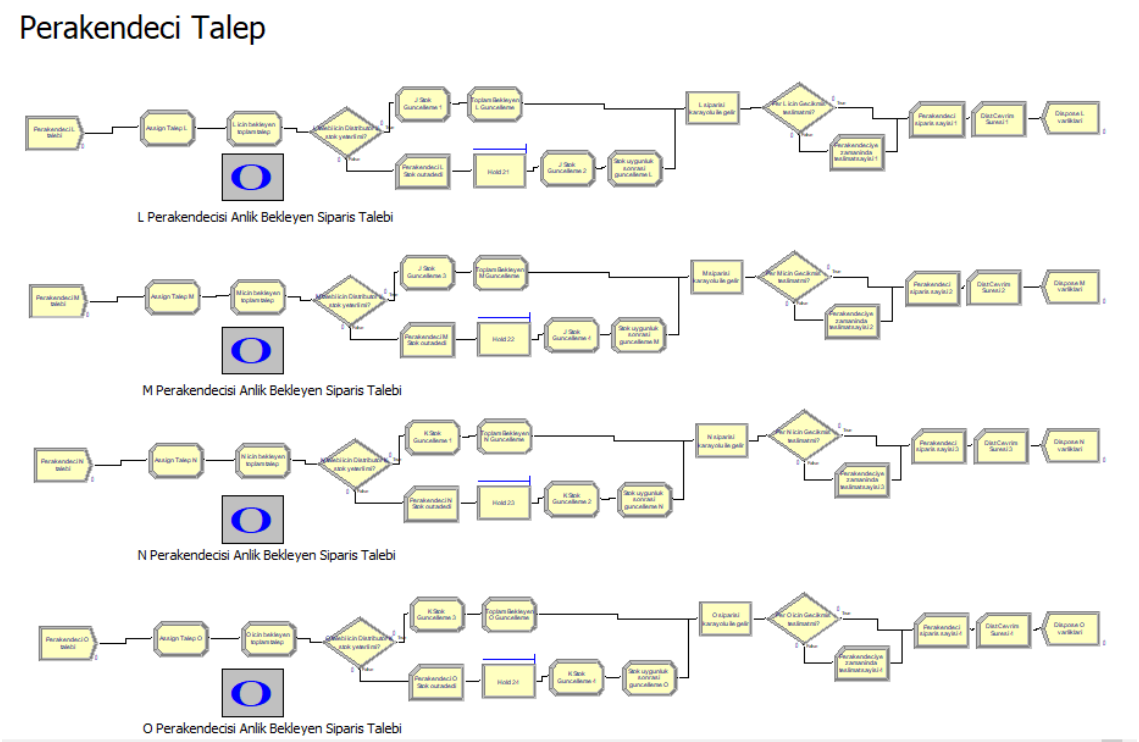
Takip eden Decide ve Record modülleri ile üretici kısmında olduğu gibi zamanında teslimat adedi, toplam teslimat adedi ve çevrim süresi hesaplanmaktadır.



Şekil 3. 48: Distribütör Talep Decide Gecikmiş Teslimat ve Record Zamanında Teslimat Sayısı Modülü Açıklaması

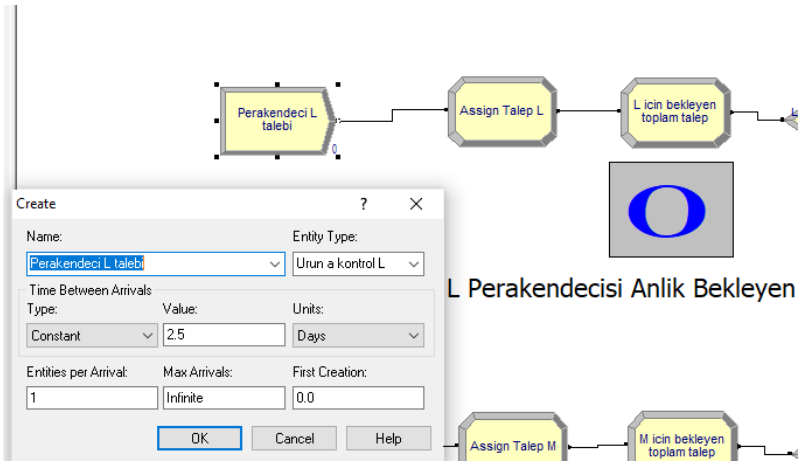
Diğer distribütör (K) için de model benzer şekilde oluşturulmuştur.

Perakendeci Modeli:



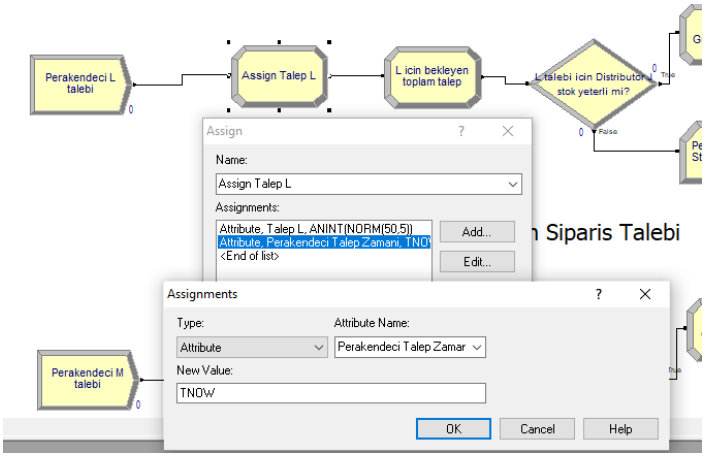
Şekil 3. 49: Perakendeci Talep Arena Programındaki Genel Görünümü

Perakendeci kısmı Create modülü ile başlamakta olup, perakendecilerin haftada (iş günü) iki kez ortalama sipariş verdiği bilgisi edinildiğinden her 2.5 günde bir belli bir sayıda ürün siparişi vermesi nedeniyle sabit 2.5 günde bir entity sisteme gönderilmektedir. Diğer bir deyişle; her 2.5 günde bir her bir perakendeci sipariş talebi geçmektedir.



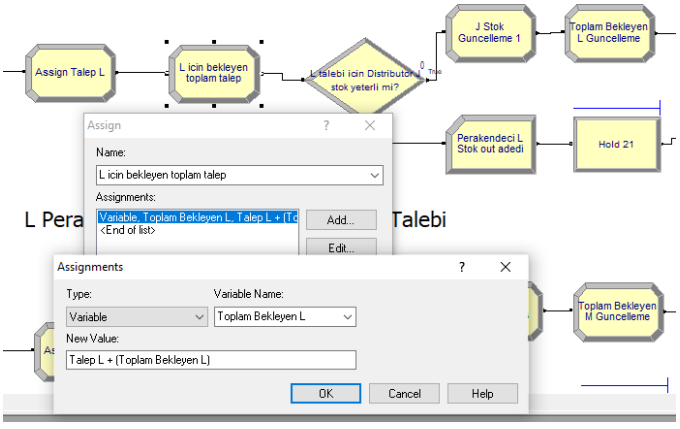
Şekil 3. 50: Perakendeci L Create Talep Modülü Açıklaması

Sipariş içeriği (büyüklüğü) stokastik olarak değişmekte olup Normal dağılıma (ortalama:50, Standart Sapma: 5) uymaktadır. Bu nedenle Assign modülü içerisinde oluşturulmuş olan "Talep L" adı verilen attribute'ün değeri NORM(50,5) olarak oluşturulmuştur. Ayrıca, normal dağılım ile oluşturulan talep büyüklüğü tamsayı olması için Arena'daki tanımlı ANINT fonksiyonu ile talep en yakın tamsayı (integer) değer yuvarlanmıştır. Netice olarak talep büyüklüğü: ANINT(NORM(50,5)) şeklinde tanımlanmıştır. Çevrim süresinin hesaplanabilmesi için aynı Assign modülü içinde TNOW ile talep zamanı tutulmuştur.



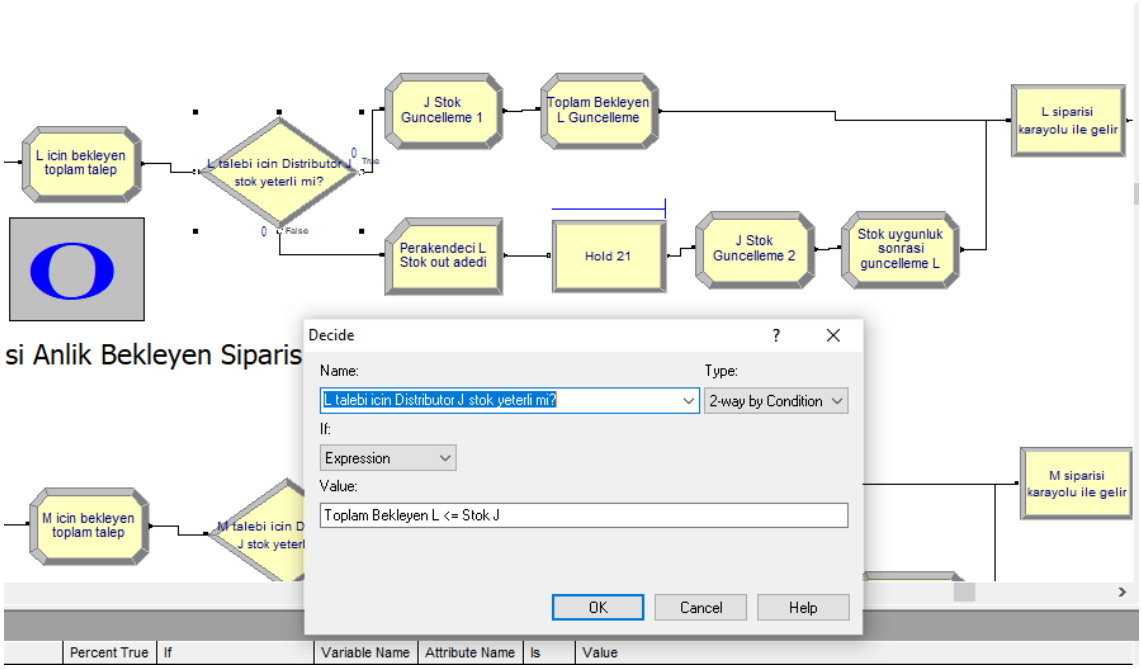
Şekil 3. 51: Perakendeci L Assign Talep Modülü Açıklaması

Modelin çalışması esnasında bir perakendecinin bekleyen birden fazla talebi olabileceği için toplam bekleyen talep için bir değişken oluşturulmuş ve gelen talepler çerçevesinde asssign modülünde değeri güncellenmiştir.



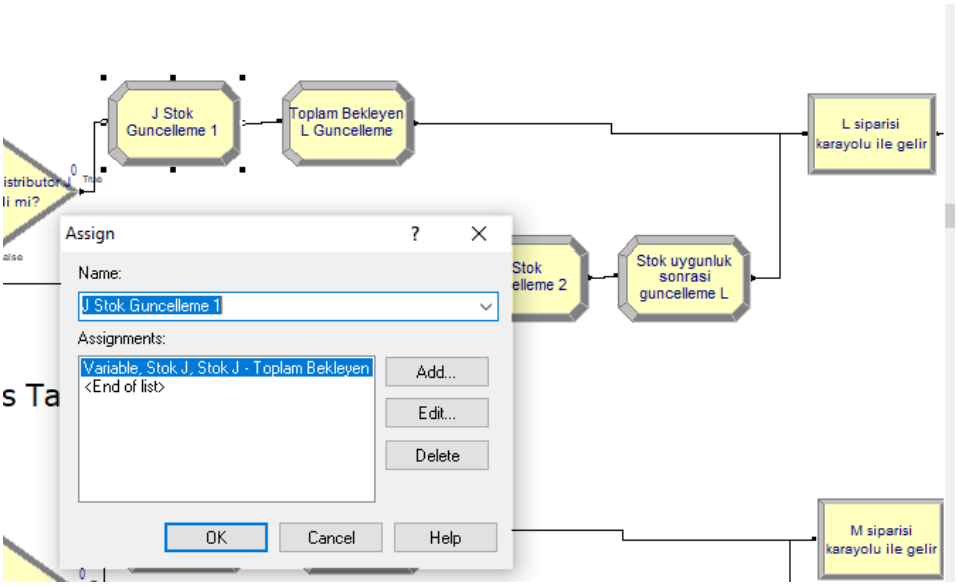
Şekil 3. 52: Perakendeci L Assign Bekleyen Toplam Talep Modülü Açıklaması

Bekleyen toplam talep için ilgili distribütörde yeterli stok olup olmadığı decide modülünde kontrol edilmektedir.



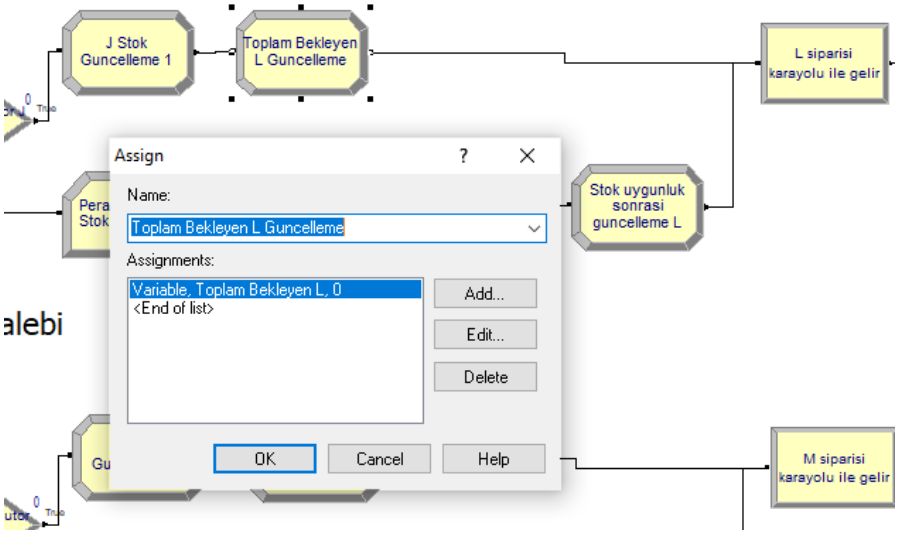
Şekil 3. 53: Perakendeci L Decide Stok Kararı Modülü Açıklaması

Assign modülü ile yeterli stok varsa distribütörden talep kadar stok çekilir.



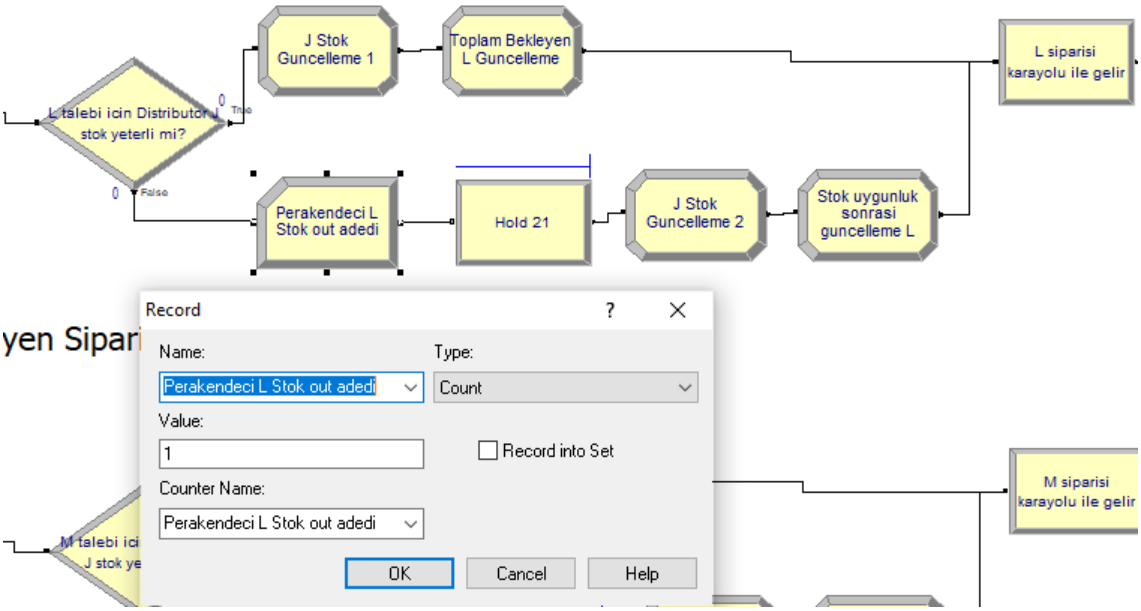
Şekil 3. 54: Perakendeci L Assign Stok Güncelleme Modülü Açıklaması

Tüm talep karşılandığı için assign modülünde, Toplam Bekleyen L adındaki talep değişkeni tekrar default değeri olan 0'a çekilir.



