

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ PROGRAMI**

**SİPARİŞ TOPLAMA SÜRECİNİN SİMÜLASYON YÖNTEMİ KULLANILARAK
ANALİZİ: BİR GIDA DAĞITIM FİRMASI UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aylin OFLUOĞLU

EYLÜL – 2014

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ PROGRAMI**

**SİPARİŞ TOPLAMA SÜRECİNİN SİMÜLASYON YÖNTEMİ KULLANILARAK
ANALİZİ: BİR GIDA DAĞITIM FİRMASI UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aylin OFLUOĞLU

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Birdoğan BAKİ

EYLÜL – 2014

TRABZON

ONAY

Aylin OFLUOĞLU tarafından hazırlanan “Sipariş Toplama Sürecinin Simülasyon Yöntemi Kullanılarak Analizi: Bir Gıda Dağıtım Firması Uygulaması” adlı bu çalışma 17.10.2014 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından İşletme Anabilim dalında **yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Birdoğan BAKİ (Bařkan)

Doç. Dr. Selçuk PERÇİN (Üye)

Doç. Dr. Murat ÖZKÖK (Üye)

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım. ... / ... /

Prof. Dr. Ahmet ULUSOY

Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

Aylin OFLUOĞLU

08/09/2014

ÖNSÖZ

Müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla ürünlerin depoda bulunduğu noktalardan alınarak toplama noktasına getirilmesi olan sipariş toplama süreci depo yönetiminde temel fonksiyon olarak yer almaktadır. Günümüz rekabetçi ortamında teslimat süresinin iyileştirilmesinin öneminin ve doğruluk standartlarının artması dağıtım merkezlerinde daha da artan bir öneme sahip olmasına neden olmuştur. Sipariş toplama süreci en fazla emek gerektiren ve en maliyetli süreç olarak toplam depo işletim maliyetinin yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır.

Sipariş toplama süreci ele alınarak toplam sipariş toplama zamanının en aza indirilmesi amacıyla farklı rotalama politikalarının simülasyon yöntemi kullanılarak karşılaştırıldığı çalışmamda ilk olarak yardım ve destekleri ile beni yönlendiren ve beni bilgilendiren değerli hocam Prof. Dr. Birdoğan BAKİ'ye, yardımlarından dolayı Prof. Dr. Ercan KÖSE ve Doç. Dr. Murat ÖZKÖK'e, değerli vakitlerini benimle paylaşan Gökhan ONUR ve Onurlar Ticaret Ltd. Şti'nin depo çalışanlarına, benden bu zor süreçte sabır ve yardımlarını esirgemeyen aileme ve hep yanımda olan biricik eşim Yılmaz OFLUOĞLU'na çok teşekkür ederim.

TRABZON, Eylül, 2014

Aylin OFLUOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
GRAFİKLER LİSTESİ	XI
TABLolar LİSTESİ	XII
KISALTMALAR LİSTESİ	XIII
GİRİŞ.....	1-2

BİRİNCİ BÖLÜM

1. DEPOLAMA, DEPO YÖNETİMİ VE SİPARİŞ TOPLAMA SİSTEMLERİ ... 3-29

1.1. Depolama ve Depo Yönetimi	3
1.1.1. Depo ve Depolama Kavramı.....	3
1.1.2. Depolara İhtiyaç Duyulmasının Nedenleri	4
1.1.3. Depoların Sınıflandırılması.....	5
1.1.4. Depo Yönetimi.....	6
1.1.5. Depolama Faaliyetleri	8
1.2. Sipariş Toplama Sistemleri	9
1.2.1. Sipariş Toplama Süreci ve Önemi	9
1.2.2. Sipariş Toplama Stratejileri	11
1.2.3. Sipariş Toplama Sistemlerinin Sınıflandırılması	12
1.2.3.1. Mekanikleşme Düzeyine Göre Sınıflandırma	12
1.2.3.2. Mantıksal Harekete Göre Sınıflandırma.....	12
1.2.4. Sipariş Toplama Süreçlerinin Planlanması ve Kontrolü.....	15
1.2.4.1. Yerleşim Düzeni Tasarımı.....	16
1.2.4.2. Depo Tahsisi Politikaları	17

1.2.4.3. Hacim Tabanlı Stoklama Politikaları	19
1.2.4.4. Rotalama Politikaları	22
1.2.4.5. Sipariş Gruplama Politikası	25
1.2.4.6. Bölgelere Ayırma Politikası	26
1.2.4.7. Sipariş Toplama/Ayrıştırma Politikası	28

İKİNCİ BÖLÜM

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	30-51
2.1. Depo Üzerine Literatür Araştırması	30
2.1.1. Sipariş Toplama İle İlgili Literatür Araştırması.....	31
2.1.1.1. Kesin Çözüm İçeren Modeller.....	32
2.1.1.2. Sezgisel Yöntemler.....	34
2.1.1.3. Simülasyon	37
2.1.1.4. Karma Yöntemler	39
2.1.2. Sipariş Toplama İle İlgili Literatür Araştırması Sonuçları	50

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. BİR DEPODA SİPARİŞ TOPLAMA SÜRECİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE UYGULAMA.....	52-78
3.1. Araştırmanın Önemi ve Amacı.....	52
3.2. Firma Hakkında Genel Bilgiler	52
3.3. Yöntem	54
3.3.1. Modelin Kurulması	54
3.3.2. Modelin Doğruluğu ve Geçerliliği	56
3.4. Bulgular	57
3.5. Tartışma.....	77
SONUÇ VE ÖNERİLER	79
YARARLANILAN KAYNAKLAR	81
EKLER	93
ÖZGEÇMİŞ	99

ÖZET

Müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla ürünlerin depoda bulunduğu noktalardan alınarak toplama noktasına getirilmesi olan sipariş toplama süreci, lojistiğin en önemli alt bölümü olarak depolarda en fazla zamanın harcandığı etkinliktir. Depolama etkinliğini arttırmak için önerilen yöntemlerden biri olan seyahat mesafesini en aza indirmek için ürünlerin raflardan alındığı en uygun toplama rotalarının belirlenmesi uygulama kapsamında ele alınmıştır. Bu amaçla Trabzon'da gıda sektöründe ürünlerin dağıtımını ve pazarlanması konusunda faaliyet gösteren bir firmanın sipariş toplama süreci ele alınmış; farklı rotalama politikaları Simio simülasyon programı kullanılarak değerlendirilmiş ve toplam sipariş toplama zamanında en fazla azalmayı sağlayan rotalama politikasına karar verilerek sipariş toplama sürecinin etkinliğinin arttırılması hedeflenmiştir. Zigzag, geri dönüş, orta nokta, en büyük boşluk ve karma rotalama politikalarının karşılaştırıldığı çalışmada karma rotalama politikasının sipariş toplayıcının toplam sipariş toplama zamanını en aza indirdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Sipariş toplama, rotalama politikaları, lojistik, simülasyon

ABSTRACT

Order picking process, that is considered as retrieving products from storage to pick-up/drop-off point (P/D) in response to the customer requests is the subfunction of logistics for which the highest time is wasted in the warehouse. In extent of the application one of the suggested methods as determining the appropriate picking routes in which products are retrieved from the racks, is handled to increase the efficiency in the warehouses. For this reason the order picking process of a company that operates in food sector in fields of distribution and marketing of the products in Trabzon is handled, different routing policies are evaluated using Simio simulation program and increasing the efficiency of the order picking process is aimed in the way of determining the routing policies that decreases the total order picking time mostly. As a result of study, in which transversal, return, mid-point, largest gap and composite routing policies are compared, the composite routing policy is regarded as the policy that decreased the total order picking time at most.

Key Words: Order picking, routing policies, logistics, simulation.

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil Nr.</u>	<u>Şekil Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Tedarik Zincirinin Temel Elemanları ve Bunlara Ait Depolar	4
2	Depodaki Tipik Ürün Akışları.....	7
3	Genel Depo Faaliyetleri.....	9
4	Topla ve Geç Sipariş Toplama Sistemleri	13
5	Topla ve Ayrıştır Yerleşim Düzeni	14
6	Sipariş Toplama Sistem Tasarımında Tipik Yerleşim Düzeni Kararları.....	17
7	Enine Stoklama Politikası.....	20
8	Boyuna Stoklama Politikası	21
9	Çapraz Stoklama Politikası.....	21
10	Çevresel Stoklama Politikası.....	22
11	Zigzag Rotalama Politikası.....	23
12	Geri Dönüş Rotalama Politikası	23
13	Orta Nokta Rotalama Politikası.....	24
14	En Büyük Boşluk Rotalama Politikası	24
15	Karma Rotalama Politikası.....	25
16	Aşamalı Bölgelere Ayırma Politikası.....	27
17	Eş Zamanlı Bölgelere Ayırma Politikası.....	27
18	Gruplama ve Bölgelere Ayırma Politikaları (a) Gruplama (b) Bölgelere Ayırma.....	28
19	Tipik Toplama/Ayrıştırma (Accumulation/Sorting (A/S)) Sistemi.....	29
20	İşletmedeki Depo Düzeni	53
21	Ürünlerin Depodaki Konumlarının Gösterilmesi	56
22	Geri Dönüş Rotalama Politikasına Ait Model.....	58
23	Geri Dönüş Rotalama Politikasına Ait Ürünler Arasındaki Mesafeler	58
24	Geri Dönüş Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplayıcının Raflardan Aldığı Ürün Sayısı	60
25	Geri Dönüş Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplama Zamanı.....	61
26	Zigzag Rotalama Politikasına Ait Model	62

27	Zigzag Rotalama Politikasına Ait Ürünler Arasındaki Mesafeler.....	63
28	Zigzag Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplayıcının Raflardan Aldığı Ürün Sayısı	64
29	Zigzag Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplama Zamanı	65
30	Orta Nokta Rotalama Politikasına Ait Model	66
31	Orta Nokta Rotalama Politikasına Ait Ürünler Arasındaki Mesafeler.....	67
32	Orta Nokta Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplayıcının Raflardan Aldığı Ürün Sayısı	68
33	Orta Nokta Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplama Zamanı	69
34	En Büyük Boşluk Rotalama Politikasına Ait Model.....	70
35	En Büyük Boşluk Rotalama Politikasına Ait Ürünler Arasındaki Mesafeler	71
36	En Büyük Boşluk Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplayıcının Raflardan Aldığı Ürün Sayısı	72
37	En Büyük Boşluk Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplama Zamanı.....	73
38	Karma Nokta Rotalama Politikasına Ait Model.....	74
39	Karma Rotalama Politikasına Ait Ürünler Arasındaki Mesafeler	75
40	Karma Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplayıcının Raflardan Aldığı Ürün Sayısı	76
41	Karma Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplama Zamanı	77

GRAFİKLER LİSTESİ

<u>Grafik Nr.</u>	<u>Grafğin Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Faaliyete Göre Depolama Maliyeti.....	10
2	Sipariş Toplama Süresinin Tipik Dağılımı.....	11
3	Çalışmaların Veri Tabanlarına Göre Dağılımı	31
4	Çözüm Metotlarının Yıllara Göre Dağılımı	50

TABLolar LİSTESİ

<u>Tablo Nr.</u>	<u>Tablonun Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Sipariş Toplama ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	43
2	Toplam Sipariş Toplama Zamanları	77

KISALTMALAR LİSTESİ

COI : Cube per Order Index (Sipariş Başına Hacim İndeksi)

T/B : Toplama/Bırakma Noktası

P/D : Pick-up/Drop-off Point (Toplama/Bırakma Noktası)

A/S : Accumulation/Sorting (Toplama/Ayrıştırma)

SBP : Sequential Order Batching and Picking (Sıralı Sipariş Toplama ve Gruplama)

JBP : Joint Order Batching and Picking (Ortak Sipariş Toplama ve Gruplama)

FIFO : First in First out (İlk Giren İlk Çıkar)

GİRİŞ

Üretici ve dağıtıcıların sadece ürünlerin kalitesiyle değerlendirilmediği günümüz koşullarında, ürünlerin müşterilere çabuk ve etkin bir şekilde ulaştırılması gerekmektedir (Won ve Olafsson, 2005: 1427). Bu da tedarik zincirinin etkin bir şekilde yürütülmesiyle mümkün olmaktadır. Satın alma, üretim, depolama ve taşıma faaliyetlerinin bütününden sorumlu bir ağ olarak düşünülen tedarik zincirinin etkin bir şekilde yürütülmesinde tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar ve müşteriler arasında bağlantı kurulmasını sağlayan depolar, önemli rol oynamaktadır (Önüt ve diğerleri, 2008: 783).

Üretim ve tüketim noktalarında ve bu noktaların aralarında bulunan ürünlerin (ham madde, parçalar, yarı mamul, mamul) stoklanmasını ve stoklanan ürünlerin durumu, yapısı hakkında yönetimin bilgilendirilmesini sağlayan depolama faaliyeti, lojistik sistemin vazgeçilmez bir parçasıdır (Lambert ve diğerleri, 1998: 266). Temel olarak ürünlerin depoya alınması, depolama, sipariş toplama ve sevkiyat olmak üzere dört temel süreci içeren depolama faaliyetleri (Van den Berg ve Zijm, 1999: 2-3; Rouwenhorst ve diğerleri, 2000: 516-517) taşıma ve raflara yerleştirme, toplama/ayırıştırma ve çapraz sevkiyat faaliyetlerini de içermektedir (De Koster ve diğerleri, 2007: 483).

Depolama faaliyeti olarak müşteri siparişlerini yerine getirmek amacıyla belirli miktardaki ürünlerin depodaki konumlarından alınması olarak tanımlanan sipariş toplama faaliyeti (Petersen ve Schmenner, 1999: 481), bir depodaki en maliyetli süreçtir (Petersen, 1999: 1053). En fazla emek gerektiren ve en maliyetli süreç olarak toplam depo işletim maliyetinin 55%'ini oluşturan sipariş toplama süreci (De Koster ve diğerleri, 2007: 481), yürütülmesi kolay bir süreç gibi görünmesine rağmen, performans ve etkinliğini müşteri taleplerinin çeşitliliği, ürünlerin depodaki konumları, ürünlerin toplanmasında ve birleştirilerek istenen sipariş haline getirilmesinde kullanılan yöntemler ve ürünlerin toplanmasında izlenen sıraya karar vermek için kullanılan rotalama politikaları etkilemektedir (Petersen, 1999: 1053). Bu çalışma kapsamında Trabzon'da gıda sektöründe ürünlerin dağıtımı ve pazarlanması konusunda faaliyet gösteren bir firmanın sipariş toplama süreci ele alınmış; farklı rotalama politikaları simülasyon yöntemi kullanılarak

değerlendirilmiş ve toplam sipariş toplama zamanında en fazla azalmayı sağlayan rotalama politikasına karar verilerek sipariş toplama sürecinin etkinliğinin artırılması amaçlanmıştır. Modelleri analiz etmek için nesneye dayalı olma özelliği ile diğer simülasyon programlarından ayrılan Simio programı (URL 1) farklı rotalama politikalarının (zigzag, geri dönüş, orta nokta, en büyük boşluk, karma) sipariş toplama zamanı üzerindeki etkilerini araştırmak ve bu politikaları birbirleriyle karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır.

Literatür incelendiğinde sipariş toplama sürecinde maliyetleri düşürmek, seyahat mesafesini en aza indirmek ve sipariş toplama zamanını azaltmak amacıyla kesin çözüm içeren modeller, sezgisel modeller, simülasyon yöntemi ve karma modellerin kullanıldığı tespit edilmiş olup, rotalama tekniklerini analiz etmek üzere daha çok sezgisel modellerin kullanıldığı görülmüştür. Farklı rotalama politikalarının bir arada karşılaştırıldığı ve bu amaçla simülasyon yönteminin kullanıldığı çok az çalışma bulunmaktadır. Literatürde rotalama politikalarının Simio simülasyon programıyla karşılaştırıldığı çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde depolama ve depo yönetimi ile sipariş toplama sürecine ait bilgiler detaylı bir şekilde anlatılmıştır. İkinci bölüm olarak adlandırılan literatür araştırması kısmında depolama fonksiyonlarından sipariş toplama üzerine yapılmış 91 adet çalışma, kullanılan yöntemler açısından incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünü oluşturan uygulama kısmında çalışmanın amacı, uygulamanın yapıldığı firma hakkında bilgiler, kullanılan yöntem ve bulgular yer almaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. DEPOLAMA, DEPO YÖNETİMİ VE SİPARİŞ TOPLAMA SİSTEMLERİ

1.1. Depolama ve Depo Yönetimi

1.1.1. Depo ve Depolama Kavramı

Depolar, ticari amaçla, ihracatçılar, ithalatçılar, toptancılar, üreticiler vs. tarafından ürünlerin depolanması için kullanılan, yükleme ve boşaltma alanı, boşaltma kamyonları, ürünleri hareket ettirmek için vinç ve forklift, palet sehpaları gibi donanımlara sahip, büyük ve düz alanlardır (Rajuldevi ve diğerleri, 2008: 12).

Başka bir tanıma göre depo, ürünler müşteriye teslim edilmeden önce tedarikçiler ve sınır ötesi kontrol noktalarını birbirine bağlayan, ürünlerin depoya alınması, depolanması, siparişlerin toplanması ve sevkiyat ana faaliyetlerinden oluşan aktarma merkezidir (Lam ve diğerleri, 2012: 7015).

En genel tanımı ile depo, daha sonra müşterilere dağıtılmak üzere farklı tedarikçilerden gelen ürünlerin depolandığı binadır (Hamberg ve Verriet, 2011: 4).

Depo iki temel faaliyeti içerir (Heragu ve diğerleri, 2005: 327):

- Ürünlerin geçici depolanması ve korunması
- Bireysel müşteri siparişlerinin yerine getirilmesi, ürünlerin paketlenmesi, satış sonrası hizmetler, tamir, test etme, kontrol ve montaj değer ekleyen hizmetlerinin sağlanması

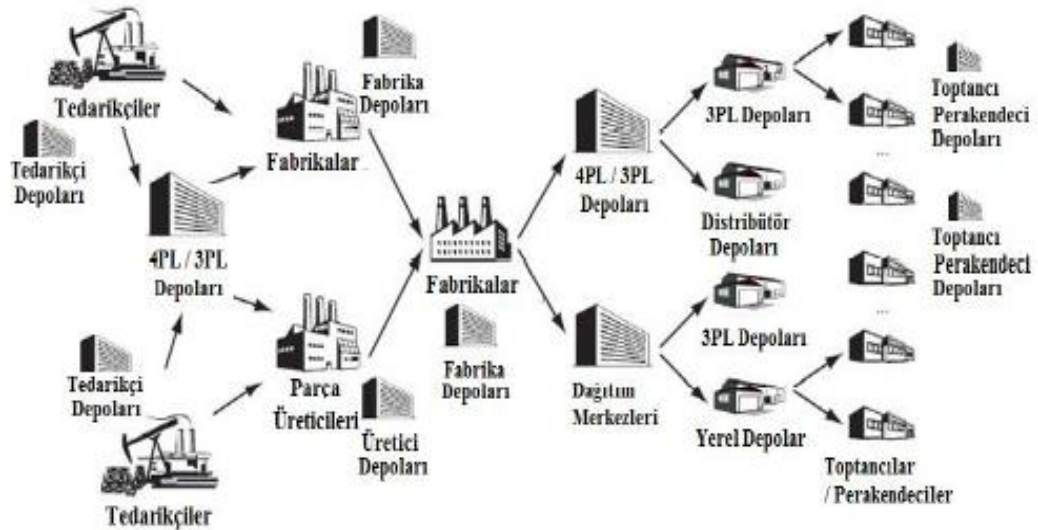
Lojistik sistemin vazgeçilmez bir parçası olan depolama, üretim ve tüketim noktalarında ve bu noktaların aralarında bulunan ürünlerin (ham madde, parçalar, yarı

mamul, nihai ürün) stoklanmasını ve stoklanan ürünlerin durumu, yapısı hakkında yönetimin bilgilendirilmesini sağlar (Lambert ve diğerleri, 1998: 266).

Depolama, depo içinde iş gücü, yer, donanım maliyetlerini en aza indirirken müşteri hizmet politikasının çevrim süresi ve teslimatın doğruluğu gereklilikleri ile stok kapasitesi gerekliliklerini karşılamayı amaçlamaktadır (Frazelle, 2002: 14).

Üretim faaliyetlerinin düzenli bir şekilde devam ettirilmesi isteği ve müşterilerin hızlı yanıt beklentileri tedarik zincirinin sürekliliğini sağlayabilmesi için önemli bir role sahip olan depolamanın önemini arttırmaktadır (Özçakar ve diğerleri, 2012: 120). Lojistik performansı en iyi hale getirmek, üretkenliği sağlamak, ilave hizmetler temin etmek, nakliye maliyetlerini azaltmak, alınan ve teslim edilen miktarlar arasında denge kurmak, pazar konumunu kullanmak, depolamanın değer ekleyen süreç olması tedarik zinciri boyunca depolama sistemlerini kullanmayı zorunlu hale getirmiştir (Ten Hompel ve Schmidt, 2007: 2-4). Şekil 1’de tedarik zincirinin temel elemanları ve bunlara ait depolar gösterilmiştir.

Şekil 1: Tedarik Zincirinin Temel Elemanları ve Bunlara Ait Depolar



Kaynak: Özçakar ve diğerleri, 2012: 120.

1.1.2. Depolara İhtiyaç Duyulmasının Nedenleri

Depolar, tedarikçilerden müşterilere olan ürün hareketini kolaylaştırmayı amaçlarlar. Bunun etkin biçimde gerçekleştirilmesi için stok tutulması gerekmektedir. Stok tutma sebeplerini şu şekilde sıralanmıştır (Rushton ve diğerleri, 2010: 233):

- Talep ve arz arasındaki değişiklere karşı tampon sağlamak
- Üretimde ölçek ekonomisinden yararlanmak
- Üretimde üretim talepleri arasında tampon sağlamak
- Büyük miktarda satın alımlarda indirimlerden yararlanmak
- Mevsimsel dalgalanmaları ve pikleri karşılamak
- Bir lokasyonda farklı tedarikçilerden birbirinden farklı ürün çeşitliliği sağlamak
- Planlanmamış ya da ani üretim durmasına karşı koruma sağlamak

1.1.3. Depoların Sınıflandırılması

Tedarik zincirinde farklı amaçlara sahip birçok depo bulunmaktadır. Depo türleri aşağıda sıralanmıştır (Frazelle, 2002: 226-228):

Ham Madde ve Parça Deposu: Üretim veya montaj sürecinin giriş noktasında ya da giriş noktasının yakınında ham maddeleri bulunduran depo türüdür.

Yarı Mamul Depoları: Montaj veya üretim hattı boyunca değişik noktalarda kısmi tamamlanmış montaj ya da ürünlerin tutulduğu depolardır.

Tamamlanmış Ürün Depoları: Üretim noktasının yakınında konumlandırılan, üretim plan ve talepleri arasındaki değişiklikleri dengelemek ve tampon görevi görmek için stok tutulan depolardır.

Dağıtım Depoları ve Dağıtım Merkezleri: Bir ya da birden çok firmanın müşterilere gönderilmek üzere birleştirilmiş sevkiyatları için değişik üretim noktalarından ürünlerin toplandığı ve birleştirildiği, dağıtım merkezinin üretim yerleşimlerinin ve müşterinin ortasında konumlandırıldığı depolardır.

İfa Depoları ve İfa Merkezleri: Bireysel müşterilerin küçük ölçekli siparişlerine ilişkin mal kabul, toplama ve sevkiyat faaliyetlerinin yerine getirildiği depolardır.

Yerel Depolar: Müşteri talebine hızlı yanıt verilmesini sağlayan, taşıma mesafelerinin azaltılması amacı ile sahada dağıtılmış depolardır.

Van den Berg ve Zijm (1999: 520), depoları dağıtım depoları, üretim depoları ve sözleşme depoları olmak üzere üç başlık altında toplamıştır. **Üretim depoları**, üretim alanında ham maddelerin, yarı mamullerin ve nihai ürünlerin stoklanması için kullanılan

depolardır. **Sözleşme depoları**, bir ya da birden çok müşteri adına depolama faaliyetlerinin yürütüldüğü yerlerdir. Dağıtım depolarına ait tanım yukarıda verilmiştir.

Lambert ve diğerleri (1998: 274), ürün cinsine göre değişik düzeylerde hizmetler sunabilen genel depoları, genel ticari eşya deposu, soğuk hava deposu, antrepo, ev eşyaları deposu, özel ticari mal deposu ve dökme ürün deposu olmak üzere alt sınıflara ayırmıştır.

Genel Ticari Eşya Deposu: Üreticiler, dağıtıcılar ve müşteriler tarafından hemen hemen her çeşit ürünün depolanması için kullanılan yerlerdir.

Soğuk Hava Deposu: Dondurulmuş gıdalar, fotoğrafik kağıtlar ve filmler, kimi tıbbi malzemeler ve kürkler için ısı kontrollü depolanma sağlanmaktadır.

Antrepo: İthal edilmiş ürünlerin depolandığı bu depolarda, Maliye Bakanlığı'ndan gelen tahviller garanti altına alınmakta ve depoda bulunan malzemeler Maliye Bakanlığı'nın bir temsilcisinin gözetimi altında yerleştirilmektedir.

Ev Eşyaları Deposu: Ticari eşyadan çok kişisel eşyaların depolandığı yerlerdir.

Özel Ticari Mal Deposu: Tahıl, yün, pamuk gibi tarımsal ürünlerin depolandığı bu depolarda tek bir ürün elleçlenmekte ve bu ürüne ait özel hizmet sunulmaktadır.

Dökme Ürün Deposu: Akışkan malzemeler için tank depolamayı ve kömür, kum, kimyasal maddeler gibi kuru ürünler için açık veya korunaklı depolamayı sağlayan depo türüdür.

1.1.4. Depo Yönetimi

İşletmeleri doğrudan ya da dolaylı yoldan etkileyen maliyetlere neden olan bütünleşme yetersizlikleri ve bunun sonucu oluşan dar boğazı engellemek açısından işletmelerin tedarik zincirlerinde depo yönetimi önemli bir role sahiptir (Tunç ve diğerleri, 2008: 363).

Depo yönetimi genel olarak karmaşık depo ve dağıtım sistemlerinin kontrolü ve optimize edilmesidir (Ten Hompel ve Schmidt, 2007: 7).

Depo yönetimi, ürünlerin nerede ve hangi koşullar altında depolanması gerektiği, ürün akışının hızlanması ve depolama maliyetlerinin kontrolü konusunda kararları içerir (Taşoğlu, 2013: 2).

Heragu ve diğerkleri (2005: 330), depo yönetiminde ürünlerin depolanması sırasında Şekil 2’de gösterilen dört farklı ürün akışından söz etmektedir.

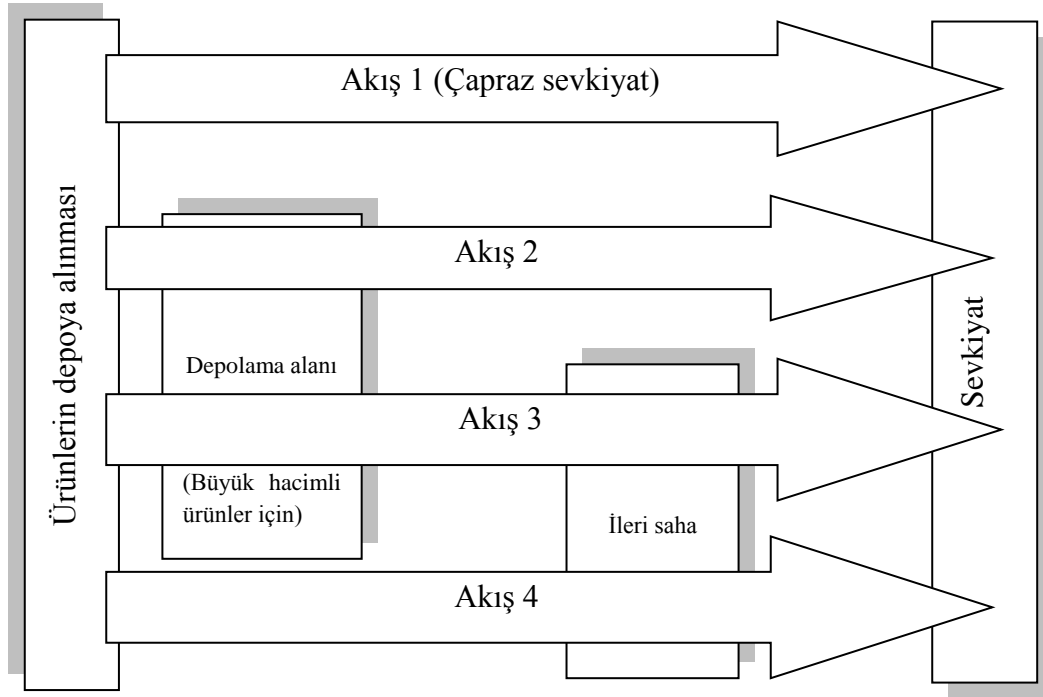
Akış 1 çapraz sevkiyatı ifade etmektedir. Bu akışta ürünler kısa bir süre için depolama alanında tutulur ya da direkt olarak sevkiyat alanına taşınır.

Akış 2 tipik bir depolama faaliyetini ifade eder. Büyük hacimli ürünler depolama alanında depolanır ve gerekli sipariş toplama işlemleri uygulanır.

Akış 3 diğerk bir tipik depolama faaliyetidir. Ürünler ilk olarak depolama alanında palet yükleri halinde depolanır, küçük parçalara ayrılır, hızlı sipariş toplama, sipariş birleştirme veya değerk ekleme faaliyetlerini yürütmek amacıyla ileri sahaya gönderilir.

Akış 4 ise çapraz sevkiyatın başkaka bir türü olarak düşünülebilir. Ürünler depoya alınır ve direkt olarak ürünler birleştirilmek üzere ileri sahaya gönderilir.

Şekil 2: Depodaki Tipik Ürün Akışları



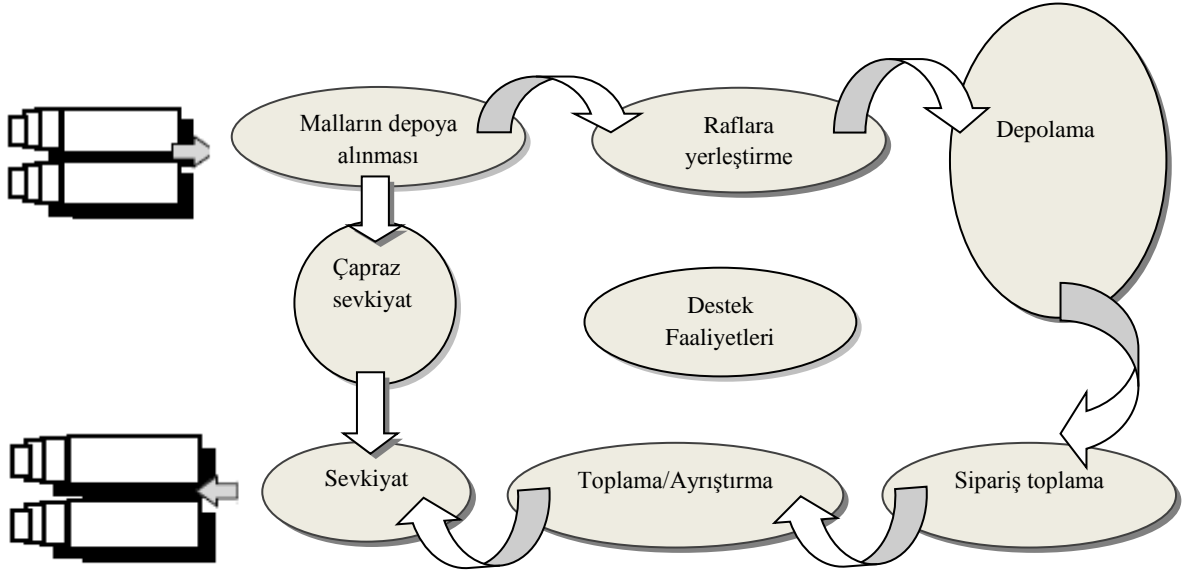
Kaynak: Heragu ve diğerkleri, 2005:330.

1.1.5. Depolama Faaliyetleri

Depo yönetiminde ürün akışı temel olarak ürünlerin depoya alınması, depolama, sipariş toplama ve sevkiyat olmak üzere dört temel süreci içerir (Van den Berg ve Zijm, 1999: 2-3; Rouwenhorst ve diğerleri, 2000: 516-517). Şekil 3'te gösterildiği üzere De Koster ve diğerleri (2007: 483) depolama faaliyetlerini, dört temel sürece ek olarak taşıma ve raflara yerleştirme, toplama/ayırıştırma ve çapraz sevkiyat olarak sınıflandırmıştır.

