

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



**DEPOLARDA ÜRÜN ATAMA PROBLEMLERİNDE ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN
KULLANIMI: BİR İŞLETME UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışmanı **Hazırlayan**
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DESTE **Fatma Sümeyye ERARSLAN**

MALATYA,2021

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DEPOLARDA ÜRÜN ATAMA PROBLEMLERİNDE
ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI:
BİR İŞLETME UYGULAMASI

Fatma Sümeyye ERARSLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANABİLİM DALI

MALATYA

2021

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘Depolarda Ürün Atama Problemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanımı: Bir İşletme Uygulaması’ başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yönetmeliğe uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Fatma Sümeyye ERARSLAN

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın her aşamasında yardım öneri ve desteğini esirgemedi beni yönlendiren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DESTE'ye;

Çalışmamı gerçekleştirmeme imkân sağlayan Tekno Bağlantı Elemanları Paz. ve Tic. A. Ş.' ye ve İşletme Genel Müdürü Mahmut BİLGİÇ' e

Verilere ulaşmamı sağlayan işletme insan kaynakları müdürü sayın Mustafa TEKEDERELİ ve depo yöneticisi sayın Vahap TEKEDERELİ'ye

Tez yazım aşaması dahi tüm hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen ve her türlü imkânı bana sağlayan Annem, Babam, Eşim ve biricik kızım Aybüke' me teşekkür ediyorum.

ÖZET

DEPOLARDA ÜRÜN ATAMA PROBLEMLERİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI: BİR İŞLETME UYGULAMASI

Fatma Sümeyye ERARSLAN

İnönü Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı

97 + xv sayfa

2021

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DESTE

Lojistik faaliyetlerinin etkinliğinde depolama süreçleri önemli bir yere sahiptir. Bu çerçevede, doğru yönetilemeyen depolama faaliyetlerinin işletmeler için zaman kaybı ve yüksek maliyetler oluşturabileceğini ifade etmek mümkündür. Dolayısıyla, işletmeler depolama şekillerini planlamayı, daha da önemlisi depo yönetimi algısını oluşturmayı başarmak zorundadırlar. Depolama alanlarında ki optimizasyon çalışmalarının giderek artması da depo yönetimi algısının olumlu sonuçları arasında gösterilebilmektedir. Depolama süreçlerindeki optimizasyon çalışmaları, ürün yükleme boşaltma işlemlerindeki iyileştirmeler ile etkili sonuçlar elde etmektedir.

Bu çalışmada, bir işletmenin depo alanında ürün atama problemi için Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri (ÇKKV) kullanılarak bir optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Uygulama çerçevesinde, ilk olarak literatür taraması yapılmış olup tarama sonucunda değerlendirme kriterleri; kârlılık, müşteri duyarlılığı, popülerlik, ağırlık ve talep kriterleri şeklinde belirlenmiştir. ÇKKV teknikleri kullanılırken gerekli olan kriter ağırlıkları işletmede çalışan uzmanlarla odak grup görüşmeleri sonrasında oluşturulmuştur. Dikey boyutta yapılan sınıflandırma çalışması için ELECTRE TRI yöntemi, yatay boyutta yapılan sıralama çalışması içinde TOPSIS ve VIKOR yöntemleri uygulanmıştır. Bu tekniklerin kullanımı sonucunda mevcut depo alanı ve üretilen ürün özelliklerine en uygun optimum yerleşim şekli belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Depolama, Ürün Atama, Çok Kriterli Karar Verme, TOPSIS, ELECTRE TRI, VIKOR

ABSTRACT

USING MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS IN PRODUCT ASSIGNMENT PROBLEMS IN WAREHOUSES: A CASE STUDY

Fatma Sümeyye ERARSLAN

Inonu University
Institute of Social Sciences
Department of Business Administration

97 + xv pages
2021

Supervisor: Assist. Assoc Dr. Mustafa DESTE

Storage processes have an important place in the effectiveness of logistics activities. In this context, it is possible to state that improperly managed storage activities can cause loss of time and high costs for businesses. Therefore, businesses have to be able to plan their storage styles and, more importantly, to create a perception of warehouse management. The gradual increase in optimization studies in storage areas can also be shown among the positive results of the perception of warehouse management. Optimization studies in storage processes achieve effective results with improvements in product loading and unloading processes.