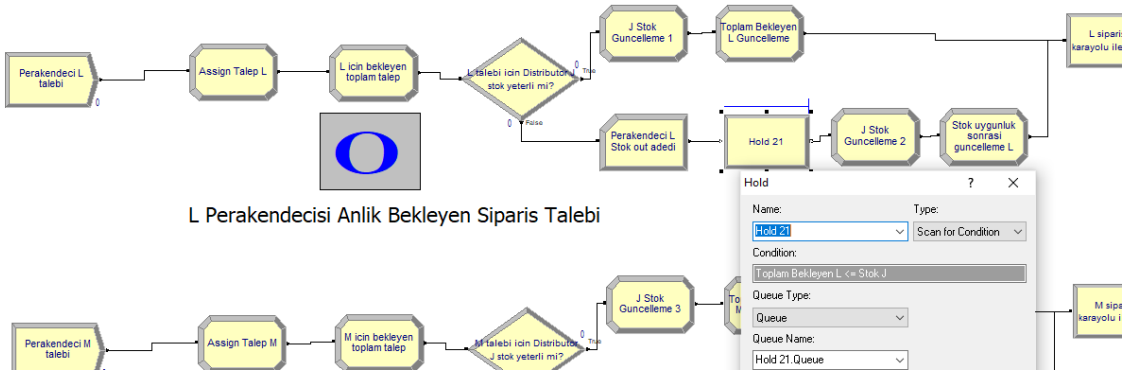
Şekil 3. 55: Perakendeci L Assign Toplam Bekleyen Stok Güncelleme Modülü Açıklaması

Perakendecinin spesifik bir talebinin istenen sürede karşılanmaması durumunda Perakendeci Stok out adedi ayrı bir istatistik olarak record modülünde sayılır.



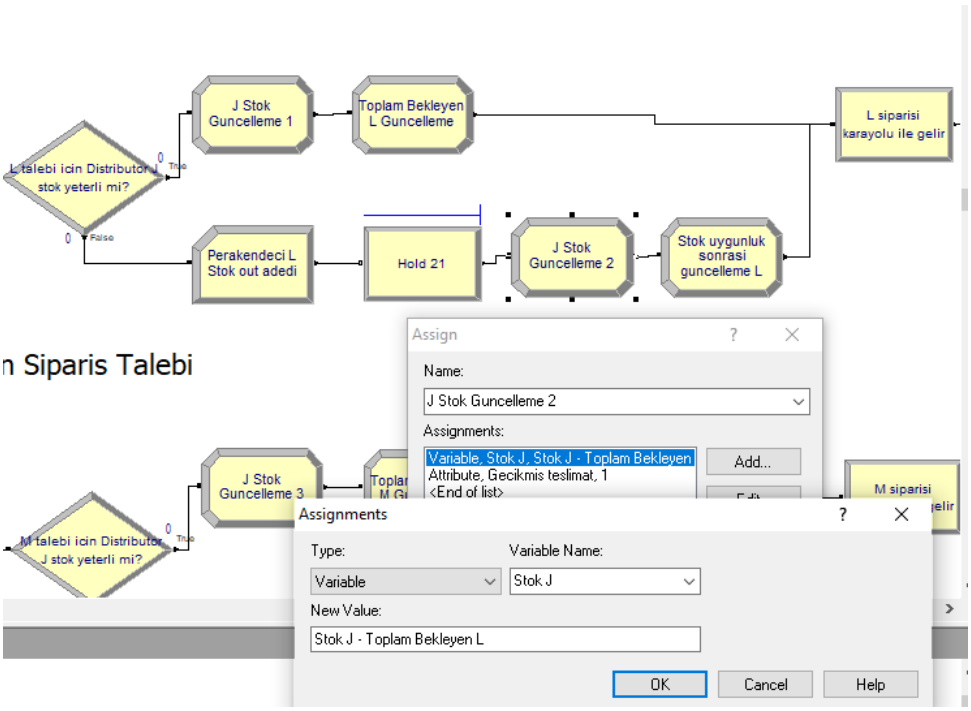
Şekil 3. 56: Perakendeci L Record Stock Out Modülü Açıklaması

Distribütörde (bu örnekte J) yeterli stok olana kadar talepler Hold modülü sayesinde beklemeye alınır.



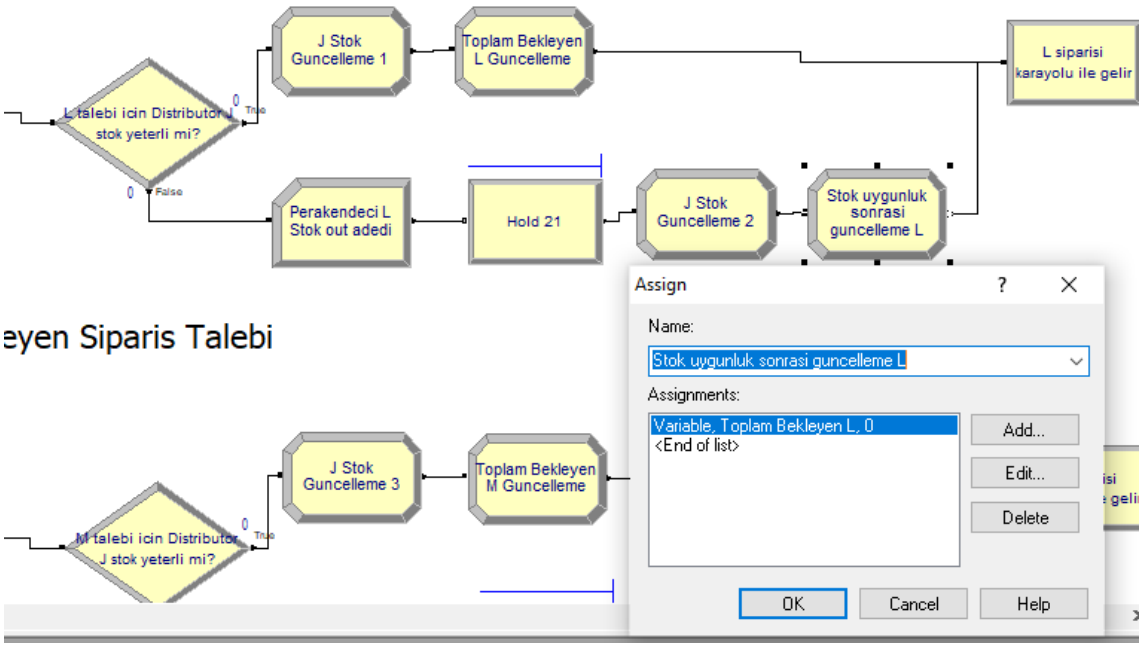
Şekil 3. 57: Perakendeci L Hold Modülü Açıklaması

Assign modülünde yeterli stok distribütörde oluşturktan sonra perakendeciye gönderim yapıldığı için distribütör stok miktarı toplam talep kadar azaltılır. Aynı Assign modülü içinde taleplerde gecikme yaşandığı için "Gecikmis teslimat" adındaki attribute değeri 1 olacak şekilde tanımlanır.



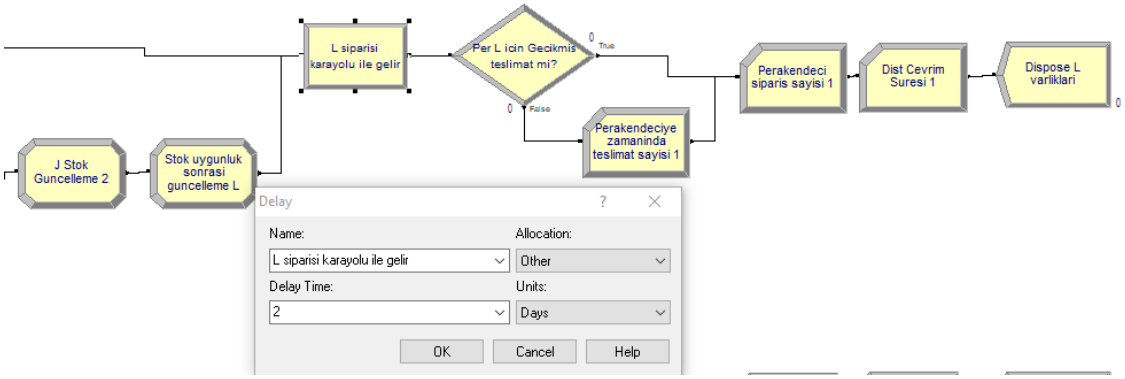
Şekil 3. 58: Perakendeci L Assign Stok Güncelleme 2 Modülü Açıklaması

Assign modülünde, talep karşılandığı için Toplam Bekleyen L adındaki değişken default değeri olan 0'a çekilir.



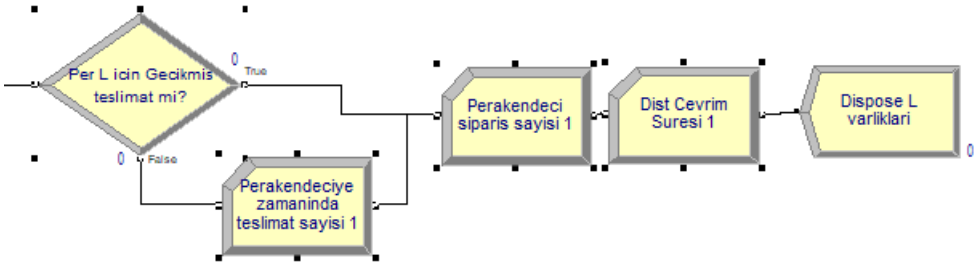
Şekil 3. 59: Perakendeci L Assign Stok Uygunluk Sonrası Güncelleme Modülü Açıklaması

Tüm perakendecilere siparişler karayolu ile geldiğinden tek bir Delay modülü ile taşıma süreci modele eklenmiştir.



Şekil 3. 60: Perakendeci L Delay Karayolu Modülü Açıklaması

Üretici ve Distribütör bölümünde olduğu gibi decide modülü ile ilgili teslimatın gecikmiş bir teslimat olup olmadığı kontrol edilir. Sonrasında record modülleriyle zamanında teslimat adedi, toplam teslimat adedi ve distribütör çevrim süresi metrikleri hesaplanır.



Şekil 3. 61: Perakendeci L Decide, Record Modülleri Açıklaması

Son olarak Dispose modülü ile ilgili segmentin modellemesi tamamlanır. Diğer perakendeciler için de benzer bir modelleme yapısı bağlı distribütörler ve ilgili dağılımlarla oluşturulmuştur.

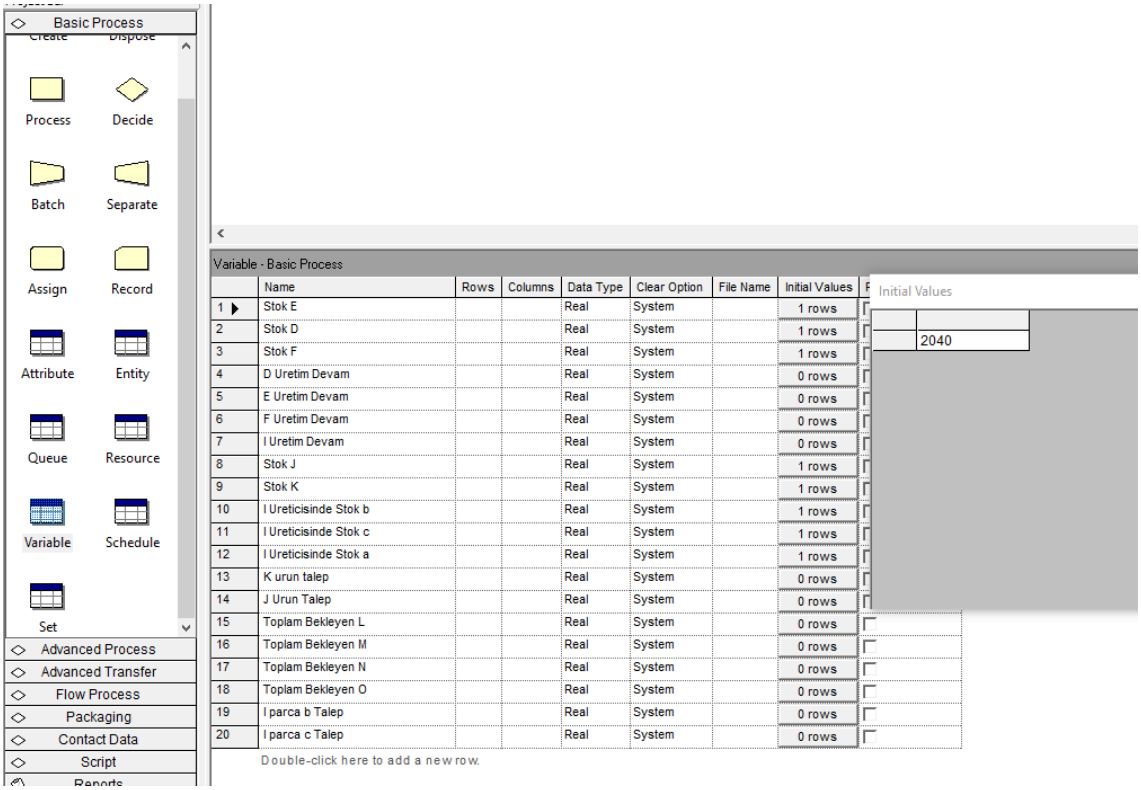
3.3.Verilerin Toplanması ve Yorumlanması

Çalışmada tasarlanmış olan tedarik zinciri kavramsal model olup, Arena'da modellenmiştir. Önerilen jenerik modelin Arena programında çalışması için rassal değerler atanmıştır. Arena programında kullanılan rassal değerler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3. 1: Jenerik Model Parametreleri