1. **Ürünlerin Depoya Alınması:** Bu süreç ürünlerin araçlardan boşaltılmasını, stok kayıtlarının güncellenmesini, kalite ve miktar tutarsızlıklarını bulmak amacıyla kontrol faaliyetini içerir (De Koster ve diğerleri, 2007: 483).
2. **Taşıma ve Raflara Yerleştirme:** Gelen ürünlerin depolama alanlarına taşınması sürecidir (De Koster ve diğerleri, 2007: 483).
3. **Depolama:** Ürünlerin depolandığı bu süreçte depolama alanı, en ekonomik yoldan ürünlerin depolandığı rezerv alanı (sıvı depolama alanı) ve sipariş toplayıcıların kolaylıkla bulup getirmesi için ürünlerin küçük miktarlarda depolandığı ileri sahadan oluşmaktadır (Rouwenhorst ve diğerleri, 2000: 516).
4. **Sipariş Toplama:** Depolardaki en önemli faaliyet olan sipariş toplama süreci belirli müşteri siparişleri için doğru ürünlerin doğru miktarlarda alınmasıdır (De Koster ve diğerleri, 2007: 483). Sipariş toplama faaliyeti ileriki bölümlerde detaylı olarak anlatılacaktır.
5. **Toplama/Ayırıştırma:** Gruplar halindeki ürünlerin tek tek siparişlere ayrıştırıldığı ve dağınık haldeki ürünlerin siparişler haline getirildiği süreçtir (Frazelle, 2002: 230).
6. **Sevkiyat:** Siparişlerin kontrol edildiği, paketlenildiği, kamyon, tren ya da farklı taşıma araçlarına yüklenmesi sürecidir (Rouwenhorst ve diğerleri, 2000: 517).
7. **Çapraz Sevkiyat:** Ürünlerin raflara yerleştirilmesi, depolama ve sipariş toplama faaliyetleri yürütülmeden ürünlerin kabul noktasından sevkiyat noktasına direkt olarak taşınması sürecidir (Lambert ve diğerleri, 1998: 275).

Şekil 3: Genel Depo Faaliyetleri

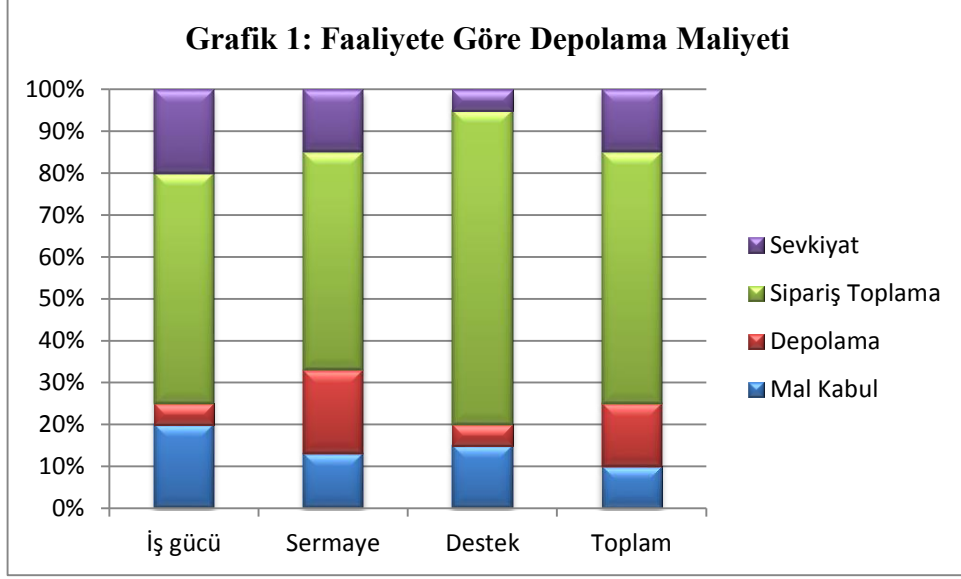


Kaynak: Frazelle, 2002: 229.

1.2. Sipariş Toplama Sistemleri

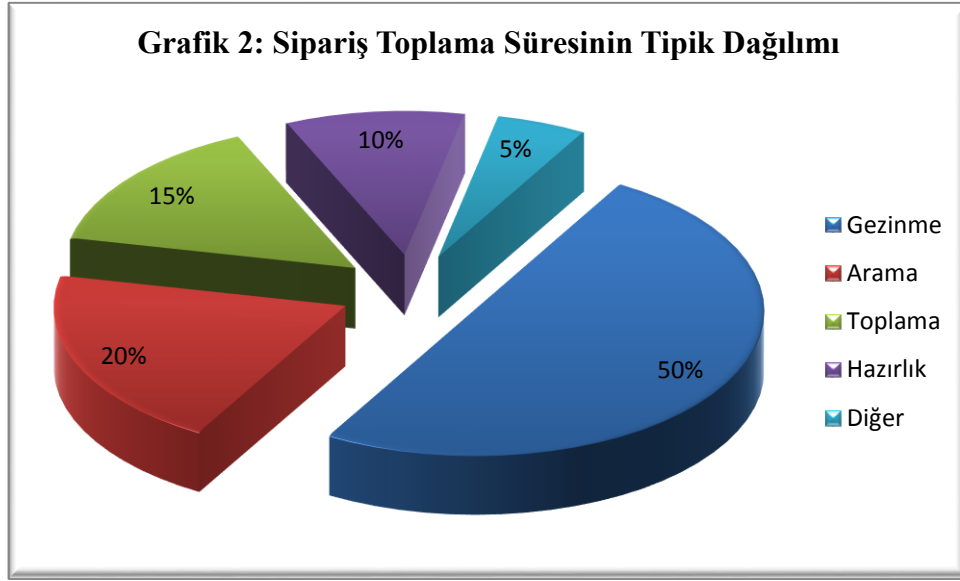
1.2.1. Sipariş Toplama Süreci ve Önemi

Sipariş toplama süreci, müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla ürünlerin depoda bulunduğu noktalardan alınarak toplama noktasına getirilmesi süreci olarak depo yönetiminde temel fonksiyon olarak yer almaktadır (Moeller, 2011: 178). Günümüz rekabetçi ortamında teslimat süresinin iyileştirilmesinin öneminin artması ve doğruluk standartlarının artması dağıtım merkezlerinde daha da artan bir öneme sahip olmasına neden olmuştur (Jane ve Laih, 2005: 490). Grafik 1’de görüldüğü üzere sipariş toplama süreci en fazla emek gerektiren ve en maliyetli süreç olarak toplam depo işletim maliyetinin 55%’ini oluşturmaktadır (De Koster ve diğerleri, 2007: 481).



Kaynak: Van den Berg ve Zijm (1999: 521)

Depolarda en fazla zamanın harcandığı sipariş toplama sürecinin etkinliği, depolama sistemleri (raflar), depo yerleşim düzeni ve kontrol mekanizmalarına bağlıdır (Roodbergen ve De Koster, 2001: 1865). Depolama etkinliğini arttırmak için birçok yöntem önerilir. Birinci yöntem seyahat mesafesini en aza indirmek için ürünlerin raflardan alındığı en uygun toplama rotalarının belirlenmesini, ikinci yöntem olan bölgelere ayırma, sadece kendisine belirlenmiş alanda konumlandırılan siparişin sipariş toplayıcı tarafından toplanmasını, depo tahsisi metodu, etkinliği arttırmak amacıyla doğru depolama alanlarına ürünlerin atanmasını, son olarak sipariş gruplama metodu, seyahat mesafesini azaltmak için bir turdaki siparişlerin gruplamasını içermektedir (Chen ve diğerleri, 2005: 453-454). Sipariş toplama etkinliğinin iyileştirilmesinin ön şartı olan toplam sipariş toplama zamanı, lokasyonlara gitme zamanı (seyahat süresi), ürünleri toplama zamanı ve toplama listesi temin etme zamanı, ürünleri boşaltmak için gereken zaman gibi diğer zaman türlerine ayrılmaktadır (Roodbergen ve De Koster, 2001: 1865). Grafik 2’de görüldüğü gibi toplam sipariş toplama zamanı içerisinde seyahat süresi en fazla zaman gerektiren süreçtir (De Koster ve diğerleri, 2007: 486).



Kaynak: De Koster ve diğerleri, 2007: 486.

1.2.2. Sipariş Toplama Stratejileri

Sipariş toplama stratejisi, sipariş toplayıcılarının gereken ürünleri almak amacıyla depolama alanının sipariş toplama geçitlerine gitme davranışdır (Parikh, 2006: 5). Parikh ve Meller (2008: 697), sipariş toplama stratejilerini ayırık toplama (discrete picking), grup toplama (batch picking), bölgesel toplama (zone picking), insan zinciri toplama (bucket brigade picking), dalgalı toplama (wave picking) olarak sınıflandırmıştır.

Ayrık Toplama: Toplayıcı, bir toplama turu boyunca tek bir sipariş içerisindeki bütün ürünlerin toplanmasından sorumludur (Parikh ve Meller, 2008: 697).

Grup Toplama: Birçok sipariş birarada gruplanarak toplayıcı bir toplama turunda birden çok siparişi toplar (Petersen, 2000: 321).

Bölgesel Toplama: Her toplayıcı, depolama alanında kendilerine atanmış bölgedeki siparişlerin toplanmasından sorumludur (Parikh ve Meller, 2008: 697).

İnsan Zinciri Toplama: Bir ürünü akış hattı boyunca derece derece toplayan çalışanları koordine etme yolu olarak ürün hattındaki her bir çalışanın aşağı yönde diğer çalışan ürünü devralana kadar ürüne yapılacak işlemleri uygulaması ve yukarı yönde önceki çalışanın yeni bir ürünü devralmasıdır (Koo, 2009: 760).

Dalgalı Toplama: Dalga olarak adlandırılan grup halindeki siparişlerin eş zamanlı olarak bir grup sipariş toplayıcı tarafından toplandığı, yani her bir sipariş toplayıcının bir partiyi topladığı ve bütün sipariş toplayıcılarının aynı anda toplamaya başladığı stratejidir (Gademann ve diğerleri, 2001: 386).

1.2.3. Sipariş Toplama Sistemlerinin Sınıflandırılması

1.2.3.1. Mekanikleşme Düzeyine Göre Sınıflandırma

Genel olarak kullanılan bir sınıflandırma çeşidi olan mekanikleşme düzeyine göre sınıflandırma, manuel, otomatik ve yarı otomatik sipariş toplama sistemlerini içerir (Shen ve diğerleri, 2010: 170).

Elle Sipariş Toplama Sistemleri: Bütün sipariş toplama faaliyetlerinin insanlar tarafından tamamlandığı sistemlerdir.

Otomatik Sipariş Toplama Sistemleri: Bütün sipariş toplama faaliyetlerinin makineler tarafından yapıldığı sistemlerdir.

Yarı Otomatik Sipariş Toplama Sistemleri: Seyahat veya toplama gibi bazı faaliyetlerin insanlar tarafından yürütüldüğü sistemlerdir.

1.2.3.2. Mantıksal Harekete Göre Sınıflandırma

Dallari ve diğerleri (2009: 3) sipariş toplama sistemlerini toplayıcının ürüne gittiği sistemler (picker-to-parts systems), topla ve geç sistemleri (pick-and-pass), topla ve ayırıştır sistemleri (pick-and-sort), ürünün toplayıcıya getirildiği sistemler (parts-to-picker systems), tamamen otomasyon tabanlı toplama sistemleri (completely automated systems) olarak sınıflandırmıştır.

Toplayıcının Ürüne Gittiği Sistemler

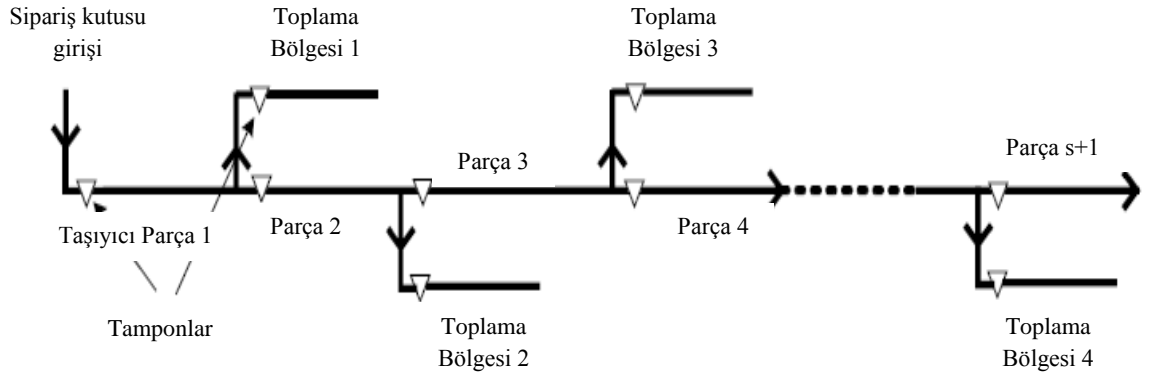
Sipariş toplayıcının araçsız veya toplayıcı araçla birlikte raflara giderek ürünleri topladığı sistemlerdir (Henn, 2012: 2549). Toplayıcının ürüne gittiği sistemler alçak seviye sipariş toplama ve yüksek seviye sipariş toplama sistemleri olarak sınıflandırılmıştır (De Koster ve diğerleri, 2007:483). Alçak seviye sipariş toplama sistemleri, sipariş toplayıcıların basit seviyede rafların bulunduğu depo geçitlerinde seyahat ederek raflardan gerekli ürünleri topladığı, yüksek seviye sipariş toplama sistemleri yüksek rafların

kullanıldığı, sipariş toplayıcılarının sipariş toplama araçlarının kaldırma tahtasında toplama lokasyonlarına gittikleri, araçların toplamak için uygun lokasyonlarda otomatik olarak durdukları ve sipariş toplayıcıları toplama işlemi için bekledikleri sistemlerdir (Pan ve diğerleri, 2014: 2).

Topla ve Geç Sistemleri

Toplama alanını aynı büyüklükteki bölgelere bölen, her bölgeden bir sipariş toplayıcının sorumlu olduğu ve sipariş toplayıcının belli bir zaman diliminde bir siparişle ilgilendiği topla ve geç sistemlerinde toplanan parçalarla dolu kutuların bulunduğu taşıyıcılar toplama bölgelerini birbirine bağlar ve her kutu bir müşteri siparişine ya da partiye denk gelmektedir (Melacini ve diğerleri, 2011: 843). Şekil 4'te topla ve geç sipariş toplama sistemleri gösterilmiştir.

Şekil 4: Topla ve Geç Sipariş Toplama Sistemleri



Kaynak: Yu ve De Koster, 2008: 1055.

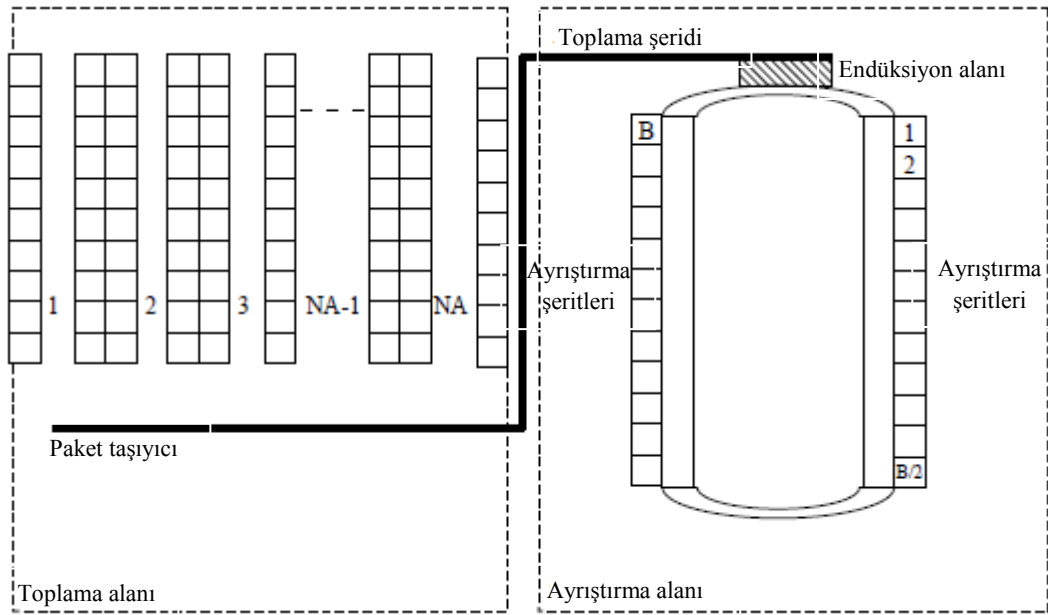
Siparişi tamamlamak için sipariş kutusu taşıyıcı üzerinde farklı toplama bölgelerine taşınır. Eğer bir toplama bölgesinde bir sipariş hattı toplanmak zorundaysa, taşıma sistemi kutuyu otomatik olarak toplama bölgesine yönlendirir; böylece kutuların akışı toplanmayı bekleyen kutular tarafından engellenmemiş olur (Yu ve De Koster, 2008: 1054).

Topla ve Ayırıştır Sistemleri

Topla ve ayırıştır sistemleri Şekil 5'te görüldüğü gibi bir grup sipariş toplayıcı tarafından sipariş gruplarının eş zamanlı olarak farklı toplama bölgelerinden toplandığı sistemler olup, toplama sonrası siparişler taşıyıcı ile birleştirme ve paketleme işlemlerini

yapmak üzere başka bir bölgeye taşınır ve paketlenme ancak bir siparişin toplanması tamamen bittikten sonra yapılır (De Koster ve diğerleri, 2012: 757). Otomatik yönlendirme mekanizması ve toplama şeritlerine sahip taşıyıcı, kapalı bir döngü içinde hareket eder. Her bir ayırıştırma şeridinin bir ya da birden fazla müşteri siparişine ait olduğu sistemde uygun ayırıştırma alanına ulaşılması ile paketleyiciler sevk alanına götürülecek olan sevkiyat kutularını doldururlar (Marchet ve diğerleri, 2011: 264).

Şekil 5: Topla ve Ayırıştırma Yerleşim Düzeni



Not: NA, taşıma alanındaki geçit sayısı; B, ayırıştırma şeritleri sayısı

Kaynak: Meller, 1997: 294'ten aktaran Marchet ve diğerleri, 2011: 264.

Ürünün Toplayıcıya Getirildiği Sistemler

Ürünün toplayıcıya getirildiği sistemlerde depolama alanından sipariş toplayıcıların gerekli miktarda stok tutma birimini seçtikleri toplama bölgelerine otomatik bir araç parçaları getirir (Shen ve diğerleri, 2010: 171). Ürünün toplayıcıya getirildiği sistemlerin bilinen örnekleri otomatik depolama/toplama sistemleri (AS/RS), mini yükleyici ve karuzel (carousel)dir (Manzini ve diğerleri, 2005: 23).

Tamamen Otomasyon Tabanlı Toplama Sistemleri

Bazı sistemlerde operatörler yerine bilgisayar tarafından yönetilen robot ve otomatik makinelerin sipariş toplayıcı olarak kullanıldığı tamamen otomasyon tabanlı toplama sistemlerinde değerli, kolay kırılabilen ve küçük parçalar taşınır (Taşoğlu, 2013: 13).

1.2.4. Sipariş Toplama Süreçlerinin Planlanması ve Kontrolü

Sipariş toplama, kolay bir işlem olarak görünmesine rağmen parçaların talep eğilimi, depo düzenlemesi, parçaların depodaki konumu, toplama metodu, parçaların müşteri siparişleri halinde birleştirilmesi ve toplayıcılar tarafından toplanan parçaların sırasına karar vermek amacıyla kullanılan rotalama metodu toplama işleminin performans ve etkinliğini büyük ölçüde etkileyen faktörlerdir (Petersen, 1999: 1053).

Rouwenhorst ve diğerleri(2000: 518), depoların planlama ve kontrol problemlerini stratejik, taktiksel ve operasyonel düzeyde kararlar olarak sınıflandırmıştır. Stratejik düzey, depoların sayısına, büyüklüğüne, konumuna karar verilmesi, malzeme elleçleme araçlarının seçilmesi, depoda fonksiyonel alanlara, yerleşim düzenine ve depo yönetim sisteminin seçimine karar verilmesi; taktiksel düzey, sistemi yönetmek için gereken insan gücünün belirlenmesi, ürünlerin fonksiyonel alanlara dağıtılması, sipariş toplama politikaları geliştirilmesi, kapasite planlaması; operasyonel seviye, rotalama politikalarının seçimi, grup büyüklüğünün belirlenmesi, yükleme-boşaltma alan tahsisi, kısa dönemli çalışma gücü ve görev dağılımı faaliyetlerini içerir (Heragu ve diğerleri, 2005: 328).

Sipariş toplama süreçlerinin planlanması ve kontrolü aşamasında alınan taktiksel ve operasyonel düzeydeki kararlar aşağıda sıralanmıştır (De Koster ve diğerleri, 2007: 486):

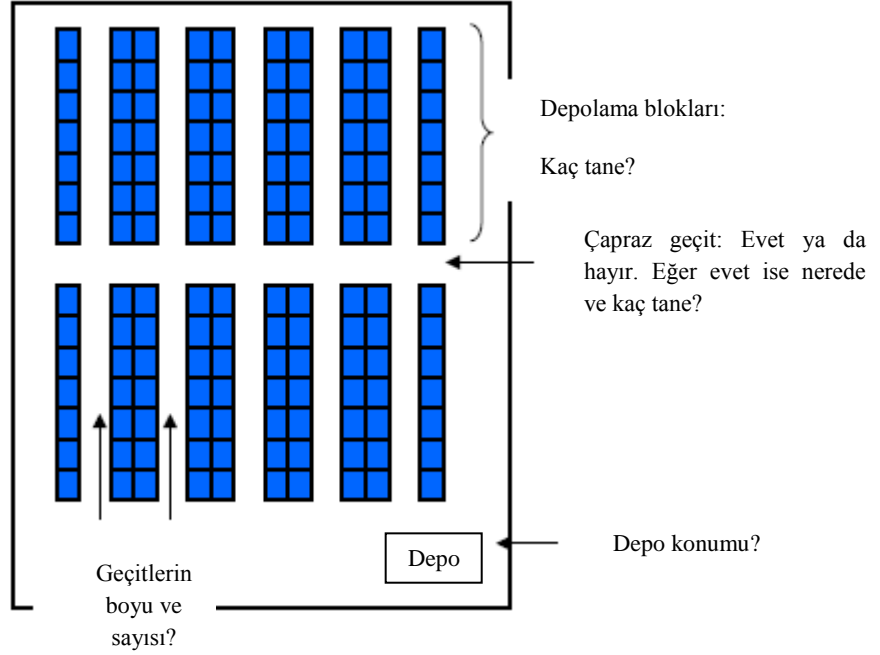
- Yerleşim düzeni (taktiksel seviye),
- Ürünlerin depolama alanlarına tahsisi (depo tahsisi) (taktiksel ve operasyonel seviye)
- Siparişlerin toplama grupları haline getirilmesi ve geçitlerin bölgelere gruplanması (sipariş gruplama ve bölgelere ayırma) (taktiksel ve operasyonel seviye)
- Sipariş toplayıcıların rotalaması (operasyonel seviye)

- Toplanan parçaların sipariş başına ayrıştırılması ve toplanan bütün siparişlerin gruplandırılması (sipariş toplama/ayrıştırma) (operasyonel seviye)

1.2.4.1. Yerleşim Düzeni Tasarımı

Blokların sayısı, toplama bölgesindeki geçitlerin sayısı, bir bloktaki geçitlerin genişliği ve uzunluğu ile deponun konumunun belirlenmesi faaliyetlerini içeren toplama alanıyla ilgili yerleşim düzeni probleminin en önemli amacı seyahat mesafesinin en aza indirilmesidir (Yu, 2008: 12). Şekil 6'da gösterildiği üzere sipariş toplama kapsamında yerleşim düzeni, farklı bölümlerin (ürünlerin depoya alınması, toplama, depolama, ayrıştırma, sevkiyat, vb.) nerede konumlandırılacağı ile ilgili kararları içeren ve temel amacı elleçleme maliyetlerinin azaltılması olan tesis yerleşim düzeni problemini ve blokların sayısına, bir toplama alanında bulunan her bir bloğun genişliğine, uzunluğuna, sayısına karar veren ve temel amacı en uygun depo yerleşim düzenini bulmak olan iç yerleşim düzeni tasarımı veya geçit düzenlenmesi problemini içerir (De Koster ve diğerleri, 2007: 487).

Şekil 6: Sipariş Toplama Sistem Tasarımında Tipik Yerleşim Düzeni Kararları



Kaynak: De Koster ve diğerleri, 2007: 487.

1.2.4.2. Depo Tahsisi Politikaları

Müşteri siparişlerini yerine getirmek amacıyla sipariş toplamına sürecine geçilmeden önce parçalar depodaki lokasyonlarına yerleştirilmelidir; depo tahsisi yöntemi de ürünlerin depo lokasyonlarına atanması için kullanılan kurallardır (De Koster ve diğerleri, 2007: 488). Bir depoda toplam depolama lokasyonu etkin sipariş toplama alanı olarak kullanılan ileri saha ve ileri sahanın yenilenmesi ve ileri sahaya tahsis edilmeyen ürünlerin toplanması için rezerv alanından oluşur (Yu, 2008: 19). İleri saha ve rezerv alanlarında ürünlerin depo lokasyonlarına tahsisi için yöntemler aşağıda sıralanmıştır (De Koster ve diğerleri, 2007: 488):

- Rasgele stoklama (random storage)
- En yakın boş lokasyona atama (closest open location storage)
- Atanmış stoklama politikası (dedicated storage)
- Dolu devir stoklama politikası (full turnover storage)

- Sınıflamaya dayalı stoklama politikası (class based storage)

Rastgele Stoklama

Her gelen palet ya da bir miktar benzer ürünün, depo içinde depodaki eşit olasılıklı ulaşılabilir boş lokasyonlardan rasgele seçilen bir lokasyona atanması olan rastgele stoklama politikası sadece bilgisayar kontrolündeki yerlerde etkinlik gösterebilmektedir (Roodbergen, 2001: 14). Bu stoklama politikası yüksek oranda alandan yararlanma avantajına sahiptir (Yu, 2008: 21). Aynı zamanda depodan tekdüzen yararlanılmasını ve geçit tıkanıklığının azalmasını sağlarken, diğer taraftan bütün depoyu dolaşma ihtimalinden dolayı uzun seyahat süresine de sebep olabilir (Petersen, 1999: 1054).

En Yakın Boş Lokasyona Atama

Sipariş toplayıcının ürünleri koyacağı lokasyonu kendisinin belirlemesi olan en yakın boş lokasyona atama politikasında sipariş toplayıcı, bulduğu en yakın boş lokasyona ürünleri atayarak depoya giriş çıkış yerlerinin dolu, gerideki yerlerin daha boş olmasına sebep olur (De Koster ve diğerleri, 2007: 489).

Atanmış Stoklama Politikası

Atanmış stoklama politikasında her bir ürün depolanmak üzere daha önceden ayrılmış özel lokasyonlara sahiptir (Önüt ve diğerleri, 2008: 785). Ürünler ilk olarak bazı kurallara göre ayrıştırılırlar; literatürde geçen bu iki kural, sipariş başına hacim indeksi (Cube per Order Index (COI)) ve toplama miktarı (frekans, devir hızı) (pick volume) dir (Yu, 2008: 21). COI, ürün için gereken toplam depolama alanının bir periyotta talebi karşılamak için gereken tur sayısına oranını ifade eder; en düşük COI oranına sahip ürün, giriş çıkış noktasına en yakın yere konumlandırılır, daha yüksek COI değerine sahip ürün giriş çıkış noktasına sonraki en yakın lokasyona konumlandırılır ve ürünlerin atanması bütün ürünler tahsis edilene kadar bu şekilde devam eder (Yu, 2008: 21). Seyahat zamanının ve mesafesinin azaltılmasını sağlayan hacim tabanlı toplama kuralında ise en çok hareket gören ürün, giriş çıkış noktasına en yakın lokasyona, daha az hareket gören ürün, giriş çıkış noktasına en yakın ikinci lokasyona tahsis edilir ve bütün ürünler tahsis edilene kadar kural aynı şekilde uygulanır (Petersen ve Schmenner, 1999: 487). Bu politikanın dezavantajı ürün stokta olmasa bile ona ayrılmış lokasyonun boş kalmasıyla alandan yararlanma seviyesinin düşük olmasıdır (Roodbergen, 2001: 14). Ürünlerin yerleri

belli olduğu için sipariş toplayıcıların ürünlerin yerlerine alışmış olmaları ve ürünlerin ağırlıklarında farklılıklar varsa ortaya çıkarılması; ağır parçaların paletin altına, hafif parçaların paletin üstüne konulabilmesi bu politikanın avantajlarından (Roodbergen, 2001: 14).

Dolu Devir Stoklama Politikası

Ürünlerin depolama alanında devir hızlarına göre dağıtıldığı dolu devir stoklama politikasında en yüksek satış oranına sahip ürünler giriş çıkış noktasına en yakın yerlere konumlandırılırken, düşük satış oranına sahip ürünler deponun arka taraflarında konumlandırılmaktadır (De Koster ve diğerleri, 2007: 489). Atanmış stoklama politikasıyla birlikte kullanıldığında en kolay stoklama politikası olarak görülen dolu devir stoklama politikasında sorun talep oranlarındaki ve ürün çeşitliliğindeki değişimin sık sık olması ve her değişimin stoğun büyük oranda karışmasına sebep olan ürünlerin siparişini gerektirmesidir (Roodbergen, 2001: 15).

Sınıflamaya Dayalı Stoklama Politikası

Ürünlerin lokasyonlara ayrıldığı ve sıklıkla devir hızlarına göre ürünlerin daha önceden belirlenmiş bu lokasyonlara atandığı, ABC sınıflandırması olarak adlandırılan politika sınıflamaya dayalı stoklama politikasıdır (Rouwenhorst ve diğerleri, 2000: 517). COI ya da toplama hacmi gibi ürünlerin talep frekans ölçülerine göre sınıfların belirlendiği bu politikada hızlı hareket gören ürünler A sınıfına, daha az hareket gören ürünler B sınıfına, en az hareket gören ürünler C sınıfına atanır (De Koster ve diğerleri, 2007: 489).

1.2.4.3. Hacim Tabanlı Stoklama Politikaları

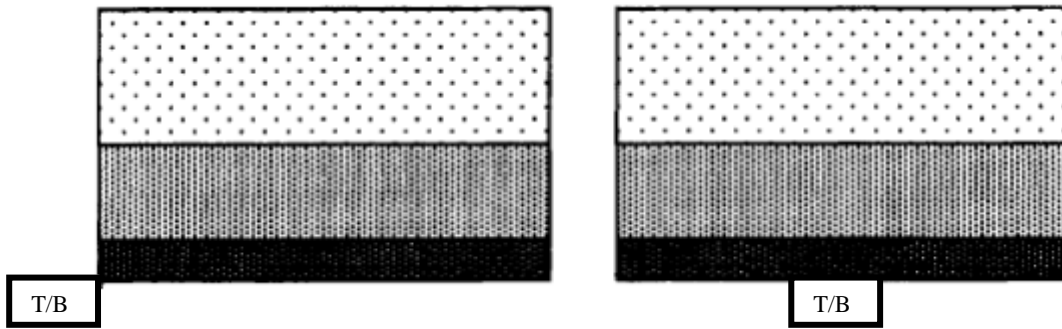
Ürünlerin beklenen hareketlerine göre depo lokasyonlarına atandıkları, enine (Across-Aisle), boyuna (Within-Aisle), çapraz (Diagonal) ve çevresel (Perimeter) olmak üzere varyasyonları bulunan hacim tabanlı stoklama politikasında en çok hareket gören ürün, giriş çıkış noktasına en yakın lokasyona tahsis edilir (Petersen ve Schmenner, 1999: 487-488).

Enine Stoklama Politikası

Eğer toplama/bırakma noktası (T/B) köşede ise ön geçide yakın alanların en çok hareket gören ürünleri, arka geçide yakın alanların az hareket gören ürünleri içerdiği bu

politikada, en çok hareket gören parça ilk geçitin en ön tarafına yerleştirilir, daha az hareket gören parça ikinci geçidin en ön tarafına yerleştirilir ve tüm geçitlerin en ön taraflarına ürünler tahsis edildikten sonra geçitlerin ikinci depolama lokasyonlarına (arka taraflara) yerleştirmeler başlanır; eğer T/B noktası ortada ise en çok hareket gören parça orta geçidin en ön tarafına, daha az hareket gören parça orta geçidin yanında takip eden diğer geçitlerin en ön taraflarına yerleştirilir (Petersen ve Schmenner, 1999: 490). Şekil 7'de enine stoklama politikası gösterilmiştir.

Şekil 7: Enine Stoklama Politikası

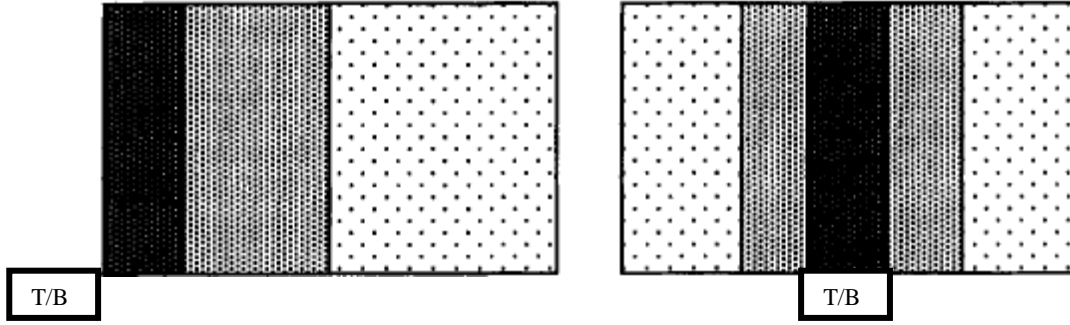


Kaynak: Petersen ve Schmenner, 1999: 489.