In this study, an optimization study was carried out by using Multi-Criteria Decision Making Techniques (MCDM) for the product assignment problem in the warehouse area of an enterprise. Within the framework of the application, a literature review was made first and the evaluation criteria as a result of the scanning; profitability, customer sensitivity, popularity, weight and demand criteria. The criteria weights required when using MCDM techniques were created after focus group discussions with the experts working in the enterprise. The ELECTRE TRI method was used for the vertical classification study, and the TOPSIS and VIKOR methods were used for the horizontal scale classification study. As a result of the use of these techniques, the optimum layout that is most suitable for the existing warehouse area and the characteristics of the produced product has been determined.

Keywords: Storage, Product Assignment, Multi Criteria Decision Making, TOPSIS, ELECTRE TRI, VIKOR

İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ.....	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
KISALTMALAR	xv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

DEPO KAVRAMI VE UNSURLARI

1.1 Depo Yönetiminin Önemi.....	5
1.2 Depo Yönetimi Karar Aşamaları	5
1.2.1 Stratejik Kararlar	6
1.2.2 Taktiksel Kararlar	7
1.2.3 Operasyonel Kararlar	7
1.3. Depo Yönetiminin Amaçları.....	8
1.3.1 Mevcut Alanın Verimli Kullanımı.....	8
1.3.2 En Fazla Depolama.....	9
1.3.3 Talepleri Hızlı Karşılama	9
1.3.4 Minimum Hasar / Fire	10
1.3.5 Veri Güvenliği	10
1.4. Depo Yerleşim Düzeni	11
1.4.1 Ürünlerin Depo İçerisindeki Yerleşim Düzeni	11
1.4.2 Depo Yerleşim Planı Oluşturmanın Amacı	12
1.4.3 Depo Yerleşim Planı Aşamaları	13

1.4.4 Depo Yerleşim Alanı Düzenleme Yaklaşımları	14
1.4.5 Ürün Akış Planı	16
1.4.5.1 Doğrudan Akış Tipi.....	17
1.4.5.2 U-Tipi	17
1.4.5.3 Yaratıcı Depo.....	18
1.5. Raf Sistemleri	19
1.5.1 Sırt Sırta (Back to Back) Raf Sistemi:	21
1.5.2 Çift Derinlikli (Double Deep) Raf Sistemi	21
1.5.3 İçine Girilebilir ve İçinden Geçilebilir Raf Sistemleri	22
1.5.4 Giydirme Raf Sistemi	23
1.5.5 Kayar Raf Sistemi.....	24
1.5.6 Balkonlu Raf Sitemi	24

İKİNCİ BÖLÜM

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE DEPOLARDA ÜRÜN ATAMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

2.1 Depolarda Ürün Atama Problemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerini Kullanan Çalışmalar	26
2.2 Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri	33
2.3 Çalışmada Kullanılan Çok Kriterli Karar verme Teknikleri	37
2.3.1 TOPSİS	37
2.3.2 ELECTRE.....	41
2.3.2.1 ELECTRE TRI.....	41
2.3.3 VIKOR.....	43

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

CIVATA FABRİKASI DEPOSUNDA BİR UYGULAMA

3.1 Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	47
--------------------------------------	----

3.2 Araştırmanın Yöntemi	47
3.3 Kriter Ağırlıklandırma	49
3.4 Mevcut Durum Analizi	52
3.5 Dikey Boyutta Sınıflandırma	53
3.6 Yatay Boyutta Sıralama	55
3.6.1 TOPSIS Uygulaması	55
3.6.2 VIKOR Uygulaması	73
SONUÇ	91
KAYNAKÇA	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Depo Yönetim Sistemleri'nin Temel Unsurları ve Depo Operasyonlarındaki Rolü.....	4
Şekil 1.2 Doğrudan Akış	17
Şekil 1.3 U-Tipi Akış Sistemi.....	18
Şekil 1.4 Sırt Sırta Raf Sistemi	21
Şekil 1.5 Çift Derinlikli Raf Sistemi	22
Şekil 1.6 İçine Girilebilir Raf Sistemi	23
Şekil 1.7 Giydirme Raf Sistemi.....	23
Şekil 1.8 Kayar Raf Sistemi	24
Şekil 1.9 Balkonlu Raf Sistemi.....	25
Şekil 2.1 Çok Kriterli Karar Verme Problem Türleri.....	33
Şekil 2.2 İdeal ve Uzlaşık Çözüm	44
Şekil 3.1 Mevcut Depo Durumu.....	53
Şekil 3.2 İşletme Depo Alanı Autocad Çizimi	52
Şekil 3.3 ELECTRE TRI Atama Görseli.....	54