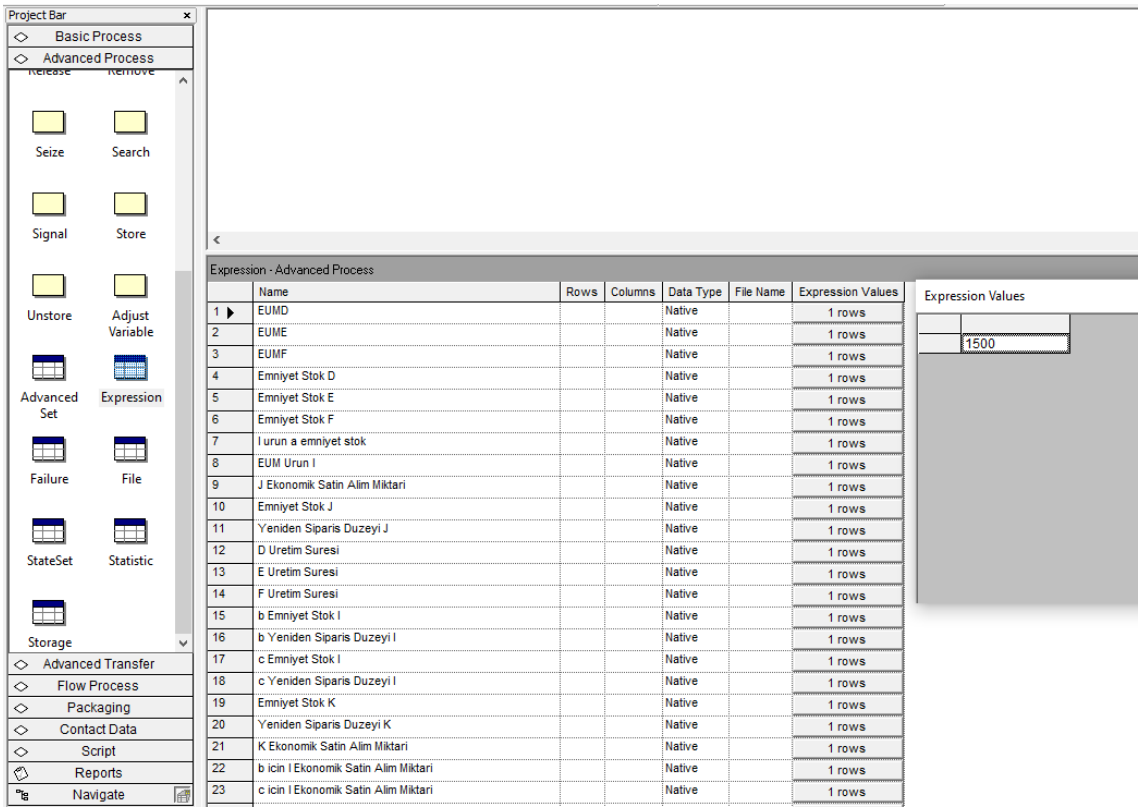
Variables	**Başlangıç Değeri**	**Birim**	**Expressions (Constants)**	**Değer**	**Birim**
Stok D	2555	Parça stoku	Emniyet Stok D	200	
Stok E	2040	Parça stoku	Emniyet Stok E	250	
Stok F	3060	Parça stoku	Emniyet Stok F	300	
I Ureticisinde Stok b	4500	Parça stoku	D Uretim Suresi	NORM(18,1.8)	saat
I Ureticisinde Stok c	3500	Parça stoku	E Uretim Suresi	NORM(18,1.8)	saat
I Ureticisinde Stok a	500	Ürün stoku	F Uretim Suresi	NORM(24,2.4)	saat
Stok J	1000	Ürün stoku	EUMD	1500	
Stok K	1200	Ürün stoku	EUME	1500	
Toplam Bekleyen L	0	Ürün stoku	EUMF	2500	
Toplam Bekleyen M	0	Ürün stoku	b Emniyet Stok I	200	
Toplam Bekleyen N	0	Ürün stoku	b Yeniden Siparis Duzeyi I	300	
Toplam Bekleyen O	0	Ürün stoku	c Emniyet Stok I	250	
			c Yeniden Siparis Duzeyi I	350	
			b icin I Ekonomik Satin Alim Miktari	300	
			c icin I Ekonomik Satin Alim Miktari	300	
Binary Variables	**Başlangıç Değeri**		I urun a emniyet stok	250	
D Uretim Devam	0		EUM Urun I	150	
E Uretim Devam	0		I Uretim Zamani	NORM(8,0.8)	saat
F Uretim Devam	0		Emniyet Stok J	100	
I Uretim Devam	0		Yeniden Siparis Duzeyi J	150	
J Urun Talep	0		J Ekonomik Satin Alim Miktari	250	
K Urun Talep	0		Emniyet Stok K	150	
			Yeniden Siparis Duzeyi K	250	
			K Ekonomik Satin Alim Miktari	200	
Attributes	**Değer**				
Talep L	ANINT(NORM(50,5))				
Talep M	ANINT(NORM(60,6))				
Talep N	ANINT(NORM(50,5))				
Talep O	ANINT(NORM(60,6))				

Modeldeki tüm değişkenler Basic Process panel altında tanımlanmış “Variable Data Modülü”nde yer almaktadır. Bu menü sayesinde değişkenlerin başlangıç değerleri güncellenmiştir. (Bknz. Stok E başlangıç değeri 2040)



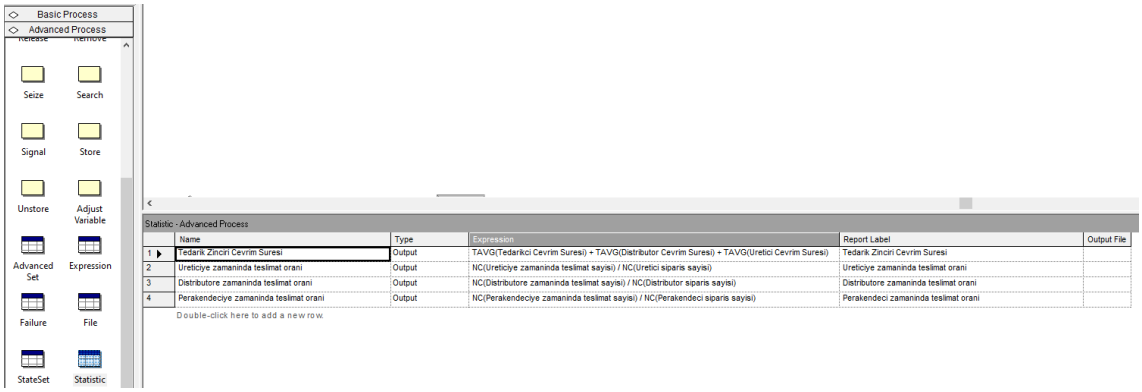
Şekil 3. 62: Arena Modelindeki Değişkenler

Modeldeki tüm parametrelerin/sabitlerin değeri Advanced Process panel altında yer alan “Expression Data Modülü” içerisinde tanımlanmış ve bu isimler modelde kullanılmıştır.



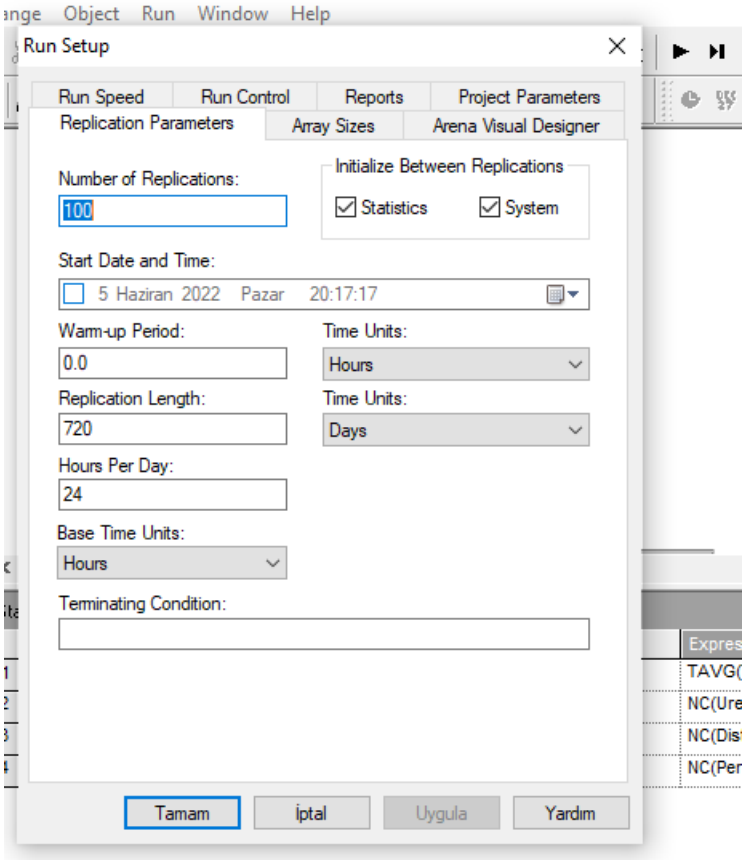
Şekil 3. 63: Arena Modelindeki Sabit Değerler

Modeldeki amaç fonksiyonlarına ait metrikler Advanced Process panel altındaki "Statistic" data modülünde Expression yazılarak hesaplanmış ve Arena sonuç raporunda yer alması sağlanmıştır.



Şekil 3. 64: Arena Modelinde Hesaplanan Çıktı Metrikleri

Arena arayüzündeki Run menüsü altındaki Setup seçeneği sayesinde model çalışma parametreleri girilmiştir. Yapılan hesaplamalar neticesinde 100 replication (tekrar) sayısının yeterli olduğu görüldüğünden model 100 kez çalıştırılmıştır. Modelin çalışma süresi ise 720 gün (yaklaşık 2 yıl) olarak girilmiştir. Rapor çıktısındaki temel zaman birimi ise model yapısı gereği "saat" olarak tutulmuştur.



Şekil 3. 65: Arena'da Modeli Çalıştırma Parametreleri

BÖLÜM 4. BULGULAR VE YORUMLAR

Yapılan çalışmanın amacı zamanında teslimat oranını artırmak ve çıktılar içerisinde de ortalama tedarik zinciri çevrim süresi ile tedarik zinciri boyunca zamanında teslimat oranını elde etmektir. Bu amaç ve çıktılar doğrultusunda Jenerik model için üretilmiş olan rassal değerler Arena programına girilerek, model çalıştırılmıştır. Model 100 kez çalıştırılmış olup çalışma süresi 720 gün olarak girilmiştir. Rapor çıktısındaki temel zaman birimi ise model yapısı gereği "saat" olarak tutulmuştur. Modelin Arena programında çalıştırılmasından sonra çıktı analizlerini gösteren rapor oluşturulmuştur.

Jenerik model önerisinde taşıma modu karmadır, yani hem karayolu hem de demiryolu kararlarını içermektedir. Daha sonra model Arena üzerinde modifiye edilerek yalnızca karayolu seçimi ile yalnızca demiryolu seçimi kararları incelenmiş ve modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Distributor Cevrim Suresi	49.7715	0,06	49.2064	50.8328	48.0000	189.37
Tedarikci Cevrim Suresi	48.6689	0,02	48.4916	48.8532	48.0000	76.1711
Uretici Cevrim Suresi	89.3271	0,21	87.1490	92.2440	48.0000	201.37

Şekil 4. 1: Jenerik Model Tedarik Zinciri Çevrim Süresi

Demiryolu ve karayolu taşıma modunu birlikte kullanan jenerik modelin ortalama tedarik zinciri çevrim süresi 187,77 saattir. Distribütör çevrim süresi 49,77 saat ve standart sapması 0,06'dır. Tedarikçi çevrim süresi 48,66 saat ve standart sapması 0,02'dir. Üretici çevrim süresi 89,32 saat ve standart sapması 0,21'dir.

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Distributor Cevrim Suresi	66.4818	2,37	54.6236	120.63	48.0000	2112.00
Tedarikci Cevrim Suresi	96.8488	0,02	96.7021	97.0587	96.0000	123.95
Uretici Cevrim Suresi	103.81	0,18	100.98	105.64	96.0000	246.70

Şekil 4. 2: Demiryolu Tercihli Modelin Tedarik Zinciri Çevrim Süresi

Demiryolu taşıma modu tercihli modelin ortalama tedarik zinciri çevrim süresi 267,13 saattir. Distribütör çevrim süresi 66,48 saat ve standart sapması 2,37'dir. Tedarikçi çevrim süresi 96,84 saat ve standart sapması 0,02'dir. Üretici çevrim süresi 103,81 saat ve standart sapması 0,18'dir.

Tally

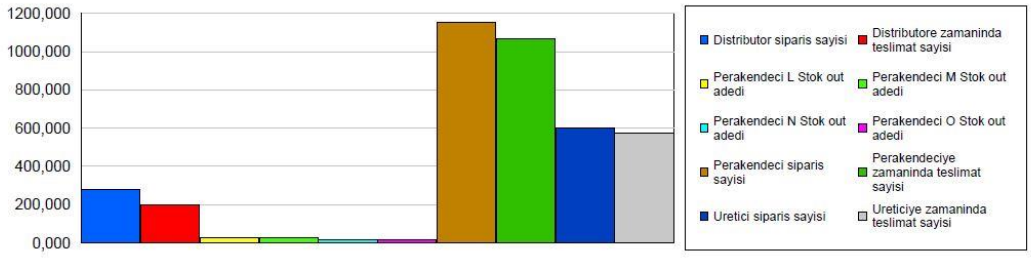
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Distributor Cevrim Suresi	48.4061	0,03	48.1581	48.8260	48.0000	163.54
Tedarikci Cevrim Suresi	48.6685	0,02	48.5007	48.8689	48.0000	76.1841
Uretici Cevrim Suresi	55.5373	0,18	52.9563	57.5457	48.0000	167.54

Şekil 4. 3: Karayolu Tercihli Modelin Tedarik Zinciri Çevrim Süresi

Karayolu taşıma modu tercihli modelin ortalama tedarik zinciri çevrim süresi 152,59 saattir. Distribütör çevrim süresi 48,40 saat ve standart sapması 0,03'dir. Tedarikçi çevrim süresi 48,66 saat ve standart sapması 0,02'dir. Üretici çevrim süresi 55,53 saat ve standart sapması 0,18'dir.