Boyuna Stoklama Politikası

Eğer T/B noktası köşede ise, en çok hareket gören ürünlerin en ön geçitlere, az hareket gören ürünlerin ise arka geçitlere yerleştirildiği bu stoklama politikasında en çok hareket gören parça, ilk geçidin en ön tarafına, daha az hareket gören parça ise ilk geçitte en öne yerleştirilen ürünün arkasına yerleştirilir ve ilk geçit dolduktan sonra diğer çok hareket gören ürünler ikinci geçidin en ön tarafına yerleştirilerek döngü bütün ürünler tahsis edilene kadar devam eder (Petersen ve Schmenner, 1999: 490). Eğer T/B noktası ortada ise, en çok hareket gören parçalar T/B noktasına en yakın yerdeki geçitten başlayarak sırasıyla çoktan aza doğru o geçide yerleştirilir ve geçit dolduktan sonra karşıdaki geçide geçilerek yine çoktan aza doğru o geçide, girişten arka tarafa doğru boyuna yerleştirilir (Denli, 2008: 13). Boyuna stoklama politikası Şekil 8'de görülmektedir.

Şekil 8: Boyuna Stoklama Politikası



Kaynak: Petersen ve Schmenner, 1999: 489.

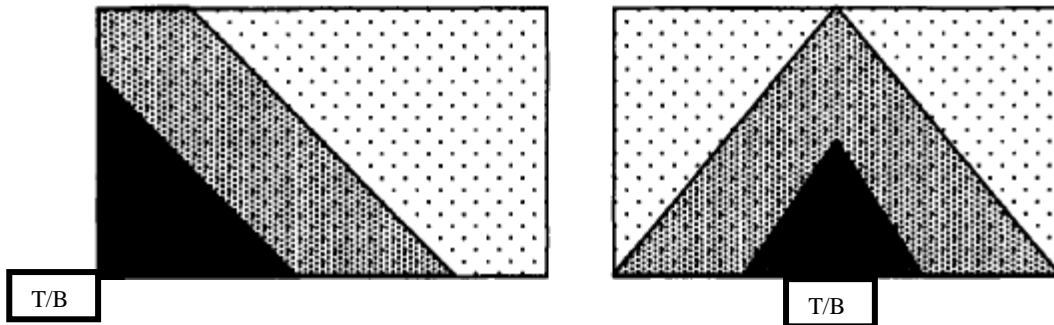
Çapraz Stoklama Politikası

Ürünlerin çapraz bir şekilde yerleştirildiği çapraz stoklama politikasında en çok hareket gören parçalar T/B noktasına en yakın yere, en az hareket gören parçalar ise T/B noktasına en uzak yere yerleştirilir (Petersen, 1999: 1058). Şekil 9 çapraz stoklama politikasını göstermektedir.

Çevresel Stoklama Politikası

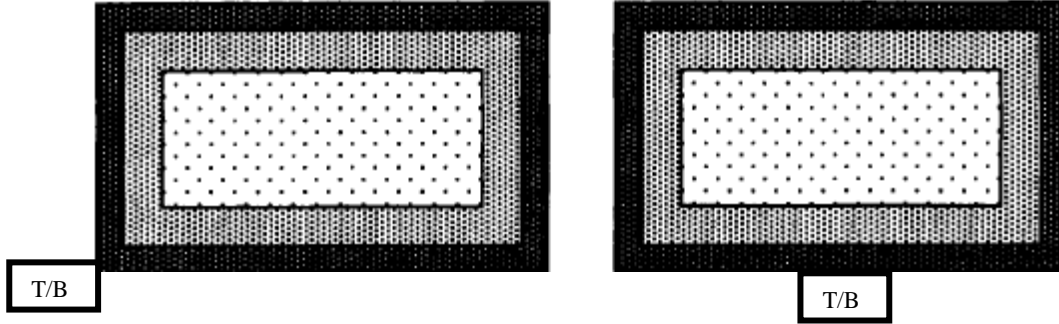
Hızlı hareket eden parçaların deponun çevresine, yavaş hareket eden parçaların geçitlerin ortasına yerleştirildiği çevresel stoklama politikasında en çok hareket gören ürün T/B noktasına en yakın yere yerleştirilirken kalan parçalar T/B noktasından saat yönünde deponun çevresine yerleştirilir (Petersen ve Schmenner, 1999: 490). Çevresel stoklama politikası Şekil 10'da gösterilmiştir.

Şekil 9: Çapraz Stoklama Politikası



Kaynak: Petersen ve Schmenner, 1999: 489

Şekil 10: Çevresel Stoklama Politikası



Kaynak: Petersen ve Schmenner, 1999: 489.

1.2.4.4. Rotalama Politikaları

Sipariş toplayıcıların depo boyunca iyi bir sipariş rotası belirlemesi için toplama listesindeki parçaları sıraya koymayı amaçlayan rotalama politikaları Gezgin Satıcı Probleminin özel bir çeşididir (De Koster ve diğerleri, 2007: 494). Rotalama politikaları zigzag (enine) (transversal), geri dönüşlü (return), orta nokta (mid-point), en büyük boşluk (largest gap), karma (composite) ve optimal stratejiler olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Petersen ve Schmenner, 1999: 484).

Zigzag Rotalama Politikası

Sipariş toplayıcılarının rotalarının belirlenmesinde kullanılan en kolay yollardan olan zigzag stratejisinde Şekil 11’de gösterildiği üzere sipariş toplayıcılar toplanılacak parçaları içeren geçitlerin bir ucundan girerek diğer ucundan çıkarlar (Petersen, 1999: 1057). Tüm parçalar toplandığında sipariş toplayıcı T/B noktasına geri döner (De Koster ve diğerleri, 2007: 495).

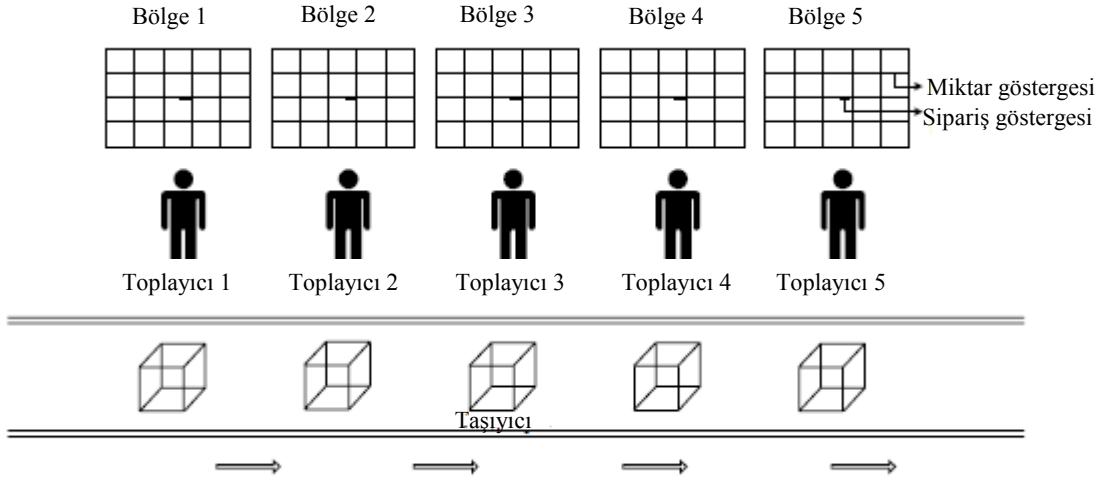
Aynı zamanda yakınlığına göre gruplama (proximity batching) ve zaman penceresi (time window) gruplama olarak sınıflandırılan sipariş gruplama politikasında yakınlığına göre gruplama, erişim lokasyonları yani sipariş listesindeki ürünler arasındaki mesafe temel alınarak siparişlerin kümelenmesidir (Tang ve Chew, 1997: 817). Siparişleri gruplamak için gereken zaman aralığının değişken olduğu değişken zamanlı pencere gruplamada daha önceden belirlenmiş sayıdaki siparişler gruplara ayrılır; sabit zamanlı pencere gruplamada ise grup verilen sabit bir zaman aralığı boyunca ulaşan bütün siparişleri içerir (Nieuwenhuyse ve De Koster, 2009: 655).

1.2.4.6. Bölgelere Ayırma Politikası

Tüm toplama alanının bireysel bölgelere ayrıldığı bölgelere ayırma politikasında her bir sipariş toplayıcı sadece kendi bölgesindeki ürünleri toplamaktan sorumludur (Jane ve Laih, 2005: 491). Gezinilen alanın daha küçük olması ve sipariş toplayıcının bölgesine alışmasından dolayı seyahat süresinin ve trafik sıkışıklığının azalması bölgeleri ayırma politikasının sağladığı temel faydalardır (Nieuwenhuyse ve De Koster, 2009: 655).

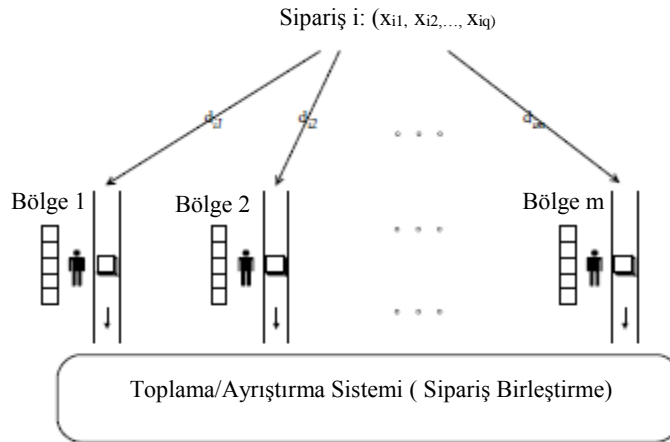
Bölgelere ayırma politikası, eş zamanlı (synchronized ya da simultaneous) ve aşamalı (progressive ya da sequential) bölgelere ayırma olarak sınıflandırılır (Yu ve De Koster, 2009: 480). Eş zamanlı bölgelere ayırmada her bir sipariş toplayıcı aynı sipariş listesinde bulunan kendi bölgelerine ait sipariş gruplarını Şekil 17’de gösterildiği gibi aynı zamanda toplarlar ve sonrasında siparişler biraraya getirilir (Parikh ve Meller, 2008: 698). Belli bir zaman diliminde belli bir bölgede bir siparişin toplandığı aşamalı bölgelere ayırmada sipariş toplayıcı kendi bölgesine ait sipariş grubunu topladıktan sonra toplama işlemini diğer bölgedeki sipariş toplayıcıya devreder (Parikh ve Meller, 2008: 698). Aşamalı bölgelere ayırma politikası Şekil 16’da gösterilmiştir.

Şekil 16: Aşamalı Bölgelere Ayırma Politikası



Kaynak: Jane, 2000: 57.

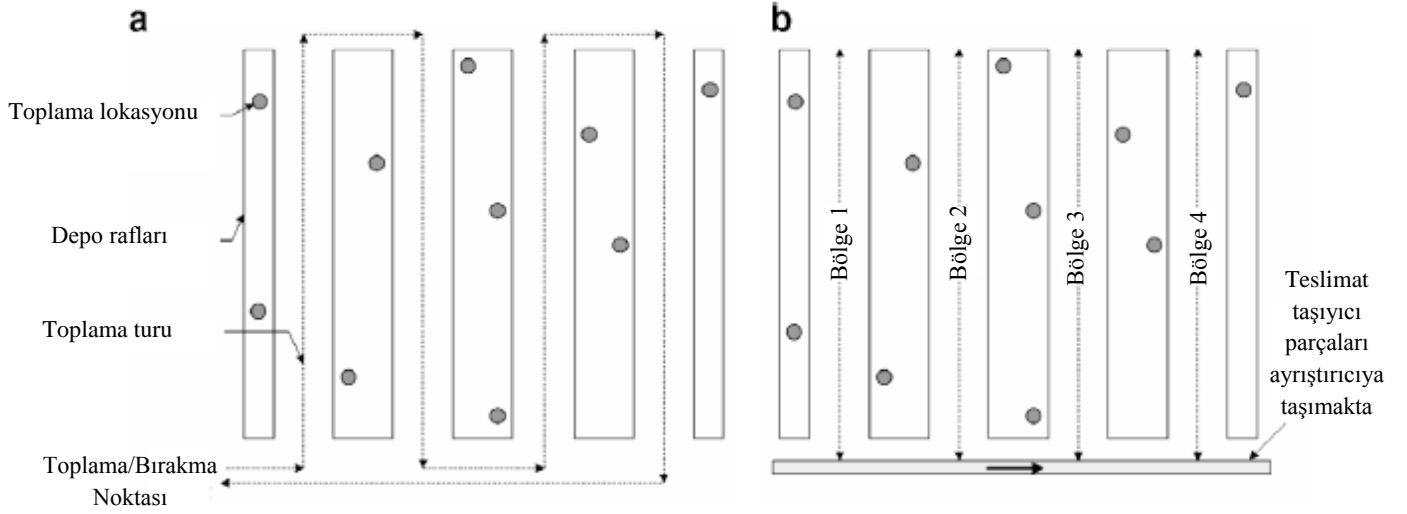
Şekil 17: Eş zamanlı Bölgelere Ayırma Politikası



Kaynak: Jane ve Laih, 2005: 491.

Şekil 18’de ise önceki bölümlerde açıklanmış olan gruplama ve bölgelere ayırma politikaları gösterilmiştir.

Şekil 18: Gruplama ve Bölgelere Ayırma Politikaları (a) Gruplama (b) Bölgelere Ayırma



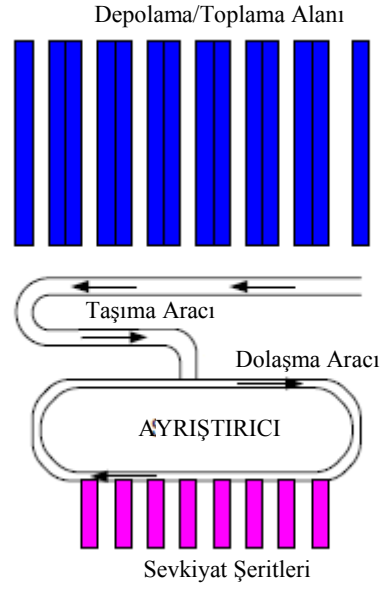
Kaynak: Parikh ve Meller, 2008: 698.

1.2.4.7. Sipariş Toplama/Ayrıştırma Politikası

Sipariş toplama/ayrıştırma politikası, gruplama ve/veya bölgelere ayırma politikaları kullanıldığı zaman grupları bölüştürmek ve her müşteri siparişi veya siparişlerin sevk edileceği her bir yer için parçaları birleştirmek amacıyla kullanılan ek süreçlerdir (De Koster ve diğerleri, 2007: 497).

Şekil 19'da gösterildiği üzere bir müşteri sipariş grubuna ait ürünler kamyonlara yüklenmek üzere ileri sahadan alınır; genellikle aynı siparişe ait parçalar etkinliği arttırmak amacıyla birden çok sipariş toplayıcıya atanır ve sipariş toplayıcılar önceden belirlenmiş rotalarını takip ederek kendilerine atanmış ürünleri toplarlar (De Koster ve diğerleri, 2007: 497). Toplama işleminde parçalar sipariş toplayıcılar tarafından taşıma aracına yerleştirilerek ayrıştırıcıya taşınırlar; siparişler birden çok sipariş toplayıcıya atandığından rastgele bir sırada ayrıştırıcıya ulaşan her bir siparişe ait parçalar, ayrıştırıcıda dolaşma aracına alınır ve eğer bu şeride atanmış önce gelen siparişin bütün parçaları çoktan giriş yapmışsa, parçalar atanmış sevkiyat şeridine girer; eğer giriş yapmamışsa dolaşma aracıyla ayrıştırıcı çevresinde dolanır; siparişlerin sevkiyat şeritlerinden kamyonlara alınmasıyla şerit kapasitesi sonraki ayrıştırma grubu için uygun hale getirilmiş olur (De Koster ve diğerleri, 2007: 497).

Şekil 19: Tipik Toplama/Ayrıştırma (Accumulation/Sorting (A/S)) Sistemi



Kaynak: De Koster ve diğerleri, 2007: 497.

İKİNCİ BÖLÜM

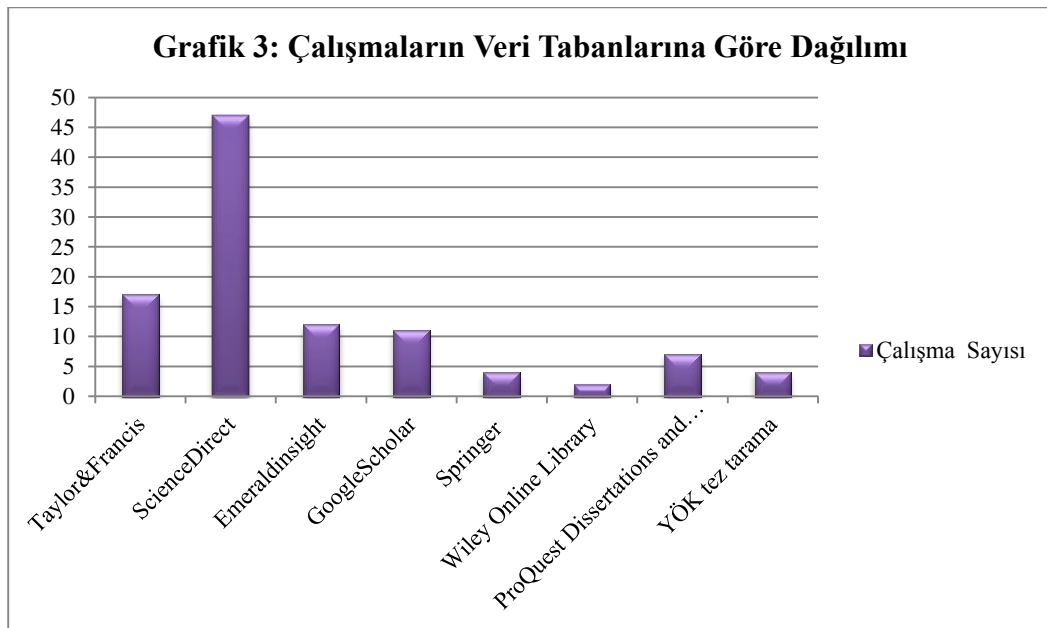
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Depo Üzerine Literatür Araştırması

Bir çok yazar depo konusunda literatür araştırması gerçekleştirmiştir. Cornier ve Gunn (1992) depo yerleşim düzeni ile ilgili literatür araştırması yapmıştır. Van den Berg ve Zijm (1999) çalışmalarında depo sistemlerini açıklamışlar ve depo yönetim problemlerini geçmişte yapılan çalışmalardan hareketle sınıflandırmışlardır. Rouwenhorst ve diğerleri (2000) depo tasarımı ve kontrol problemlerini sınıflandıran ve referans taslak oluşturan bir çalışma sunmuşlardır. Oluşturdukları bu taslağa dayanarak depolama sistemleri hakkında mevcut literatürü incelemişler ve literatür boşluğu olan konuları göstermişlerdir. De Koster ve diğerleri (2007), sipariş toplama maliyetinin toplam depo işletim maliyetinin büyük bir kısmını oluşturduğunu belirterek otomatik olmayan sipariş toplama süreçleriyle ilgili kapsamlı bir literatür araştırması yapmışlardır. Gu ve diğerleri (2007), mal kabul, depolama, sipariş toplama ve teslimat gibi temel depolama fonksiyonlarına göre sınıflanan depo işletim planlaması problemleri üzerine kapsamlı bir araştırma yapmışlardır. Her bir fonksiyona ait literatür, kullanılan karar destek sistemleri ve çözüm algoritmalarına değinilerek özetlenmiştir. Roodbergen ve Vis (2009), otomatik depolama/toplama (AS/RS) sistemleriyle ilgili otuz yılı kapsayan kapsamlı bir literatür araştırması yapmışlardır. Baker ve Canessa (2009), depo tasarımı, analizde kullanılan yöntem ve teknikler ile ilgili kapsamlı bir literatür araştırması yapmışlardır. Gagliardi ve diğerleri (2012)'nin otomatik depolama/toplama sistemleriyle ilgili yaptıkları literatür çalışmasında simülasyon tabanlı dinamik modeller çoğunluğu oluşturmakla beraber seyahat süresi modellerine dayanan statik yaklaşımlarla da literatüre önemli katkı sağlamışlardır.

Depo ve depolama fonksiyonları, günümüze kadar birçok araştırmacı için araştırma konusu olmuştur. Bu çalışmada, depolama fonksiyonlarından sipariş toplama üzerine

yapılmış 91 adet çalışma, kullanılan yöntemler açısından incelenmiştir. Araştırmada yer alan çalışmalar, Karadeniz Teknik Üniversitesi veri tabanı arama sisteminden yararlanılarak dergiler ve konferans metinlerinde yer almış olan çalışmalardan derlenmiştir. EmeraldInsight, ScienceDirect, Taylor&Francis, Springer, ProQuest Dissertations and Theses Global, Wiley Online Library, YÖK tez tarama ve GoogleScholar veri tabanlarında aramalar yapılmıştır. Ayrıca bazı ulusal makaleler de farklı veri tabanlarından araştırılıp incelenmiştir. Çalışmada bildiriler ve kitaplar ele alınmamıştır. İlgili çalışmalar taranırken, “order picking”, “warehousing”, “warehouse layout”, “warehousing and simulation”, “sipariş toplama”, “depolama”, “depo düzeni”, “depolama ve simülasyon” anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Depolama ile ilgili tüm çalışmalar değil, çalışma kapsamına uygun olarak depolama fonksiyonu olan sipariş toplama ve sipariş toplama süreçlerinde kullanılan tekniklerin ve literatür araştırmalarının konu alındığı çalışmalar incelenmiştir. Grafik 3’te çalışmaların veri tabanlarına göre dağılımları yer almaktadır.



2.1.1. Sipariş Toplama ile İlgili Literatür Araştırması

Günümüzde işletmelerin çoğu depolarında maliyetlerini azaltmaya ve verimliliklerini arttırmaya çalışmaktadırlar (Tunç ve diğerleri, 2008). De Koster ve diğerleri (2007), sipariş toplama maliyetinin toplam depo işletim maliyeti içindeki payına

dikkat çekerek sipariş toplamının önemini belirtmişlerdir. Literatürde sipariş toplama süreci hakkında yapılmış birçok araştırma mevcuttur. Bu çalışmada sipariş toplama süreci, De Koster ve diğerleri (2007)'nin yapmış oldukları sınıflandırmaya göre yerleşim düzeni (layout), bölgelere ayırma (zoning), gruplama (batching), depo tahsisi (storage assignment), rotalama (routing), sipariş toplama ve ayırıştırma (order accumulation and sorting), birikme (congestion) alt başlıkları altında kullanılan yöntemler açısından incelenmiştir.

2.1.1.1. Kesin Çözüm İçeren Modeller

Goetschalckx ve Ratliff (1990), sipariş toplayıcının her duruşunda çoklu toplamaya izin verilmesi durumu için optimal durma noktasını belirleme problemini ele almışlar ve çözümü için dinamik programlama algoritması önermişlerdir.

Amato ve diğerleri (2005), otomatik depo sistemlerinin yönetilmesi için kontrol algoritmaları geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda tüm depo için kapsamlı bir modelin rolü tartışılmış ve petri ağlarını kullanarak bir model oluşturulmuştur. Depo içinde raflar arasında vinç ve araçların işlemlerini optimize etmek için iki kontrol algoritması önerilmiştir.

Yu ve De Koster (2008), topla ve geç (pick-and-pass) sipariş toplama sistemlerini analiz etmek için kuyruk ağ modeline dayanan tahmin yöntemi kullanmışlardır. Bu yöntemle sipariş toplama sistemine sipariş teslim süresi gibi hızlı performans tahminleri sunmak amaçlanmıştır.

Gademann ve diğerleri (2001), sipariş gruplarının teslimat zamanını en aza indirmek amacıyla paralel geçitli depoda siparişlerin gruplanması problemini ele almışlar ve çözüm için dal-sınır algoritmasını geliştirmişlerdir. Depolama sisteminin düzenlemesine ve grup ya da bölgesel sipariş toplama stratejileri arasında seçim yapılmasına odaklanılan Parikh (2006)'in çalışmasında sipariş toplama sistemi için analitik modeller kurulması amaçlanmıştır. Parikh ve Meller (2008), grup toplama ve bölgesel toplama stratejileri arasında seçim yapma problemine odaklanmıştır. Problem için her bir toplama stratejisinin maliyetini değerlendirmek amacıyla matematiksel bir model olan maliyet modeli önerilmiştir.

Tunç ve diğerleri (2008), java tabanlı pick-path optimizasyonunu kullanarak dinamik programlama yöntemiyle depo sisteminde sipariş toplama sürecini iyileştirmeye çalışmışlardır. Bir firmaya uygulanan çalışmada depo raf sisteminden sipariş çekme

politikası optimize edilmeye çalışılmış, taşıma maliyet ve zamanlarını da en aza indirmek hedeflenmiştir.

Nieuwenhuys ve De Koster (2009), değişken zamanlı pencere gruplama (window batching) veya sabit zamanlı pencere gruplamalı çevrim içi sipariş sistemleri için beklenen iş yapma zamanını tahmin etmek için analitik bir yaklaşım önermişlerdir. Model, müşteri sipariş büyüklüğü, siparişi gruplandırmak veya sınıflandırmak için gereken toplama zamanı, sınıflandırma zamanı ve kuruluş zamanı ile ilgili gelişigüzel dağılımları içermektedir.

Moeller (2011), rotalama sezgisellerinin kullanılmasının zor olduğu durumlarda, sipariş toplama gruplarındaki sıralama probleminin matematiksel optimizasyon yöntemi olan satır sıralama optimizasyonu ile çözülme potansiyelini araştırmıştır.

Hong ve diğerleri (2012), dar geçit bir depoda toplayıcı öbeklemelerini (picker blocking) kontrol etmek amacıyla entegre gruplama ve sıralama yöntemi geliştirmişlerdir. Toplam geri alım zamanının en aza indirilmesinin amaçlandığı çalışmada problem çözümü için karma tam sayı programlama yöntemi kullanılmıştır.

Call (2012), doğrusal programlama ile birlikte sütun yaratma yaklaşımının depoda sipariş toplama rotalarının belirlenmesinde kullanımını konu edindiği çalışmada müşteri siparişlerinin daha kısa zamanda yerine getirildiği, depo alanının daha etkin kullanıldığı ve sipariş toplayıcıların etkinliklerinin iyileştirildiği sonucuna varmıştır.

Roodbergen ve Vis (2006), sipariş toplayıcıları için seyahat mesafesini en aza indirmeyi amaçlayan bir depo yerleşim düzeni oluşturmaya çalışmışlardır. Ortalama sipariş toplama rotası uzunluğunun hesaplanmasında kullanılan doğrusal olmayan programlama modeli ile optimal depo düzenine karar verilmeye çalışılmıştır. Gue ve diğerleri (2012), depolama alanları ve birçok toplama, yerleştirme alanları arasında gezinmeyi kolaylaştırmak için çapraz ara yol yapılandırmasının nasıl yapılacağını göstermişlerdir. Flying-V ve Inverted-V formunda iki çapraz ara yol tasarımı araştırmak için doğrusal olmayan matematiksel uzaklık modeli kurmuşlardır. Çakmak ve diğerleri (2012), çalışmalarında yeni akıntı tipi depolarla U-tipi depoların büyüklüklerine karar vermeye çalışmışlardır. Toplam taşıyıcı mesafesini en aza indirmek amacıyla kapı sayıları hesaba katılarak analitik olarak depo tasarımı incelenmiştir. Muppani ve Adil (2008), depolama alanının azaltılmasının sipariş toplama ve depolama alanı maliyetinin azaltılmasına etkilerini araştırmışlardır. Problem çözümü için sınır-dal algoritması ve dinamik programlama algoritması karşılaştırılmış ve sınır-dal algoritmasının daha etkili olduğu

ortaya konmuştur. Mowrey ve Parikh (2014), karma boyutlu geçit düzenlemesini analiz etmek için rastgele depolama ve S sezgiseli rotalama politikalarını göz önünde bulundurarak alan ve seyahat zamanı için analitik model geliştirmişlerdir. Maliyet tabanlı optimizasyon yöntemi kullanılarak en uygun karma boyutlu geçit düzenlemeleri için sistem parametreleri tanımlanmıştır.

2.1.1.2. Sezgisel Yöntemler

Hackman ve diğerleri (1990), otomatik depolama/toplama (AS/RS) sistemlerinin kapasitelerinin az olmasından kaynaklanan hangi siparişlerin sisteme tahsis edileceği ve hangi miktarlarda depolanacağı problemine sezgisel çözüm geliştirmişlerdir. Sarker ve Babu (1995) otomatik depolama/toplama sistemleriyle ilgili varış süresi modellerine vurgu yaparak karşılaştırmalı bir çalışma yapmıştır. Çalışma iş yapma oranının düzeltilmesi, toplama sıralama kurallarının değiştirilmesi, sipariş toplama algoritmalarının kullanılması, değişik durma noktası stratejilerinin uygulanması ve depolama/toplama makine kapasitesinin artırılması tasarım boyutlarını içermektedir.

Won ve Olafsson (2005), depo etkinliğini ve müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilirliği arttırmak için geleneksel depo operasyonları olan sipariş toplama ve sipariş gruplamayı ortak bir problem olarak ele alıp çözümünü için sezgisel yöntemler olan sıralı sipariş toplama ve gruplama algoritması (Sequential Order Batching and Picking (SBP)) ile ortak sipariş toplama ve gruplama (Joint Order Batching and Picking (JBP)) algoritmasını önermişlerdir. Ho ve diğerleri (2008) çalışmalarında iki çapraz ara yolu olan bir sipariş toplama deposu için sipariş gruplama yöntemleri geliştirmişlerdir. Taşıyıcıların seyahat mesafesini azaltmayı amaçlayan bu yöntemler çekirdek algoritmasına dayanmaktadır. Pan ve Liu (1995), sipariş gruplama problemleri için dört tane çekirdek algoritma, 4 tane de siparişleri gruba atama kurallarını kullanarak 16 algoritmayı karşılaştırmışlardır. Ayrıca küçük ve büyük (SL) algoritması da ele alınmıştır. Hsu ve diğerleri (2005), müşteri siparişlerini otomatik olarak gruplara ayırmak için genetik algoritma tabanlı sipariş gruplama yöntemi önermişlerdir. Önerilen GABM isimli model toplam seyahat mesafesini en aza indirmiştir. Chen ve diğerleri (2005), sipariş gruplama problemi için veri madenciliği yöntemini kullanarak kümelendirme prosedürü geliştirmişlerdir. Sundaram (2004) çalışmasında farklı öncelik düzeyindeki siparişlerin karışmasını engellemek için zamanı gelen siparişlere öncelik verilmesini sağlayan bir model geliştirmiştir. Otomatik olmayan sipariş toplama deposunda siparişlerin gruplanması için sezgisel yöntem

kullanılmıştır. Denli (2008), çekirdek algoritma yöntemi kullanılarak oluşturulan sipariş grupları üzerinde değişik sezgisel rota belirleme stratejileri uygulamış ve karşılaştırmalarını yaparak en iyi sonucu veren stratejiyi bir firmaya uygulamıştır. Çelik (2009)'in birbirine paralel sipariş toplama geçitlerinin bulunduğu bir deponun göz önünde bulundurulduğu çalışmasında tek toplayıcı ve ara geçitli sipariş toplama problemini çözmek için sezgisel algoritma önerilmiştir.

Henn (2012) çalışmasında belirli bir zamanda ulaşan müşteri siparişlerinin maksimum tamamlanma sürelerini en aza indirmeyi amaçlayan çevrim içi gruplama problemini ele almıştır. Çevrim dışı sipariş gruplama problemlerinde kullanılan ilk giren ilk çıkar kuralı, tasarruf algoritması ve yinelemeli yerel arama sezgisel yöntemlerinin geliştirilerek nasıl çevrim içi durumlar için kullanıldığını göstermiştir. Henn ve Wäscher (2012) bütün siparişlerin toplanmasında alınan mesafenin en aza indirilmesi için nasıl bir sipariş grubu oluşturulması gerektiğini içeren sipariş gruplama problemi için tabu arama ve tırmanış araması sezgisellerini önermişlerdir. Henn ve Schmid (2013) müşteri siparişlerindeki yavaşlığın en aza indirilmesi için siparişlerin gruplanmasını içeren müşteri sipariş gruplama ve sıralama problemine yerel arama tabanlı meta sezgisel yöntemler olan tekrarlı yerel arama ve tırmanış araması yöntemlerini önermişlerdir. Lam ve diğerleri (2012), grup içinde en çok benzeyen durumları etkin bir biçimde seçmeyi sağlayan yüksek benzerlik oranındaki gruplara yeni müşteri siparişlerini sınıflandırmak için durum genetik algoritma tabanlı karar destek sistemi olarak adlandırılan karma bir yaklaşım önermişlerdir. Bu yaklaşımla benzer durumları gruplamaya dayalı depo sipariş işlemlerinin daha etkin biçimde ifade edilebilmesi sağlanmıştır.