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1 Literatür Çalışmaları	26
Tablo 2.2 Çok Kriterli Karar Verme Problemleri ve Teknikleri.....	34
Tablo 2.3 Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Yapılan Tez/Doktora Çalışmalarının Yıllara Göre Dağılımı	34
Tablo 2.4 Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Sektörel Dağılımları	35
Tablo 2.5 Çalışmaların Amaca Yönelik Dağılımları	1
Tablo 2.6 ELECTRE Yöntemleri.....	41
Tablo 3.1 Dikey Boyut Kriter Ağırlıklandırma Formu	49
Tablo 3.2 Yatay Boyut Kriter Ağırlıklandırma Formu	50
Tablo 3.3 Dikey Boyutta Kullanılacak Kriter Ağırlık Değerleri	51
Tablo 3.4 Yatay Boyutta Kullanılacak Kriter Ağırlık Değerleri.....	51
Tablo 3.5 ELECTRE TRI Tercih Parametreleri	53
Tablo 3.6 Yatay Boyut Kriterleri ve Ağırlıkları.....	55
Tablo 3.7 C ₁ Sınıfı Alternatiflerin Kriter Değerleri	56
Tablo 3.8 C ₁ Sınıfı karar matrisi	56
Tablo 3.9 Normalizasyon işlemi C ₁ sınıfı Değerleri.....	57
Tablo 3.10 Normalize edilmiş C ₁ sınıfı Değerleri matrisi	58
Tablo 3.11 Ağırlıklandırılmış Normalize Matris	59
Tablo 3.12 İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri	59
Tablo 3.13 İdeal Uzaklıklar Tablosu.....	60
Tablo 3.14 Negatif ideal uzaklıkların elde edilmesi	61
Tablo 3.15 İdeal ve Negatif ideal çözüm değerleri tablosu	61
Tablo 3.16 C ₁ Sınıfı TOPSIS Uygulaması Sonucu	62
Tablo 3.17 C ₂ Sınıfı Alternatiflerin Kriter Değerleri	62
Tablo 3.18 Normalizasyon değerleri.....	63
Tablo 3.19 Normalize edilmiş C ₂ sınıfı Değerleri	63
Tablo 3.20 Ağırlıklandırılmış Normalize Matris	64
Tablo 3.21 İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri	64
Tablo 3.22 İdeal Uzaklıklar Tablosu.....	64
Tablo 3.23 Negatif İdeal Uzaklıklar Tablosu.....	65
Tablo 3.24 C ₂ Sınıfı TOPSIS Uygulaması Sonucu	65