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributor siparis sayisi	277.03	0,20	274.00	279.00
Distributore zamaninda teslimat sayisi	198.98	1,84	177.00	225.00
Perakendeci L Stok out adedi	23.3600	0,91	15.0000	36.0000
Perakendeci M Stok out adedi	28.5200	0,95	18.0000	43.0000
Perakendeci N Stok out adedi	15.4900	0,99	6.0000	30.0000
Perakendeci O Stok out adedi	17.9600	1,11	7.0000	37.0000
Perakendeci siparis sayisi	1151.79	0,09	1150.00	1152.00
Perakendeciye zamaninda teslimat sayisi	1067.02	2,34	1032.00	1089.00
Uretici siparis sayisi	602.15	0,51	594.00	608.00
Ureticiye zamaninda teslimat sayisi	572.36	0,79	563.00	582.00



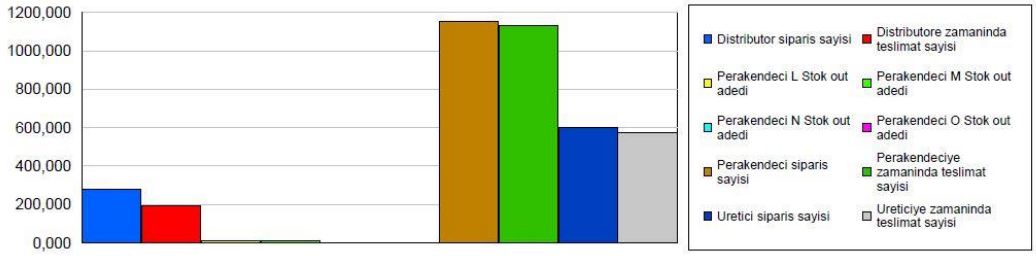
Şekil 4. 4: Jenerik Model Metriklerinin Sonuçları

Modelin çalıştırılmasından sonra Arena'da oluşturulan çıktı raporunda üretici, distribütör, perakendeci sipariş sayıları, perakendecilerin stock out olma adedi ve her birinin zamanında teslimat sayısı gösterilmektedir. Yukarıdaki tabloda verilmiş olan bu değerler modelin amacı olan tedarik zinciri çevrim süresi ve zamanında teslimat oranlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Karayolu ve demiryolu tercihli modeller için de Arena'da çıktı raporu alınmıştır ve sonuçları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Aynı şekilde, çıktı raporunda üretici, distribütör, perakendeci sipariş sayıları, perakendecilerin stock out olma adedi ve her birinin zamanında teslimat sayısı gösterilmektedir. Bu değerler karayolu ve demiryolu tercihli modellerin tedarik zinciri çevrim süresi ve zamanında teslimat oranlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Counter

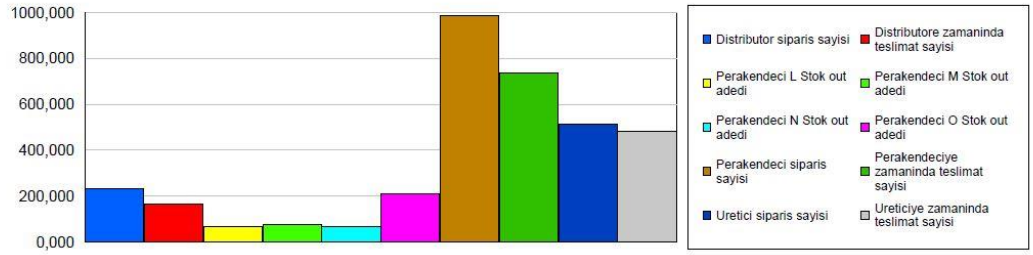
Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributor siparis sayisi	277.71	0,20	275.00	280.00
Distributore zamaninda teslimat sayisi	194.88	1,86	173.00	219.00
Perakendeci L Stok out adedi	9.9400	0,71	3.0000	20.0000
Perakendeci M Stok out adedi	11.5200	0,67	5.0000	19.0000
Perakendeci N Stok out adedi	0.5900	0,16	0.00	3.0000
Perakendeci O Stok out adedi	0.7700	0,19	0.00	4.0000
Perakendeci siparis sayisi	1151.93	0,05	1151.00	1152.00
Perakendeciye zamaninda teslimat sayisi	1129.25	1,16	1111.00	1143.00
Uretici siparis sayisi	602.28	0,54	595.00	610.00
Ureticiye zamaninda teslimat sayisi	572.77	0,81	564.00	584.00



Şekil 4. 5: Karayolu Tercihli Model Metriklerinin Sonuçları

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributor siparis sayisi	230.71	4,78	165.00	278.00
Distributore zamaninda teslimat sayisi	164.25	2,45	136.00	207.00
Perakendeci L Stok out adedi	64.6300	1,55	49.0000	89.0000
Perakendeci M Stok out adedi	75.9400	1,95	49.0000	102.00
Perakendeci N Stok out adedi	67.5800	10,26	12.0000	261.00
Perakendeci O Stok out adedi	208.20	10,53	43.0000	266.00
Perakendeci siparis sayisi	989.85	17,07	670.00	1152.00
Perakendeciye zamaninda teslimat sayisi	737.39	10,99	532.00	856.00
Uretici siparis sayisi	513.39	9,54	386.00	613.00
Ureticiye zamaninda teslimat sayisi	480.61	8,99	359.00	571.00



Şekil 4. 6: Demiryolu Tercihli Model Metriklerinin Sonuçları

BÖLÜM 5. SONUÇ

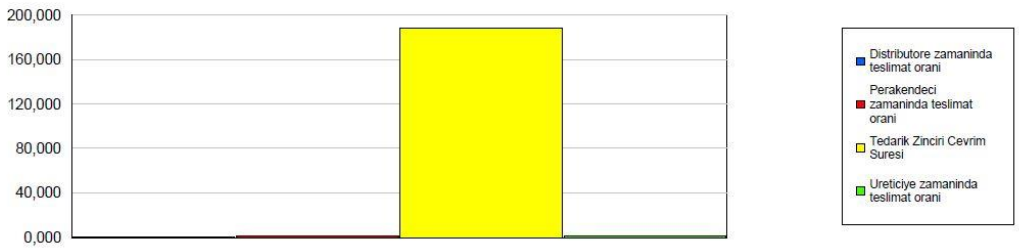
Araştırmanın modeli kapsamında 3 tedarikçi (D, E, F) 1 üretici (I), 2 distribütör (J, K) ve 4 perakendeciden (L, M, N, O) oluşan kavramsal bir tedarik zinciri tasarlanmış, karayolu ve demiryolu taşıma kararı da eklenerek tedarik zinciri çevrim süresi de hesaplanarak zamanında teslimat oranını artırmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda modelin varsayımları, kısıtları ve notasyonları belirlenerek Arena Simülasyon Programı'nda model hazırlanmış ve rassal değerler atanarak çalıştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde 100 replication (tekrar) sayısının yeterli olduğu düşünülerek model 100 kez çalıştırılmış ve modelin çalışma süresi ise 720 gün olarak sisteme girilmiştir.

Arena'da 3 model çalıştırılmış ve sonuçları alınmıştır. Birinci model, aynı zamanda jenerik simülasyon modeli, karayolu ve demiryolu taşıma modlarını birlikte kullanarak çalışıtırılmıştır. Diğer iki model, jenerik model modifiye edililerek tek bir taşıma modu kararını ele alarak çalıştırılmış ve çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışma, toplam tedarik zinciri çevrim süresini ve zamanında teslimat oranlarını aramaktadır. Bu doğrultuda Arena'da modellenerek çalıştırılan jenerik modelin çıktıları aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

Output

Output	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributore zamaninda teslimat orani	0.7183	0,01	0.6390	0.8123
Perakendeci zamaninda teslimat orani	0.9264	0,00	0.8958	0.9453
Tedarik Zinciri Cevrim Suresi	187.77	0,25	185.17	191.30
Ureticiye zamaninda teslimat orani	0.9505	0,00	0.9369	0.9636



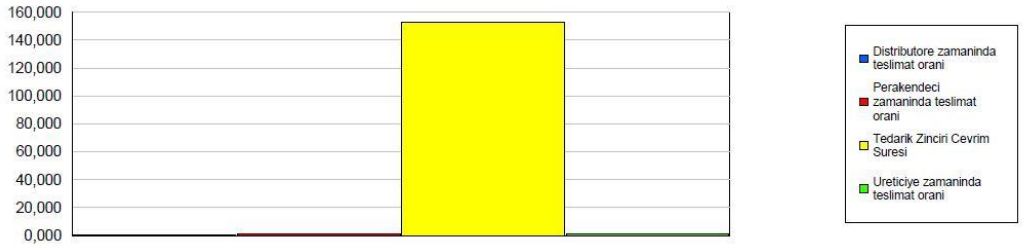
Şekil 5. 1: Jenerik Modelin Çıktıları

Jenerik modelin tedarik zinciri çevrim süresi 187,77 saat, üreticiye zamanında teslimat oranı 0,95, distribütöre zamanında teslimat oranı 0,71 ve perakendeciye zamanında teslimat oranı 0,92'dir.

Karayolu ve demiryolu tercihli modeller için de Arena'da çıktı raporu alınmıştır ve sonuçları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Output

Output	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributore zamaninda teslimat orani	0.7018	0,01	0.6201	0.7849
Perakendeci zamaninda teslimat orani	0.9803	0,00	0.9644	0.9922
Tedarik Zinciri Cevrim Suresi	152.61	0,20	149.82	155.01
Ureticiye zamaninda teslimat orani	0.9510	0,00	0.9400	0.9619

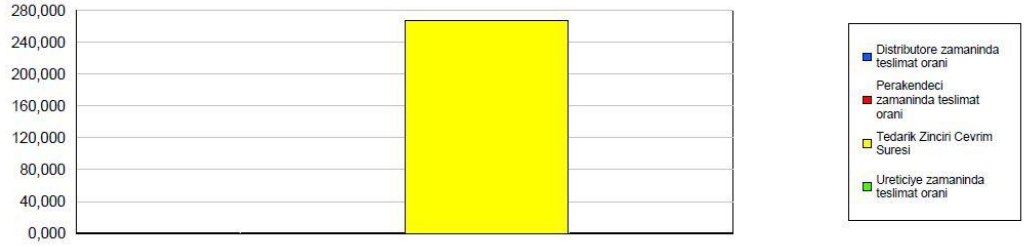


Şekil 5. 2: Karayolu Tercihli Modelin Çıktıları

Taşıma modu olarak yalnızca karayolu tercih edilen modelde; tedarik zinciri çevrim süresi 152,61 saat, üreticiye zamanında teslimat oranı 0,95, distribütöre zamanında teslimat oranı 0,70 ve perakendeciye zamanında teslimat oranı 0,98'dir.

Output

Output	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributore zamaninda teslimat orani	0.7146	0,01	0.6449	0.8242
Perakendeci zamaninda teslimat orani	0.7485	0,01	0.5062	0.8486
Tedarik Zinciri Cevrim Suresi	267.14	2,41	253.97	322.12
Ureticiye zamaninda teslimat orani	0.9361	0,00	0.9189	0.9486



Şekil 5. 3: Demiryolu Tercihli Modelin Çıktıları

Taşıma modu olarak yalnızca demiryolu tercih edilen modelde; tedarik zinciri çevrim süresi 267,14 saat, üreticiye zamanında teslimat oranı 0,93, distribütöre zamanında teslimat oranı 0,71 ve perakendeciye zamanında teslimat oranı 0,93'dür.

Taşıma modu kararına göre değişen sonuçların karşılaştırılmalı tablosu aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 5. 1: Simülasyon Modellerinin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çıktı	Jenerik Model	Karayolu Tercihli Model	Demiryolu Tercihli Model
Tedarik Zinciri Çevrim Süresi (saat)	187,77	152,61	267,14
Üreticiye Zamanında Teslimat Oranı	0,95	0,95	0,93
Distribütöre Zamanında Teslimat Oranı	0,71	0,70	0,71
Perakendeciye Zamanında Teslimat Oranı	0,92	0,98	0,74

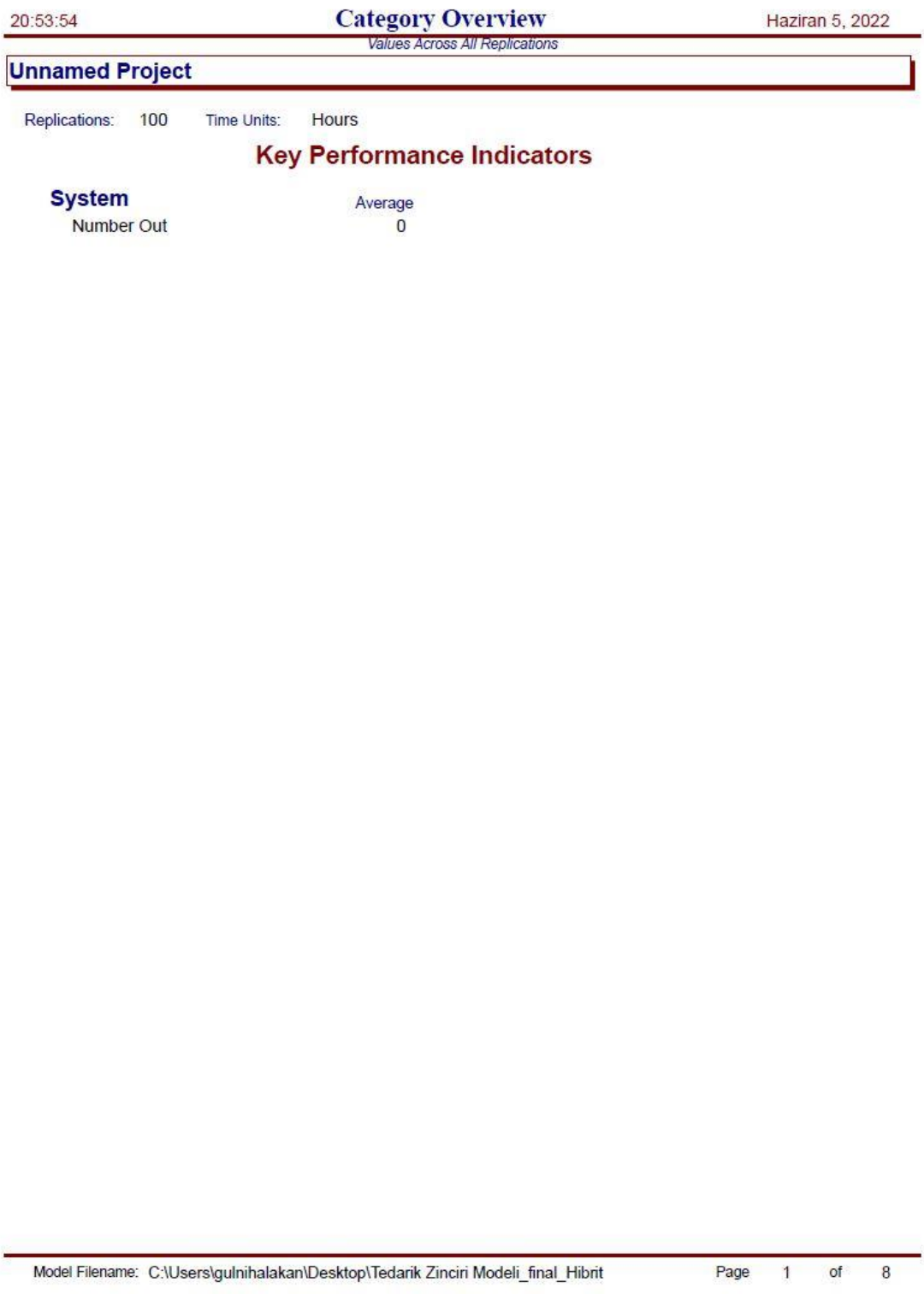
Çalışmanın çıktılarından olan toplam tedarik zinciri çevrim süresi 152,61 saat ile en az olan karayolu tercihli modeldir, ancak maliyeti artırma etkisi göz önüne alındığında optimum tercih jenerik modeldeki gibi her iki taşıma modu tercih edilmelidir. Üreticiye zamanında teslimat oranı jenerik modelde ve karayolu tercihli modelde aynı olup 0,95'tir. Distribütöre zamanında teslimat oranı jenerik modelde ve demiryolu tercihli modelde aynı olup 0,71'dir. Perkandeciye zamanında teslimat oranı 0,98 ile en yüksek oran karayolu tercihli modeldedir. Teslimat oranları ve toplam tedarik zinciri çevrim süresi değerlendirildiğinde karayolu taşıma modu diğer modellere göre üstün durumdadır. Ancak çok kriterli bir seçim içerisinde sadece zamanında teslimat oranına göre taşıma moduna ve tedarik zinciri tasarımına karar verilemeyeceği için çalışmada bir jenerik simülasyon modeli önerilmiştir.

Simülasyon çalışmalarının esnekliği sayesinde model üzerinde, tasarımsal ya da verilerin değişiklikleri istenildiği zaman yapılabilir. Simülasyon yöntemi gerçek sistem içinde değişiklikler, denemeler, alternatif senaryoların uygulanması gibi kontrol ve

zaman isteyen çalışmaları kolay bir şekilde uygulama imkanı verir. Simülasyon yöntemi hem mevcut sistemdeki olası değişikliklerin sistem üzerindeki etkisini belirlemek için bir analiz aracı, hem de değişen koşullar altında yeni oluşturulacak bir sistemin performansını belirleme için bir tasarım aracı olarak kullanılabilir. Bu çalışmada da jenerik bir simülasyon modeli önerisinde bulunarak başka senaryoların denenmesi için alty yapı sunmasına olanak sağlanmıştır.