Daniels ve diğerleri (1998) çalışmalarında tahsis ve sıralama kararlarını vermek amacıyla bir model oluşturmuşlar ve bu modeli daha önceki sipariş toplama modelleriyle karşılaştırmışlardır. Çözüm için tabu arama sezgiseli ortaya konmuştur. Chiang ve diğerleri (2014), seyahat mesafesini azaltarak etkin sipariş toplamaı kolaylaştırmak için ağırlıklandırılmış destek sayılarını uygulayarak değiştirilmiş sınıf tabanlı sezgisel ile birleşik çekirdek tabanlı sezgisel yöntemlerini kullanmışlardır.

Petersen (1999) çalışmasında kapasiteye dayalı depo ve rasgele depolama ortamında en uygun programı ve değişik rotalama sezgisellerini değerlendirmeyi, kapasiteye dayalı depolama ile rasgele depolama performanslarını karşılaştırmayı, rotalama ve depolama ilkeleri performanslarına seyahat hızı ve toplama oranlarını etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Petersen II ve Schmenner (1999) maliyetin

azaltılmasının ve sipariş toplama hızının artırılmasının amaçlandığı çalışmalarında kapasiteye dayalı depo ortamında değişik rotalama sezgisellerinin, depolama politikaları ile etkileşimlerini incelemişlerdir. Özçakar ve diğerleri (2012) kodlamalı genetik algoritma yöntemi kullandıkları çalışmalarında sipariş toplayıcı seyahat mesafesini azaltmayı amaçlamışlardır. Çapraz geçit içeren, sırt sırta raf sistemlerine sahip depoların dikkate alındığı çalışmada aynı zamanda geleneksel bir gruplama ve rotalama metodu olan paralel Clarke-Wright sezgiseli ile karşılaştırma yapılmıştır. Öncan (2013) yaptığı çalışmada sipariş toplayıcının rotalanmasında kullanılan sezgisel yöntemler olan S sezgiseli ve geri dönüş yöntemini göz önünde bulundurarak sipariş gruplama problemi için meta sezgisel bir yaklaşım olan genetik algoritma önermiştir.

Anand ve Knott (1986), çalışmalarında depo yerleşim ve dağıtım problemini çözmek için kullanılan bilgisayar tabanlı algoritmalara yer vermişlerdir. Sezgisel algoritmalar çözümün doğruluğunu test etmek için kesin çözüm içeren modellerle karşılaştırılmıştır. Zhang ve diğerleri (2002), çok katmanlı depoda depo yerleşim düzeni problemini ele almışlardır. Düzen alınırken yatay ve dikey seyahat maliyetleri dikkate alınmıştır. Tamsayı programlama ile problemin çözümü zor olduğundan meta sezgisel bir yöntem olan genetik algoritma kullanılmıştır.

Chen ve Lin (2007), çalışmalarında ürünlerin sınıflandırılması ve raflara dağıtım problemi için veri madenciliğini kullanmışlardır. Önüt ve diğerleri (2008), yaptıkları çalışmada farklı tedarikçilerden toplanarak belirli bir zaman için müşterilere temin edilmek üzere depolarda saklanan farklı tip ürünleri içeren bir dağıtım deposu tasarlamışlardır. Yıllık taşıma maliyetlerini en aza indirecek çok aşamalı depo raf düzenini tasarlamayı amaçlamışlardır. En uygun düzene karar vermek amacıyla meta sezgisel bir yöntem olan kuş sürüsü optimizasyonu algoritmasını kullanmışlardır.

Nehzati ve diğerleri (2011) malzeme işleme maliyetini en aza indirmek için her bir ürün tipine uygun yeri bulma konusunu içeren depo yerleşim düzeni problemini çözmek için tabu arama algoritmasını kullanmışlardır.

Özyörük ve Ak (2012), çalışmalarında bir firmanın depolama sistemini inceleyerek depo tasarımında ve depo alt sistemlerinde karşılaşılan problemlere sezgisel çözüm aramışlardır. Depolama sistemlerinde etkinliğin artırılması ve sipariş toplama zamanının azaltılması amaçlanmıştır.

Öztürkoğlu ve diğerleri (2014), düşünülen seyahat mesafesini değerlendirmek amacıyla özel palet yerleşimleri ve onların uygun çapraz geçitlerle etkileşimini içeren ağ tabanlı bir model geliştirmişlerdir. Çapraz geçitler için en iyi açıları bulmak, birim yük depodaki belirlenmiş çoklu toplama ve yerleştirme noktaları için toplama yollarını belirlemek için meta sezgisel bir yaklaşım olan kuş sürüsü optimizasyonunu kullanmışlardır.

2.1.1.3. Simülasyon

Guenov (1992), sınıf tabanlı depolamada depolama/toplama makinesinin en uygun toplama turu üzerinde bölgesel şeklin etkilerini simülasyon yöntemiyle araştırmıştır. Barkawi (1992), bir dağıtım merkezindeki ürünlerin depoya alınması, siparişlerin tamamlanması, siparişlerin toplanması, depolanması ve sevkiyatını içeren iri ölçekli bir model geliştirmiş ve büyük hacimli ve yüksek karmaşıklıkta dağıtım merkezinde sipariş toplama verimliliğini iyileştirmek için simülasyon yöntemini kullanmıştır. Ruben (1994) çalışmasında depo yerleşim düzeni stratejileri ve grup yapı sezgisellerinin depo performansı üzerindeki etkilerini ölçmek için simülasyon yöntemini kullanmıştır. Lee ve diğerleri (1996)'nin otomatik depolama/toplama sistemleri için önerdiği simülasyon modeliyle en uygun kılavuz raylı araç sayısını, dar geçit vinçlerinin kullanımını ve sistemin maksimum verimliliğini sağlayacak işletimsel stratejiye karar verilmesi amaçlanmıştır. Chew ve Tang (1999), dikdörtgensel bir depoda seyahat zamanı modelini ele almışlardır. Model, sipariş toplama sisteminde sipariş gruplama ve depo dağıtım stratejilerini analiz etmek amacıyla kullanılmıştır. Sipariş toplama sistemi kuyruk modeli olarak ele alınmış ve sonuçlar simülasyon yardımıyla karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Petersen (2000), kesin sipariş, grup toplama, sıralı bölgesel toplama, grup bölgesel toplama ve dalga sipariş toplama politikalarını iş gücü ihtiyaçları, işlem zamanları ve müşteri hizmeti açısından değerlendirmiştir. Posta ile sipariş verilen bir ortamda sipariş toplama politikalarını incelemek için simülasyon modeli geliştirmiştir. Petersen (2002), simülasyon yöntemi kullanarak stok tutma birimlerinin, rastgele ya da kapasiteye dayalı depolama kullanılarak depolama alanlarına tahsis edildiği gözlü raflardan oluşan bir depoda, sipariş toplayıcı mesafesini ölçmek için bölgesel toplama alanlarının biçimlerini araştırmıştır. Petersen ve Aase (2004b), elle sipariş toplama deposu için sipariş toplama mesafesini etkileyen sınıf bazlı depolama ile rasgele ve hacim bazlı depolama türlerini

simülasyon temelli bir model geliştirerek karşılaştırmışlardır. Siparişlerin yerine getirilmesinde önemli bir maliyet unsuru olan sipariş toplayıcı hareketi üzerinde toplama, depolama ve rotalama süreçlerinin etkileri incelenmiştir. Petersen ve diğerleri (2005), gözlü raflardan oluşan elle toplama alanına Monte Carlo simülasyon yöntemini kullanarak depoda, yerleştirme ölçütlerini ve depo tahsisi stratejilerini, seyahat mesafesi ve siparişlerin tamamlanma süresi açısından değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Koo, 2009 yılında insan zinciri sipariş toplama üzerine yaptığı çalışmasında geliştirdiği yeni insan zinciri toplama stratejisini mevcut strateji ve bölgesel toplama stratejisiyle simülasyon yöntemini kullanarak karşılaştırmıştır.

Hsieh ve Tsai (2006)'nin çalışmasında bir depo sistemindeki çapraz geçitlerin miktarı ve yerleşim tipi, depo tahsisi politikası, toplama rotası, bir geçitteki ortalama toplama sıklığı, sipariş kombinasyon tipi gibi sipariş toplama sisteminin performansını etkileyen faktörler ele alınmış ve depo tasarımı için en uygun kombinasyon simülasyon yöntemiyle bulunmaya çalışılmıştır.

Potter ve diğerleri (2007) sevkiyat alanının üretkenliğinin artırılması için simülasyon modeli geliştirerek işlem ve sipariş toplama zamanlarında iyileştirmeler yapılması gerektiğini ortaya koymuşlardır. Ulbrich ve diğerleri (2010) simülasyon desteği ile yeni bir sipariş toplama sistemi tasarlamışlardır. Karakaya (2011) sipariş ayrıştırma stratejilerini farklı sipariş boyutlarını göz önünde bulundurarak simülasyon yöntemiyle değerlendirmiştir. Jorge ve diğerleri (2012) sipariş toplama sistemi için ajan temelli simülasyon modeli sunmuşlardır. Bir ilaç deposuna yaptıkları uygulamada toplama süreçlerini düzeltmeyi amaçlamışlardır. Depoda, hizmet ve insan gücünde yapılan iyileştirmeler işletme maliyetlerinde azalmaya neden olmuştur. Basile ve diğerleri (2012) elle toplama yapılan depolama sistemlerinde gerçek zamanlı kontrolü gerçekleştirmek için simülasyon destekli bir model önermişlerdir. Bu model ile çevrim içi görüntüleme, zaman planlaması, faaliyetlerin yeniden planlanması amaçlanmıştır. Taşoğlu (2013) sipariş toplama sürecine farklı simülasyon modelleri uyguladığı çalışmasında sipariş alınma zamanını en aza indirirken toplama etkinliğini arttırmayı amaçlamıştır. Simülasyon sonuçlarına göre en kısa sipariş alınma zamanını sağlayan depolama ve rotalama politikası kombinasyonuna karar verilmiştir.

Marchet ve diğerleri (2013) otomatikleşmiş malzeme işleme teknolojisindeki gelişmelerden olan birim yük depolama/toplama için otomatik araç depolama ve toplama

sistemi (AVS/RS) üzerinde çalışmışlardır. Bu kapsamda simülasyon kullanarak kapsamlı bir tasarım çerçevesi sunmuşlardır. Gagliardi ve diğerleri (2014), birim yük otomatik depolama/toplama (AS/RS) sistemleri için nesneye dayalı simülasyon modeli önermişlerdir.

Randhawa ve Shroff (1995) çalışmalarında birim yük otomatik depolama/toplama sistemlerine odaklanmışlardır. Sistem kurulumunun ve malların depoya yerleştirilmesi ve depodan geri alınması sırasında uygulanan politikaların depolama/toplama sistemlerinin düzenini en çok etkileyen iki unsur olduğundan bahsedilmiştir. Üç farklı planlama politikası kullanılarak altı farklı yükleme boşaltma alanından alınan simülasyon sonuçları sistem verimliliği, depolama ve toplama bekleme zamanları ve iade performans ölçütleri kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Caron ve diğerleri (2000), toplayıcıların ürünlere gittiği sistemlerde toplama alanının etkin bir biçimde düzenlenmesi için simülasyon yaklaşımı kullanmışlardır.

Hwang ve Cho (2006)'nun yaptıkları çalışma, depo tasarımının önemli noktalarını ve depo büyüklüğü, raf büyüklüğü, nakliyecisi sayısı ve sistem performansı işletim parametrelerini içermektedir. Olasılıksal talep ve toplama frekansları göz önünde bulundurularak ve simülasyon kullanılarak matematiksel ve benzetim modları geliştirilmiştir.

2.1.1.4. Karma Yöntemler

Elsayed ve Ünal (1989), toplam seyahat süresini en aza indirmeyi amaçlayan sipariş gruplama problemi için analitik yöntemler ile sezgisel yöntemler önermiştir.

Van den Berg ve diğerleri (1998)'nin çalışmasında toplama süresi boyunca hedeflenen iş miktarını en aza indirmek için yapılması gereken düzenlemelere karar verilmesi amaçlanmıştır. İleri-geri (forward-reserve) dağılım probleminde ikili programlama modeli kullanılmıştır.

Gray ve diğerleri (1992) tipik sipariş birleştirme depoları için depo tasarımı, alet ve teknoloji seçimi, yerleştirme, bölgelere ayırma, sipariş taşıyıcısı rotalaması, taşıma listesi oluşturulması ve sipariş gruplamadan oluşan bileşik tasarım ve işletim problemlerini modellemişlerdir. Problem çözümleri için matematiksel model kullanmışlar ve sonuçların doğruluğunu simülasyonla test etmişlerdir. Tang ve Chew (1997), elle sipariş toplama

sisteminde gruplama ve depo dağılımı stratejilerini ele almışlardır. Sipariş toplama sisteminde gruplama ve sipariş toplama faaliyetleri için iki aşamalı kuyruk modeli geliştirilmiştir. Sonuçlar simülasyon modeli ile değerlendirilmiştir. Chen ve Wu (2005), veri madenciliği ve tam sayılı programlama tabanlı sipariş gruplama yaklaşımını geliştirmişlerdir. Bozer ve Kile (2008), yürü ve topla (walk-and-pick) sipariş toplama sisteminde sipariş gruplama problemi için optimal çözüme yakın sonuç veren karma tamsayı programlama modeli ile iki farklı sezgisel yöntemi (ilk elverişli zarf tabanlı gruplama (first fit envelope based batching) ve Clarke and Wright) karşılaştırmışlar ve modelin daha iyi sonuçlar verdiğini görmüşlerdir. Hong (2010) çalışmasında grup toplamada toplayıcı tıkanmasının etkilerini araştırmak, tıkanıklığı azaltan toplama, gruplama ve sınıflandırma stratejilerini belirlemek amacıyla analitik model ve simülasyon yöntemi kullanmıştır. Toplam sipariş toplama zamanını en uygun duruma getirmek için sipariş yakınlığı ve toplayıcı tıkanması göz önünde bulundurularak endeksli sipariş gruplama modeli (indexed order batching model) olarak adlandırılan yeni bir gruplama modeli önerilmiştir.

Le-Duc ve De Koster (2007), siparişlerin Poisson dağılımına göre ulaştığı ve sipariş toplayıcılarının rotalamalarının S sezgiseli kullanıldığı varsayılan iki bloklu dikdörtgenel depo için sipariş gruplama problemini ele almışlardır. Sipariş toplayıcıların seyahat süreleri kullanılarak bir siparişin ortalama tamamlanma süresi hesaplanmıştır. Bu sayede en uygun toplama grup büyüklüğü tahmin edilmiştir. Simülasyon sonuçları kullanılan yöntemin yüksek oranda doğruluk seviyesinde olduğunu göstermiştir.

Lin ve Lu (1999), sipariş toplama stratejilerine karar vermek amacıyla bilgisayar tabanlı yöntemler önermişlerdir. Geliştirdikleri analitik yöntemle siparişleri beş sınıfa ayırmışlar ve sonrasında simülasyon yöntemiyle her bir sınıflanan sipariş türüne uygun sipariş toplama stratejisi geliştirmişlerdir. Jane ve Laih (2005), çalışmalarında eş zamanlı alan sipariş toplama sistemlerini araştırmışlardır. Her bir siparişin tamamlanma süresini azaltmak amacıyla kümeleme modeli kurmuşlardır. Belirlenen alanlara siparişleri yerleştirmek için kurulan bu modele sezgisel algoritma kullanarak çözüm önermişlerdir. Simülasyon sonuçları modelin başarılı olduğunu göstermiştir. Manzini ve diğerleri (2005), esnek sipariş toplama sistemi için entegre simülasyon, genetik algoritma ve faktör analizine dayanan uzman sistem önermişlerdir. Marchet ve diğerleri (2011), sınıflandırarak toplama (pick-and-sort) sisteminde toplama etkinliğinin değerlendirilmesine odaklanmışlardır. Toplama dalga boyunun fonksiyonu olan toplam toplama süresini

değerlendirmek amacıyla analitik bir model önerilmiş, bu modelin doğruluğu simülasyonla test edilmiştir.

Pan ve diğerleri (2012) toplam sipariş tamamlama süresini en aza indirerek seyahat süresini ve bekleme süresini eş zamanlı göz önünde bulunduran, kuyruk ağı ve sezgisel depo tahsisi politikası olarak formüle edilebilen toplama modeli geliştirmişlerdir. Farklı depo tahsis politikaları için ortalama seyahat süresini karşılaştırmak ve önerilen sezgisel algoritmayı uygulamak için olasılık ve simülasyon yöntemleri kullanılmıştır.

Roodbergen ve De Koster (2001)'in çalışmalarında paralel geçitli depolar için rotalama ve düzen konuları ele alınmıştır. İki ya da daha fazla çapraz geçitli bir depoda sipariş toplama rotalarını belirlemek için sezgisel yöntemler önerilmiştir. Sezgisel yöntemlerin performansını analiz etmek için en kısa sipariş toplama rotasını üreten matematiksel bir yöntem olan dal-sınır algoritması kullanılmıştır. Hsieh ve Huang (2011) iki yeni grup yapı sezgiseli olan K-Means gruplama ve kendini örgütleyen harita gruplama sezgisellerini geliştirmişler ve simülasyon yöntemiyle doğruluğunu test etmişlerdir. İki yöntem de toplam seyahat mesafesi ve toplama aracının ortalama kullanımında üstün performans ve işlemci çalışma süresinde iyileştirme göstermiştir. Aynı zamanda çalışma, farklı sipariş türleri için en uygun yöntem kombinasyonlarını bulmak amacıyla depo tahsisi, sipariş gruplama ve sipariş taşıyıcı rotalamasını içeren sipariş toplama sistemlerinin tüm performansını araştırmaktadır.

Yu ve De Koster (2009), çalışmalarında topla ve geç (pick-and-pass) sipariş toplama sistemlerinde ortalama sipariş tamamlama süresi üzerinde sipariş gruplama ve bölgelere ayırma etkilerini analiz etmek amacıyla kuyruk modeline dayanan bir tahmin modeli önermişlerdir. Bu tahmin modeli, rastgele depolama, S sezgiseli rotalama ve Poisson dağılımlı sipariş varışlarını esas almaktadır. Yapılan simülasyon sonuçları modelin doğruluğunu göstermiştir. E-ticaret ve zaman tabanlı rekabetin arttığı ortamda önemli bir rol oynayan topla ve geç sistemlerinin ele alındığı çalışmada Pan ve Wu (2009) toplama hattı için depo tahsisi problemine analitik bir model geliştirmişlerdir. Sipariş toplayıcının siparişleri tamamlamak için hedeflediği seyahat mesafesini bulmak için toplayıcının toplama operasyonunun Markov zinciri olarak açıklanması önerilmiştir. Modelin doğruluğu simülasyon sonuçlarıyla test edilmiştir. Ambati (2012), karusel ve otomatik depolama/toplama sistemlerinin performanslarını rastgele ve sınıf tabanlı depo tahsisinde matematiksel modeller geliştirerek karşılaştırmıştır. Matematiksel modeller simülasyon yöntemiyle doğrulanmıştır. Pan ve Wu (2012), çalışmalarında çok toplayıcılı toplayıcıların

ürünlere gittiği sistemlerde (picker-to-parts) iş yapma zamanı için analitik bir yaklaşım önermişlerdir. Bu modelin doğruluğunu simülasyon yöntemiyle test etmişlerdir.

Han ve diğerleri (1987), analitik yöntem ve simülasyon yöntemi kullanarak otomatik depolama/toplama sistemi için en yakın komşu ve en kısa bacak alım politikalarını analiz etmiştir. Alonso-Ayuso ve diğerleri (2013), forklift toplama işlemlerinin programlanmasını içeren otomatik depolama/toplama sisteminde görülen seçme ve programlama problemini ele almışlardır. Nakliye işlemini yapan araçların toplam yükleme zamanlarını en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Problem çözümünde kesin çözüm içeren ve sezgisel yöntemleri ele almışlardır.

Ashayeri ve diğerleri (1985), yatırım ve işletim maliyetlerini en aza indirmek amacıyla depo yerleşim düzeninin optimizasyonu için analitik modeller ve simülasyon modelini önermişlerdir.

Heragu ve diğerleri (2005), depoda fonksiyonel alanlara ürünlerin nasıl dağılması gerektiğine karar vermek için matematiksel model ve sezgisel algoritma önermişlerdir.

Zhang ve Lai (2010), bitişiklik kısıtlı çok katmanlı depo yerleşim düzeni problemini ele almışlar ve çözümü için tamsayı programlama modeli önermişlerdir. Problemin çözümü için tabu arama tabanlı sezgiseller kullanılmıştır.

Vrysagotis ve Kontis (2011) depo yerleşim düzeni problemlerini türlerine ve çözüm algoritmalarına göre sınıflandırdıkları çalışmalarında analitik ve simülasyon modellerine yer vermişlerdir.

Guerriero ve diğerleri (2013) 'nin çalışmalarında sınıflar arasında uyumluluk kısıtları olan çok aşamalı bir depoda ürün dağılım problemi için matematiksel doğrusal bir çözüm ve büyük ölçekli örnekleri kabul edilebilir bir zamanda çözmek için tekrarlı yerel arama sezgiseli

önerilmiştir. Sonuçlar özellikle maliyet açısından sezgisellerin daha iyi çözümler sunduğunu göstermiştir.

Tablo 1'de depolama fonksiyonlarından sipariş toplama ile ilgili yapılmış olan çalışmalar yer almaktadır.

Tablo 1: Sipariş Toplama ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

	<i>Yazar (Yıl)</i>	<i>Çalışmanın Konusu</i>	<i>Çalışmanın Amacı</i>	<i>Kullanılan Yöntem</i>
Kesin Çözüm İçeren Modeller	Goetschalckx ve Ratliff (1990)	Sipariş toplama	Seyahat süresinin azaltılması	Dinamik programlama algoritması
	Gademann vd. (2001)	Sipariş gruplama	Sipariş gruplarının teslimat zamanının en aza indirilmesi	Dal-sınır algoritması
	Amato vd. (2005)	Depo yerleşim düzeni	Depo içinde raflar arasında vinç ve araçların işlemlerinin optimize edilmesi	Petri ağları ve kontrol algoritmaları
	Roodbergen ve Vis (2006)	Depo yerleşim düzeni	Sipariş toplayıcıları için seyahat mesafesinin en aza indirilmesi	Doğrusal olmayan programlama modeli
	Parikh (2006)	Sipariş toplama	Verimliliğin artırılması ve maliyetlerin en aza indirilmesi	Analitik model
	Yu ve De Koster (2008)	Sipariş toplama	Sipariş toplama sistemine sipariş teslim süresi gibi hızlı performans tahminlerinin sunulması	Kuyruk ağ modeline dayanan tahmin yöntemi
	Parikh ve Meller (2008)	Grup toplama ve bölgesel toplama	Her bir toplama stratejisinin maliyetinin değerlendirilmesi	Matematiksel bir model olan maliyet modeli
	Tunç vd. (2008)	Sipariş toplama	Taşıma maliyet ve zamanlarının en aza indirilmesi	Pick-path optimizasyonu ve dinamik programlama
	Muppani ve Adil (2008)	Depo tahsisi	Sipariş toplama ve depolama alan maliyetinin azaltılması	Dal-sınır algoritması ve dinamik programlama algoritması
	Nieuwenhuyse ve De Koster (2009)	Sipariş gruplama	Ortalama müşteri siparişleri tamamlanma süresinin azaltılması	Analitik model
	Moeller (2011)	Sipariş gruplama	Depo sipariş toplama performansının artırılması	Matematiksel optimizasyon yöntemi olan satır sıralama optimizasyonu
	Hong vd. (2012)	Sipariş gruplama	Toplam geri alım zamanının en aza indirilmesi	Karma tam sayı programlama yöntemi
	Gue vd. (2012)	Depo yerleşim düzeni	Depolama alanları ve bir çok toplama, yerleştirme alanları arasında gezinmenin kolaylaştırılması	Doğrusal olmayan matematiksel uzaklık modeli
	Çakmak vd. (2012)	Depo yerleşim düzeni	Toplam taşıyıcı mesafesinin en aza indirilmesi	Analitik model
	Call (2012)	Rotalama	Toplam seyahat mesafesinin en aza indirilmesi	Doğrusal programlama
	Mowrey ve Parikh (2014)	Depo yerleşim düzeni	Alan ve iş gücü maliyetlerinden oluşan toplam sistem maliyetinin en aza indirilmesi	Analitik model, maliyet tabanlı optimizasyon yöntemi

Tablo 1: Sipariş Toplama ile İlgili Yapılmış Çalışmalar (Devam)

Sezgisel Yöntemler	Anand ve Knott (1986)	Depo yerleşim düzeni	Depo yerleşim ve dağıtım probleminin çözülmesi	Sezgisel algoritma
	Hackman vd. (1990)	Sipariş toplama	Otomatik depolama/toplama (AS/RS) sistemlerinin kapasitelerinin az olmasından kaynaklanan hangi siparişlerin sisteme tahsis edileceği ve hangi miktarlarda depolanacağı probleminin çözümü aranması	Sezgisel algoritma
	Sarker ve Babu (1995)	Depo yerleşim düzeni	Çalışma iş yapma oranının düzeltilmesi ve depolama/toplama makine kapasitesinin artırılması	Araştırma
	Pan ve Liu (1995)	Sipariş gruplama	Ortalama seyahat süresinin azaltılması	Çekirdek algoritması, küçük ve büyük (small and large) algoritması
	Daniels vd. (1998)	Sipariş toplama	Sipariş ihtiyaçlarını giderme maliyetinin en aza indirilmesi	Tabu arama sezgiseli
	Petersen (1999)	Rotalama	Kapasiteye dayalı depo ve rasgele depolama ortamında en uygun programın ve değişik rotalama sezgisellerinin değerlendirilmesi, kapasiteye dayalı depolama ile rasgele depolama performanslarının karşılaştırılması, rotalama ve depolama ilkeleri performanslarına seyahat hızı ve toplama oranlarının etkilerinin incelenmesi	S sezgiseli, en büyük boşluk sezgiseli ve karma sezgisel
	Petersen II ve Schmenner (1999)	Rotalama	Maliyetin azaltılması ve sipariş toplama hızının artırılması	Rotalama sezgiselleri
	Zhang vd. (2002)	Depo yerleşim düzeni	Toplam nakletme maliyetlerinin en aza indirilmesi	Genetik algoritma
	Sundaram (2004)	Sipariş gruplama	Farklı öncelik düzeyindeki siparişlerin karışmasını engellemek için zamanı gelen siparişlere öncelik verilmesinin sağlanması	Sezgisel algoritma
	Won ve Olafsson (2005)	Sipariş toplama ve sipariş gruplama	Depo etkinliğinin ve müşteri ihtiyaçlarının karşılanabilirliğinin artırılması	Sezgisel yöntemler olan sıralı sipariş toplama ve gruplama algoritması (Sequential Order Batching and Picking (SBP)) ile ortak sipariş toplama ve gruplama (Joint Order Batching and Picking (JBP)) algoritması
Hsu vd. (2005)	Sipariş gruplama	Toplam seyahat mesafesinin en aza indirilmesi	Genetik algoritma tabanlı sipariş gruplama yöntemi	

Tablo 1: Sipariş Toplama ile İlgili Yapılmış Çalışmalar (Devam)

	<i>Yazar (Yıl)</i>	<i>Çalışmanın Konusu</i>	<i>Çalışmanın Amacı</i>	<i>Kullanılan Yöntem</i>
Sezgisel Yöntemler	Chen vd. (2005)	Sipariş gruplama	Seyahat mesafesi veya süresi için harcanan maliyetlerin azaltılması	Veri madenciliği
	Chen ve Lin (2007)	Siparişlerin sınıflandırılması	Ürünlerin sınıflandırılması ve raflara dağıtım probleminin çözülmesi	Veri madenciliği
	Önüt vd. (2008)	Depo yerleşim düzeni	Yıllık taşıma maliyetlerinin en aza indirilmesi	Kuş sürüsü optimizasyonu algoritması
	Ho vd. (2008)	Sipariş gruplama	Taşıyıcıların seyahat mesafesinin azaltılması	Çekirdek algoritması
	Denli (2008)	Rotalama	Sezgisel rota belirleme stratejilerinin karşılaştırılarak maliyet ve zaman açısından en uygun stratejinin belirlenmesi	Çekirdek algoritması
	Çelik (2009)	Sipariş toplama	Toplam sipariş toplama zamanı ve maliyetinin azaltılması	Sezgisel algoritma
	Nehzati vd. (2011)	Depo yerleşim düzeni	Malzeme işleme maliyetinin en aza indirilmesi	Tabu arama algoritması
	Özyörük ve Ak (2012)	Depo yerleşim düzeni	Depolama sistemlerinde etkinliğin artırılması ve sipariş toplama zamanının azaltılması	Sezgisel algoritma
	Henn (2012)	Sipariş gruplama	Belirli bir zamanda ulaşan müşteri siparişlerinin maksimum tamamlanma sürelerinin en aza indirilmesi	İlk giren ilk çıkar kuralı, tasarruf algoritması ve yinelemeli yerel arama sezgisel yöntemleri
	Henn ve Wäscher (2012)	Sipariş gruplama	Bütün siparişlerin toplanmasında alınan mesafenin en aza indirilmesi	Tabu arama ve tırmanış araması sezgiselleri
	Lam vd. (2012)	Siparişlerin sınıflandırılması	Benzer durumları gruplamaya dayalı depo sipariş işlemlerinin daha etkin biçimde ifade edilebilmesi	Durum genetik algoritma tabanlı karar destek sistemi
	Özçakar vd. (2012)	Sipariş toplama	Sipariş toplayıcı seyahat mesafesinin azaltılması	Kodlamalı genetik algoritma yöntemi
	Öncan (2013)	Sipariş gruplama	Sipariş toplama süresinin azaltılması	S sezgiseli ve geri dönüş sezgiseli
	Henn ve Schmid (2013)	Sipariş gruplama	Müşteri siparişlerini işlemedeki yavaşlığın en aza indirilmesi	Tekrarlı yerel arama ve tırmanış araması meta sezgiselleri
	Chiang ve diğerleri (2014)	Depo tahsisi	Seyahat mesafesinin azaltılarak etkin sipariş toplamının kolaylaştırılması	Değiştirilmiş sınıf tabanlı sezgisel ile birleşik çekirdek tabanlı sezgisel yöntemleri
	Öztürkoğlu vd. (2014)	Depo yerleşim düzeni	Çapraz geçitler için en iyi açılarının bulunması, birim yük depodaki belirlenmiş çoklu toplama ve yerleştirme noktaları için toplama yollarının belirlenmesi	Kuş sürüsü optimizasyonu

Tablo 1: Sipariş Toplama ile İlgili Yapılmış Çalışmalar (Devam)

	<i>Yazar (Yıl)</i>	<i>Çalışmanın Konusu</i>	<i>Çalışmanın Amacı</i>	<i>Kullanılan Yöntem</i>
Simülasyon	Guenov (1992)	Depo yerleşim düzeni	Sınıf tabanlı depolamada depolama/toplama makinesinin en uygun toplama turu üzerinde bölgesel şeklin etkilerinin araştırılması	Simülasyon
	Barkawi (1992)	Sipariş toplama	Büyük hacimli ve yüksek karmaşıklıkta dağıtım merkezinde sipariş toplama verimliliğinin iyileştirilmesi	Simülasyon
	Ruben (1994)	Sipariş gruplama ve depo yerleşim düzeni	Depo yerleşim düzeni stratejileri ve grup yapı sezgisellerinin depo performansı üzerindeki etkilerinin ölçülmesi	Simülasyon
	Randhawa ve Shroff (1995)	Depo yerleşim düzeni	Simülasyon sonuçlarının sistem verimliliği, depolama ve toplama bekleme zamanları ve iade performans ölçütleri kullanılarak karşılaştırılması	Simülasyon
	Lee vd. (1996)	Depo yerleşim düzeni	En uygun kılavuz raylı araç sayısını, dar geçit vinçlerinin kullanımını ve sistemin maksimum verimliliğini sağlayacak işletimsel stratejiye karar verilmesi	Simülasyon
	Chew ve Tang (1999)	Sipariş gruplama	Sipariş toplama sisteminde sipariş gruplama ve depo dağıtım stratejilerini analiz etmek	Simülasyon
	Petersen (2000)	Sipariş gruplama	Kesin sipariş, grup toplama, sıralı bölgesel toplama, grup bölgesel toplama ve dalga sipariş toplama politikalarının iş gücü ihtiyaçları, işlem zamanları ve müşteri hizmeti açısından değerlendirilmesi	Simülasyon
	Caron vd. (2000)	Depo yerleşim düzeni	Toplayıcıların ürünlere gittiği sistemlerde toplama alanının etkin bir biçimde düzenlenmesi	Simülasyon
	Petersen (2002)	Depo tahsisi	Sipariş toplayıcı mesafesini ölçmek için bölgesel toplama alanlarının biçimlerinin araştırılması	Simülasyon
	Petersen ve Aase (2004)	Sipariş toplama	Siparişlerin yerine getirilmesinde önemli bir maliyet unsuru olan sipariş toplayıcı hareketi üzerinde toplama, depolama ve rotalama süreçlerinin etkilerinin incelenmesi	Simülasyon
	Petersen vd. (2005)	Depo yerleşim düzeni ve depo tahsisi	Depoda, yerleştirme ölçütlerinin ve depo tahsisi stratejilerinin, seyahat mesafesi ve siparişlerin tamamlanma süresi açısından değerlendirilmesi	Monte Carlo simülasyon yöntemi
	Hsieh ve Tsai (2006)	Depo tahsisi	Toplam seyahat mesafesinin azaltılması ve sipariş toplama etkinliğinin artırılması	eM-plant simülasyon aracı