Tablo 3.25 C ₃ Sınıfı Alternatiflerin Kriter Değerleri	66
Tablo 3.26 C ₃ sınıfı karar matrisi	66
Tablo 3.27 Normalizasyon değerleri	66
Tablo 3.28 Normalize edilmiş C ₃ sınıfı Değerleri	67
Tablo 3.29 Ağırlıklandırılmış normalize değer matrisi.....	67
Tablo 3.30 İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri	67
Tablo 3.31 İdeal Uzaklıklar Tablosu.....	68
Tablo 3.32 Negatif ideal uzaklıklar tablosu	68
Tablo 3.33 C ₃ Sınıfı TOPSIS Uygulaması Sonucu	68
Tablo 3.34 C ₄ Sınıfı Alternatiflerin Kriter Değerleri	69
Tablo 3.35 C ₄ sınıfı karar matrisi	69
Tablo 3.36 Normalizasyon değerleri.....	70
Tablo 3.37 Normalize edilmiş C ₄ sınıfı Değerleri	70
Tablo 3.38 Ağırlıklandırılmış normalize değer matrisi.....	71
Tablo 3.39 İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri	71
Tablo 3.40 İdeal Uzaklıklar Tablosu.....	71
Tablo 3.41 Negatif İdeal Uzaklıklar Tablosu.....	72
Tablo 3.42 C ₄ Sınıfı TOPSIS Uygulaması Sonucu	72
Tablo 3.43 TOPSIS yöntemi depolama alanı olası yerleşim şekli.....	72
Tablo 3.44 C ₁ Sınıfı ürün konumlandırma problemine ait karar matrisi	73
Tablo 3.45 En iyi ve en kötü kriter değerleri	74
Tablo 3.46 Normalizasyon Matrisi	74
Tablo 3.47 Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi	75
Tablo 3.48 S _i ve R _i Değerleri	76
Tablo 3.49 Hesaplanan S _i , R _i ve Q _i değerleri.....	77
Tablo 3.50 C ₁ Sınıfı VIKOR Uygulama Sonucu	77
Tablo 3.51 VIKOR yöntemi C ₁ sınıfı yerleşim düzeni	77
Tablo 3.52 C ₂ Sınıfı ürün konumlandırma problemine ait karar matrisi	78
Tablo 3.53 En iyi ve en kötü kriter değerleri	78
Tablo 3.54 Normalizasyon Matrisi	79
Tablo 3.55 Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi	79
Tablo 3.56 S _i ve R _i değerleri	80

Tablo 3.57 Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri	80
Tablo 3.58 C_2 Sınıfı VIKOR Uygulama Sonucu	81
Tablo 3.59 En iyi ürün yerleşim planı düzeni	81
Tablo 3.60 VIKOR yöntemi C_2 sınıfı yerleşim düzeni	81
Tablo 3.61 C_3 Sınıfı ürün konumlandırma problemine ait karar matrisi	82
Tablo 3.62 En iyi ve en kötü kriter değerleri	82
Tablo 3.63 Normalizasyon matrisi	83
Tablo 3.64 Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi	83
Tablo 3.65 S_i ve R_i değerleri	84
Tablo 3.66 Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri	84
Tablo 3.67 C_3 Sınıfı VIKOR Uygulama Sonucu	85
Tablo 3.68 VIKOR yöntemi C_3 sınıfı yerleşim düzeni	85
Tablo 3.69 C_4 Sınıfı ürün konumlandırma problemine ait karar matrisi	86
Tablo 3.70 En iyi ve en kötü kriter değerleri	86
Tablo 3.71 Normalizasyon Matrisi	87
Tablo 3.72 Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi	87
Tablo 3.73 S_i ve R_i değerleri	88
Tablo 3.74 Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri	88
Tablo 3.75 C_4 Sınıfı VIKOR Uygulama Sonucu	89
Tablo 3.76 En iyi ürün yerleşim planı düzeni	89
Tablo 3.77 VIKOR yöntemi C_4 sınıfı yerleşim düzeni	90
Tablo 3.78 VIKOR yöntemi depolama alanı olası yerleşim şekli	90
Tablo 3.79 Depolama konumu atama düzeni	90

KISALTMALAR

AGT	: Aynı Gün Teslimat
AUTOCAD	: Auto Computer Aided Design
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri
ELECTRE	: Elemination and Choice Translating Reality English
FİFO	: İlk Giren İlk Çıkar (First in first out)
FILO	: İlk giren son çıkar (First in last out)
NİÇ	: Negatif İdeal Çözüm
PİÇ	: Pozitif İdeal Çözüm
RFID	: Radyo Frekanslı Tanımlama (Radio Frequency Identification)
SKU	: Stok Tutma Birimi (Stock Keeping Unit)
SLAP	: Depolama Konumu Atama Sorunu (Storage Location Assignment Problem)
TOPSİS	: Technic for Order Preference by Similarity to İdeal Solution
UTADIS	: Toplanabilir Fayda Diskriminant
VIKOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
3B	: 3 Boyutlu