EK'LER

EK 1: Jenerik Model Simülasyon Raporu



20:53:54 **Category Overview** Haziran 5, 2022

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	0

Model Filename: C:\Users\gulnihalakan\Desktop\Tedarik Zinciri Modeli_final_Hibrit Page 1 of 8

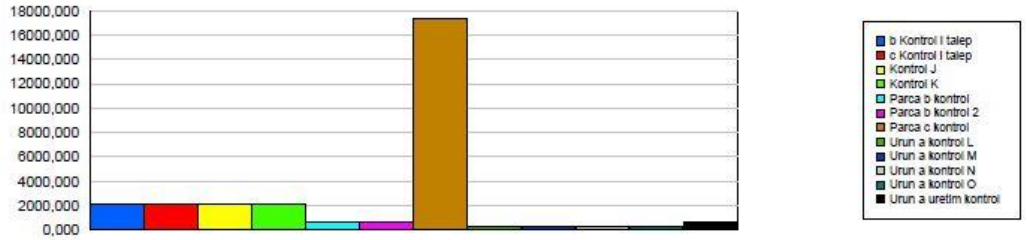
Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Entity

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
b Kontrol I talep	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
c Kontrol I talep	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
Kontrol J	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
Kontrol K	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
Parca b kontrol	721.00	0,00	721.00	721.00
Parca b kontrol 2	721.00	0,00	721.00	721.00
Parca c kontrol	17281.00	0,00	17281.00	17281.00
Urun a kontrol L	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a kontrol M	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a kontrol N	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a kontrol O	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a uretim kontrol	721.00	0,00	721.00	721.00



Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
b Kontrol I talep	2159.81	0,40	2155.00	2161.00
c Kontrol I talep	2160.72	0,21	2155.00	2161.00
Kontrol J	2160.34	0,10	2160.00	2161.00
Kontrol K	2160.10	0,06	2160.00	2161.00
Parca b kontrol	720.96	0,04	720.00	721.00
Parca b kontrol 2	720.98	0,03	720.00	721.00
Parca c kontrol	17280.97	0,03	17280.00	17281.00
Urun a kontrol L	287.93	0,05	287.00	288.00
Urun a kontrol M	287.93	0,05	287.00	288.00
Urun a kontrol N	287.96	0,04	287.00	288.00
Urun a kontrol O	287.97	0,03	287.00	288.00
Urun a uretim kontrol	720.46	0,10	720.00	721.00

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Entity

Other

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
b Kontrol I talep	1.1246	0,00	1.1063	1.1361	0.00	7.0000
c Kontrol I talep	0.5831	0,00	0.5690	0.5939	0.00	7.0000
Kontrol J	0.5710	0,00	0.5409	0.6011	0.00	2.0000
Kontrol K	0.8644	0,00	0.8362	0.8994	0.00	2.0000
Parca b kontrol	0.05000021	0,00	0.04583244	0.05478901	0.00	2.0000
Parca b kontrol 2	0.03223717	0,00	0.02878111	0.03610645	0.00	2.0000
Parca c kontrol	0.03279939	0,00	0.03049468	0.03494501	0.00	2.0000
Urun a kontrol L	0.8378	0,00	0.8196	0.8605	0.00	4.0000
Urun a kontrol M	0.8475	0,00	0.8271	0.8713	0.00	4.0000
Urun a kontrol N	0.8145	0,00	0.8041	0.8289	0.00	3.0000
Urun a kontrol O	0.8183	0,00	0.8042	0.8427	0.00	3.0000
Urun a uretim kontrol	0.2708	0,00	0.2482	0.2846	0.00	2.0000

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
b parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	7.2682	0,32	3.1573	10.8885	0.00503278	28.1711
c parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	11.1418	0,10	10.1119	12.1920	0.00226446	26.3309
D Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
E Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
F Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hold 21.Queue	28.1506	0,73	19.9609	40.2373	0.00	141.37
Hold 22.Queue	28.8928	0,60	22.6999	37.8002	0.00	132.98
Hold 23.Queue	16.2003	0,82	8.8997	28.3524	0.00	91.6208
Hold 24.Queue	17.3314	0,70	7.4753	27.5983	0.00	91.6208
I Uretim Islemi.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
J talebi icin yeterli stok bekle.Queue	20.6982	0,53	14.7768	28.0306	0.00522559	105.37
K talebi icin yeterli stok bekle.Queue	21.5726	0,45	15.1683	27.7127	0.00143977	96.5414
Yeterli parca olana kadar uretimi beklet.Queue	24.8070	0,34	21.2414	28.8627	0.00	48.0000

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
b parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	0.00755140	0,00	0.00127901	0.01499096	0.00	4.0000
c parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	0.02579671	0,00	0.01971612	0.03180873	0.00	4.0000
D Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
E Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
F Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hold 21.Queue	0.03796413	0,00	0.01963747	0.06054225	0.00	3.0000
Hold 22.Queue	0.04764226	0,00	0.02714046	0.07131015	0.00	3.0000
Hold 23.Queue	0.01457737	0,00	0.00414914	0.02886834	0.00	2.0000
Hold 24.Queue	0.01834085	0,00	0.00423508	0.04312242	0.00	2.0000
I Uretim Islemi.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
J talebi icin yeterli stok bekle.Queue	0.03730751	0,00	0.01666979	0.06347294	0.00	1.0000
K talebi icin yeterli stok bekle.Queue	0.05922433	0,00	0.02742856	0.1017	0.00	1.0000
Yeterli parca olana kadar uretimi beklet.Queue	0.08083796	0,00	0.05601852	0.0958	0.00	1.0000

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Resource

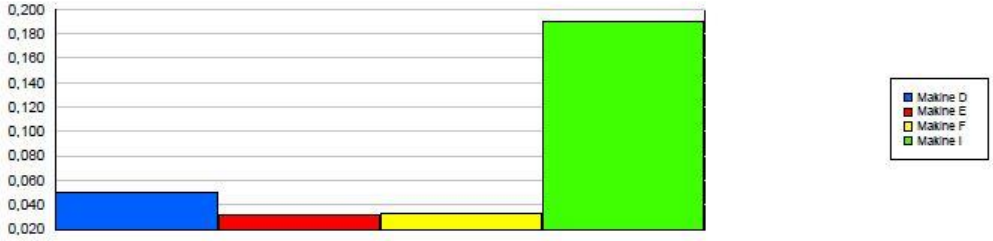
Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Makine D	0.05000021	0,00	0.04583244	0.05478901	0.00	1.0000
Makine E	0.03223717	0,00	0.02878111	0.03610645	0.00	1.0000
Makine F	0.03279939	0,00	0.03049468	0.03494501	0.00	1.0000
Makine I	0.1900	0,00	0.1872	0.1930	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Makine D	0.05000021	0,00	0.04583244	0.05478901	0.00	1.0000
Makine E	0.03223717	0,00	0.02878111	0.03610645	0.00	1.0000
Makine F	0.03279939	0,00	0.03049468	0.03494501	0.00	1.0000
Makine I	0.1900	0,00	0.1872	0.1930	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Makine D	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Makine E	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Makine F	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Makine I	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Makine D	0.05000021	0,00	0.04583244	0.05478901
Makine E	0.03223717	0,00	0.02878111	0.03610645
Makine F	0.03279939	0,00	0.03049468	0.03494501
Makine I	0.1900	0,00	0.1872	0.1930



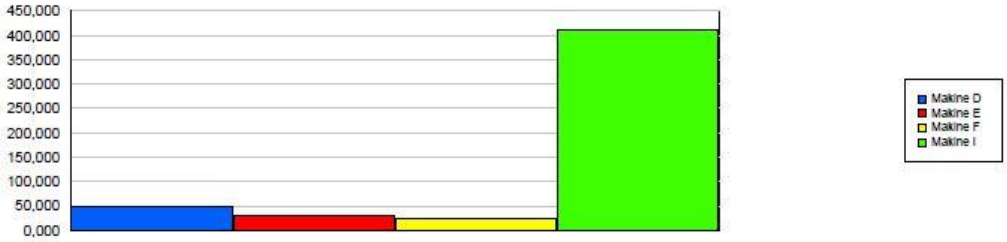
Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Resource

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Makine D	48.1200	0,30	45.0000	52.0000
Makine E	31.0600	0,30	28.0000	34.0000
Makine F	23.6600	0,10	23.0000	24.0000
Makine I	410.66	0,29	407.00	414.00



Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

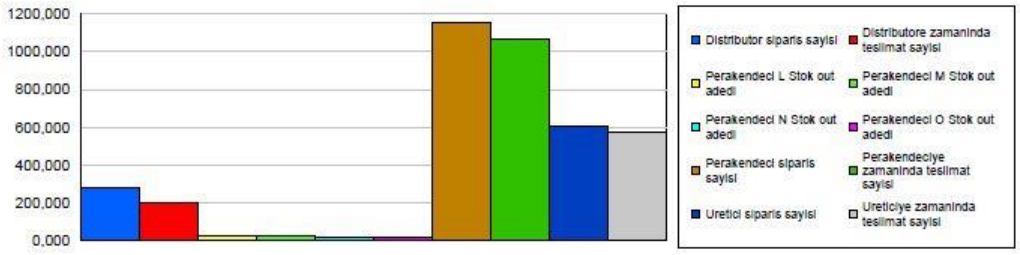
User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Distributor Cevrim Suresi	49.7715	0,06	49.2064	50.8328	48.0000	189.37
Tedarikci Cevrim Suresi	48.6689	0,02	48.4916	48.8532	48.0000	76.1711
Uretici Cevrim Suresi	89.3271	0,21	87.1490	92.2440	48.0000	201.37

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributor siparis sayisi	277.03	0,20	274.00	279.00
Distributore zamaninda teslimat sayisi	198.98	1,84	177.00	225.00
Perakendeci L Stok out adedi	23.3600	0,91	15.0000	36.0000
Perakendeci M Stok out adedi	28.5200	0,95	18.0000	43.0000
Perakendeci N Stok out adedi	15.4900	0,99	6.0000	30.0000
Perakendeci O Stok out adedi	17.9600	1,11	7.0000	37.0000
Perakendeci siparis sayisi	1151.79	0,09	1150.00	1152.00
Perakendeciye zamaninda teslimat sayisi	1067.02	2,34	1032.00	1089.00
Uretici siparis sayisi	602.15	0,51	594.00	608.00
Ureticiye zamaninda teslimat sayisi	572.36	0,79	563.00	582.00



Output

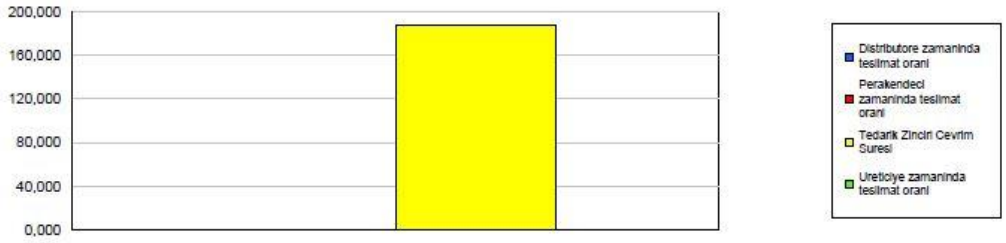
Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

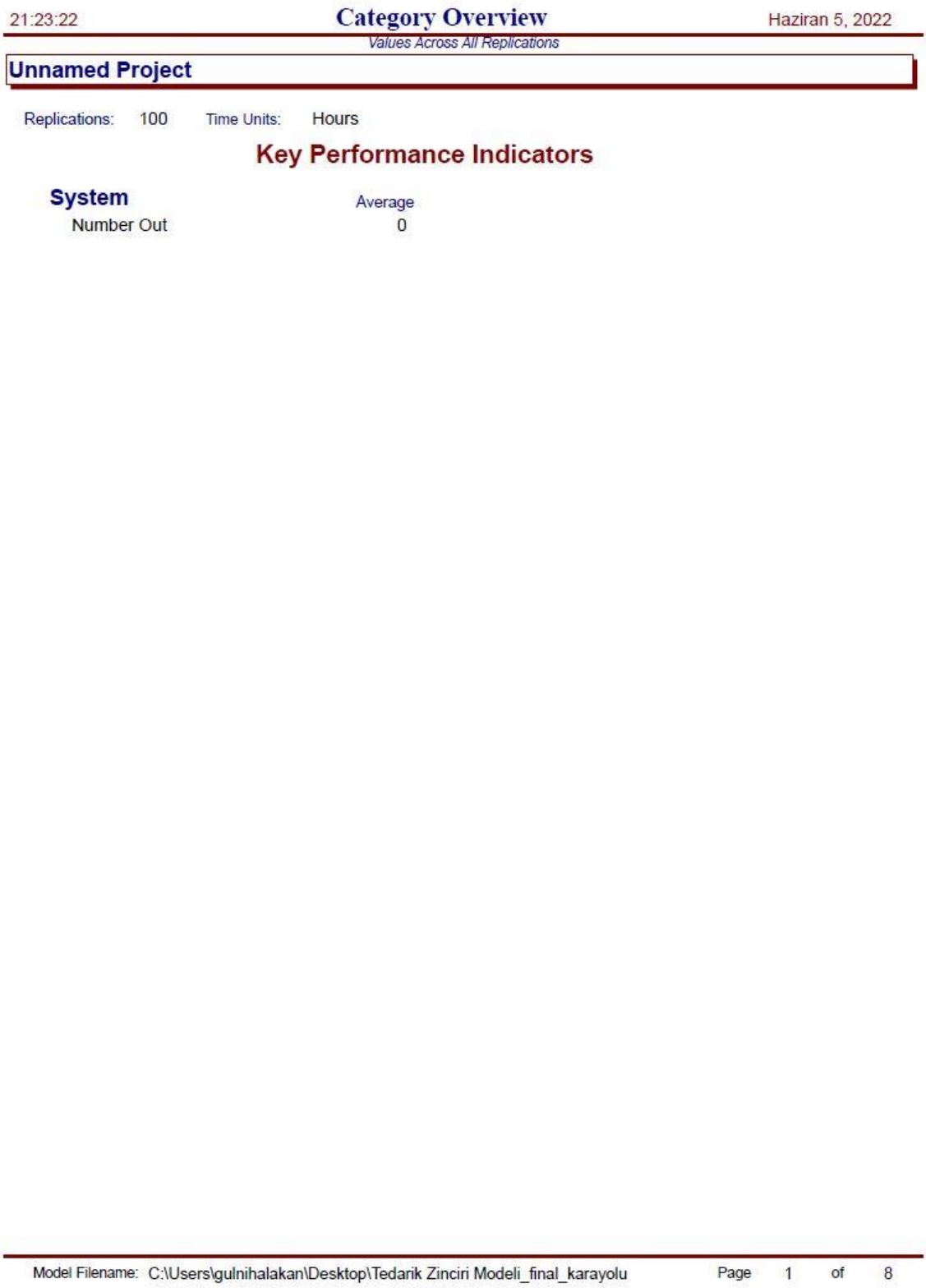
User Specified

Output

Output	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributore zamaninda teslimat orani	0.7183	0,01	0.6390	0.8123
Perakendeci zamaninda teslimat orani	0.9264	0,00	0.8958	0.9453
Tedarik Zinciri Cevrim Suresi	187.77	0,25	185.17	191.30
Ureticiye zamaninda teslimat orani	0.9505	0,00	0.9369	0.9636



EK 2: Karayolu Tercihli Model Simülasyon Raporu



21:23:22 **Category Overview** Haziran 5, 2022

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	0

Model Filename: C:\Users\gulnihalakan\Desktop\Tedarik Zinciri Modeli_final_karayolu Page 1 of 8