Tablo 1: Sipariş Toplama ile İlgili Yapılmış Çalışmalar (Devam)

	<i>Yazar (Yıl)</i>	<i>Çalışmanın Konusu</i>	<i>Çalışmanın Amacı</i>	<i>Kullanılan Yöntem</i>
Simülasyon	Hwang ve Cho (2006)	Depo yerleşim düzeni	Seyahat mesafesinin azaltılması	Simülasyon
	Potter vd. (2007)	Sipariş toplama	Sevkiyat alanının üretkenliğinin artırılmasıyla işlem ve sipariş toplama zamanlarında iyileştirmeler yapılması	Simülasyon
	Koo (2009)	Sipariş toplama	Sipariş toplama sisteminin etkinliğinin artırılması	Simülasyon
	Ulbrich vd. (2010)	Sipariş toplama	Sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi	Simülasyon
	Karakaya (2011)	Sipariş ayrıştırma	Sipariş ayrıştırma süresinin en uygun hale getirilmesi	Simülasyon
	Jorge vd. (2012)	Sipariş toplama	Toplama süreçlerinin düzeltilmesi ile işletme maliyetlerinin azaltılması	Ajan temelli simülasyon
	Basile vd. (2012)	Sipariş toplama	Çevrim içi görüntüleme, zaman planlaması, faaliyetlerin yeniden planlanması	Simülasyon
	Taşoğlu (2013)	Sipariş toplama	Sipariş alınma zamanının en aza indirilmesi ve toplama etkinliğinin artırılması	Simülasyon
	Marchet vd. (2013)	Sipariş toplama	Maliyetlerin en aza indirilmesi	Simülasyon
	Gagliardi vd. (2014)	Depo yerleşim düzeni	Birim yük otomatik depolama/toplama (AS/RS) sistemlerinin incelenmesi	Nesne tabanlı simülasyon

Tablo 1: Sipariş Toplama ile İlgili Yapılmış Çalışmalar (Devam)

	<i>Yazar (Yıl)</i>	<i>Çalışmanın Konusu</i>	<i>Çalışmanın Amacı</i>	<i>Kullanılan Yöntem</i>
Karma Yöntemler	Ashayeri vd. (1985)	Depo tahsisi	Yatırım ve işletim maliyetlerinin en aza indirilmesi	Analitik yöntem ve simülasyon
	Han ve diğerleri (1987)	Depo tahsisi	Sıralı alım ile verimliliğin düzeltilmesi	Analitik yöntem ve simülasyon
	Elsayed ve Ünal (1989)	Sipariş gruplama	Toplam seyahat süresinin en aza indirilmesi	Analitik yöntemler ve sezgisel yöntemler
	Gray vd. (1992)	Sipariş toplama	İşletim maliyetlerinin azaltılması	Matematiksel model ve simülasyon
	Tang ve Chew (1997)	Sipariş gruplama ve depo tahsisi	Gruplama ve grup büyüklüğünün hizmet süresine etkisinin araştırılması	İki aşamalı kuyruk modeli ve simülasyon
	Van den Berg vd. (1998)	Sipariş toplama	Toplama süresi boyunca hedeflenen iş miktarının en aza indirilmesi	İkili programlama modeli ve sırt çantası (Knapsack) sezgiseli
	Lin ve Lu (1999)	Sipariş toplama	Sipariş toplama performansının iyileştirilmesi	Analitik yöntem ve simülasyon
	Roodbergen ve De Koster (2001)	Rotalama	İki ya da daha fazla çapraz geçitli bir depoda sipariş toplama rotalarının belirlenmesi	Sezgisel yöntemler ve dal-sınır algoritması
	Chen ve Wu (2005)	Sipariş gruplama	Her gruptaki siparişler arasındaki birleşmelerin artırılması	Veri madenciliği ve tam sayılı programlama
	Jane ve Laih (2005)	Sipariş toplama	Her bir siparişin tamamlanma süresinin azaltılması	Sezgisel algoritma ve simülasyon
	Heragu vd. (2005)	Depo tahsisi	Depoda fonksiyonel alanlara ürünlerin nasıl dağılması gerektiğine karar verilmesi	Matematiksel model ve sezgisel algoritma
	Manzini vd. (2005)	Sipariş toplama	Esnek sipariş toplama sistemleriyle genel maliyetlerin azaltılması ve performanslarının etkinlik ve müşteri hizmet kalitesi açısından en üste çıkarılması	Simülasyon, genetik algoritma ve faktör analizi
	Le-Duc ve De Koster (2007)	Sipariş gruplama	Sipariş toplayıcıların seyahat süreleri kullanılarak bir siparişin ortalama tamamlanma süresinin hesaplanması ve bu sayede en uygun toplama grup büyüklüğünün tahmin edilmesi	S sezgiseli ve simülasyon
	Bozer ve Kile (2008)	Sipariş gruplama	Yürü ve topla (walk-and-pick) sipariş toplama sisteminde sipariş gruplama problemi için optimal çözüme yakın sonuç veren karma tamsayı programlama modeli ile sezgisel yöntemlerin karşılaştırılması	Karma tamsayı programlama modeli ve sezgisel yöntemler (ilk elverişli zarf tabanlı gruplama (first fit envelope based batching) ve Clarke and Wright)

Tablo 1: Sipariş Toplama ile İlgili Yapılmış Çalışmalar (Devam)

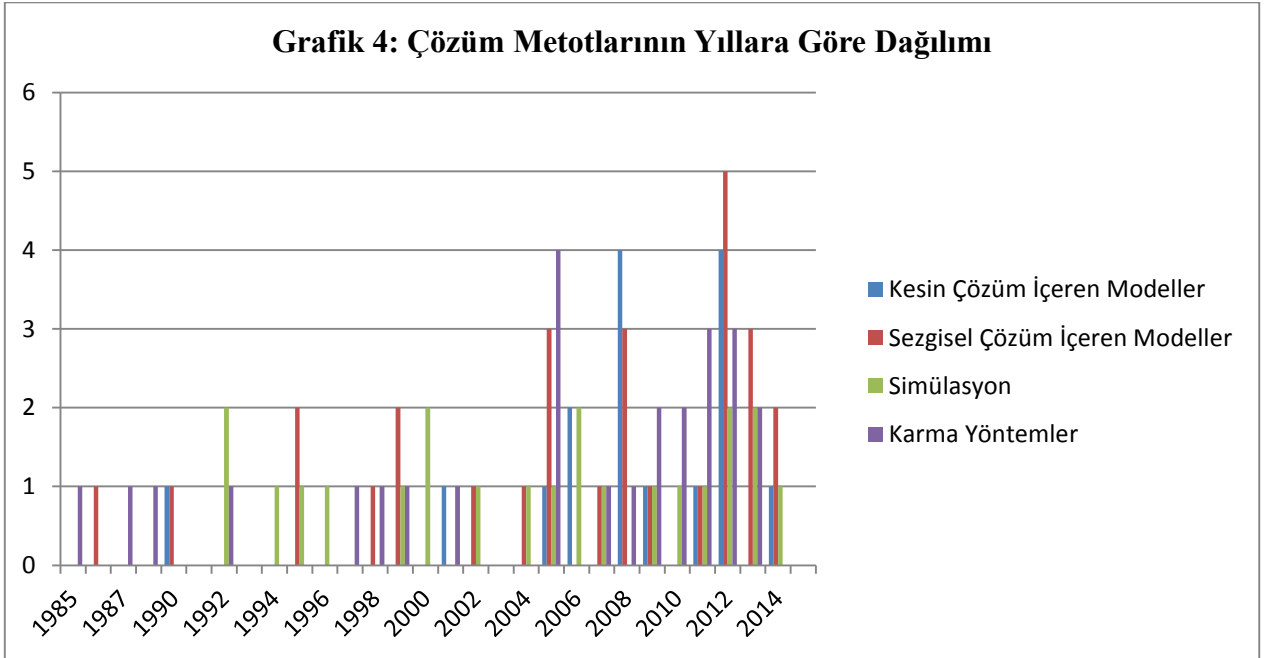
	<i>Yazar (Yıl)</i>	<i>Çalışmanın Konusu</i>	<i>Çalışmanın Amacı</i>	<i>Kullanılan Yöntem</i>
Karma Yöntemler	Yu ve De Koster (2009)	Sipariş toplama	Ortalama sipariş tamamlama süresi üzerinde sipariş gruplama ve bölgelere ayırma etkilerinin analiz edilmesi	Kuyruk modeline dayanan bir tahmin modeli ve simülasyon
	Pan ve Wu (2009)	Depo tahsisi	Sipariş toplayıcının siparişleri tamamlamak için hedeflediği seyahat mesafesinin bulunması	Analitik yöntem ve simülasyon
	Hong (2010)	Sipariş gruplama	Grup toplamada toplayıcı tıkanmasının etkilerinin araştırılması, tıkanıklığı azaltan toplama, gruplama ve sınıflandırma stratejilerinin belirlenmesi, toplam sipariş toplama zamanının en uygun hale getirilmesi	Analitik yöntem ve simülasyon
	Zhang ve Lai (2010)	Depo yerleşim düzeni	Nakliye maliyetlerinin azaltılması	Tamsayı programlama modeli ve tabu arama tabanlı sezgisellerle birlikte sipariş başına kat dizin (cube-per-order index) politikası
	Marchet vd. (2011)	Sipariş toplama ve siparişlerin sınıflandırılması	Sınıflandırarak toplama (pick-and-sort) sisteminde toplama etkinliğinin değerlendirilmesi	Analitik yöntem ve simülasyon
	Hsieh ve Huang (2011)	Sipariş gruplama	Farklı sipariş türleri için en uygun yöntem kombinasyonlarını bulmak amacıyla depo tahsisi, sipariş gruplama ve sipariş taşıyıcı rotalamasını içeren sipariş toplama sistemlerinin tüm performansını araştırılması	K-Means gruplama ve kendini örgütleyen harita gruplama sezgiselleri ve simülasyon
	Vrysagotis ve Kontis (2011)	Depo yerleşim düzeni	Depo yerleşim düzeni problemlerinin türlerine ve çözüm algoritmalarına göre sınıflandırılması	Analitik yöntem ve simülasyon
	Pan vd. (2012)	Depo tahsisi	Seyahat süresini ve bekleme süresini eş zamanlı göz önünde bulundurarak toplam sipariş tamamlama süresinin en aza indirilmesi	Sezgisel algoritma, olasılık ve simülasyon
	Pan ve Wu (2012)	Sipariş toplama	Çok toplayıcılı toplayıcıların ürünlere gittiği sistemlerde iş yapma zamanının değerlendirilmesi	Analitik yöntem ve simülasyon
	Ambati (2012)	Sipariş toplama	Karusel ve otomatik depolama/toplama sistemlerinin performanslarının rastgele ve sınıf tabanlı depo tahsisinde karşılaştırılması	Matematiksel model ve simülasyon
	Alonso-Ayuso vd. (2013)	Sipariş toplama	Nakliye işlemini yapan araçların toplam yükleme zamanlarının en aza indirilmesi	Kesin çözüm içeren yöntemler ve sezgisel yöntemler
	Guerriero vd. (2013)	Depo tahsisi	Sınıflar arasında uyumluluk kısıtları olan çok aşamalı bir depoda ürün dağılım probleminin ele alınması	Matematiksel doğrusal çözüm ve tekrarlı yerel arama sezgiseli

2.1.2. Sipariş Toplama ile İlgili Literatür Araştırması Sonuçları

De Koster ve diğerleri (2007), sipariş toplama maliyetinin toplam depo işletim maliyetinde büyük bir paya sahip olduğunu belirterek sipariş toplama sürecinin önemini belirtmişlerdir. Son yıllarda konuyla ilgili yapılmış çalışmaların sayısının artmış olması ayrıca sipariş toplama sürecinin önemini ortaya koymaktadır.

Çalışmalar, sipariş toplama ve sipariş toplama süreçleri olan yerleşim düzeni (layout), bölgelere ayırma (zoning), gruplama (batching), depo tahsisi (storage assignment), rotalama (routing), sipariş birleştirilmesi ve sınıflandırma (order accumulation and sorting), birikme (congestion) problemlerini konu almaktadır. Bu problemlerin çözümünde kesin çözüm içeren modellerin, sezgisel yöntemlerin, simülasyon yönteminin ve birden çok yöntemin birlikte ele alındığı karma modellerin kullanıldığı görülmektedir. Grafik 4, çözüm metotlarının yıllara göre dağılımını göstermektedir.

Genel olarak sipariş toplama sürecinin performansının iyileştirilmeye çalışıldığı çalışmalarda ayrıca seyahat süresi ve mesafesinin azaltılması, maliyetlerin en aza indirilmesi amaçlanmıştır.



Son yıllarda teknolojinin büyük bir hızla gelişmesiyle meta sezgisel çözüm içeren modellerin ve simülasyon yönteminin daha çok kullanıldığı görülmektedir. Özellikle çözümü zor problemler sınıfında yer alan problemlerin çözümü kesin çözüm içeren

modellerle yapılamadığında bu yöntemler tercih edilmiştir. Ayrıca, bu yöntemlerin optimale yakın çözümler sunması da kullanımını arttırmaktadır. Karma yöntemlerle yapılan çalışmalar da incelendiğinde birçok yöntemin doğruluğunun simülasyon kullanılarak test edildiğini göstermektedir.

Özet olarak yapılacak tez doğrultusunda mevcut durumun analiz edilmesini ve olası senaryoların tespit edilmesini sağlayan simülasyon yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. SİPARİŞ TOPLAMA SÜRECİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE UYGULAMA

3.1. Araştırmanın Önemi ve Amacı

Bu çalışmada lojistik faaliyetler içerisinde önemi gittikçe artan depolama operasyonlarının en önemli faaliyetlerinden biri olarak görülen en fazla emek gerektiren ve en maliyetli süreç olan sipariş toplama fonksiyonu (De Koster ve diğerleri, 2007: 481) araştırılmıştır. Uygulama kapsamında Trabzon Arsin Organize Sanayi Bölgesi'nde gıda ürünlerinin dağıtımını ve pazarlanması konusunda faaliyet gösteren Onurlar Ticaret Ltd. Şti.'nin sipariş toplama süreci ele alınmış; farklı rotalama politikaları simülasyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve toplam sipariş toplama zamanında en fazla azalmayı sağlayan rotalama politikasına karar verilerek sipariş toplama sürecinin etkinliğinin artırılması amaçlanmıştır.

Literatür incelendiğinde rotalama tekniklerini analiz etmek üzere daha çok sezgisel modellerin kullanıldığı görülmüştür. Farklı rotalama politikalarının bir arada karşılaştırıldığı ve bu amaçla simülasyon yönteminin kullanıldığı çok az çalışma bulunmaktadır. Literatürde rotalama politikalarının Simio simülasyon programıyla karşılaştırıldığı çalışmaya rastlanmamıştır.

3.2. Firma Hakkında Genel Bilgiler

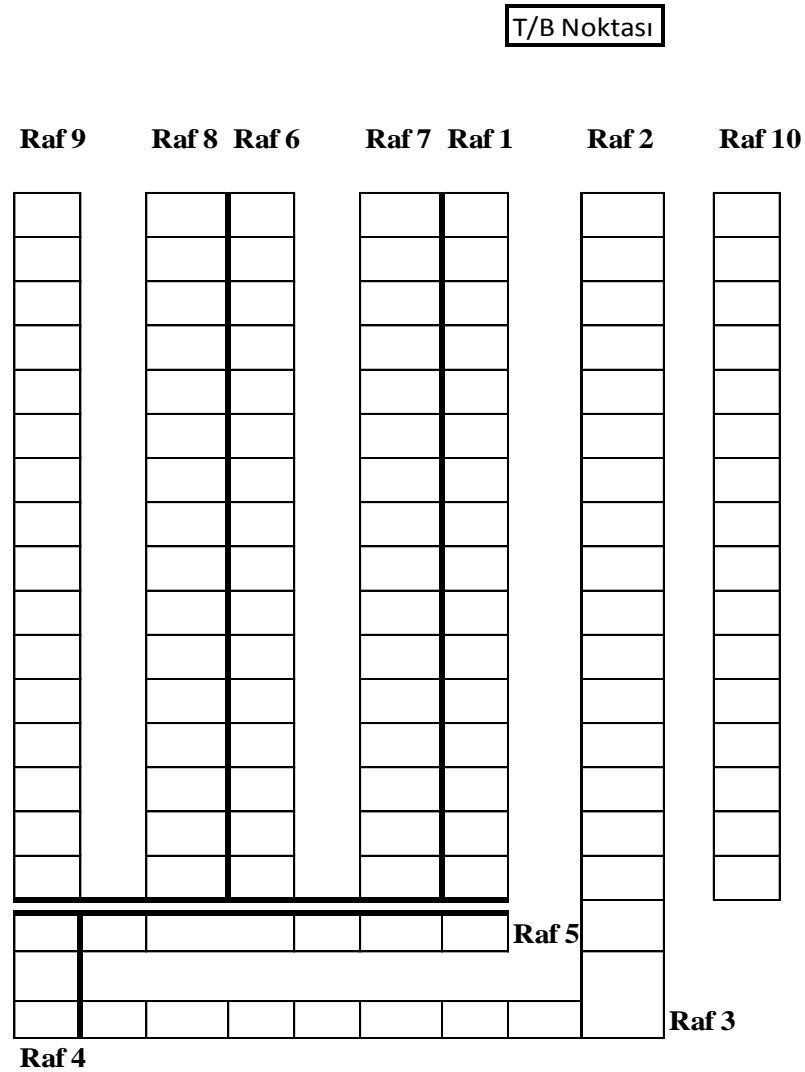
Çalışmanın yapıldığı depoda 18 adet ürün grubu bulunmakta olup toplam yaklaşık 10.000 kalem parça yönetilmektedir. 8 kişi gelen ürünlerin depoya yerleştirilmesi, müşterilerden gelen siparişlerin depo lokasyonlarından toplanması ve hazırlanan paletlerin sevkiyat alanlarına taşınmasından sorumludur.

Toplayıcının ürüne gittiği sipariş toplama sisteminin kullanıldığı depoda, sipariş toplayıcılar sipariş listesinde bulunan parçaları raflardan manuel olarak geçitler arasında dolaşarak toplamaktadırlar.

Depo, 5 geçit ve 10 raftan; her raf da 2 seviye ve 3 bölmeden oluşmaktadır (Şekil 20). Rota belirleme problemi için önemli bir nokta olan T/B noktası, deponun ön tarafında, deponun köşe noktası ile orta noktası arasında yer almaktadır.

Depoda sipariş toplama işlemi sipariş toplayıcının T/B noktasından ürünleri toplamak için çıkmasıyla başlar ve hazırlanan paletleri geri T/B noktasına getirmesiyle son bulur. Onurlar Ticaret Ltd. Şti.'nin uyguladığı rotalama politikası literatürdeki geri dönüş rotalama politikasına karşılık gelmektedir.

Şekil 20: İşletmedeki Depo Düzeni



3.3. Yöntem

Lojistiğin en önemli alt bölümü olarak görülen sipariş toplama fonksiyonu en fazla emek gerektiren ve en maliyetli süreçtir (De Koster ve diğerleri, 2007: 481). Sipariş toplama sisteminde birbiriyle etkileşim halinde bulunan birçok faktörün olması ve tasarım seçeneklerinin çokluğu sistemi karmaşık bir hale getirdiğinden simülasyon, bu etkileşimleri araştırmak amacıyla kullanılan en uygun araç olarak görülmektedir (Ulbrich ve diğerleri, 2010: 6).

Simülasyon, maliyetleri indirmek, kalite ya da etkinliği iyileştirmek ve ürünlerin pazara sürüm süresini azaltmak amacıyla karmaşık sistemlerin tasarım, kontrol veya iyileştirme süreçlerinde zor problemlerin çözümünde karar vericilere yardımcı olan etkili bir tekniktir (Zhou ve diğerleri, 2010: 115). Simülasyon, sayısal bilgisayarda, bir sistemin uzun bir zaman dilimindeki davranışını açıklayan matematiksel ve mantıksal modelleri içeren deneylerin yürütülmesini sağlayan sayısal bir tekniktir (Naylor ve diğerleri, 1966'dan aktaran Appelqvist ve diğerleri, 2004: 676).

Bu çalışmada simülasyon, farklı rotalama politikalarının (zigzag, geri dönüş, orta nokta, en büyük boşluk, karma) sipariş toplama zamanı üzerindeki etkilerini araştırmak ve bu politikaları birbirleriyle karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Literatür incelendiğinde rotalama tekniklerini analiz etmek üzere daha çok sezgisel modellerin kullanıldığı görülmüştür. Bunun sebebi sezgisel modellerin depo çalışanları tarafından daha kolay anlaşılır olması ve daha hızlı çözüm sunmalarındır (Petersen ve Schmenner, 1999: 499). Performans ölçüsü olarak sipariş toplayıcının sipariş toplama sürecinde izlediği rota mesafeleri dikkate alınmıştır. Zaman yerine performans olarak mesafe alınmasının sebebi sipariş toplayıcılarının yürüme hızı ya da sipariş toplama araçlarının hızından kaynaklanabilecek gerçek ortam ve simülasyon ortamındaki zaman farklılıklarını ortadan kaldırmaktır (Petersen ve Schmenner, 1999: 483). Modelleri analiz etmek için nesneye dayalı olma özelliği ile diğer simülasyon programlarından ayrılan Simio programı kullanılmıştır (URL 2).

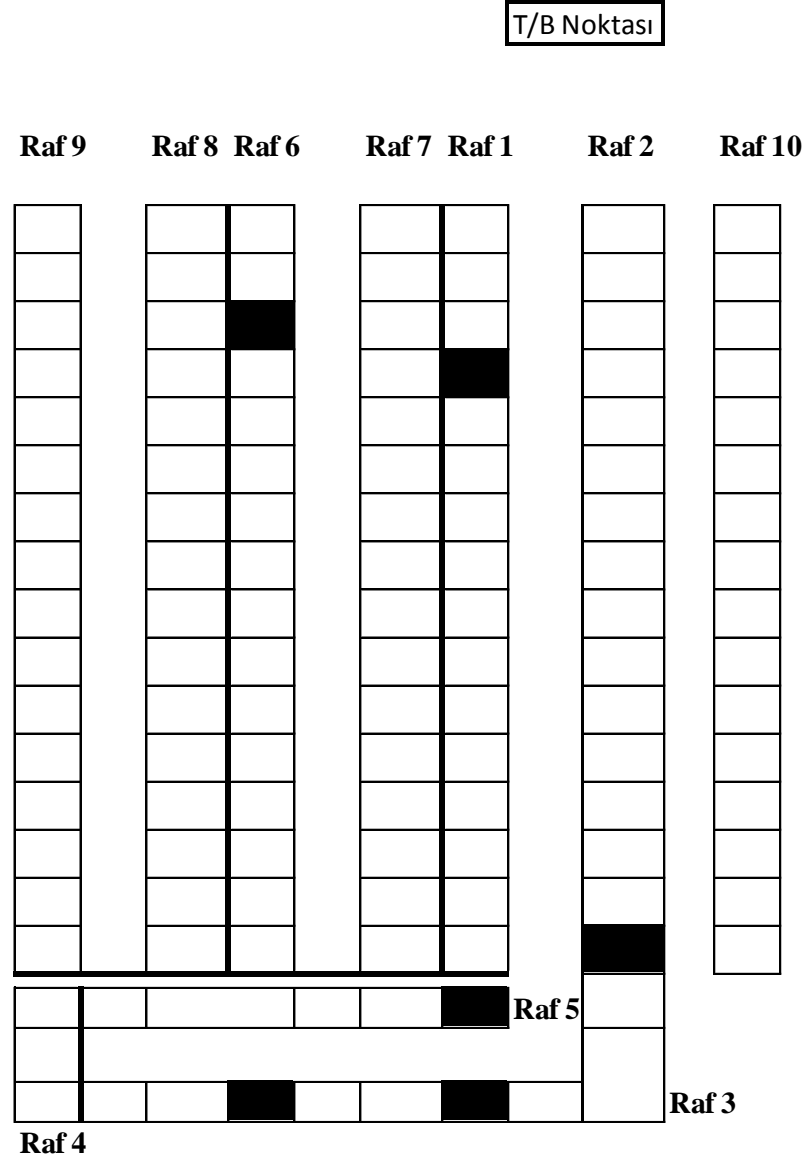
3.3.1. Modelin Kurulması

Çalışmanın yapıldığı depo 1.200 m² alana sahip olup çalışmada kullanılan sipariş listesine ait ürünlerin depodaki konumları siyah renkli raf bölümleri olarak Şekil 21'de gösterilmiştir. Rotalama politikalarının gerekliliklerine göre raflardaki ürünler arasındaki

gerçek mesafeler dikkate alınarak modeller oluşturulmuştur. Model kurulurken çeşitli varsayımlar göz önünde bulundurulmuştur:

- Depoda gerçek durumu gösteren rotalama politikasının geri dönüş rotalama politikası olduğu kabul edilmiş ve diğer modeller bu modelle karşılaştırılarak toplam sipariş toplama süresinin en az olduğu modele karar verilmiştir.
- Oluşturulan modellerde Simülasyon programına sipariş toplayıcının raftan ürünü alma süresi 6 sn; ürünü paletlere boşaltma süresi 4 sn olarak verilmiştir (EK-1).
- Depoda haftanın 6 günü (Pazartesi-Cumartesi) çalışılmakta olup çalışma saatleri 08.00-19.00 olarak EK-2 ve EK-3’de gösterildiği şekilde simülasyon programına veri olarak girilmiştir.
- Tek bir sipariş listesindeki ürünler göz önünde bulundurulmuş ve bütün modellerde aynı sipariş listesi kullanılmıştır.
- Sipariş toplayıcının her bir model için toplam sipariş toplama zamanı değerlendirilirken, T/B noktasından başlayıp raflar arasında ürünleri toplayarak dolaşıp tekrar T/B noktasına dönmesinden oluşan döngü sayısı 1 olarak alınmıştır.
- Oluşturulan modellerde EK-4’de gösterildiği şekilde sipariş toplayıcının dolaşma hızı 1 m/sn olarak alınmıştır.
- Depoda stok tutma metodu olarak ilk giren ilk çıkar (First in First out-FIFO) prensibi uygulanmaktadır.
- Simio simülasyon programında modeller bir aylık gözlem sonucu oluşturulmuştur.

Şekil 21: Ürünlerin Depodaki Konumlarının Gösterilmesi



3.3.2. Modelin Doğruluğu ve Geçerliliği

Model kurulduktan sonra yapılması gereken bilgisayar kodunun herhangi bir programlama hatası içerip içermediğinin kontrol edilmesidir. Modelin doğruluğu birimsel programlama, simülasyon çıktılarının birim başı istatistiksel testlerle kontrol edilmesi, son simülasyon çıktılarının analitik sonuçlarla karşılaştırılması ve animasyon teknikleri kullanılarak test edilebilir (Kleijnen, 1995: 147).

Programın doğru kurulduğunun anlaşılmasının ardından kurulan simülasyon modelinin sistemi doğru gösterip gösterilmediğine bakılır. Bir modelin geçerliliği gerçek

dünyaya ait verilerin alınması, simüle edilen ve gerçek verilerin basit testlerle (grafiksel, t testi, Schruben-Tureng testleri) karşılaştırılması, simüle edilen ve gerçek cevapların birbiriyle pozitif yönlü ilişkisinin olup olmadığının test edilmesi (regresyon analizi), duyarlılık analizi ve beyaz ve siyah kutu (white and black box) simülasyonları ile anlaşılabilir (Kleijnen, 1995: 151).

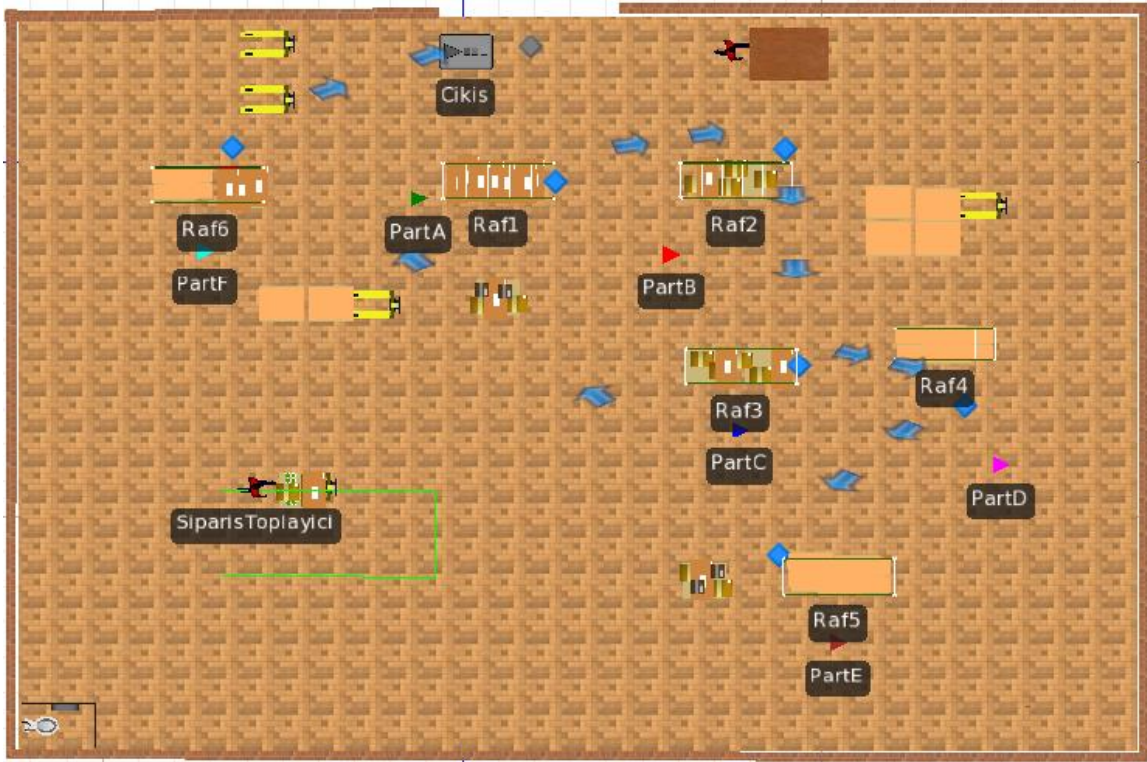
Yapılan çalışmada uygulama yapılan depoda toplam sipariş toplama zamanları gerçek zamanlı olarak ölçülmüş olup kurulan simülasyon modellerinde çıktı olarak ortaya çıkan toplam sipariş toplama zamanlarıyla örtüştüğü ve modelin geçerli olduğu görülmüştür.

3.4. Bulgular

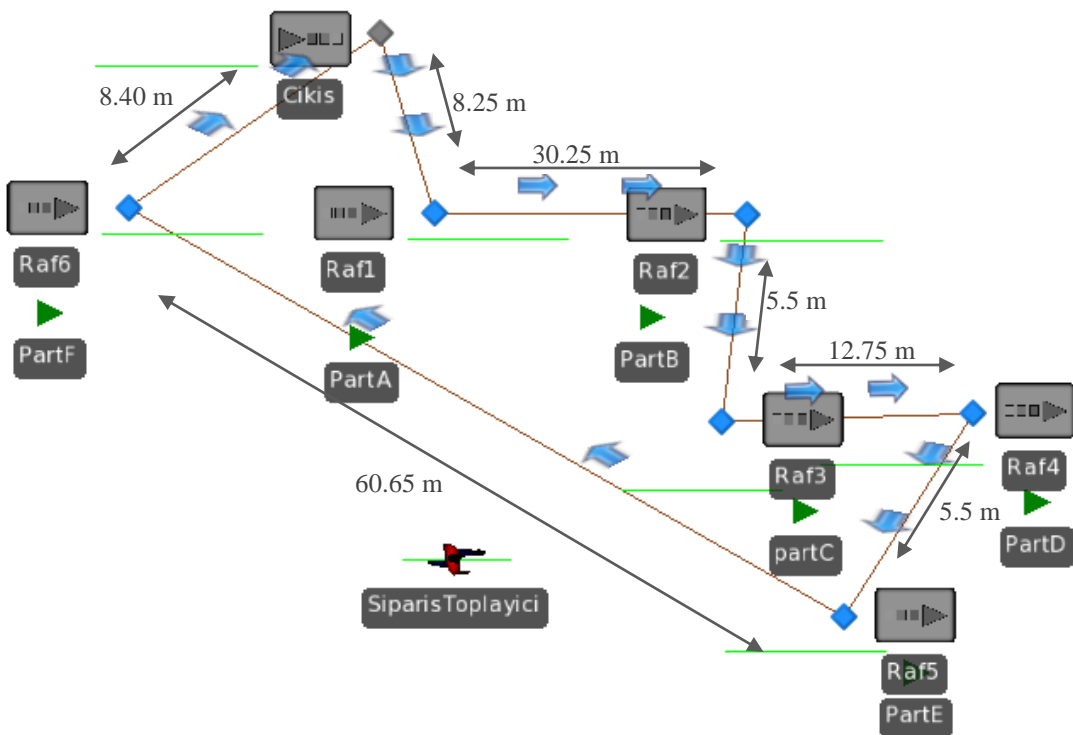
Bu bölümde Onurlar Ticaret Ltd. Şti'ne ait depoda farklı rotalama politikaları (zigzag, geri dönüş, orta nokta, en büyük boşluk, karma) uygulanarak toplam sipariş toplama zamanının en az olduğu rotalama politikasına karar verebilmek için simülasyon yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Depoda uygulandığı kabul edilen geri dönüş rotalama politikasının simülasyon çıktıları, gerçek zamanlı olarak hesaplanan sipariş toplama zamanı ve diğer rotalama politikalarının simülasyon çıktıları ile karşılaştırılmıştır. Simülasyon ortamında kurulan farklı rotalama politikalarına ait modeller ve bunlara ait simülasyon çıktıları aşağıda verilmiştir.