GİRİŞ

Depolama faaliyetleri, işletmelerin satışa hazır nihai ürünlerinin zarara uğramadan ilk günkü özellikleri ile saklanabilmesi ve hızlı bir şekilde sevk edilmeleri için gerçekleştirilen faaliyetlerdir. İşletmeler, faaliyet gösterdikleri piyasada rakip işletmeler ile rekabet edebilmek için kendilerini her anlamda sürekli iyileştirmek zorundadırlar. Ürünün maliyet fiyatını etkileyen her süreç göz önünde bulundurularak bu aşamalarda iyileştirmeler planlanmalıdır. Depolama maliyetleri de ürün için doğrudan gider düşünülmesi de ürün maliyetini etkileyen önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Depolama maliyetlerini azaltmak adına, işletmelerin depo yönetimi algısını benimsemeleri önem arz etmektedir. Depoların ve sevkiyat süreçlerinin planlanması, optimizasyonu ve kontrolü depo yönetimi olarak ifade edilmektedir.

Sevkiyat sürecinde istenilen malzemeye tam zamanında ulaşmak önemli bir faktördür. Depolama alanlarının etkili şekilde kullanılamaması, ürün arama süresinin uzunluğundan dolayı sipariş edilen ürünün sevkiyatının aksaması, yanlış ya da eksik ürün gönderimi gibi olumsuz durumların yaşanmasına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla, bu durum müşteri ile ilişkilerin aksamasına neden olmaktadır. Tam zamanında üretim sistemindeki mantık gibi depolanan malzemenin belirli bir yerinin olması, çalışanların depolama alanını etkin kullanmaları ve malzemelere istenilen zamanda ulaşmalarını sağlamak depolama maliyetlerinin azalmasına etki edecektir. Bu süreçlerde yapılacak olan iyileştirmeler depolama alanında optimizasyon çalışmasının temelini oluşturacaktır.

Bu çalışma, Malatya 2. Organize sanayinde cıvata imalatı yapan bir fabrikanın nihai ürün deposunda, sevkiyata hazır malzemelerin uygun yerlere atanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın birinci bölümünde depo, depolama kavramları ve depo yönetiminde geleneksel karar problemleri ele alınmıştır. İkinci bölümde ise, ÇKKV yöntemleri ile çözülen ürün atama problemlerine yönelik bir literatür araştırması gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede uygulama kısmında kullanılan TOPSIS ve ELECTRE TRI, VIKOR yöntemlerine yönelik teorik bilgiler verilmiştir. Çalışmanın üçüncü ve son bölümünde bölümünde araştırmanın amacı, önemi ve kapsamına değinilerek fabrika

hakkında genel bilgiler, mevcut durum analizi ve ÇKKV tekniklerinin uygulama aşamaları sunulmuştur.