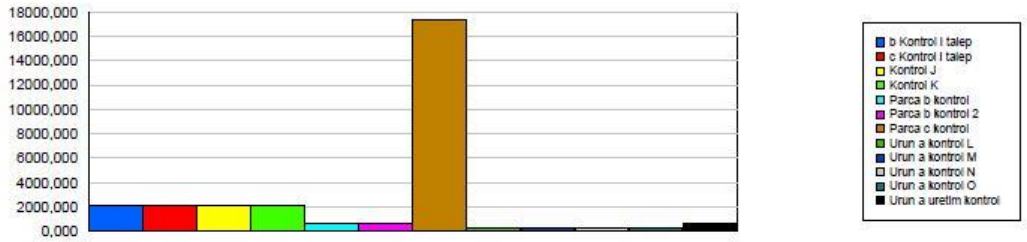
Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Entity

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
b Kontrol I talep	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
c Kontrol I talep	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
Kontrol J	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
Kontrol K	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
Parca b kontrol	721.00	0,00	721.00	721.00
Parca b kontrol 2	721.00	0,00	721.00	721.00
Parca c kontrol	17281.00	0,00	17281.00	17281.00
Urun a kontrol L	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a kontrol M	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a kontrol N	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a kontrol O	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a uretim kontrol	721.00	0,00	721.00	721.00



Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
b Kontrol I talep	2159.57	0,43	2155.00	2161.00
c Kontrol I talep	2160.69	0,22	2155.00	2161.00
Kontrol J	2160.66	0,10	2160.00	2161.00
Kontrol K	2160.45	0,10	2160.00	2161.00
Parca b kontrol	720.93	0,05	720.00	721.00
Parca b kontrol 2	720.99	0,02	720.00	721.00
Parca c kontrol	17280.96	0,04	17280.00	17281.00
Urun a kontrol L	287.97	0,03	287.00	288.00
Urun a kontrol M	287.96	0,04	287.00	288.00
Urun a kontrol N	288.00	0,00	288.00	288.00
Urun a kontrol O	288.00	0,00	288.00	288.00
Urun a uretim kontrol	720.44	0,10	720.00	721.00

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Entity

Other

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
b Kontrol I talep	1.1254	0,00	1.1147	1.1432	0.00	7.0000
c Kontrol I talep	0.5836	0,00	0.5724	0.5966	0.00	7.0000
Kontrol J	0.3980	0,00	0.3736	0.4327	0.00	2.0000
Kontrol K	0.4954	0,00	0.4639	0.5302	0.00	2.0000
Parca b kontrol	0.04991040	0,00	0.04496079	0.05555283	0.00	2.0000
Parca b kontrol 2	0.03253237	0,00	0.02713844	0.03670644	0.00	2.0000
Parca c kontrol	0.03288887	0,00	0.03091487	0.03538178	0.00	2.0000
Urun a kontrol L	0.8120	0,00	0.8024	0.8247	0.00	3.0000
Urun a kontrol M	0.8142	0,00	0.8037	0.8305	0.00	3.0000
Urun a kontrol N	0.8003	0,00	0.8000	0.8025	0.00	2.0000
Urun a kontrol O	0.8005	0,00	0.8000	0.8037	0.00	2.0000
Urun a uretim kontrol	0.2716	0,00	0.2522	0.2898	0.00	2.0000

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
b parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	7.3517	0,31	3.6309	10.7409	0.00997541	28.1841
c parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	11.0880	0,09	10.2596	12.1515	0.00157205	26.3309
D Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
E Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
F Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hold 21.Queue	20.7164	1,00	7.4431	36.8005	0.2480	115.54
Hold 22.Queue	21.2447	1,04	12.4422	36.6697	0.00072621	92.8744
Hold 23.Queue	4.0326	1,14	0.00	18.4190	0.00	33.3432
Hold 24.Queue	6.6050	1,60	0.00	24.3965	0.00	31.8758
I Uretim Islemi.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
J talebi icin yeterli stok bekle.Queue	26.3440	0,57	19.2344	34.8784	0.02086729	119.54
K talebi icin yeterli stok bekle.Queue	24.5188	0,44	19.2432	30.2842	0.00571338	96.1017
Yeterli parca olana kadar uretimi beklet.Queue	25.5167	0,31	21.4340	29.4340	0.00	48.0000

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
b parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	0.00748517	0,00	0.00189109	0.01541062	0.00	4.0000
c parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	0.02639522	0,00	0.02039552	0.03473372	0.00	4.0000
D Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
E Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
F Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hold 21.Queue	0.01203966	0,00	0.00239228	0.02470320	0.00	2.0000
Hold 22.Queue	0.01426312	0,00	0.00366346	0.03053974	0.00	2.0000
Hold 23.Queue	0.00033472	0,00	0.00	0.00245126	0.00	1.0000
Hold 24.Queue	0.00053657	0,00	0.00	0.00370755	0.00	1.0000
I Uretim Islemi.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
J talebi icin yeterli stok bekle.Queue	0.05440173	0,00	0.03005369	0.08826510	0.00	1.0000
K talebi icin yeterli stok bekle.Queue	0.06712013	0,00	0.03612947	0.0997	0.00	1.0000
Yeterli parca olana kadar uretimi beklet.Queue	0.08168056	0,00	0.06296296	0.1009	0.00	1.0000

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Resource

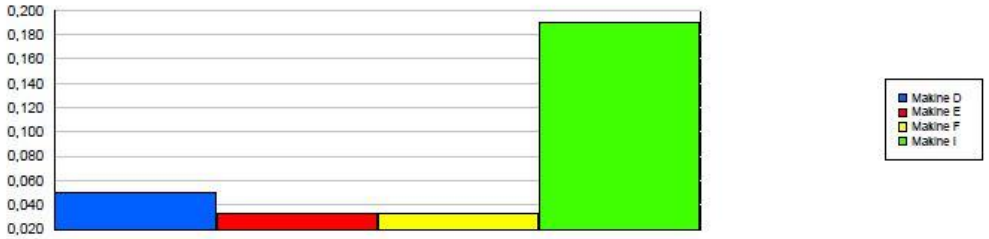
Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Makine D	0.04991040	0,00	0.04496079	0.05555283	0.00	1.0000
Makine E	0.03253237	0,00	0.02713844	0.03670644	0.00	1.0000
Makine F	0.03288887	0,00	0.03091487	0.03538178	0.00	1.0000
Makine I	0.1899	0,00	0.1864	0.1925	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Makine D	0.04991040	0,00	0.04496079	0.05555283	0.00	1.0000
Makine E	0.03253237	0,00	0.02713844	0.03670644	0.00	1.0000
Makine F	0.03288887	0,00	0.03091487	0.03538178	0.00	1.0000
Makine I	0.1899	0,00	0.1864	0.1925	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Makine D	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Makine E	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Makine F	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Makine I	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Makine D	0.04991040	0,00	0.04496079	0.05555283
Makine E	0.03253237	0,00	0.02713844	0.03670644
Makine F	0.03288887	0,00	0.03091487	0.03538178
Makine I	0.1899	0,00	0.1864	0.1925



Values Across All Replications

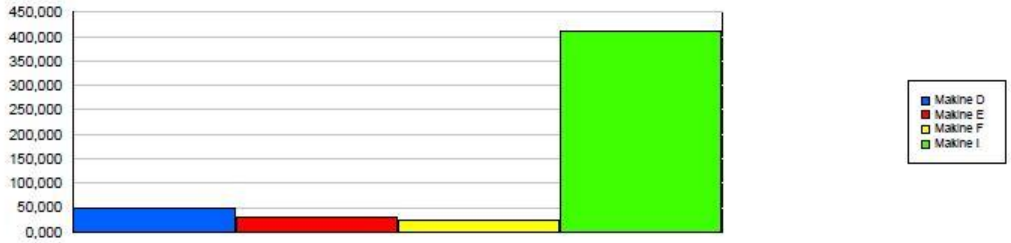
Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Resource

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Makine D	47.9800	0,36	44.0000	53.0000
Makine E	31.2000	0,35	26.0000	36.0000
Makine F	23.6200	0,10	23.0000	24.0000
Makine I	410.67	0,30	408.00	415.00



Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

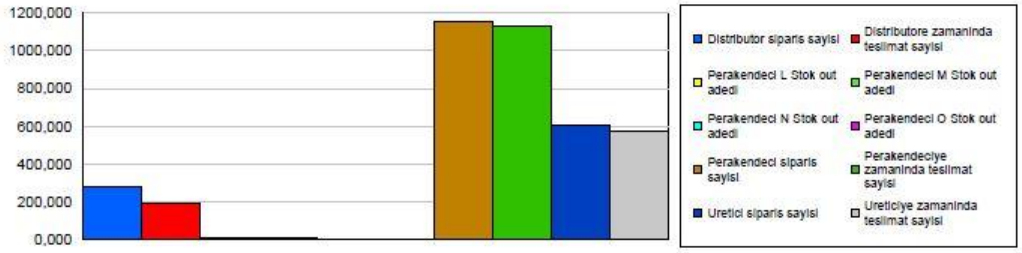
User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Distributor Cevrim Suresi	48.4061	0,03	48.1581	48.8260	48.0000	163.54
Tedarikci Cevrim Suresi	48.6685	0,02	48.5007	48.8689	48.0000	76.1841
Uretici Cevrim Suresi	55.5373	0,18	52.9563	57.5457	48.0000	167.54

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributor siparis sayisi	277.71	0,20	275.00	280.00
Distributore zamaninda teslimat sayisi	194.88	1,86	173.00	219.00
Perakendeci L Stok out adedi	9.9400	0,71	3.0000	20.0000
Perakendeci M Stok out adedi	11.5200	0,67	5.0000	19.0000
Perakendeci N Stok out adedi	0.5900	0,16	0.00	3.0000
Perakendeci O Stok out adedi	0.7700	0,19	0.00	4.0000
Perakendeci siparis sayisi	1151.93	0,05	1151.00	1152.00
Perakendeciye zamaninda teslimat sayisi	1129.25	1,16	1111.00	1143.00
Uretici siparis sayisi	602.28	0,54	595.00	610.00
Ureticiye zamaninda teslimat sayisi	572.77	0,81	564.00	584.00



Output

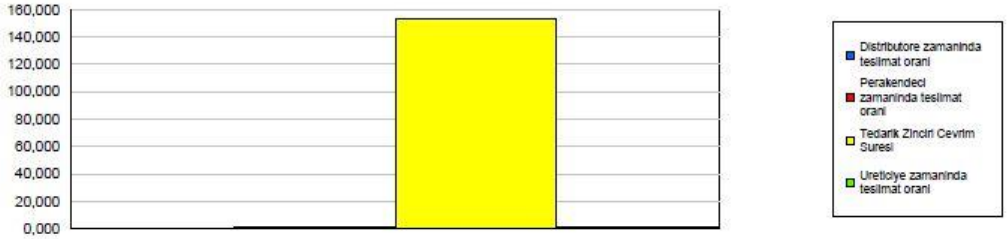
Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

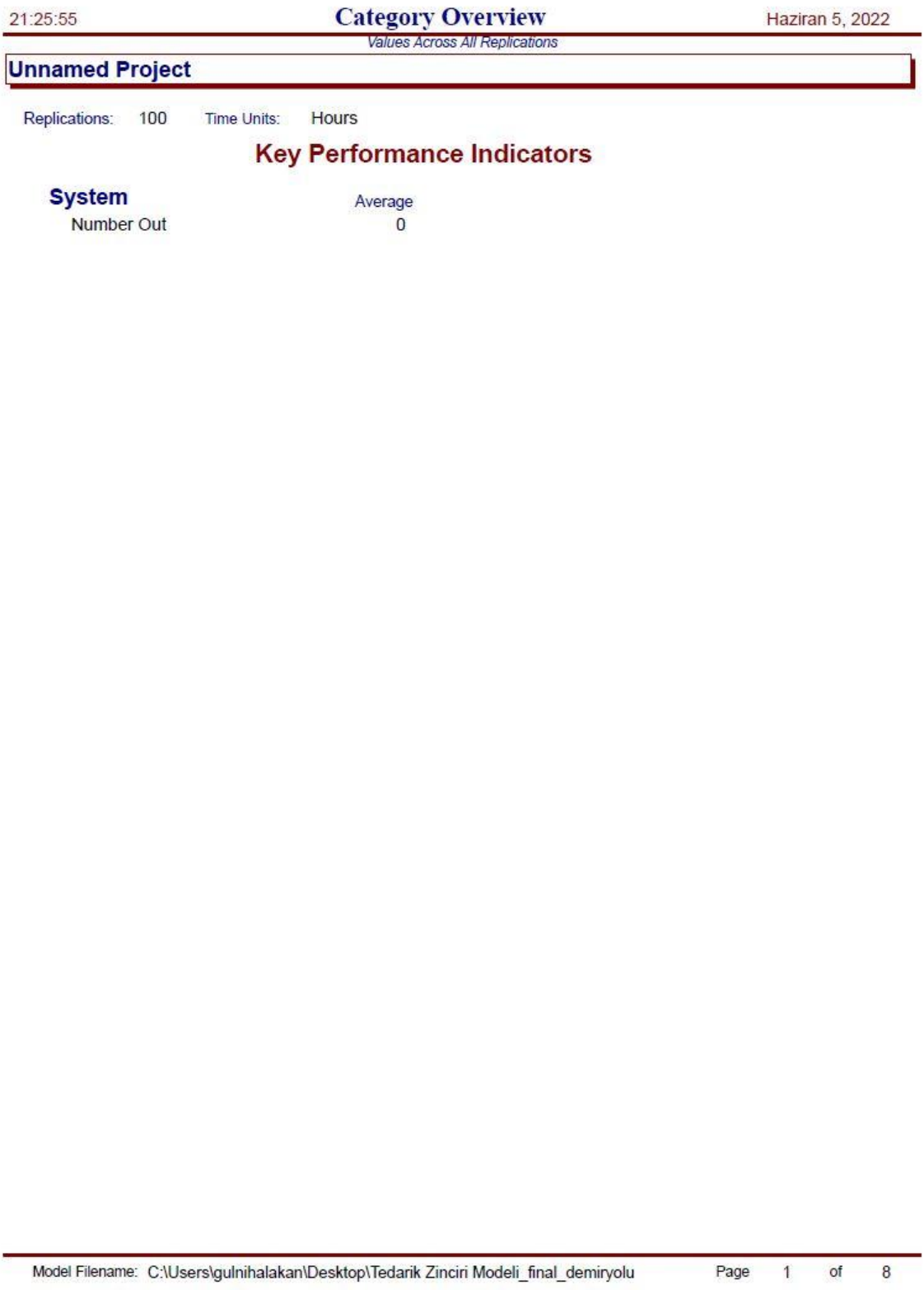
User Specified

Output

Output	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributore zamaninda teslimat orani	0.7018	0,01	0.6201	0.7849
Perakendeci zamaninda teslimat orani	0.9803	0,00	0.9644	0.9922
Tedarik Zinciri Cevrim Suresi	152.61	0,20	149.82	155.01
Ureticiye zamaninda teslimat orani	0.9510	0,00	0.9400	0.9619



EK 3: Demiryolu Tercihli Model Simülasyon Raporu



21:25:55 **Category Overview** Haziran 5, 2022

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	0

Model Filename: C:\Users\gulnihalakan\Desktop\Tedarik Zinciri Modeli_final_demiryolu Page 1 of 8