Geri dönüş rotalama politikasının uygulandığı mevcut durum analizine ait simülasyon görünümü Şekil 22'deki gibidir. Burada PartA, PartB, PartC, PartD, PartE ve Part F sipariş listesinde bulunan ürünleri ifade etmektedir. Raf1, Raf2, Raf3, Raf4, Raf5 ve Raf6 sipariş toplayıcı tarafından toplanacak olan bu ürünlerin bulunduğu rafları göstermektedir. Mavi oklar sipariş toplayıcının izlediği yolu (rotayı) belirtmekte olup raflardaki ürünler arasındaki mesafelerdir. Çıkış olarak ifade edilen yer T/B noktası olup sipariş toplayıcı sipariş listesindeki ürünleri, uygulanan rotalama politikasına uygun olan rotayı takip ederek toplayıp tekrardan bu noktaya boşaltmaktadır. Geri dönüş rotalama politikasına ait ürünler arasındaki mesafeler Şekil 23'te gösterilmektedir. Farklı rotalama politikalarına ait modellerde ürünler arasındaki mesafeler EK-5'de gösterilen arayüze değerlerin tek tek girilmesiyle oluşturulmuştur.

Şekil 22: Geri Dönüş Rotalama Politikasına Ait Model



Şekil 23: Geri Dönüş Rotalama Politikasına Ait Ürünler Arasındaki Mesafeler



Şekil 23'te görüldüğü üzere sipariş toplayıcının geri dönüş rotalama politikası uygulandığında izlediği rota sırasıyla Raf1, Raf2, Raf3, Raf4, Raf5, Raf6 ve Çıkış şeklindedir. İzlenen rotanın sisteme girilmesine ilişkin arayüz EK-6'da gösterilmiştir. Sistem tarafından raflardaki ürünler arasındaki mesafelerin dikkate alınmasıyla kurulan modellerde hesaplanan toplam sipariş toplama zamanına ait simülasyon çıktıları ve diğer bilgiler Şekil 24 ve Şekil 25'te verilmiştir. Belirtilen simülasyon çıktıları sipariş toplayıcının T/B noktasından başlayıp raflar arasında ürünleri toplayarak dolaşıp tekrar T/B noktasına dönmesinden oluşan 1 adet turun sonuçlarıdır.

Şekil 23'te yuvarlak içine alınmış rakamlar 1 turluk döngüde ürünlere ait raflarda bulunan ürün sayısını ve sipariş toplayıcının siparişleri toplarken raflardan aldığı ürün sayısını ifade etmektedir. PartA ürünü için rafta 4 adet bulunmakta ve sipariş toplayıcı 1 turluk sipariş toplama döngüsünde 1 adet bu üründen almaktadır. PartB'den rafta 8 adet bulunmakta ve 2 adet alınmakta, PartC'den rafta 6 adet bulunmakta ve 3 adet alınmakta, PartD'den rafta 5 adet bulunmakta ve 4 adet alınmakta, PartE'den rafta 4 adet bulunmakta ve 2 adet alınmakta, PartF'den ise rafta 10 adet bulunmakta ve 6 adet alınmaktadır.

Şekil 24: Geri Dönüş Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplayıcının Raflardan Aldığı Ürün Sayısı

Object Type ▲	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total
ModelEntity	PartA	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,3075
					Maximum	3,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0676
					Maximum (Ho...	0,0676
					Minimum (Ho...	0,0676
			Throughput	NumberCreated	Total	4,0000
	NumberDestroyed	1,0000				
	PartB	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	4,6654
					Maximum	8,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0652
					Maximum (Ho...	0,0698
					Minimum (Ho...	0,0606
			Throughput	NumberCreated	Total	8,0000
	NumberDestroyed	2,0000				
	PartC	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	3,5826
Maximum					5,0000	
FlowTime			TimeInSystem	Average (Ho...	0,0643	
				Maximum (Ho...	0,0709	
				Minimum (Ho...	0,0540	
Throughput			NumberCreated	Total	6,0000	
	NumberDestroyed	3,0000				
ModelEntity	PartD	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	3,0448
					Maximum	4,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0645
					Maximum (Ho...	0,0742
					Minimum (Ho...	0,0484
			Throughput	NumberCreated	Total	5,0000
	NumberDestroyed	4,0000				
	PartE	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,3637
					Maximum	4,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0737
					Maximum (Ho...	0,0787
					Minimum (Ho...	0,0687
			Throughput	NumberCreated	Total	4,0000
	NumberDestroyed	2,0000				
	PartF	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	5,0407
Maximum					9,0000	
FlowTime			TimeInSystem	Average (Ho...	0,0654	
				Maximum (Ho...	0,0820	
				Minimum (Ho...	0,0434	
Throughput			NumberCreated	Total	10,0000	
	NumberDestroyed	6,0000				

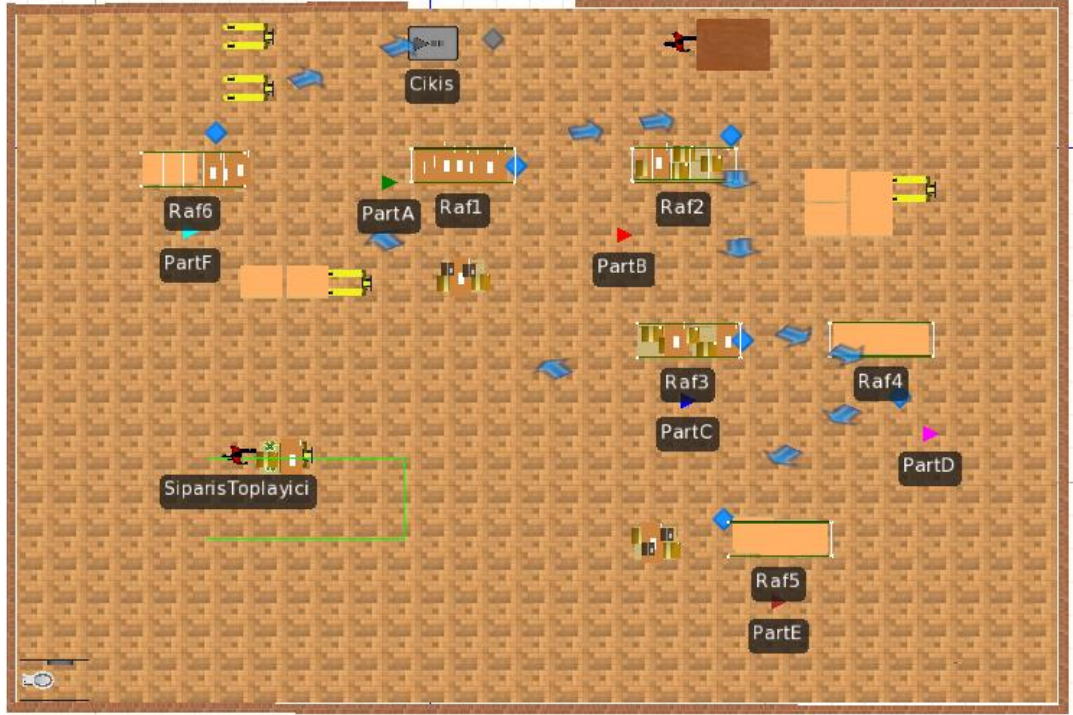
Şekil 25: Geri Dönüş Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplama Zamanı

Object Type ▲	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total			
Vehicle	SiparisToplayici	[Population]	Capacity	UnitsAllocated	Total	1,0000			
				UnitsScheduled	Average	1,0000			
					Maximum	1,0000			
				UnitsUtilized	Average	1,0000			
					Maximum	1,0000			
				SiparisToplayici[1]	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	100,0000
	UnitsAllocated	Total	1,0000						
	UnitsScheduled	Average	1,0000						
		Maximum	1,0000						
	UnitsUtilized	Average	1,0000						
		Maximum	1,0000						
	ResourceState	TransportingTime	Average (Ho...			0,0881			
			Occurrences			1,0000			
			Percent			100,0000			
			Total (Hours)			0,0881			
			RideStation			Content	NumberInStation	Average	8,3881
							Maximum	18,0000	
	HoldingTime	TimeInStation	Average (Ho...	0,0410					
Maximum (Ho...			0,0636						
Minimum (Ho...			0,0223						
Throughput	NumberEntered	Total	18,0000						
		NumberExited	Total	18,0000					

Şekil 25'te yuvarlak içinde gösterilen değer, sipariş toplayıcının T/B noktasından başlayıp sipariş listesinde bulunan ürünleri raflardan alarak tekrardan T/B noktasına gelerek ürünleri boşaltması süreçlerini kapsayan 1 turluk döngü sonucu elde edilmiş simülasyon çıktısıdır. Geri dönüş rotalama politikası uygulandığında sipariş listesinde bulunan ürünler sipariş toplayıcı tarafından ortalama 0,0881 saatte yani 5,286 dakikada toplanmaktadır.

Mevcut durumu gösteren geri dönüş rotalama politikasına ait model ve simülasyon çıktıları ile karşılaştırılmak üzere kurulmuş olan zigzag, orta nokta, en büyük boşluk ve karma rotalama politikalarına ait model ve simülasyon çıktıları aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

Şekil 26: Zigzag Rotalama Politikasına Ait Model

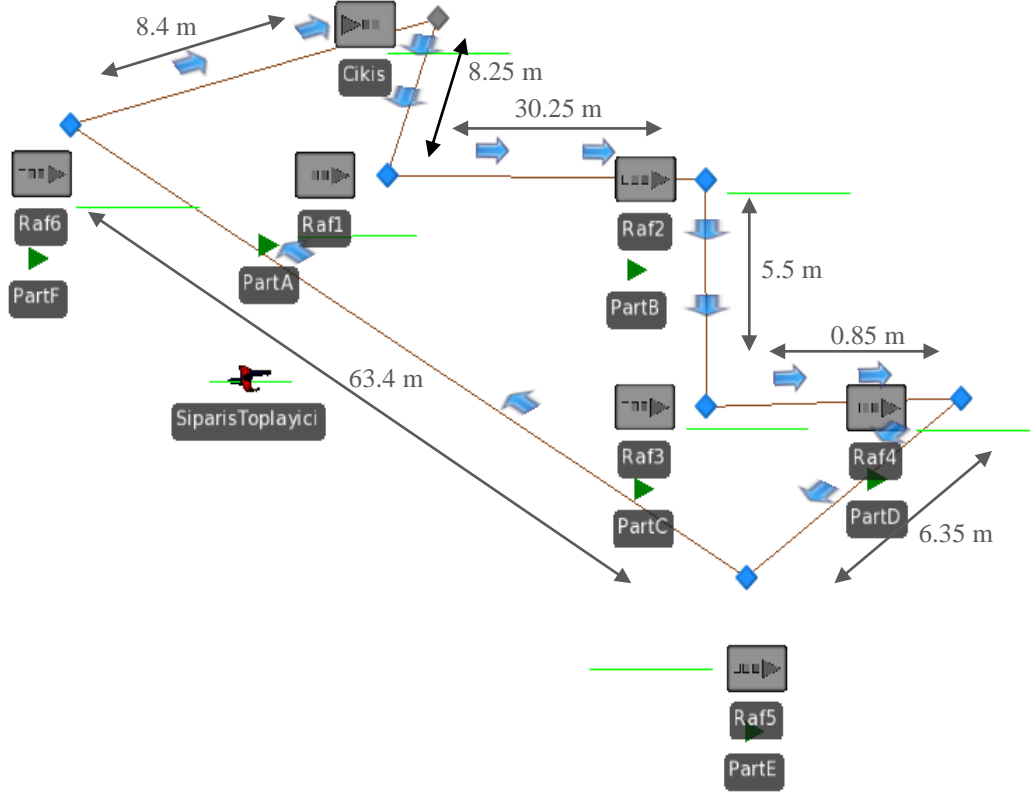


Zigzag rotalama politikasının uygulandığı olası senaryoların analizine ait simülasyon görünümü Şekil 26'daki gibidir. Sipariş toplayıcının takip ettiği yolu (rotayı) ifade eden mavi oklarla gösterilen oklara ait mesafeler Şekil 27'de gösterilmiştir.

Şekil 27'de görüldüğü üzere sipariş toplayıcının zigzag rotalama politikası uygulandığında izlediği rota sırasıyla Raf1, Raf2, Raf3, Raf4, Raf5, Raf6 ve Çıkış şeklindedir. EK-7'de izlenen rotanın sisteme girilmesine ilişkin arayüz gösterilmiştir.

Sipariş toplayıcının zigzag rotalama politikasının simüle edildiği Şekil 27'de belirtilen rotayı takip ederek raflardan aldığı ürün sayısı ve sipariş toplayıcının çıkış olarak adlandırılan T/B noktasından başlayıp T/B noktasında sonlandırdığı 1 turluk sipariş toplama döngüsünde toplam sipariş toplama zamanını belirten simülasyon çıktıları Şekil 28 ve Şekil 29'da verilmiştir.

Şekil 27: Zigzag Rotalama Politikasına Ait Ürünler Arasındaki Mesafeler



Şekil 28’de görüldüğü üzere PartA ürünü için rafta 4 adet bulunmakta ve sipariş toplayıcı 1 turluk sipariş toplama döngüsünde 1 adet bu üründen almaktadır. PartB’den rafta 8 adet bulunmakta ve 2 adet alınmakta, PartC’den rafta 5 adet bulunmakta ve 3 adet alınmakta, PartD’den rafta 5 adet bulunmakta ve 3 adet alınmakta, PartE’den rafta 4 adet bulunmakta ve 2 adet alınmakta, PartF’den ise rafta 10 adet bulunmakta ve 6 adet alınmaktadır.

Şekil 29’da yuvarlak içinde gösterilen değer, zigzag rotalama politikası uygulandığında sipariş listesinde bulunan ürünlerin sipariş toplayıcı tarafından ortalama 0,0833 saatte yani 4,998 dakikada toplandığını belirtmektedir.

Şekil 28: Zigzag Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplayıcının Raflardan Aldığı Ürün Sayısı

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total		
ModelEntity	PartA	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,2200		
					Maximum	3,0000		
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0636		
					Maximum (Ho...	0,0636		
					Minimum (Ho...	0,0636		
			Throughput	NumberCreated	Total	4,0000		
					NumberDestroyed	1,0000		
			PartB	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	4,4933
							Maximum	8,0000
	FlowTime	TimeInSystem			Average (Ho...	0,0612		
					Maximum (Ho...	0,0658		
					Minimum (Ho...	0,0566		
	Throughput	NumberCreated			Total	8,0000		
					NumberDestroyed	2,0000		
	PartC	[Population]			Content	NumberInSystem	Average	3,4957
Maximum							5,0000	
FlowTime			TimeInSystem	Average (Ho...	0,0603			
				Maximum (Ho...	0,0669			
				Minimum (Ho...	0,0501			
Throughput			NumberCreated	Total	5,0000			
				NumberDestroyed	3,0000			

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total		
ModelEntity	PartD	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	3,0876		
					Maximum	4,0000		
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0655		
					Maximum (Ho...	0,0703		
					Minimum (Ho...	0,0629		
			Throughput	NumberCreated	Total	5,0000		
					NumberDestroyed	3,0000		
			PartE	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,2625
							Maximum	4,0000
	FlowTime	TimeInSystem			Average (Ho...	0,0686		
					Maximum (Ho...	0,0736		
					Minimum (Ho...	0,0636		
	Throughput	NumberCreated			Total	4,0000		
			NumberDestroyed	2,0000				
	PartF	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	4,7343		
					Maximum	9,0000		
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0604		
					Maximum (Ho...	0,0781		
Minimum (Ho...					0,0394			
Throughput			NumberCreated	Total	10,0000			
				NumberDestroyed	6,0000			

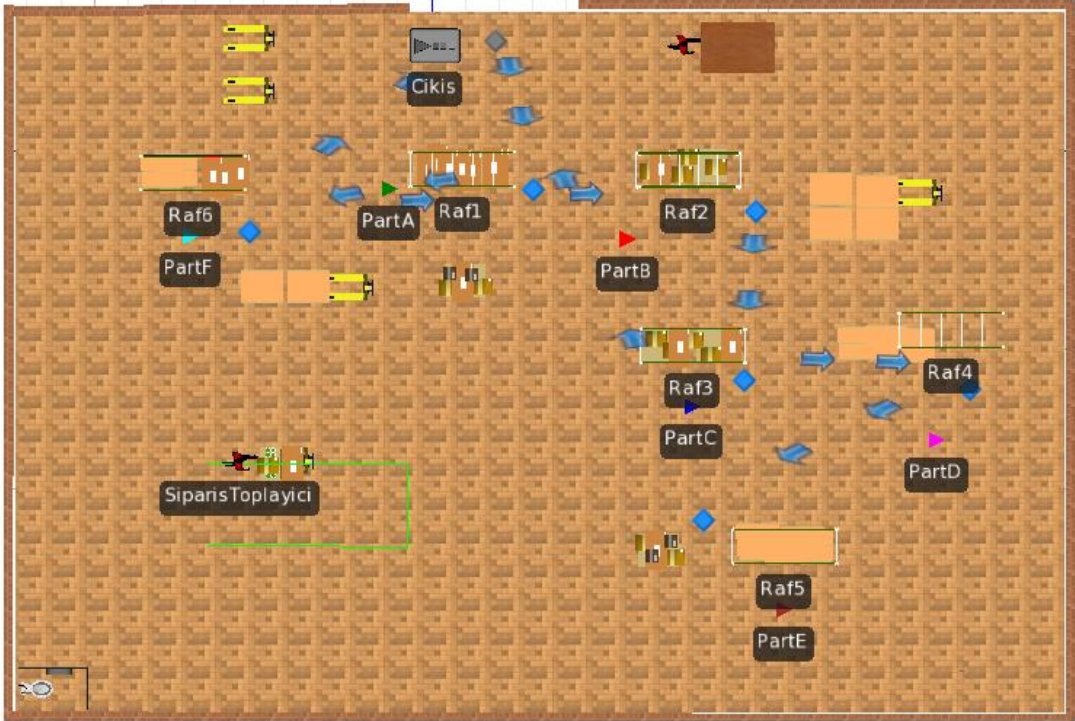
Şekil 29: Zigzag Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplama Zamanı

Object Type ▲	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total	
Vehicle	SiparisToplayici	[Population]	Capacity	UnitsAllocated	Total	1,0000	
				UnitsScheduled	Average	1,0000	
					Maximum	1,0000	
				UnitsUtilized	Average	1,0000	
					Maximum	1,0000	
				SiparisToplayici[1]	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization
		UnitsAllocated	Total	1,0000			
		UnitsScheduled	Average	1,0000			
			Maximum	1,0000			
		UnitsUtilized	Average	1,0000			
			Maximum	1,0000			
		ResourceState	TransportingTime	Average (Ho...		0,0833	
				Occurrences		1,0000	
				Percent		100,0000	
				Total (Hours)		0,0833	
		RideStation	Content	NumberInStation		Average	7,9292
						Maximum	17,0000
			HoldingTime	TimeInStation		Average (Ho...	0,0388
							Maximum (Ho...
						Minimum (Ho...	0,0212
	Throughput		NumberEntered	Total	17,0000		
		NumberExited	Total	17,0000			

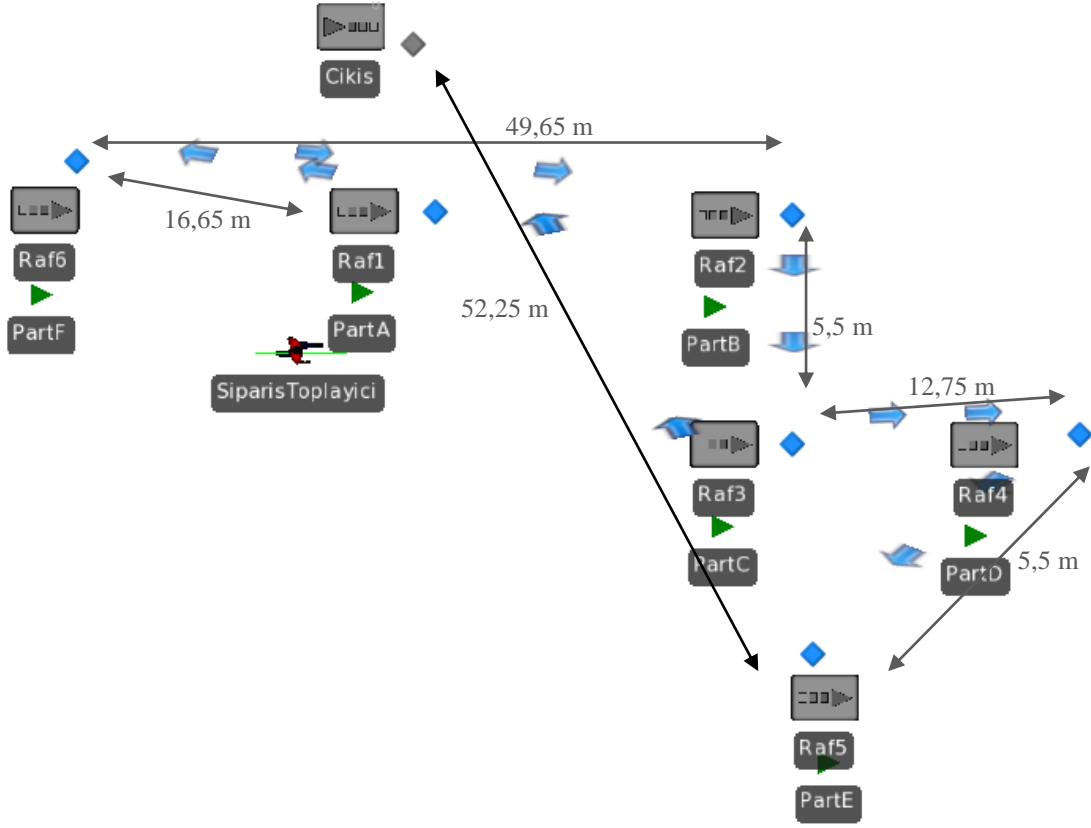
Şekil 30, orta nokta rotalama politikasının uygulandığı olası senaryoların analizine ait simülasyon görüntüsünü vermektedir. Şekil 31’de ise sipariş toplayıcının takip ettiği yolu (rotayı) ifade eden mavi oklarla gösterilen mesafeler mevcuttur.

Şekil 31’de görüldüğü üzere sipariş toplayıcının orta nokta rotalama politikası uygulandığında izlediği rota sırasıyla Raf1, Raf6, Raf2, Raf3, Raf4, Raf5 ve Çıkış şeklindedir. EK-8’de izlenen rotanın sisteme girilmesine ilişkin arayüz gösterilmiştir.

Şekil 30: Orta Nokta Rotalama Politikasına Ait Model



Şekil 31: Orta Nokta Rotalama Politikasına Ait Ürünler Arasındaki Mesafeler



Şekil 32’de görüldüğü üzere PartA ürünü için rafta 4 adet bulunmakta ve sipariş toplayıcı 1 turluk sipariş toplama döngüsünde 1 adet bu üründen almaktadır. PartB’den rafta 8 adet bulunmakta ve 4 adet alınmakta, PartC’den rafta 6 adet bulunmakta ve 5 adet alınmakta, PartD’den rafta 5 adet bulunmakta ve 4 adet alınmakta, PartE’den rafta 4 adet bulunmakta ve 3 adet alınmakta, PartF’den ise rafta 11 adet bulunmakta ve 2 adet alınmaktadır.

Şekil 33, orta nokta rotalama politikası uygulandığında sipariş listesinde bulunan ürünlerin sipariş toplayıcı tarafından ortalama 0,0963 saatte yani 5,778 dakikada toplandığını belirtmektedir.

Şekil 32: Orta Nokta Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplayıcının Raflardan Aldığı Ürün Sayısı

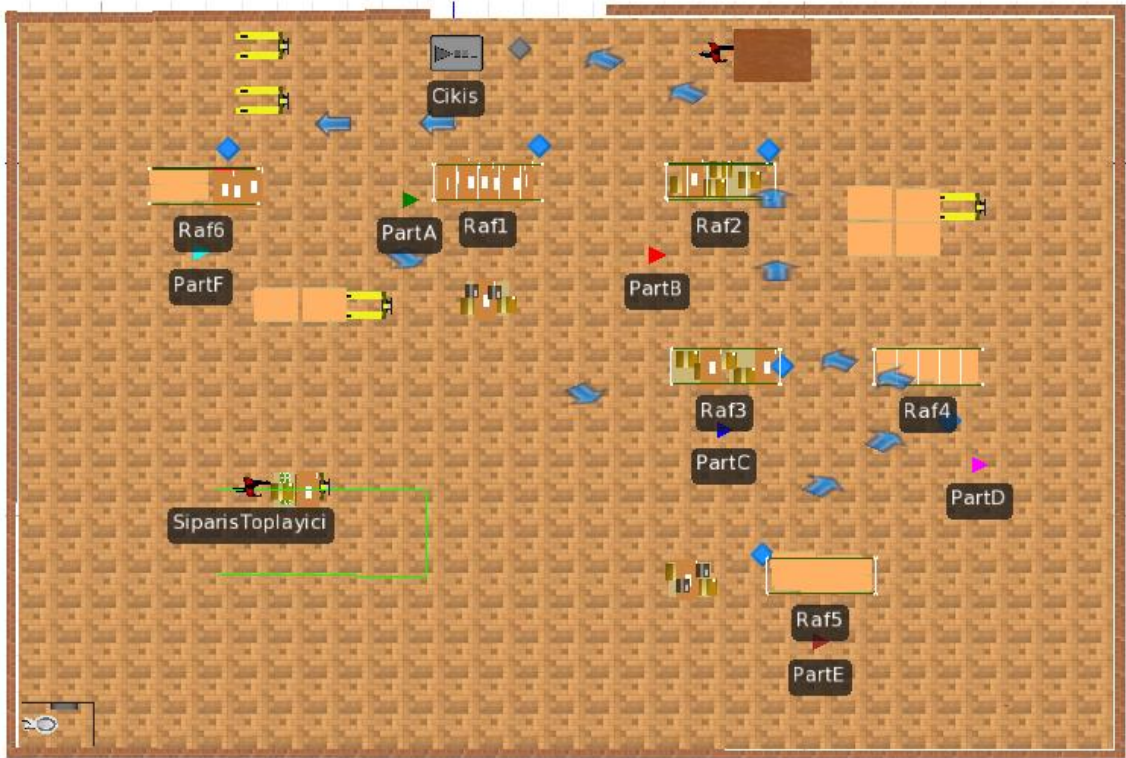
Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
ModelEntity	PartA	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,4395
					Maximum	4,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0746
					Maximum (Ho...	0,0746
					Minimum (Ho...	0,0746
			Throughput	NumberCreated	Total	4,0000
				NumberDestroyed	Total	1,0000
	PartB	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	4,6476
					Maximum	8,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0646
					Maximum (Ho...	0,0790
					Minimum (Ho...	0,0520
			Throughput	NumberCreated	Total	8,0000
				NumberDestroyed	Total	4,0000
	PartC	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	3,6815
				Maximum	5,0000	
FlowTime			TimeInSystem	Average (Ho...	0,0687	
				Maximum (Ho...	0,0824	
				Minimum (Ho...	0,0559	
Throughput			NumberCreated	Total	6,0000	
			NumberDestroyed	Total	5,0000	
Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
ModelEntity	PartD	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	3,4384
					Maximum	5,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0781
					Maximum (Ho...	0,0879
					Minimum (Ho...	0,0632
			Throughput	NumberCreated	Total	5,0000
				NumberDestroyed	Total	4,0000
	PartE	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,5992
					Maximum	4,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0714
					Maximum (Ho...	0,0924
					Minimum (Ho...	0,0382
			Throughput	NumberCreated	Total	4,0000
				NumberDestroyed	Total	3,0000
	PartF	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	5,3625
				Maximum	9,0000	
FlowTime			TimeInSystem	Average (Ho...	0,0733	
				Maximum (Ho...	0,0768	
				Minimum (Ho...	0,0698	
Throughput			NumberCreated	Total	11,0000	
			NumberDestroyed	Total	2,0000	

Şekil 33: Orta Nokta Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplama Zamanı

Object Type ▲	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total	
Vehicle	SiparisToplayici	[Population]	Capacity	UnitsAllocated	Total	1,0000	
				UnitsScheduled	Average	1,0000	
					Maximum	1,0000	
				UnitsUtilized	Average	1,0000	
					Maximum	1,0000	
	SiparisToplayici[1]	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	100,0000	
				UnitsAllocated	Total	1,0000	
				UnitsScheduled	Average	1,0000	
					Maximum	1,0000	
				UnitsUtilized	Average	1,0000	
					Maximum	1,0000	
			ResourceState	TransportingTime	Average (Ho...		0,0963
					Occurrences		1,0000
					Percent		100,0000
					Total (Hours)		0,0963
RideStation	Content	NumberInStation	Average		9,3000		
			Maximum		19,0000		
	HoldingTime	TimeInStation	Average (Ho...		0,0471		
			Maximum (Ho...		0,0706		
			Minimum (Ho...		0,0356		
	Throughput	NumberEntered	NumberExited	Total		19,0000	
Total					19,0000		

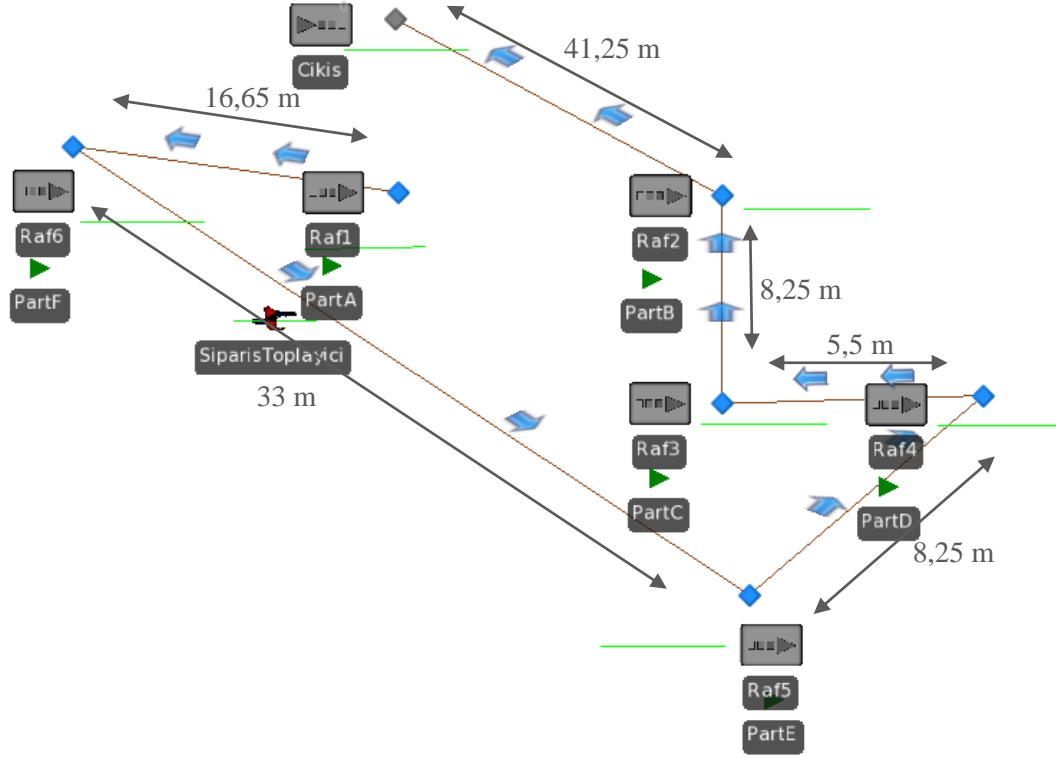
En büyük boşluk rotalama politikasının uygulandığı olası senaryoların analizine ait simülasyon görüntüsü Şekil 34'teki gibidir. sipariş toplayıcının takip ettiği yolu (rotayı) ifade eden mavi oklarla gösterilen mesafeler Şekil 35'te verilmiştir.

Şekil 34: En Büyük Boşluk Rotalama Politikasına Ait Model



Şekil 35’te görüldüğü üzere sipariş toplayıcının en büyük boşluk rotalama politikası uygulandığında izlediği rota sırasıyla Raf1, Raf6, Raf5, Raf4, Raf3, Raf2 ve Çıkış şeklindedir. İzlenen rotanın sisteme girilmesine ilişkin arayüz EK-9’da gösterilmiştir.