BİRİNCİ BÖLÜM

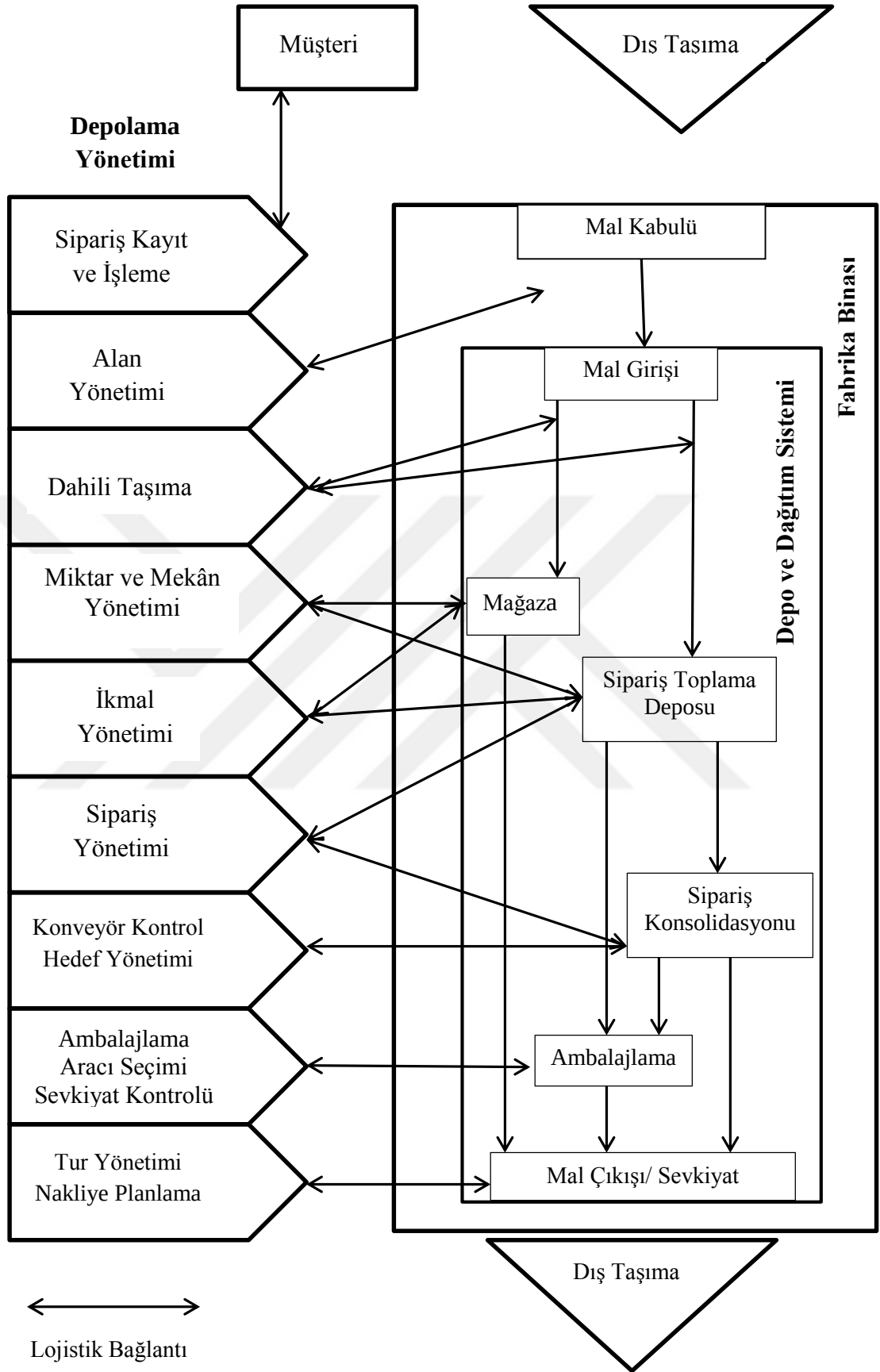
DEPO KAVRAMI VE UNSURLARI

Depolama, hareketin hızının kesildiği nokta yâni “hızı sıfır olan bir nakliye” olarak tanımlanmaktadır (Yıldıztekin, 2004). Depolama; depolama alanlarında ya da dağıtım merkezlerinde konumlandırılan hammadde, yarı mâmül, nihâi ürün ve yardımcı diğer sarf malzemelerinin tüm işlevlerini içeren bir kavramdır.

Acar ve Çakmak (2017), Depolama faaliyetlerini, ham madde ya da nihai ürünlerin büyük miktarlarda, uygun koşullarda saklanması ve gerektiğinde hazır halde bulunabilmesi için gerekli olan faaliyetlerin sistematik ve düzenli bir şekilde gerçekleştirilmesi şeklinde tanımlamışlardır. Bir diğer tanımlamada Lambert ve arkadaşları (1998) tarafından, depolama etkinliğini, üretim ve tüketim noktalarında ya da aralarında ürünlerin (hammaddeler, parçalar, süreç içi stok, bitmiş ürünler) stoklanmasını ve stoklanan parçaların statüsü, durumu ve yapısı hakkında yönetimin bilgilendirilmesini sağlayan, bir firmanın lojistik sisteminin bir parçası şeklinde yapılmıştır.

İşletmeler için depolama alanlarında stok bulundurmak ek bir maliyet olsa da mevsimsel talep, büyük miktarlarda üretim, hızlı tedarik, üretim sürekliliğini gerçekleştirebilme ve fiyat sabitleme gibi işletme yararına olacak faaliyetler sebebi ile stoksuz çalışmayı tercih etmemektedirler. Depo kavramı da bu sebeplerden dolayı işletmeler için büyük önem arz etmektedir.