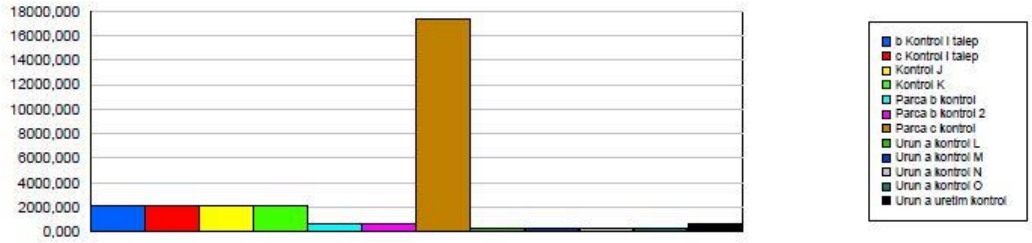
Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Entity

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
b Kontrol I talep	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
c Kontrol I talep	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
Kontrol J	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
Kontrol K	2161.00	0,00	2161.00	2161.00
Parca b kontrol	721.00	0,00	721.00	721.00
Parca b kontrol 2	721.00	0,00	721.00	721.00
Parca c kontrol	17281.00	0,00	17281.00	17281.00
Urun a kontrol L	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a kontrol M	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a kontrol N	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a kontrol O	289.00	0,00	289.00	289.00
Urun a uretim kontrol	721.00	0,00	721.00	721.00



Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
b Kontrol I talep	2159.85	0,51	2150.00	2161.00
c Kontrol I talep	2160.18	0,43	2151.00	2161.00
Kontrol J	2160.22	0,08	2160.00	2161.00
Kontrol K	2160.48	0,10	2160.00	2161.00
Parca b kontrol	720.97	0,03	720.00	721.00
Parca b kontrol 2	720.98	0,03	720.00	721.00
Parca c kontrol	17280.96	0,04	17280.00	17281.00
Urun a kontrol L	287.80	0,09	286.00	288.00
Urun a kontrol M	287.79	0,08	287.00	288.00
Urun a kontrol N	279.94	7,84	47.0000	288.00
Urun a kontrol O	134.32	15,88	38.0000	288.00
Urun a uretim kontrol	720.62	0,10	720.00	721.00

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Entity

Other

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
b Kontrol I talep	1.9132	0,04	1.4149	2.2814	0.00	13.0000
c Kontrol I talep	0.9827	0,02	0.7607	1.1861	0.00	13.0000
Kontrol J	0.7404	0,00	0.6990	0.7712	0.00	2.0000
Kontrol K	0.6498	0,03	0.2582	0.9234	0.00	2.0000
Parca b kontrol	0.04057132	0,00	0.02911963	0.05116828	0.00	2.0000
Parca b kontrol 2	0.02937744	0,00	0.02085659	0.03702833	0.00	1.0000
Parca c kontrol	0.02786032	0,00	0.02121504	0.03463065	0.00	2.0000
Urun a kontrol L	0.9533	0,01	0.9012	1.1782	0.00	7.0000
Urun a kontrol M	0.9819	0,01	0.9042	1.2257	0.00	7.0000
Urun a kontrol N	3.9430	2,85	0.8466	101.91	0.00	242.00
Urun a kontrol O	52.6833	6,98	0.9180	109.08	0.00	251.00
Urun a uretim kontrol	0.2795	0,01	0.1856	0.3597	0.00	2.0000

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
b parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	7.3305	0,24	4.7829	10.2098	0.00004127	27.9544
c parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	10.6383	0,08	9.8065	11.7778	0.00729412	26.9962
D Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
E Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
F Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hold 21.Queue	40.9003	1,23	31.6059	73.8829	0.00	320.00
Hold 22.Queue	41.2656	1,24	32.7431	72.1191	0.00	352.00
Hold 23.Queue	127.79	16,95	31.5071	506.79	0.00	2064.00
Hold 24.Queue	96.1822	13,97	32.0413	567.35	0.00	2064.00
I Uretim Islemi.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
J talebi icin yeterli stok bekle.Queue	26.8937	0,77	16.4957	35.7968	0.00046509	150.70
K talebi icin yeterli stok bekle.Queue	28.5698	0,84	18.7741	41.4956	0.00612083	136.38
Yeterli parca olana kadar uretimi beklet.Queue	53.8836	0,91	43.0270	66.5000	0.00	96.0000

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
b parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	0.01047634	0,00	0.00282472	0.02141669	0.00	4.0000
c parcasi icin I yeterli stok bekle.Queue	0.02778213	0,00	0.02177778	0.03805776	0.00	4.0000
D Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
E Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
F Uretim Zamani.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hold 21.Queue	0.1537	0,01	0.1012	0.3805	0.00	6.0000
Hold 22.Queue	0.1823	0,01	0.1042	0.4257	0.00	6.0000
Hold 23.Queue	3.1653	2,87	0.04655931	101.78	0.00	242.00
Hold 24.Queue	52.3101	7,02	0.1180	108.97	0.00	251.00
I Uretim Islemi.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
J talebi icin yeterli stok bekle.Queue	0.05372647	0,00	0.01240993	0.07673547	0.00	1.0000
K talebi icin yeterli stok bekle.Queue	0.05187371	0,00	0.02598537	0.07972391	0.00	1.0000
Yeterli parca olana kadar uretimi beklet.Queue	0.1182	0,00	0.06620370	0.1699	0.00	1.0000

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Resource

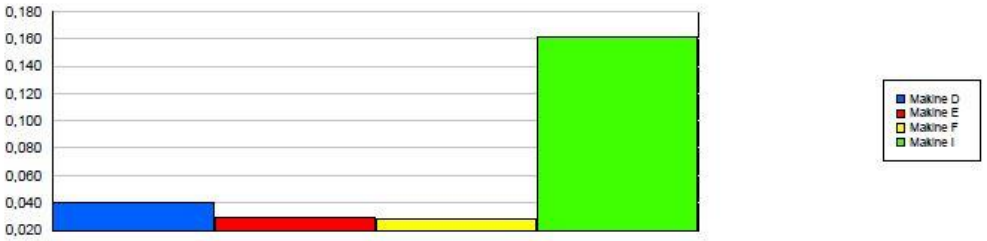
Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Makine D	0.04057132	0,00	0.02911963	0.05116828	0.00	1.0000
Makine E	0.02937744	0,00	0.02085659	0.03702833	0.00	1.0000
Makine F	0.02786032	0,00	0.02121504	0.03463065	0.00	1.0000
Makine I	0.1613	0,00	0.1194	0.1906	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Makine D	0.04057132	0,00	0.02911963	0.05116828	0.00	1.0000
Makine E	0.02937744	0,00	0.02085659	0.03702833	0.00	1.0000
Makine F	0.02786032	0,00	0.02121504	0.03463065	0.00	1.0000
Makine I	0.1613	0,00	0.1194	0.1906	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Makine D	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Makine E	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Makine F	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Makine I	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Makine D	0.04057132	0,00	0.02911963	0.05116828
Makine E	0.02937744	0,00	0.02085659	0.03702833
Makine F	0.02786032	0,00	0.02121504	0.03463065
Makine I	0.1613	0,00	0.1194	0.1906



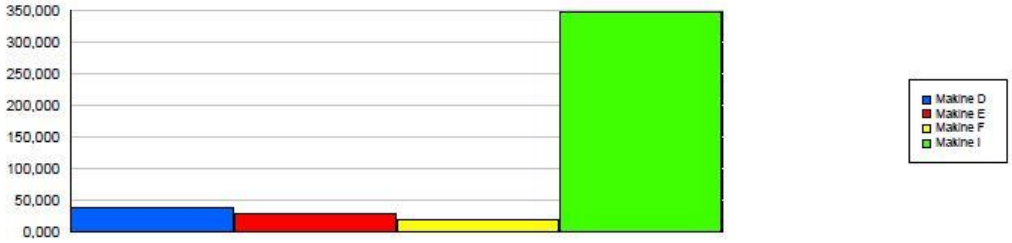
Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

Resource

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Makine D	39.0000	0,76	28.0000	48.0000
Makine E	28.2400	0,62	21.0000	35.0000
Makine F	20.0200	0,40	15.0000	24.0000
Makine I	348.75	6,40	260.00	411.00



Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

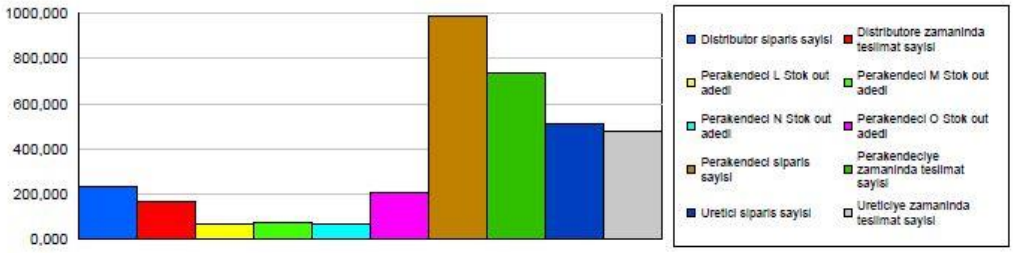
User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Distributor Cevrim Suresi	66.4818	2,37	54.6236	120.63	48.0000	2112.00
Tedarikci Cevrim Suresi	96.8488	0,02	96.7021	97.0587	96.0000	123.95
Uretici Cevrim Suresi	103.81	0,18	100.98	105.64	96.0000	246.70

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributor siparis sayisi	230.71	4,78	165.00	278.00
Distributore zamaninda teslimat sayisi	164.25	2,45	136.00	207.00
Perakendeci L Stok out adedi	64.6300	1,55	49.0000	89.0000
Perakendeci M Stok out adedi	75.9400	1,95	49.0000	102.00
Perakendeci N Stok out adedi	67.5800	10,26	12.0000	261.00
Perakendeci O Stok out adedi	208.20	10,53	43.0000	266.00
Perakendeci siparis sayisi	989.85	17,07	670.00	1152.00
Perakendeciye zamaninda teslimat sayisi	737.39	10,99	532.00	856.00
Uretici siparis sayisi	513.39	9,54	386.00	613.00
Ureticiye zamaninda teslimat sayisi	480.61	8,99	359.00	571.00



Output

Values Across All Replications

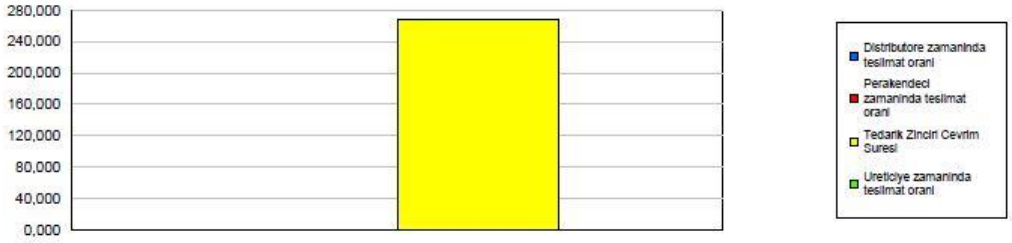
Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Hours

User Specified

Output

Output	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Distributore zamaninda teslimat orani	0.7146	0,01	0.6449	0.8242
Perakendeci zamaninda teslimat orani	0.7485	0,01	0.5062	0.8486
Tedarik Zinciri Cevrim Suresi	267.14	2,41	253.97	322.12
Ureticiye zamaninda teslimat orani	0.9361	0,00	0.9189	0.9486



KAYNAKÇA

Aitken, J., Childerhouse, P., Christopher, M., & Towill, D. (2007). Designing and managing multiple supply chains. *Journal of Business*, 1-26.

Akçi, Y. (2012). *Çevre Belirsizliği Altında, Rekabet Stratejileri İle Tedarik Zinciri Stratejilerinin Firma Performansına Etkisi: İMKB İmalat Sektörü Uygulaması*. (Doktora tezi). Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.

Akyüz, G. A. (2021). Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminde İşbirlikçi Paradigma. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, *8*(1), 59-74.

Albores, P., Love, D., Weaver, M., Stone, J., & Benton, H. (2006, September). An evaluation of SCOR modelling techniques and tools. In *Proceedings of the Second European Conference on the Management of Technology.*

Ambilikumar, C. K., Bhasi, M., & Madhu, G. (2015). *Performance of Supply Chain when using selected Coordination Mechanisms*. Doctoral dissertation. Cochin University Of Science And Technology.

Apics. (2017). APICS Supply Chain Operations Reference Model SCOR Version 12.0.

Arabacı, B. (2010). *Müşteri Hizmetleri ve CRM*. İstanbul: Kum Saati Yayınları.

Arshinder, K., Kanda, A. & Deshmukh, S. G. (2008). Supply chain coordination: perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics, 115*(2), 316-335.

ASCM (2021, September 18). *APICS supply chain operations reference model: SCOR.* http://www.apics.org/myapics.

Ateş, O. (2007), *Perakendecilik Sektöründe Zincir Mağazalarda Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi: Bir Uygulama*. (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Ayers, J. B. (2006). *Handbook of Supply Chain Management* (2nd Ed.). NY: Auerbach Publication.

Balogh, A., Gyenge, B., Szeghegyi, Á., & Kozma, T. (2020). Advantages of simulating logistics processes. *Acta Polytechnica Hungarica*, *17*(1), 215-229.

Banomyong, R., & Supatn, N. (2011). Developing a supply chain performance tool for SMEs in Thailand. *Supply Chain Management: An International Journal*, *16*(1), 20-31.

Başkol, M. (2011). Bir rekabet aracı olarak tedarik zinciri yönetimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 3*(5), 13-27.

Bayar, İ. E. (2008). *Kamu Hastanelerinde Tedarik Zinciri Yönetimi ve Örnek Bir Uygulama*. (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Bıçakcı, P. S., Üreten, S., & İlter, H. K. (2017). Verimli ve tepkisel tedarik zincirlerinde farklı uygulamaların zincir performansına etkileri. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *10*(2), 141-168.

Boschert, S., Heinrich, C., & Rosen, R. (2018, May). Next generation digital twin. In *Proceedings of TMCE* (Vol. 2018, pp. 7-11). Las Palmas de Gran Canaria, Spain.

Braun, M. (2021). Represent me: please! towards an ethics of digital twins in medicine. *Journal of Medical Ethics*, *47*(6), 394-400.

Calleja, G., Corominas, A., Martínez-Costa, C., & de la Torre, R. (2018). Methodological approaches to supply chain design. *International Journal of Production Research*, *56*(13), 4467-4489.

Campuzano, F., & Mula, J. (2011). Introduction to Supply Chain Simulation. In *Supply Chain Simulation* (pp. 1-10). London: Springer.

Chan, F.T.S., Qi, H., J., Chan, H., K., Lau, H.C.W. & Ip, R.W. L. (2003). A conceptual model of performance measurement for supply chains. *Management Decision. 41*(7), 635-642.

Chandra, C. & Grabis, J. (2007). *Supply Chain Configuration Concepts, Solutions, and Applications*. New York: Springer Science.

Chang, Y. & Makatsoris, H. (2006). Supply chain modeling using simulation. *International Journal of Simulation, 2*(1), 24-29.

Chinesta, F., Cueto, E., Abisset-Chavanne, E., Duval, J. L., & El Khaldi, F. (2020). Virtual, digital and hybrid twins: a new paradigm in data-based engineering and engineered data. *Archives of computational methods in engineering*, *27*(1), 105-134.

Cho, D. W., Lee, Y. H., Ahn, S. H., & Hwang, M. K. (2012). A framework for measuring the performance of service supply chain management. *Computers & Industrial Engineering*, *62*(3), 801-818.

Chopra, S. & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (6th Edition). Essex: Pearson Education Inc.

Croxton, K. L., García-Dastugue, S. J., Lambert, D. M., & Rogers, D. S. (2001). The supply chain management process. *The International Journal of Logistics Management, 12*(2), 13-55.