Şekil 35: En Büyük Boşluk Rotalama Politikasına Ait Ürünler Arasındaki Mesafeler



En büyük boşluk rotalama politikasına ait sipariş toplayıcının raflardan aldığı ürün sayısı Şekil 36'da verilmiştir. PartA ürünü için rafta 4 adet bulunmakta ve sipariş toplayıcı 1 turluk sipariş toplama döngüsünde 1 adet bu üründen almaktadır. PartB'den rafta 8 adet bulunmakta ve 8 adet alınmakta, PartC'den rafta 6 adet bulunmakta ve 5 adet alınmakta, PartD'den rafta 5 adet bulunmakta ve 4 adet alınmakta, PartE'den rafta 4 adet bulunmakta ve 2 adet alınmakta, PartF'den ise rafta 11 adet bulunmakta ve 2 adet alınmaktadır.

En büyük boşluk rotalama politikası uygulandığında sipariş listesinde bulunan ürünlerin sipariş toplayıcı tarafından ortalama 0,0966 saatte yani 5,796 dakikada toplandığı Şekil 37'de gösterilmiştir.

Şekil 36: En Büyük Boşluk Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplayıcının Raflardan Aldığı Ürün Sayısı

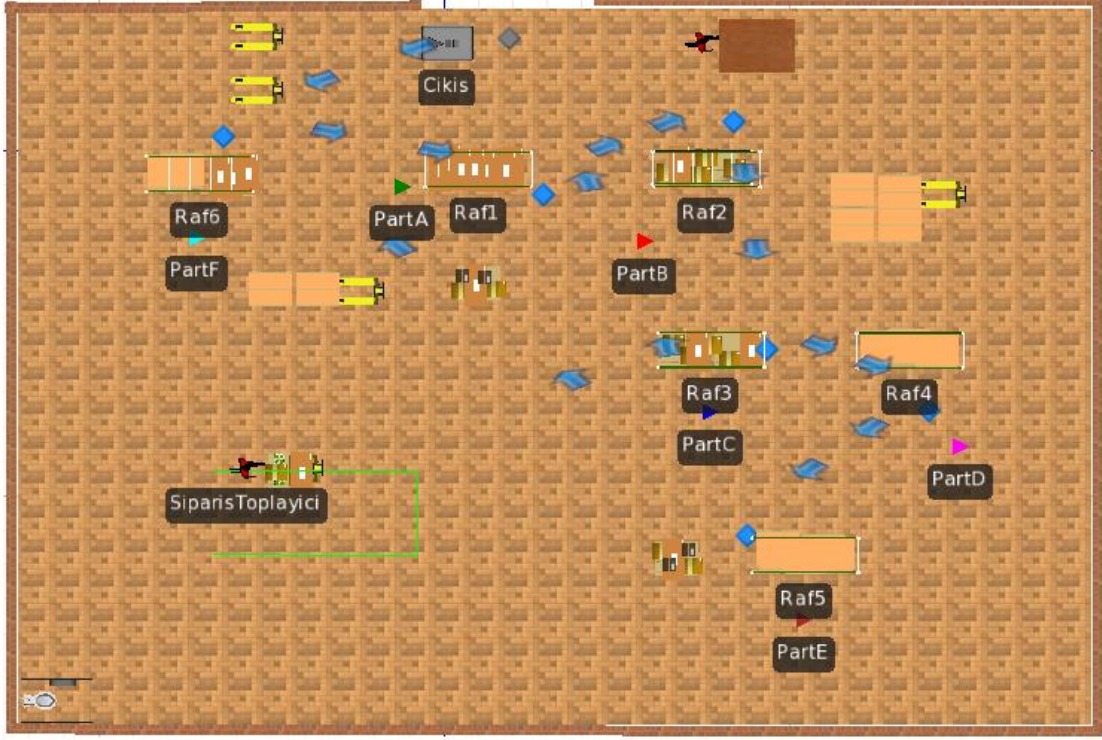
Object Type ▲	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total
ModelEntity	PartA	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,4087
					Maximum	4,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0714
					Maximum (Ho...	0,0714
					Minimum (Ho...	0,0714
			Throughput	NumberCreated	Total	4,0000
	NumberDestroyed	Total		1,0000		
	PartB	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	4,8744
					Maximum	8,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0589
					Maximum (Ho...	0,0870
					Minimum (Ho...	0,0386
			Throughput	NumberCreated	Total	8,0000
	NumberDestroyed	Total		8,0000		
	PartC	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	3,6235
				Maximum	5,0000	
FlowTime			TimeInSystem	Average (Ho...	0,0677	
				Maximum (Ho...	0,0814	
				Minimum (Ho...	0,0549	
Throughput			NumberCreated	Total	6,0000	
	NumberDestroyed	Total	5,0000			
Object Type ▲	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total
ModelEntity	PartD	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,9770
					Maximum	4,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0672
					Maximum (Ho...	0,0770
					Minimum (Ho...	0,0501
			Throughput	NumberCreated	Total	5,0000
	NumberDestroyed	Total		4,0000		
	PartE	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,2501
					Maximum	4,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0698
					Maximum (Ho...	0,0748
					Minimum (Ho...	0,0648
			Throughput	NumberCreated	Total	4,0000
	NumberDestroyed	Total		2,0000		
	PartF	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	5,3093
				Maximum	9,0000	
FlowTime			TimeInSystem	Average (Ho...	0,0701	
				Maximum (Ho...	0,0737	
				Minimum (Ho...	0,0666	
Throughput			NumberCreated	Total	11,0000	
	NumberDestroyed	Total	2,0000			

Şekil 37: En Büyük Boşluk Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplama Zamanı

Object Type ▲	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total	
Vehicle	SiparisToplayici	[Population]	Capacity	UnitsAllocated	Total	1,0000	
				UnitsScheduled	Average	1,0000	
					Maximum	1,0000	
				UnitsUtilized	Average	1,0000	
					Maximum	1,0000	
	SiparisToplayici[1]	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	100,0000	
				UnitsAllocated	Total	1,0000	
				UnitsScheduled	Average	1,0000	
					Maximum	1,0000	
				UnitsUtilized	Average	1,0000	
				Maximum	1,0000		
			ResourceState	TransportingTime	Average (Ho...	0,0966	
				Occurrences	1,0000		
				Percent	100,0000		
				Total (Hours)	0,0966		
			RideStation	Content	NumberInStation	Average	10,4284
						Maximum	22,0000
				HoldingTime	TimeInStation	Average (Ho...	0,0458
						Maximum (Ho...	0,0675
						Minimum (Ho...	0,0359
Throughput	NumberEntered	Total	22,0000				
	NumberExited	Total	22,0000				

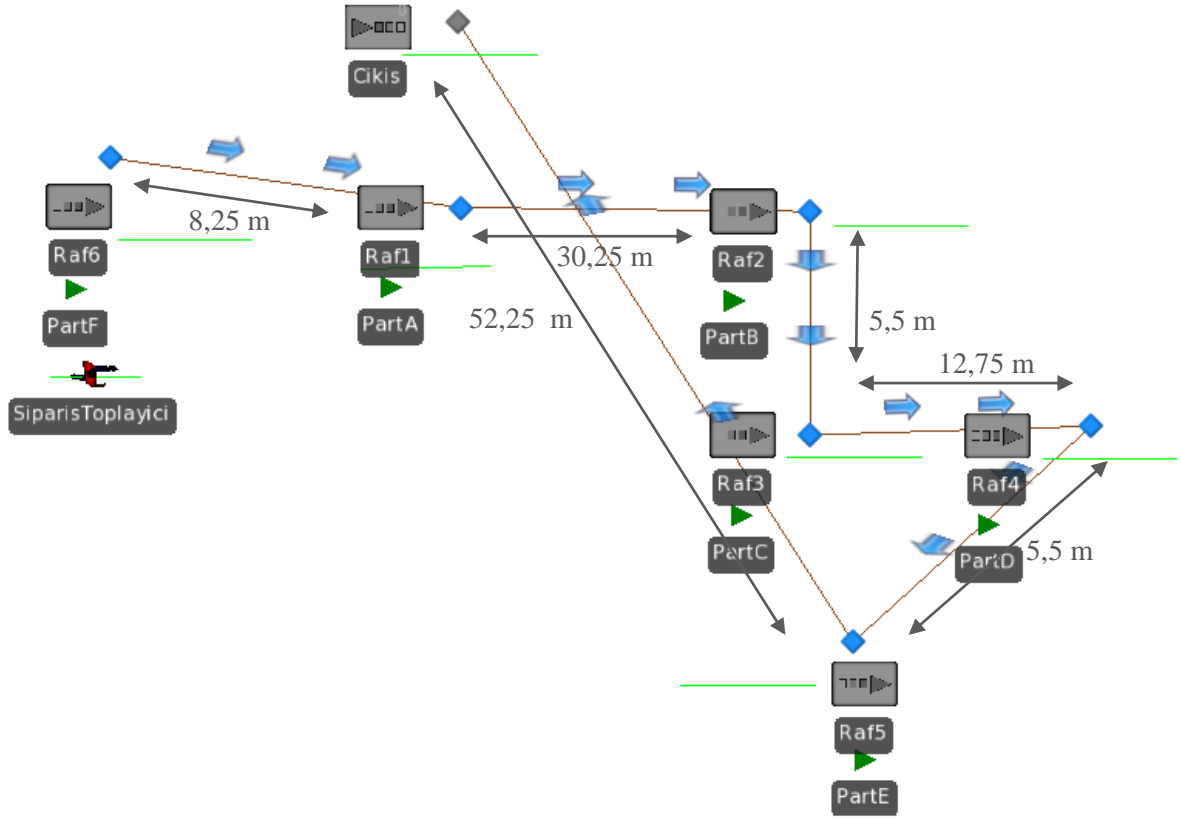
Şekil 38, karma rotalama politikasının uygulandığı olası senaryoların analizine ait simülasyon görüntüsüne aittir. Şekil 39'da sipariş toplayıcının takip ettiği yolu (rotayı) ifade eden mavi oklarla gösterilen mesafeler belirtilmiştir.

Şekil 38: Karma Rotalama Politikasına Ait Model



Şekil 39’da görüldüğü üzere sipariş toplayıcının karma rotalama politikası uygulandığında izlediği rota sırasıyla Raf6, Raf1, Raf2, Raf3, Raf4, Raf5 ve Çıkış şeklindedir. EK-10’da izlenen rotanın sisteme girilmesine ilişkin arayüz gösterilmiştir.

Şekil 39: Karma Rotalama Politikasına Ait Ürünler Arasındaki Mesafeler



Şekil 40, karma rotalama politikasına ait sipariş toplayıcının raflardan aldığı ürün sayılarını göstermektedir. PartA ürünü için rafta 4 adet bulunmakta ve sipariş toplayıcı 1 turluk sipariş toplama döngüsünde 1 adet bu üründen almaktadır. PartB'den rafta 8 adet bulunmakta ve 2 adet alınmakta, PartC'den rafta 5 adet bulunmakta ve 4 adet alınmakta, PartD'den rafta 4 adet bulunmakta ve 4 adet alınmakta, PartE'den rafta 4 adet bulunmakta ve 2 adet alınmakta, PartF'den ise rafta 7 adet bulunmakta ve 1 adet alınmaktadır.

Karma rotalama politikası uygulandığında sipariş listesinde bulunan ürünlerin sipariş toplayıcı tarafından ortalama 0,0745 saatte yani 4,47 dakikada toplandığı Şekil 41'de gösterilmiştir.

Şekil 40: Karma Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplayıcının Raflardan Aldığı Ürün Sayısı

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
ModelEntity	PartA	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,0756
					Maximum	3,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0597
					Maximum (Ho...	0,0597
					Minimum (Ho...	0,0597
			Throughput	NumberCreated	Total	4,0000
	NumberDestroyed	1,0000				
	PartB	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	4,2106
					Maximum	8,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0573
					Maximum (Ho...	0,0619
					Minimum (Ho...	0,0527
Throughput			NumberCreated	Total	8,0000	
	NumberDestroyed	2,0000				
PartC	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	3,4050	
				Maximum	5,0000	
		FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0525	
				Maximum (Ho...	0,0630	
				Minimum (Ho...	0,0409	
		Throughput	NumberCreated	Total	5,0000	
NumberDestroyed	4,0000					

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
ModelEntity	PartD	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	3,0972
					Maximum	4,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0577
					Maximum (Ho...	0,0686
					Minimum (Ho...	0,0394
			Throughput	NumberCreated	Total	4,0000
	NumberDestroyed	4,0000				
	PartE	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	2,2480
					Maximum	4,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0669
					Maximum (Ho...	0,0719
					Minimum (Ho...	0,0619
			Throughput	NumberCreated	Total	4,0000
	NumberDestroyed	2,0000				
	PartF	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	4,3953
					Maximum	6,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	0,0586
					Maximum (Ho...	0,0586
Minimum (Ho...					0,0586	
Throughput			NumberCreated	Total	7,0000	
	NumberDestroyed	1,0000				

Şekil 41: Karma Rotalama Politikasına Ait Sipariş Toplama Zamanı

Object Type ▲	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total			
Vehicle	SiparisToplayici	[Population]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	100,0000			
				UnitsAllocated	Total	1,0000			
				UnitsScheduled	Average	1,0000			
					Maximum	1,0000			
				UnitsUtilized	Average	1,0000			
					Maximum	1,0000			
				SiparisToplayici[1]	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	100,0000
							UnitsAllocated	Total	1,0000
							UnitsScheduled	Average	1,0000
								Maximum	1,0000
	UnitsUtilized	Average	1,0000						
		Maximum	1,0000						
		ResourceState	TransportingTime				Average (Ho...	0,0745	
			Occurrences					1,0000	
			Percent					100,0000	
			Total (Hours)					0,0745	
		RideStation	Content	NumberInStation	Average	7,2939			
				Maximum	14,0000				
			HoldingTime	TimeInStation	Average (Ho...	0,0388			
					Maximum (Ho...	0,0546			
			Minimum (Ho...	0,0301					
		Throughput	NumberEntered	Total	14,0000				

3.5. Tartışma

Simio simülasyon programı kullanılarak yapılan analizler sonucunda depoda uygulandığı kabul edilen geri dönüş rotalama politikası diğer rotalama politikalarıyla karşılaştırılmıştır. Farklı rotalama politikalarına ait toplam sipariş toplama zamanları Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2: Toplam Sipariş Toplama Zamanları

	Toplam Sipariş Toplama Zamanı (saat)	Toplam Sipariş Toplama Zamanı (dakika)
Geri Dönüş Rotalama Politikası	0,0881	5,286
Zigzag Rotalama Politikası	0,0833	4,998
Orta Nokta Rotalama Politikası	0,0963	5,778
En Büyük Boşluk Rotalama Politikası	0,0966	5,796
Karma Rotalama Politikası	0,0745	4,47

Uygulanması kolay bir yöntem olmasından dolayı birçok depoda kullanılan rotalama politikalarından biri olan zigzag rotalama politikası uygulandığında sipariş toplayıcı T/B noktasından başlayıp sipariş toplama listesinde bulunan ürünleri 4,998 dakikada toplamaktadır. Literatür incelendiğinde zigzag rotalama politikasının sipariş listesindeki ürün çeşitliliği arttıkça daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Petersen ve Aase, 2004a: 12). Çalışma kapsamında ele alınan depoda uygulandığı kabul edilen ve birçok depoda kullanılan rotalama politikalarından bir diğeri olan geri dönüş rotalama politikasına ait sipariş toplama zamanının 5,286 dakika olduğu görülmektedir. Uygulama kapsamında zigzag rotalama politikası uygulandığında geri dönüş rotalama politikasına oranla %5'lik bir zaman tasarrufu sağlanmaktadır. Orta nokta rotalama politikası ise çok fazla tercih edilen bir rotalama politikası olmayıp 5,778 dakikalık toplam sipariş toplama zamanı ile geri dönüş rotalama politikasına oranla %9'luk artış göstermektedir. Uygulandığında sipariş toplayıcının toplam sipariş toplama zamanını en aza indirmesi beklenen karma rotalama politikası (Roodbergen ve De Koster, 2001: 1871) literatüre uyumlu olarak simülasyon ortamında yapılan çalışmalarda buna uygun sonuç vermiştir. Karma rotalama politikasında ölçülen mesafelerde sipariş toplayıcının toplam sipariş toplama zamanı 4,47 dakika olup geri dönüş rotalama politikasına göre sipariş toplama zamanını %15 azaltmaktadır. Yapılan önceki çalışmalarda karma rotalama politikası ve en büyük boşluk rotalama politikası, her çeşit uzunluktaki sipariş listesinde en iyi sonuçları vermiştir (Petersen ve Schmenner, 1999: 497). Ancak yapılan çalışma kapsamında en büyük boşluk rotalama politikası simülasyon ortamında 5,796 dakikalık toplam sipariş toplama zamanı ile en kötü sonucu vermiştir. Bu sonucun sipariş listesindeki ürün çeşitliliği az olmasına rağmen depodaki geçitlerin uzunluklarının fazla olmasında ileri geldiği düşünülmektedir. Literatüre bakıldığında sipariş listesindeki ürün çeşitliliği dışında depodaki geçitlerin uzunlukları ve sayısının da uygulanan rotalama politikasının performansını etkilediği görülmüştür (Roodbergen ve De Koster, 2001: 1881).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tedarik zincirinin sürekliliğini sağlayabilmesi için önemli rol oynayan depolama fonksiyonunun önemi gün geçtikçe artmaktadır (Özçakar ve diğerleri, 2012: 120). Bu çalışmada lojistik faaliyetler içerisinde önemi gittikçe artan depolama operasyonlarının en önemli faaliyetlerinden biri olarak görülen en fazla emek gerektiren ve en maliyetli süreç olan sipariş toplama fonksiyonu (De Koster ve diğerleri, 2007: 481), maliyetlerin indirilmesi, kalite ya da etkinliğin iyileştirilmesi ve ürünlerin pazara sürüm süresinin azaltılması amacıyla karmaşık sistemlerin tasarım, kontrol veya iyileştirme süreçlerinde zor problemlerin çözümünde karar vericilere yardımcı olan etkili bir teknik olan simülasyon yöntemiyle (Zhou ve diğerleri, 2010: 115) ele alınmıştır. Bu kapsamda Trabzon ilinde gıda sektöründe faaliyet gösteren bir depoda farklı rotalama politikaları (zigzag, geri dönüş, orta nokta, en büyük boşluk, karma) uygulanarak toplam sipariş toplama zamanının en az olduğu rotalama politikasına karar verilmeye çalışılmıştır.

Depoda uygulandığı kabul edilen geri dönüş rotalama politikasında sipariş toplayıcı T/B noktasından başlayıp sipariş toplama listesinde bulunan ürünleri uygulanan politikaya uygun rotayı takip ederek 5,286 dakikada toplamaktadır. Geri dönüş rotalama politikasının uygulandığı kabul edilen depoda gerçek ölçülen toplam sipariş toplama zamanı ise yaklaşık olarak 5-6 dakika sürmektedir. Gerçek ortam verileriyle simülasyon çıktılarının birbirleriyle örtüşmesi modelin geçerliliğini göstermektedir. Simülasyon ortamında olası senaryolar incelendiğinde en çok kullanılan rotalama politikalarından bir diğeri olan zigzag rotalama politikası uygulandığında toplam sipariş toplama zamanının 4,998 dakikaya düştüğü görülmektedir. Uygulandığında sipariş toplayıcının toplam sipariş toplama zamanını en aza indirmesi beklenen karma rotalama politikasında (Roodbergen ve De Koster, 2001: 1871) ölçülen mesafelerde sipariş toplayıcının toplam sipariş toplama zamanı 4,47 dakika olup geri dönüş rotalama politikasına göre sipariş toplama zamanını %15 azaltmaktadır. Orta nokta rotalama politikası ve en büyük boşluk rotalama politikasının toplam sipariş toplama zamanları sırasıyla 5,778 dakika ve 5,796 dakika olup geri dönüş rotalama politikasına oranla %9'luk artışla en kötü performansı göstermişlerdir.

Sonuç olarak uygulamada yapı olarak anlaşılması açık ve kolay olan, sipariş toplayıcıların raflarda ürünleri ararken harcadıkları zamanı ve sipariş toplama hataları riskini azaltan (Roodbergen ve De Koster, 2001: 1871), yapılan simülasyon çalışmasında da çalışmanın amacına uygun olarak toplam sipariş toplama zamanını en aza indiren karma rotalama politikası önerilmektedir. Bu sayede verimlilik artar, sipariş toplayıcının raflardaki ürünü bulmak için harcadığı zaman azalır; yani emek azalır. Toplam sipariş toplama süresinin azaltılmasıyla daha fazla ürün toplanacağından raflarda diğer yeni ürünler için yer açılmış olur.

Yapılan uygulamada göz önünde bulundurulması gereken kısıtlar bulunmaktadır. Yapılan simülasyon çalışmasında gerçek durum ve olası senaryolar gösterilirken tek bir sipariş listesi ele alınmış olup sipariş listesinde bulunan ürünlerden toplama sırasında alınan adet farklılıklarının sipariş toplama zamanı üzerinde etkisinin olmadığı kabul edilmiştir. Çalışmada performans ölçüsü olarak uygulanan rotalama politikasına uygun olarak sipariş toplayıcının sipariş listesinde bulunan ürünleri toplarken izlediği rota mesafeleri dikkate alınmıştır. Sipariş listesindeki ürün çeşitliliği arttıkça toplam sipariş toplama zamanını en aza indiren rotalama politikası farklılaşabilir (Petersen, 1999: 1059). İleriki çalışmalarda farklı rotalama politikaları farklı büyüklükteki sipariş listeleri için uygulanarak karşılaştırmalar yapılabilir. Sipariş listesindeki ürün çeşitliliği dışında depodaki geçitlerin uzunlukları ve sayısı da uygulanan rotalama politikasının performansını etkilediğinden simülasyon ortamında depodaki geçit sayısı ve uzunlukları değiştirilerek farklı rotalama politikaları arasından toplam sipariş toplama zamanının en az olduğu politikaya karar verilebilir (Roodbergen ve De Koster, 2001: 1881). Depolama faaliyetlerinden sadece sipariş toplama süreci uygulama kapsamında değerlendirilmiştir. Bir depoda gerçekleşen tüm faaliyetler bilgisayar ortamında simülasyon yardımıyla gösterilebilir. Başka bir kısıt ise çalışma kapsamında sadece rotalama politikalarının karşılaştırılmasıdır. Yapılacak olan diğer çalışmalarda farklı rotalama politikaları farklı depo tahsisi politikalarıyla (rastgele stoklama, en yakın boş lokasyona atama, atanmış stoklama politikası, dolu devir stoklama politikası, sınıflamaya dayalı stoklama politikası) kombine edilerek simülasyon ortamında toplam sipariş toplama zamanları karşılaştırılabilir. Önceleri rotalama ve sipariş gruplandırma alanında kısıtlı olan çalışmalar son zamanlarda artmaya başlamış olup yeni çalışmalar için fırsatlar yaratmaktadır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Alonso-Ayuso, Antonio ve diğ erleri (2013), “On a Selection and Scheduling Problem in Automatic Storage and Retrieval Warehouses”, **International Journal of Production Research**, 51(17), 5337–5353.
- Amato, Francesco ve diğ erleri (2005), “An Approach to Control Automated Warehouse Systems”, **Control Engineering Practice**, 13, 1223–1241.
- Ambati, Akhilesh Chandra (2012), **Study and Analysis of Automated Order Picking Systems**, Master Thesis, Master of Science, Industrial and Manufacturing Engineering, North Dakota State University.
- Anand, S. ve Knott, Kenneth (1986), “Computer Assisted Models Used in the Solution of Warehouse Location-Allocation Problems”, **Computers & Industrial Engineering**, 11(1-4), 100-104.
- Appelqvist, Patrik ve diğ erleri (2004), “Modelling in Product and Supply Chain Design: Literature Survey and Case Study”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, 15(7), 675-686.
- Ashayeri, J. ve diğ erleri (1985), “A Microcomputer-Based Optimization Model for the Design of Automated Warehouses”, **International Journal of Production Research**, 23(4), 825-839.
- Baker, Peter ve Canessa, Marco (2009), “Warehouse Design: A Structured Approach”, **European Journal of Operational Research**, 193, 425–436.
- Barkawi, Husam Yousef (1992), **Macroscopic Computer Simulation of High Volume High Complexity Order Picking**, Doctoral Thesis, University of Cincinnati.
- Basile, Francesco ve diğ erleri (2012), “A Control Oriented Model for Manual-Pick Warehouses”, **Control Engineering Practice**, 20, 1426–1437.

- Bozer, Y. A. ve Kile, J. W. (2008), "Order Batching in Walk and Pick Order Picking Systems", **International Journal of Production Research**, 46(7), 1887-1909.
- Call, Aaron (2012), **Reduction of Travel Distances through Slotting, Location Arrangement and Optimized Order Routing**, Master Thesis, Master of Science, Industrial and Systems Engineering, Northern Illinois University.
- Caron, Franco ve diğerleri (2000), "Layout Design in Manual Picking Systems: A Simulation Approach", **Integrated Manufacturing Systems**, 11(2), 94-104.
- Chen, Mu-Chen ve diğerleri (2005), "Aggregation of Orders in Distribution Centers Using Data Mining", **Expert Systems with Applications**, 28, 453-460.
- Chen, Mu-Chen ve Lin, Chia-Ping (2007), "A Data Mining Approach to Product Assortment and Shelf Space Allocation", **Expert Systems with Applications**, 32, 976-986.
- Chen, Mu-Chen ve Wu, Hsiao-Pin (2005), "An Association-Based Clustering Approach to Order Batching Considering Customer Demand Patterns", **Omega**, 33, 333-343.
- Chew, Ek Peng ve Tang, Loon Ching (1999), "Travel Time Analysis for General Item Location Assignment in a Rectangular Warehouse", **European Journal of Operational Research**, 112, 582-597.
- Chiang, David Ming-Huang ve diğerleri (2014), "Data Mining Based Storage Assignment Heuristics for Travel Distance Reduction", **Expert Systems**, 31(1), 81-90.
- Cornier, Gilles ve Gunn, Eldon A. (1992), "A Review of Warehouse Models", **European Journal of Operational Research**, 58(1), 3-13.
- Çakmak, Emre ve diğerleri (2012), "Determining the Size and Design of Flow Type and U-Type Warehouses", **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 58, 1425 – 1433.
- Çelik, Melih (2009), **The Order-Picking Problem in Parallel-Aisle Warehouses**, Master Thesis, Master of Science, Industrial Engineering, Middle East Technical University.

- Dallari, Fabrizio ve diğerleri (2009), “Design of Order Picking Systems”, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 42, 1-12.
- Daniels, Richard L. ve diğerleri (1998), “A Model for Warehouse Order Picking”, **European Journal of Operational Research**, 105, 1-17.
- De Koster, Rene´ B.M. ve diğerleri (2007), "Design And Control Of Warehouse Order Picking: A literature review", **European Journal of Operational Research**, 182, 481-501.
- De Koster, Rene´ B.M. ve diğerleri (2012), “Determining the Number of Zones in a Pick-and-Sort Order Picking System”, **International Journal of Production Research**, 50(3), 757–771.
- Denli, Zelal (2008), **Sipariş Toplama Operasyonlarında Çekirdek Gruplama Algoritmasına Dayalı Sezgisel Rota Belirleme Stratejilerinin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Elsayed, E.A. ve Ünal, O.I. (1989), “Order Batching Algorithms and Travel-Time Estimation for Automated Storage/Retrieval Systems”, **International Journal of Production Research**, 27(7), 1097-1114.
- Frazelle, Edward (2002), **Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management**, USA: McGraw-Hill.
- Gademann, A.J.R.M. ve diğerleri (2001), “An Order Batching Algorithm for Wave Picking in a Parallel-Aisle Warehouse”, **IIE Transactions**, 33, 385-398.
- Gagliardi, Jean-Philippe ve diğerleri (2012), “Models for Automated Storage and Retrieval Systems: A Literature Review”, **International Journal of Production Research**, 50(24), 7110–7125.
-
- (2014), “A Simulation Modeling Framework for Multiple-Aisle Automated Storage and Retrieval Systems”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 25(1), 193-207.

- Goetschalckx, Marc ve Ratliff, H. Donald (1990), “Shared Storage Policies Based on the Duration Stay of Unit Loads”, **Management Science**, 36(9), 1120-1132.
- Gray, Ann E. ve diğerleri (1992), “Design and Operation of an Order-Consolidation Warehouse: Models and Application”, **European Journal of Operational Research**, 58, 14-36.
- Gu, Jinxiang ve diğerleri (2007), “Research on Warehouse Operation: A Comprehensive Review”, **European Journal of Operational Research**, 177(1), 1-21.
- Gue, Kevin R. ve diğerleri (2012), “A Unit-Load Warehouse with Multiple Pickup and Deposit Points and Non-Traditional Aisles”, **Transportation Research Part E**, 48, 795–806.
- Guenov, Marin (1992), “Zone Shapes in Class Based Storage and Multicommand Order Picking when Storage/Retrieval Machines are Used”, **European Journal of Operational Research**, 58(1), 37-47.
- Guerriero, F. ve diğerleri (2013), “A Mathematical Model for the Multi-Levels Product Allocation Problem in a Warehouse with Compatibility Constraints”, **Applied Mathematical Modelling**, 37, 4385–4398.
- Hackman, Steven T. ve diğerleri (1990), “Allocating Items to an Automated Storage and Retrieval System”, **IIE Transactions**, 22(1), 7-14.
- Hamberg, Roelof ve Verriet, Jacques (2011), **Automation in Warehouse Development**, London, Springer.
- Han, Min-Hong ve diğerleri (1987), “On Sequencing Retrievals in an Automated Storage/Retrieval System”, **IIE Transactions**, 19 (1), 56-66.
- Henn, Sebastian (2012), “Algorithms for On-line Order Batching in an Order Picking Warehouse”, **Computers & Operations Research**, 39, 2549–2563.
- Henn, Sebastian ve Schmid, Verena (2013), “Metaheuristics for Order Batching and Sequencing in Manual Order Picking Systems”, **Computers & Industrial Engineering**, 66, 338–351.

- Henn, Sebastian ve Wäscher, Gerhard (2012), “Tabu Search Heuristics for the Order Batching Problem in Manual Order Picking Systems”, **European Journal of Operational Research**, 222, 484–494.
- Heragu, S.S. ve diğerleri (2005), “Mathematical Model for Warehouse Design and Product Allocation”, **International Journal of Production Research**, 43(2), 327-338.
- Ho, Ying-Chin ve diğerleri (2008), “Order-Batching Methods for an Order-Picking Warehouse with Two Cross Aisles”, **Computers & Industrial Engineering**, 55, 321–347.
- Hong, Soondo (2010), **Analysis and Control of Batch Order Picking Processes Considering Picker Blocking**, Doctoral Thesis, Industrial Engineering, Texas A&M University.
- Hong, Soondo ve diğerleri (2012), “Batch Picking in Narrow-Aisle Order Picking Systems with Consideration for Picker Blocking”, **European Journal of Operational Research**, 221, 557–570.
- Hsieh, Ling-Feng ve Huang, Yi-Chen (2011), “New Batch Construction Heuristics to Optimise the Performance of Order Picking Systems”, **International Journal of Production Economics**, 131, 618-630.
- Hsieh, Ling-Feng ve Tsai, Lihui (2006), “The Optimum Design of a Warehouse System on Order Picking Efficiency”, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 28, 626-637.
- Hsu, Chih-Ming ve diğerleri (2005), “Batching Orders in Warehouses by Minimizing Travel Distance with Genetic Algorithms”, **Computers in Industry**, 56 ,169–178.
- Hwang, Heung Suk ve Cho, Gyu Sung (2006), “A Performance Evaluation Model for Order Picking Warehouse Design”, **Computers & Industrial Engineering**, 51, 335–342.
- Jane, Chin-Chia (2000), “Storage Location Assignment in a Distribution Centre”, **International Journal of Physical Distribution&Logistics Management**, 30(1), 55-71.

- Jane, Chin-Chia ve Laih, Yih-Wenn (2005), "A Clustering Algorithm for Item Assignment in a Synchronized Zone Order Picking System", **European Journal of Operational Research**, 166, 489–496.
- Jorge, João Pedro ve diğerleri (2012), "Simulation of an Order Picking System in a Pharmaceutical Warehouse", SIMUL 2012, The Fourth International Conference on Advances in System Simulation, November, 107-112.
- Karakaya, Elif (2011), **Design and Analysis of Order Accumulation and Sortation Systems (OASS)**, Master Thesis, Master of Science, Industrial Engineering, Fatih University.
- Kleijnen, Jack P.C. (1995), "Verification and Validation of Simulation Models", **European Journal of Operations Research**, 82, 145-162.
- Koo, Pyung-Hoi (2009), "The Use of Bucket Brigades in Zone Order Picking Systems", **OR Spectrum**, 31, 759-774.
- Lam, C.H.Y. ve diğerleri (2012), "A Hybrid Case-GA-Based Decision Support Model for Warehouse Operation in Fulfilling Cross-Border Orders", **Expert Systems with Applications**, 39, 7015–7028.
- Lambert, Douglas M. ve diğerleri (1998), **Fundamentals of Logistics Management**, USA: Irwin/McGraw-Hill.
- Le-Duc, Tho ve De Koster, Rene´ B.M. (2007), "Travel Time Estimation and Order Batching in a 2-Block Warehouse", **European Journal of Operational Research**, 176, 374–388.
- Lee, S.G. ve diğerleri (1996), "Simulation Modelling of a Narrow Aisle Automated Storage and Retrieval System (AS/RS) Serviced by Rail-Guided Vehicles", **Computers in Industry**, 30, 241-253.
- Lin, Che-Hung ve Lu, Iuan-Yuan (1999), "The Procedure of Determining the Order Picking Strategies in Distribution Center", **International Journal of Production Economics**, 60-61, 301-307.