Çavuş, İ. (2018). *Hastanelerde Tedarik Zinciri Yönetimi ve Tüketim Tahmini*. (Yüksek lisans tezi). Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çörekçi, C. (2014). *Atölye Tipi Üretimde Simülasyon Teknikleri ile Dinamik Çizelgeleme ve Atölye Simülasyonu* (Yüksek lisans tezi). Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.

Deleris, L. A., & Erhun, F. (2005, December). Risk management in supply networks using Monte-Carlo simulation. In *Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005.* (pp. 7-pp). IEEE.

Domingo, R. T. (2015). Identifying and eliminating the seven wastes or muda. *Business Management Articles Manufacturing Management of Asian Institute of Management,* 1-4.

Dönmez, N. (2007). *Tedarik Zinciri Planlama İçin Çok Amaçlı Doğrusal Programlama Modeli.* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Biliimleri Enstitüsü, Ankara.

Elagöz, İ. (2006). *Tedarik Zinciri Yönetimi Yaklaşımının Maliyet Hesaplama Çalışmalarına Etkisi*. (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Esen, H., Ö. (2008). *Uygulamalı Yöneylem Araştırması, Yöneticiler İçin Bilgisayar Destekli Karar Modelleri*. İstanbul: Çağlayan Kitabevi.

Estampe, D., Lamouri, S., Paris, J. L., & Brahim-Djelloul, S. (2013). A framework for analysing supply chain performance evaluation models. *International Journal of Production Economics, 142*(2), 247-258.

Fredendal, D. L. & Hill, E. (2009). *Basics of Supply Chain Management*. Boca Raton: CRC Press.

Galal, N. M., & Abdul Moneim A. F. (2016). Developing Sustainable Supply Chains in Developing Countries, 23rd CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Procedia, CIRP 48, 419 – 424.

Goldsby, T. J., Griffis, S. E., & Roath, A. S. (2006). modeling lean, agile, and leagile supply chain strategies. *Journal of Business Logistics, 27*(1), 57–80.

Gökçe, M. (2008). *Tedarik Zincir Yönetiminin Sistem Dinamiği ve Ajan Bazlı Yaklaşımla Modellenerek Karşılaştırılması*. (Doktora Tezi). Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.

Görçün, Ö. F. (2013). *Tedarik Zinciri Yönetimi*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Gözaçan, N., & Kabadurmuş, Ö. (2019). A sustainability comparison of traditional supply chains and physical ınternet supply chains using simulation. *Celal Bayar University Journal of Science, 15*(4), 385-392.

Grieves, M. (2014). Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. *White Paper, 1*, 1-7.

Gunasekaran, A., Patel, C. & Tirtiroglu, E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chains environment. *International Journal Of Operations & Production Management, 21*(1/2), 71-84.

Gunasekaran, A., & Ngai, E. W. T. (2005). Build-to-order supply chain management: A literature review and framework for development. *Journal of Operations Management, 23*(5), 423-451.

Güçlü, C. (2010). *Tedarik Zinciri Yönetiminin İşletme Performansı Üzerindeki Etkisi: Otel İşletmeleri Üzerine Yönelik Bir Araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi). Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Düzce.

Güleş, H. K., Paksoy, T., Bülbül, H., & Özceylan, E. (2010). *Tedarik Zinciri Yönetimi, Stratejik Planlama, Modelleme ve Optimizasyon*. Ankara: Gazi Kitapevi Yayınları.

Gürsoy, Ö. (2013). *Üretim Sektöründe Tedarik Zinciri Yönetimi ve SCOR (Tedarik Zinciri Operasyonları Referans Modeli) Modelinin Farkındalık Düzeyi Üzerine Bir Araştırma.* (Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, İzmir.

Hadiguna, R. A. (2013). Decision support system of performance assessment for sustainable supply chain management. *International Journal of Green Computing (IJGC), 4*(2), 24-37.

Hammann, J. E., & Markovitch, N. A. (2005, December). Introduction to Arena [simulation software]. In *Winter Simulation Conference Proceedings, 1995.* (pp. 519-523). IEEE.

Heizer, J., & Render, B. (2014). *Üretim Yönetimi, Sürdürülebilirlik ve Tedarik Zinciri Yönetimi* (11. Baskı). Umut Fırat Tuzkaya (Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.

Herlyn, W., & Zadek, H. (2020). Mastering the supply chain by a concept of a ditigal control-twin. In *Data Science and Innovation in Supply Chain Management: How Data Transforms the Value Chain. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), Vol. 29* (pp. 661-697). Berlin: epubli GmbH.

Hill, A. V. (2012). *The Encyclopedia of Operations Management* (1st Edition). New Jersey: Pearson Education Inc.

Hugos, M. (2011). *Essentials of Supply Chain Management*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Huma, S., & Siddiqui, D. A. (2019). Impact of lean and agile strategies on supply chain risk management. *Available at SSRN 3384808*.

Karabay, G. (2006). *Tekstil sektöründe tedarik zinciri uygulamalarının mevcut durumunun belirlenmesi ve çözüm önerileri*. Dokrota Tezi. DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Karaduman, İ. (2009). *Stratejik Tedarik Zinciri Yönetimi'nde Bilişim Teknolojileri'nin Kullanımı: Perakendecilik Sektöründe Bir Uygulama*. (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Karaman, A. & Altıok, T. (2009). Approximate analysis and optimization of batch ordering policies in capacitated supply chains. *European Journal of Operational Research, 193*(1), 222-237.

Karasu, I. F. (2006), *Tedarik Zinciri Yönetiminin Yapısı ve İşleyişi*. (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Kaya, A. (2011). *Özel Hastanelerde Tedarikçi Seçimine Etki Eden Faktörler ile Müşteri Memnuniyeti ve Güven Arasındaki İlişki: Gaziantep ve Çevre İllerde Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.

Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Sturrock, D. T. (2015). *Simulation with Arena*. New York: McGraw-Hill Inc.

Kim, S. H., Fowler, J. W., Shunk, D. L., & Pfund, M. E. (2012). Improving the push–pull strategy in a serial supply chain by a hybrid push–pull control with multiple pulling points. *International Journal of Production Research, 50*(19), 5651-5668.

KLU (2021, Eylül 18). *Tedarik Zinciri Trendler*. Kırklareli Üniversitesi. https://lojistikkulubu.klu.edu.tr/Sayfalar/20214-2021-tedarik-zinciri-trendler.klu.

Kocaoğlu, B. (2009). *Tedarik zinciri performansı ölçümü için stratejik ve operasyonel hedefleri bütünleştiren SCOR modeli temelli bir yapı*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kocaoğlu, Y. (2013). *Tedarik Zinciri Yönetiminde ERPII Kullanımının İşletme Tedarik Zinciri Yönetimi Performansına Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Krishnamurthy, R., & Yauch, C. A. (2007). Leagile manufacturing: A proposed corporate infrastructure. International *Journal of Operations and Production Management, 27*(6), 588–604.

Küçükkaplan, İ. & Bayhan, M. (2012). Tedarik zinciri yönetiminin ekonomik katma değer yöntemi ile ilişkisinin incelenmesi. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi, 5*(1), 69-84.

Lambert, D. M., & Schwieterman, M. A. (2012). Supplier relationship management as a macro business process. *Supply Chain Management: An International Journal*, *17*(3), 337-352.

Lambert, D. M. (2017). The supply chain management and logistics controversy. In *Handbook of logistics and supply-chain management*. Emerald Group Publishing Limited.

Manzini, R., Ferrari, E., Mauro, G., Persona, A., & Regattieri, A. (2005). Simulation performance in the optimisation of the supply chain. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *16*(2). 127-144.

Min, H. (2015). *Essentials of Supply Chain Management: The New Business Concepts and Applications* (1st Edition). Ohio: Pearson Education Inc.

Monch, L., Uzsoy, R. & Fowler, J. W. (2018). A survey of semiconductor supply chain models part I: Semiconductor supply chains, strategic network design, and supply chain simulation. *International Journal of Production Research, 56,* 4524– 4545.

Mousavi, B. A., Azzouz, R., Heavey, C., & Ehm, H. (2019, December). Simulation-based analysis of the nervousness within semiconductors supply chain planning: insight from a case study. In *2019 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 2396-2407). IEEE.

Nebol, E., Uslu, T., Uzel, E. (2013), *Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi* (2. Baskı). İstanbul: Beta Basım A.Ş.

Nebol, E. (2016), *Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi* (1. Baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Nemati, Y., & Alavidoost, M. H. (2019). A fuzzy bi-objective MILP approach to integrate sales, production, distribution and procurement planning in a FMCG supply chain. *Soft computing*, *23*(13), 4871-4890.

Njagi, M. M., & Shalle, N. (2016). Role of supplier relationship management on procurement performance in manufacturing sector in Kenya: A case of East African Breweries. *International Academic Journal of Procurement and Supply Chain Management*, *2*(1), 1-20.

Nuthall, L. (2017). 11 Supply chain performance measures and systems. In *Gower handbook of supply chain management* (pp. 266-284). Routledge.

Oliveira, J. B., Lima, R. S., & Montevechi, J. A. B. (2016). Perspectives and relationships in Supply Chain Simulation: A systematic literature review. *Simulation Modelling Practice and Theory*, *62*, 166-191.

Özer, N. C. (2014). *Tedarik zincirinde çok amaçlı ağ tasarım probleminin çok kriterli karar verme ve hedef programlama yöntemleri kullanılarak optimizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Öztürk, D. (2016). Tedarik zinciri yönetimi süreçlerini etkileyen faktörler. *International Journal of Social and Economic Sciences, 6*(1), 17-24.

Paksoy, T. (2005). Tedarik zinciri yönetiminde dağıtım ağlarının tasarımı ve optimizasyonu: Malzeme ihtiyaç kısıtı altında stratejik bir üretim-dağıtım modeli. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *14*, 435-454.

Persson, F., & Araldi, M. (2009). The development of a dynamic supply chain analysis tool—Integration of SCOR and discrete event simulation. *International journal of production economics*, *121*(2), 574-583.

Quayle, M. (2006). *Purchasing and Supply Chain Management: Strategies and Realities* (1st Edition). London: IRM Press.

Ramírez, C. S., Hernández, G. A., Alcaraz, J. L. G., & Mendoza, D. A. T. (2016). The use of simulation software for the improving the supply chain: the case of automotive sector. In *Trends and Applications in Software Engineering* (pp. 213-222). Springer, Cham.

Roh, J., Hong, P., & Min, H. (2014). Implementation of a responsive supply chain strategy in global complexity: The case of manufacturing firms. *International Journal of Production Economics, 147,* 198–210.

Rossetti, M. D. (2015). *Simulation Modeling and Arena*. NY: John Wiley & Sons.

Ross, D. F. (2011). *Introduction To Supply Chain Management Technologies* (Second Edition). Florida: Crc Press.

Ross, D. F. (2013). *Competing Through Supply Chain Management: Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships*. Springer Science & Business Media.

Rungtusanatham, M., & Forza, C., (2005). Coordinating product design, process design, and supply chain design decisions: part a: topic motivation, performance ımplications, and article review process. *Journal of Operations Management, 23*(3-4), 257-265.

Sancar, A. Ü. (2006*). A Sımulatıon Based Decısıon Support System For Supply Chaın Management.* (Yüksek lisans tezi). Boğaziçi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Sehgal, V. (2009). E*nterprise Supply Chain Management: Integrating Best-in-Class Processes*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Seila, A., F. (2005). Spreadsheet Simulations. In *Proceeding of the 2005 Winter Simulation Conference Book*, pp. 33-40.

Sheikh, Z., & Rana, S. (2014, Mayıs). The role of logistics service providers in supply chain performance management: A comprehensive literature review. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 4*(5), 608-613.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E., & Shankar, R. (2008). *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies*. USA: McGraw-Hill Education.

Singh, D., & Verma, A. (2018). Inventory management in supply chain. *Materials Today: Proceedings, 5*(2), 3867-3872.

Stadtler, H., & Kilger, C. (2010). *Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies*. (Fourth Edition). Germany: Springer.

Stock, J. R., & Lambert, D. M. (2007). *Strategic Logistics Management*. New York: McGraw Hill.

Swafford, P. M., Ghosh, S., & Murthy, N. (2006). The antecedents of supply chain agility of a firm: scale development and model testing. *Journal of Operations Management, 24*(2), 170- 188.

Şen, E. (2006), KOBİ"lerin Uluslararası Rekabet Güçlerini Artırmada Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi. *T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi*, Ankara.

Şen, S. (2007). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Seçimi Sistemine Ait Bir Karar Destek Modeli Geliştirilmesi ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirmesi*. (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tarafdar, M., & Qrunfleh, S. (2017). Agile supply chain strategy and supply chain performance: complementary roles of supply chain practices and information systems capability for agility. *International Journal of Production Research, 55*(4),925–938.

Taşkın Gümüş, A. (2007). *Tedarik Zincirlerinde Talep ve Temin Sürelerine Duyarlı Çok Aşamalı Envanter Kararlarının İncelenmesi ve Endüstriyel Bir Uygulama*. (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tao, F., Sui, F., Liu, A., Qi, Q., Zhang, M., Song, B., Guo, Z., Lu, S.,C-Y. & Nee, A.Y.C. (2019). Digital twin-driven product design framework. *International Journal of Production Research, 57*(12), 3935-3953.

Türker, A., K. (2011). *Üretim ve Hizmet Sistemlerinde Simülasyon ve ARENA.* Kral Matbaası, Eskişehir.

Türköz, Ö. (2007). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Gereksinim Planlaması*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Ungan, M. C. (2011). En iyi tedarik zinciri uygulamaları ve bir saha çalışması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16*(2), 307-322.

van der Valk, H., Hunker, J., Rabe, M., & Otto, B. (2020, December). Digital twins in simulative applications: a taxonomy. In *2020 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 2695-2706). IEEE.

Visser, W., Matten, D., Pohl, M., & Tolhurst, N. (2010). *The A to Z of Corporate Social Responsibility Revised And Updated Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Wee, H. M., & Simon, S. (2009). Lean supply chain and its effect on product cost and quality: A case study on Ford Motor Company. *Supply Chain Management: An International Journal, 14*(5), 335–341.

Yavuz, V. A. (2014). Tedarik Zinciri Yönetiminde Simülasyon Kullanımı. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2*(3), 1-9.

Yetim, E. (2016). *Tedarik Sürecinde Monte Carlo Simülasyonu Kullanılarak Riskin Azaltılması*. (Yüksek lisans tezi). Yaşar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Yıldırım, S. (2009), İşletmelerde tedarik zinciri yönetimi ve toplam kalite yönetimi ilişkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 1*(1), 175-191.

Yıldız, A. (2013). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Tedarikçi Seçimi ve Ekonomik Sipariş Miktarının Tespiti: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama*. (Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Yıldızöz, H. (2006). *Tedarik Zinciri Yönetimi ve Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Yön, I. (2007), *Tedarik Zinciri Uygulamalarının Rekabet Gücüne Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.

Yörükoğlu, M. (2013). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Bilgi Sistemleri: Havacılık Yer Hizmetlerinde Uçuş Zamanlaması İçin Bilgi Paylaşım Modeli*. (Doktora Tezi). Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.

Yurdakul, M. (2015). Yeni bir pazarlama stratejisi olarak müşteri ilişkileri yönetimi"nin (crm) sektörel bazda uygulanabilirliği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7,* 1-11.

Zhuang C., Liu J., & Xiong H. (2018). Digital twin-based smart production management and control framework for the complex product assembly shop-floor. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 96*(1-4), 1149–1163.

Zijm, H., Klumpp, M., Heragu, S., & Regattieri, A. (2019). Operations, logistics and supply chain management: definitions and objectives. In *Operations, Logistics and Supply Chain Management* (pp. 27-42). Cham: Springer.