- Manzini, Riccardo ve diğerleri (2005), “Design and Control of a Flexible Order-Picking System (FOPS)”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, 16(1), 18-35.
- Marchet, Gino ve diğerleri (2011), “A Model for Design and Performance Estimation of Pick-and-Sort Order Picking Systems”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, 22(2), 261-282.
- Marchet, Gino ve diğerleri (2013), “Development of a Framework for the Design of Autonomous Vehicle Storage and Retrieval Systems”, **International Journal of Production Research**, 51(14), 4365–4387.
- Melacini, Marco ve diğerleri (2011), “Development of a Framework for Pick-and-Pass Order Picking System Design”, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 53(9-12), 841-854.
- Moeller, Klaus (2011), “Increasing Warehouse Order Picking Performance by Sequence Optimization”, **Procedia Social and Behavioral Sciences**, 20, 177–185.
- Mowrey, Corinne H. ve Parikh, Pratik J. (2014), “Mixed-Width Aisle Configurations for Order Picking in Distribution Centers”, **European Journal of Operational Research**, 232, 87–97.
- Muppani, Venkata Reddy ve Adil, Gajendra Kumar (2008), “A Branch and Bound Algorithm for Class Based Storage Location Assignment”, **European Journal of Operational Research**, 189, 492–507.
- Nehzati, Taravatsadat ve diğerleri (2011), “Development of a Decision Support System Using Tabu Search Algorithm for the Warehouse Layout Problem”, **Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers**, 28(4), 281–297.
- Nieuwenhuysse, Inneke Van ve De Koster, Rene’ B.M. (2009), “Evaluating Order Throughput Time in 2-Block Warehouses with Time Window Batching”, **International Journal of Production Academics**, 121, 654-664.

- Öncan, Temel (2013). “**A Genetic Algorithm for the Order Batching Problem in Low-Level Picker-to-Part Warehouse Systems**”, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, I, March 13-15, Hong Kong.
- Önüt, Semih ve diğerleri (2008), “A Particle Swarm Optimization Algorithm for the Multiple-Level Warehouse Layout Design Problem”, **Computers & Industrial Engineering**, 54, 783–799.
- Özçakar, Necdet ve diğerleri (2012), “ Depolama Sistemlerinde Sipariş Toplama İşlemlerinin Genetik Algoritmalarla Optimizasyonu”, **İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi**, 23(71), 118-144.
- Öztürkoğlu, Ö. ve diğerleri (2014), “A Constructive Aisle Design Model for Unit-Load Warehouses with Multiple Pickup and Deposit Points”, **European Journal of Operational Research**, 236, 382–394.
- Özyörük, Bahar ve Ak, Sevgi (2012), “Etkin Depo Yerleşiminin Düzenlenmesi İçin Bir Model: Elektronik Firmada Uygulanması”, **Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi**, 5(1), 21-29.
- Pan, C-H ve Liu, S-Y (1995), “A Comparative Study of Order Batching Algorithms”, **Omega**, 23(6), 691-700.
- Pan, Jason Chao-Hsien ve Wu, Ming-Hung (2009), “A Study of Storage Assignment Problem for an Order Picking Line in a Pick-and-Pass Warehousing System”, **Computers & Industrial Engineering**, 57, 261–268.
- _____ (2012), “Throughput Analysis for Order Picking System with Multiple Pickers and Aisle Congestion Considerations”, **Computers & Operations Research**, 39, 1661–1672.
- Pan, Jason Chao-Hsien ve diğerleri (2012), “Storage Assignment Problem with Travel Distance and Blocking Considerations for a Picker-to-Part Order Picking System”, **Computers & Industrial Engineering**, 62, 527–535.

- Pan, Jason Chao-Hsien ve diğerleri (2014), “A Travel Time Estimation Model for a High-Level Picker-to-Part System with Class-Based Storage Policies”, **European Journal of Operational Research**, 1-13.
- Parikh, Pratik J. (2006), **Designing Order Picking Systems for Distribution Centers**, Doctoral Thesis, Industrial and Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Parikh, Pratik J. ve Meller, Russell D. (2008), “Selecting Between Batch and Zone Order Picking Strategies in a Distribution Center”, **Transportation Research Part E**, 44, 696–719.
- Petersen, Charles G. (1999), “The Impact of Routing and Storage Policies on Warehouse Efficiency”, **International Journal of Operations & Production Management**, 19(10), 1053-1064.
- (2000), “An Evaluation of Order Picking Policies for Mail Order Companies”, **Production and Operations Research**, 9(4), 319-335.
- (2002), “Considerations in Order Picking Zone Configuration”, **International Journal of Operations & Production Management**, 22(7), 793-805.
- Petersen, Charles G. ve Aase, Gerald (2004a), “A Comparison of Picking, Storage, and Routing Policies in Manual Order Picking”, **International Journal of Production Economics**, 92, 11–19.
- (2004b), “Improving Order-Picking Performance Through the Implementation of Class-Based Storage”, **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, 34(7), 534-544.
- Petersen, Charles G. ve diğerleri (2005), “Improving Order Picking Performance Utilizing Slotting and Golden Zone Storage”, **International Journal of Operations & Production Management**, 25(10), 997-1012.
- Petersen, Charles G ve Schmenner, Roger W. (1999), “An Evaluation of Routing and Volume-based Storage Policies in an Order Picking Operation”, **Decision Sciences**, 30(2), 481-501.

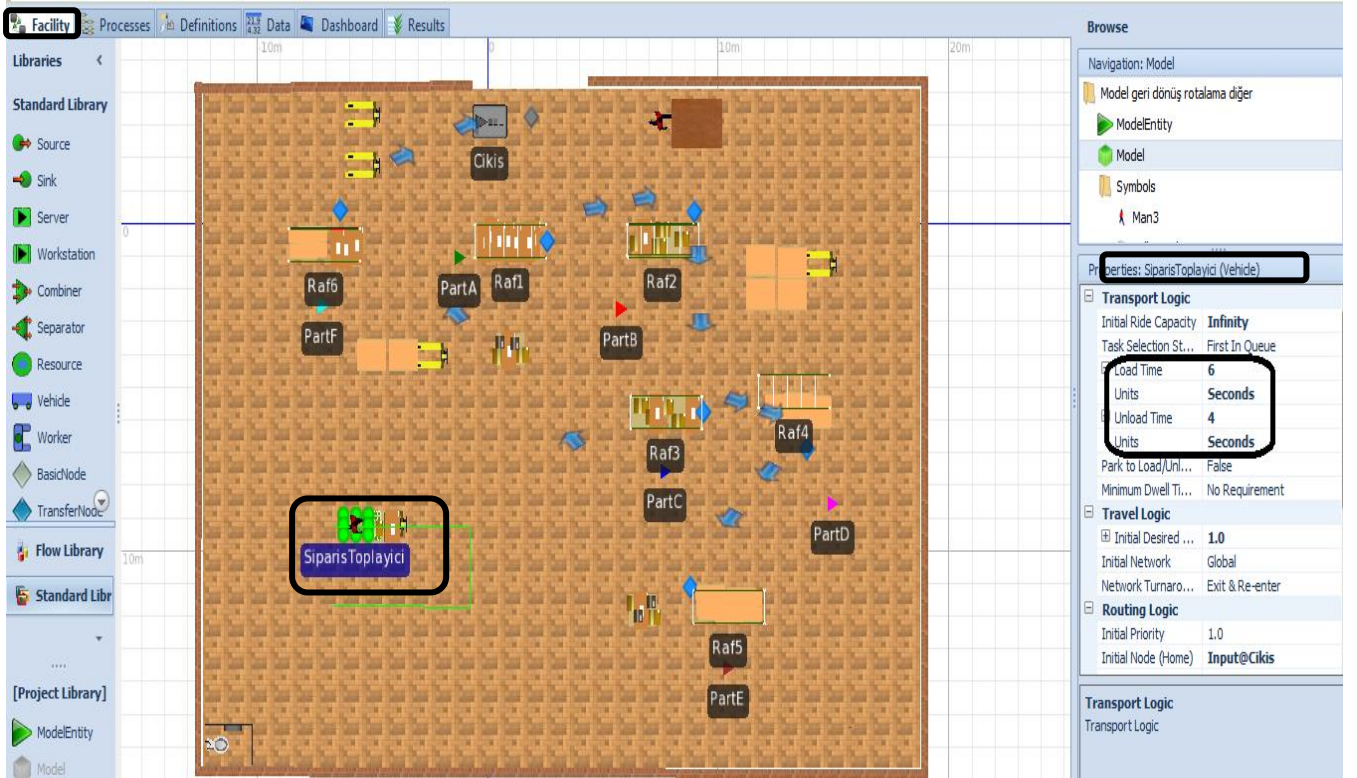
- Potter, Andrew ve diğerleri (2007), "A Simulation Study of Despatch Bay Performance in the Steel Processing Industry", **European Journal of Operational Research**, 179, 567–578.
- Rajuldevi, Mahesh Kumar ve diğerleri (2008), **Warehousing in Theory and Practice**, Master Thesis, Industrial Engineering: Logistics, University College of Borås.
- Randhawa, Sabah U. ve Shroff, Raj (1995), "Simulation-Based Design Evaluation of Unit Load Automated Storage/Retrieval Systems", **Computers & Industrial Engineering**, 28(1), 71–79.
- Roodbergen, Kees Jan (2001), **Layout and Routing Methods for Warehouses**, Doctoral Thesis, Business and Management, Erasmus University Rotterdam.
- Roodbergen, Kees Jan ve De Koster, René' B.M. (2001), "Routing Methods for Warehouses with Multiple Cross Aisles", **International Journal of Production Research**, 39(9), 1865-1883.
- Roodbergen, Kees Jan ve Vis, Iris F.A. (2006), "A Model for Warehouse Layout", **IIE Transactions**, 38, 799–811.
- _____ (2009), "A Survey of Literature on Automated Storage and Retrieval Systems", **European Journal of Operational Research**, 194, 343–362.
- Rouwenhorst, B. ve diğerleri (2000), "Warehouse Design and Control: Framework and Literature Review", **European Journal of Operational Research**, 122, 515-533.
- Ruben, Robert A. (1994), **Batch Picking in a Warehouse: An Investigation of Order Batching Heuristics and Item Layout Strategies**, Doctoral Thesis, Business, Indiana University.
- Rushton, Alan ve diğerleri (2010), **The Handbook of Logistics and Distribution Management**, 4th Ed., UK, Kogan Page Publishers.
- Sarker, Bhaba R. ve Babu, P. Sobhan (1995), "Travel Time Models in Automated Storage/Retrieval Systems: A Critical Review", **International Journal of Production Economics**, 40, 173-184.

- Shen, Changpeng ve diğ erleri (2010), “**A Selection Method of Manual and Semi-automated Order Picking Systems based on Filling Curve and Time Model**”, International Conference on Automation and Logistics, Hong Kong and Macau, 16-20 August, 169-176.
- Sundaram, Ramakrishnan (2004), **An Order Batching and Processing Heuristic to Address Aisle Congestion in a Manual Order Picking Warehouse with Order Due Dates**, Master Thesis, Master of Science in Industrial and Systems Engineering, Florida International University.
- Tang, Loon C. ve Chew, Ek-Peng (1997), “Order Picking Systems: Batching and Storage Assignment Strategies”, **Computers & Industrial Engineering**, 33(3-4), 817-820.
- Tař ođ lu, Gökçeç içek Tuna (2013), **Evaluation of Order Picking Systems Using Simulation**, Master Thesis, Master of Science, Industrial Engineering, Dokuz Eylül University.
- Ten Hompel, Michael ve Schmidt, Thorsten (2007), **Warehouse Management, Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems**, Berlin Heidelberg: Springer.
- Tunç, Suray ve diğ erleri (2008), “Depo Sisteminde Sipariş Toplama Sürecinin İyileş tirilmesi”, **Gazi Ü niversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 23(2), 357-364.
- Ulbrich, Alexander ve diğ erleri (2010), “**Secure Planning of Order Picking Systems with the Aid of Simulation**”, Proceedings of the 43rd Hawaii Conference on System Sciences, Hawaii.
- URL , <http://www.simio.com/about-simio/>, Eriř im Tarihi: 26.06.2014.
- Van den Berg, Jeroen P. ve diğ erleri (1998), “Forward-Reserve Allocation in a Warehouse with Unit-Load Replenishments”, **European Journal of Operational Research**, 111, 98-113.
- Van den Berg, J.P. ve Zijm, V.H.M. (1999), “Models for Warehouse Management: Classification and Examples”, **International Journal of Production Economics**, 59, 519-528.

- Vrysagotis, Vassilios ve Kontis, Patapios Alexios (2011), “Warehouse Layout Problems : Types of Problems and Solution Algorithms”, **Journal of Computations & Modelling**, 1(1), 131-152.
- Won, J. ve Olafsson, S. (2005), “Joint Order Batching and Order Picking in Warehouse Operations”, **International Journal of Production Research**, 43(7), 1427-1442.
- Yu, Mengfei (2008), **Enhancing Warehouse Performance by Efficient Order Picking**, Doctoral Thesis, Business and Management, Erasmus University Rotterdam.
- Yu, Mengfei ve De Koster, Rene´ B.M. (2008), “Performance Approximation and Design of Pick-and-Pass Order Picking Systems”, **IIE Transactions**, 40, 1054–1069.
- _____ (2009), “The Impact of Order Batching and Picking Area Zoning on Order Picking System Performance”, **European Journal of Operational Research**, 198, 480–490.
- Zhang, G.Q. ve Lai, K.K. (2010), “Tabu Search Approaches for the Multi-Level Warehouse Layout Problem with Adjacency Constraints”, **Engineering Optimization**, 42(8), 775–790.
- Zhang, G.Q. ve diğ erleri (2002), “A Class of Genetic Algorithms for Multiple-Level Warehouse Layout Problems”, **International Journal of Production Research**, 40(3), 731-744.
- Zhou, Ming ve diğ erleri (2010), “Representing and Matching Simulation Cases: A Case-Based Reasoning Approach”, **Computers & Industrial Engineering**, 59, 115-125.

EKLER

EK-1: Sipariş Toplayıcının Raftan Ürünü Alma ve Ürünü Paletlere Boşaltma Süresine İlişkin Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü



EK-2: Uygulamanın Yapıldığı Depoda Çalışma Günlerine İlişkin Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü

The screenshot shows the 'Data' tab in the simulation software. The 'Work Schedules' section is active, displaying a table with the following data:

Name	Start Date	Description	Days	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
StandardWeek	30.06.2014	Typical Work Week	7	StandardDay	StandardDay	StandardDay	StandardDay	StandardDay	StandardDay	
*										

The 'Schedules' icon in the left sidebar is highlighted with a red box.

EK-3: Uygulamanın Yapıldığı Depoda Çalışma Saatlerine İlişkin Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü

The screenshot shows the 'Data' tab in the simulation software. The 'Day Patterns' section is active, displaying a table with the following data:

Name	Description
StandardDay	Standard 8-5 work day
*	

The 'Work Periods' section is expanded, showing a table with the following data:

Start Time	Duration	End Time	Value	Cost Multiplier	Description
08:00	4 hours	12:00	1	1	
13:00	6 hours	19:00	1	1	
*					

The 'Schedules' icon in the left sidebar is highlighted with a red box.

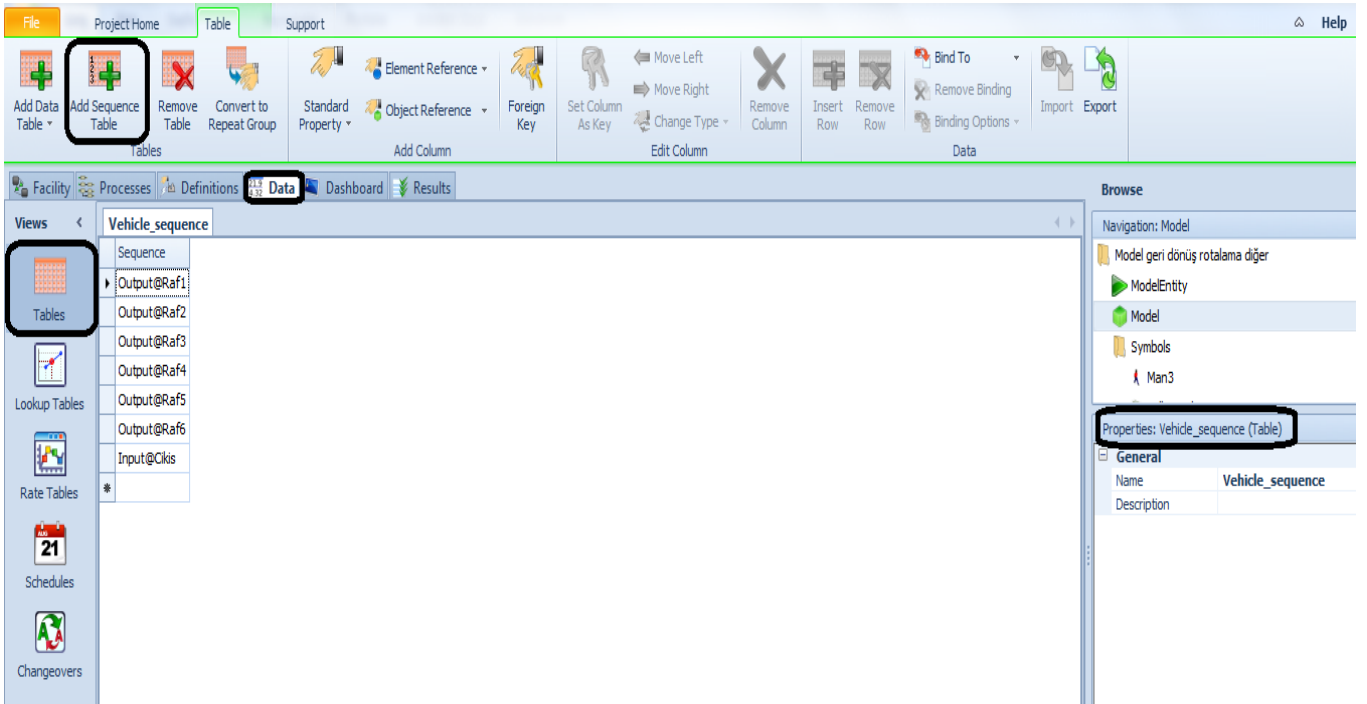
EK-4: Sipariş Toplayıcının Dolaşma Hızına İlişkin Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü



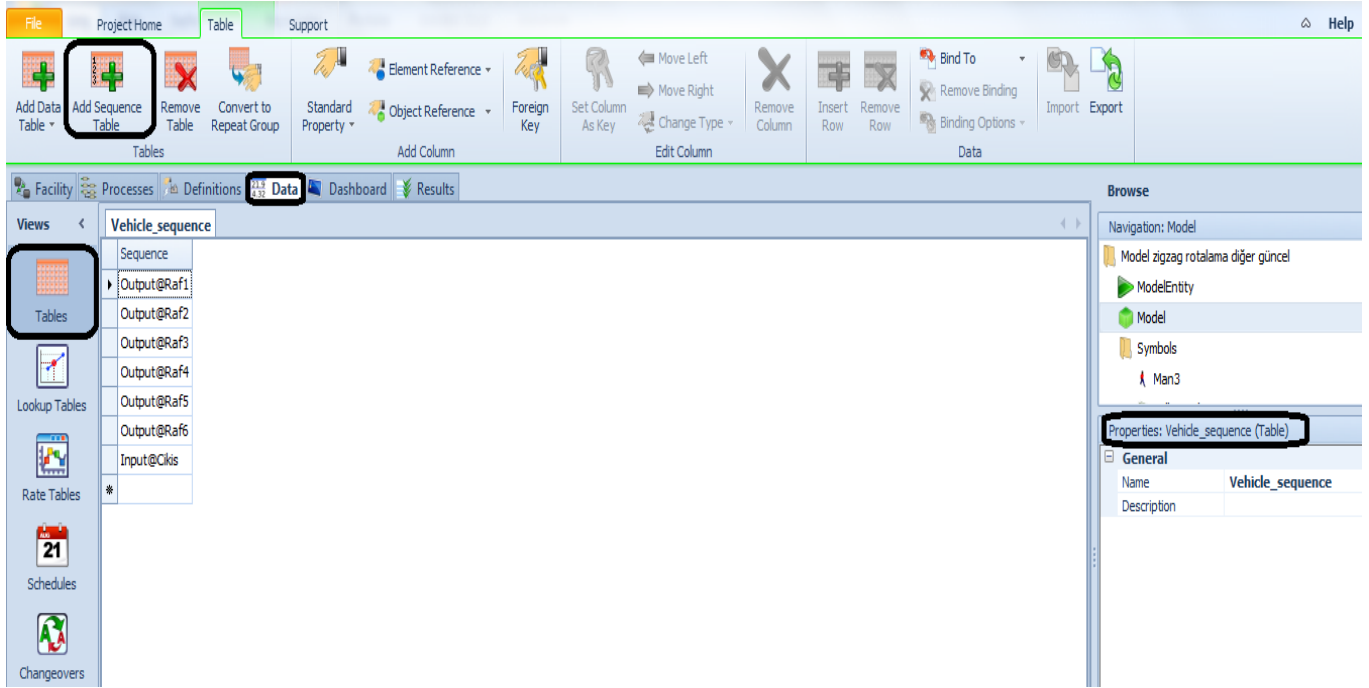
EK-5: Farklı Rotalama Politikalarına Ait Ürünler Arasındaki Mesafelere İlişkin Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü



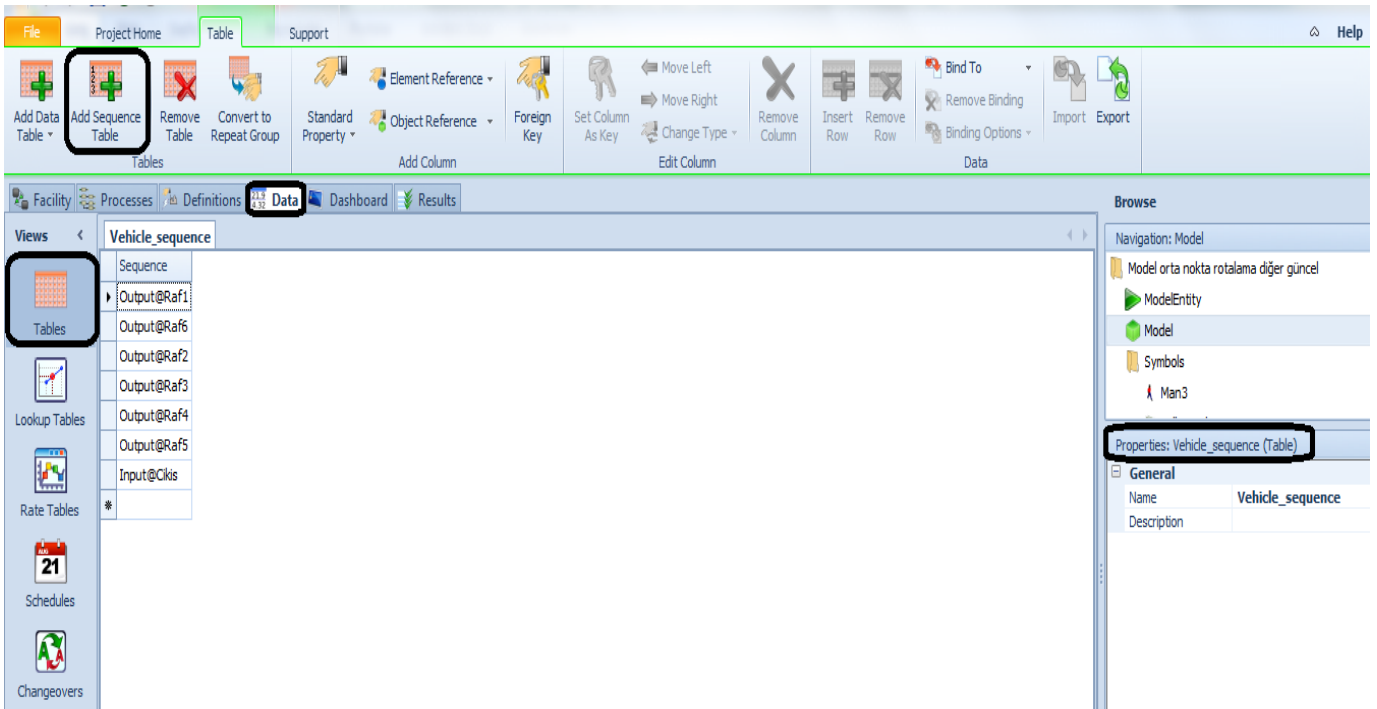
EK-6: Geri Dönüş Rotalama Politikasına Ait İzlenen Rotaya İlişkin Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü



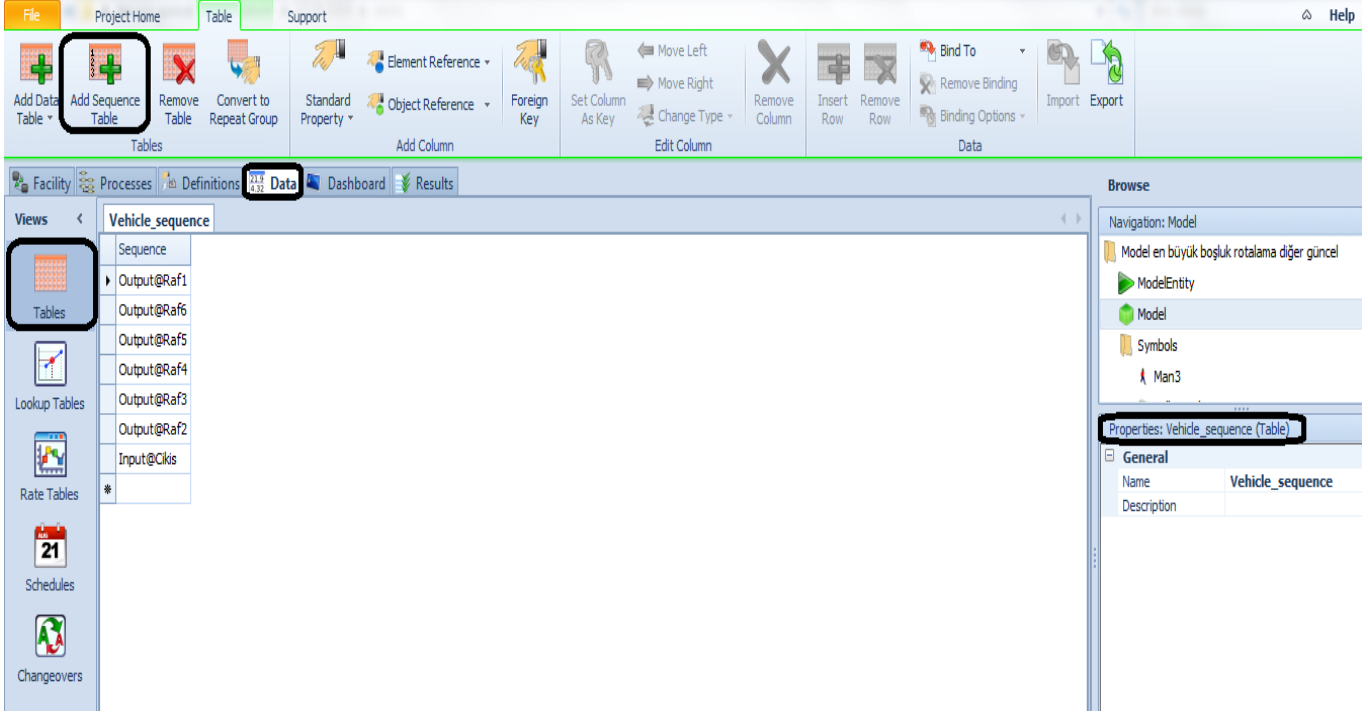
EK-7: ZigZag Rotalama Politikasına Ait İzlenen Rotaya İlişkin Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü



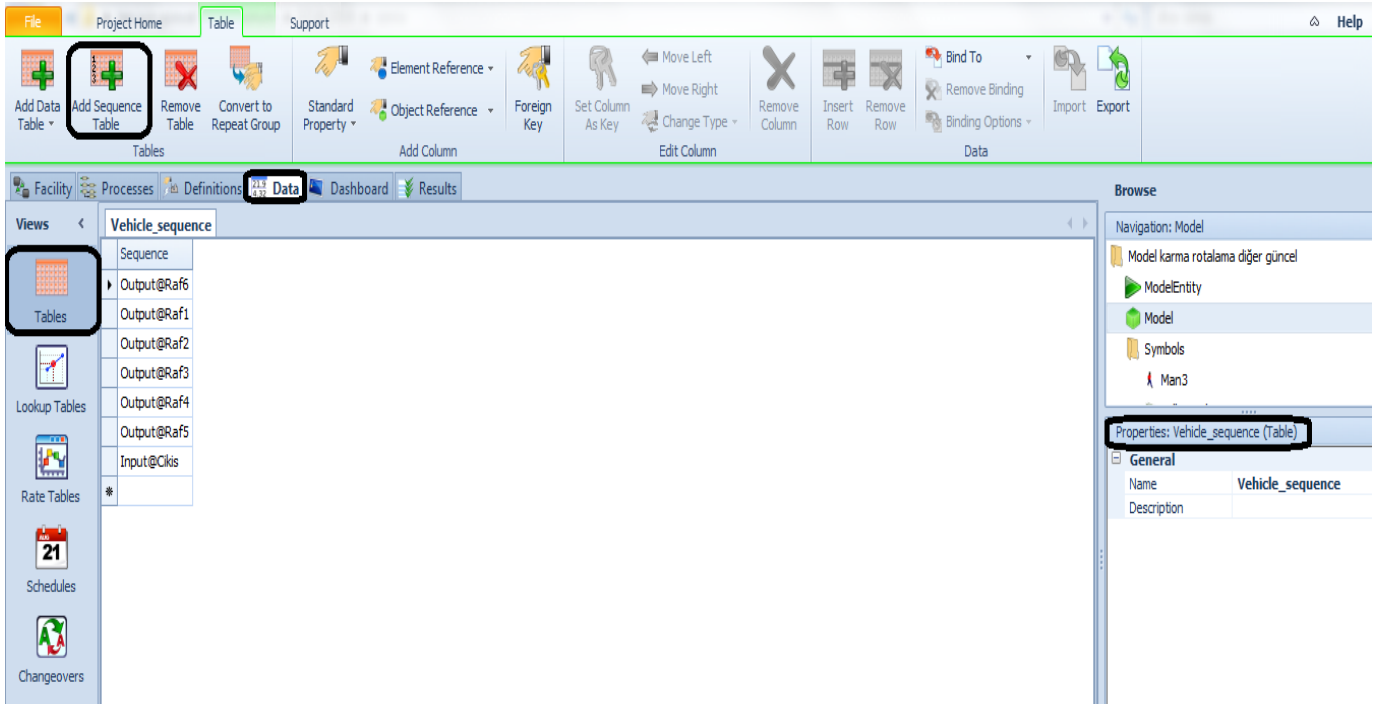
EK-8: Orta Nokta Rotalama Politikasına Ait İzlenen Rotaya İlişkin Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü



EK-9: En Büyük Boşluk Rotalama Politikasına Ait İzlenen Rotaya İlişkin Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü



EK-10: Karma Rotalama Politikasına Ait İzlenen Rotaya İlişkin Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü



ÖZGEÇMİŞ

Aylin OFLUOĞLU, 16.07.1986 İstanbul Bakırköy’de doğdu. İlkokulu Yeşilköy Şehit Pilot Muzaffer Erdönmez İlkokulu’nda, orta okul ve liseyi Fahrettin Kerim Gökay Anadolu Lisesi’nde tamamladı. Lisans eğitimini 2005-2010 yılları arasında Marmara Üniversitesi, Almanca İşletme Enformatiği bölümünde gördü ve bölümünden birincilikle mezun oldu. Lisans eğitimi sırasında aynı zamanda Bosch Sanayi ve Ticaret A.Ş.’de Orijinal Yedek Parça Satış Departmanı’nda part time stajyer olarak çalıştı. 2007 yılında Almanya’da Lüneburg Leuphana Üniversitesi’nde dil eğitimi alan Aylin OFLUOĞLU, iyi derecede İngilizce ve Almanca bilgisine sahiptir. Lisans eğitimini tamamladıktan sonra Aksigorta Genel Müdürlük’te Hasar Yönetimi departmanında tam zamanlı uzman olarak çalışmaya başladı. 2011 yılında evlendi ve Trabzon’a taşındı. Aksigorta’daki görevine Akbank Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü Banka Şube Yöneticisi olarak bir süre devam etti. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Üretim Yönetimi Yüksek Lisans Programı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.

Evli ve bir çocuk sahibi olan OFLUOĞLU, akademik kariyerine devam etmeyi planlamaktadır.