Mal kabulünden ürün sevkiyat aşamasına kadar geçen süreç akışları incelendiğinde; ihtiyaçlara, sektöre, müşteriye veya ürüne ve dolayısıyla depolama yöntemlerine göre farklılık gösteriyor olsa da, temelde birçok etkinlik ortak başlık altında ve genel işleyiş aynıdır. Sekil 1.1’ de gösterildiği üzere, depoların çoğunda bulunan etkinlikler listesine göre; sipariş ve kayıt işleme, alan yönetimi, dahili taşıma, miktar ve mekan yönetimi, ikmal yönetimi, sipariş yönetimi, konveyör kontrol hedef yönetimi, ambalajlama aracı seçimi, sevkiyat kontrolü, tur yönetimi ve sevkiyat planlama temel depo yönetim süreçleri olarak tanımlanmış ve depo operasyonlarındaki rolleri belirtilmiştir.



Şekil 1.1 Depo Yönetim Sistemleri'nin Temel Unsurları ve Depo Operasyonlarındaki Rolü (Hompe, 2007:21)

1.1 Depo Yönetiminin Önemi

Depoların daha verimli kullanılması amacı ile yapılan faaliyetler depo yönetimi çalışmaları olarak adlandırılmaktadır. Bu faaliyetler, depo içerisinde boşa geçen zamanı azaltmaya, maksimum hizmet hızına ulaşmaya ve depolama maliyetlerini azaltmaya yönelik sistematik çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistematik çalışmaları gerçekleştirmek adına işletmeler, teknolojiyi ve akademik bilgileri daha etkin bir şekilde kullanarak çalışmalarına yön vermektedirler.

Yukarıda bahsedilen amaçlar dışında depo yönetimi işletmeler için (Acar ve Çakmak, 2017: 78-79; Görçün, 2017: 1-6);

- Stok yönetiminde en doğru bilgiye ulaşılmasını sağlar,
- Depolama alanını maksimum verimlilikle kullanmayı sağlar,
- Yanlış ürün sevkiyatına engel olmayı sağlar,
- Çalışanların ve gerçekleşen faaliyetlerin performans ölçümlerinin kısa zamanda raporlanarak sunulmasını sağlar,
- Hızlı karar verme süreci sağlar,
- Depo doluluk oranlarının izlenebilirliğini artırır,
- Depo sayımı gibi zaman kaybına sebep olan çalışmaların hızlı ve doğru bir şekilde yapılmasına olanak tanır,
- Ve en önemlisi piyasada rekabet avantajı sağlayan depolama maliyetlerini düşürür.

1.2 Depo Yönetimi Karar Aşamaları

Depolama ile ilgili karşılaşılabilecek problemlerde, depoların fiziksel özellikleri ve stratejik gereksinimleri göz önüne alınarak karar verilmesi gerekmektedir. Verilecek olan kararların işletmeler için uzun vadede kar sağlayacak kararlar olmalarına özen göstermek gerekmektedir.

Verilecek olan kararlarla depo alanındaki maliyetler azaltılmaya çalışılırken müşteri memnuniyet seviyesinin en üst düzeyde olması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Depo tasarım süreci stratejik, taktik ve operasyonel düzeyde çeşitli tasarım problemlerine ilişkin verilen kararlar ile işlerlik kazanmaktadır. Rouwenhorst ve

arkadaşları (1999) tarafından bu kararlar depo iş süreçleri, depo kaynakları ve depo organizasyonu perspektiflerine göre değerlendirilmiştir.

1.2.1 Stratejik Kararlar

Depo yönetiminde alınan stratejik kararlar depolama faaliyetlerinin en temel kararlarını oluştururlar. Bu kararlar, değiştirilmesi gerektiği zaman işletmelere yüksek maliyetlere sebep olabilecek ve genellikle uzun dönemler için geçerli olacak kararlardır. Firmaların nasıl bir depo yapısına sahip olması gerektiğini stratejik kararlar sayesinde verilebilmektedir. Alınacak olan stratejik kararlar diğer aşamalarda alınacak olan kararlara zemin oluşturmaktadır. Stratejik düzeylerde alınacak olan kararlarda iki gruptan söz edilebilmektedir; Süreç akışına ilişkin kararlar ve depolama sistemlerinin seçimine ilişkin kararlar (Rouwenhorst vd., 1999: 519).

- Süreç akışına yönelik kararlar, teknik kapasiteleri içermektedir. Depo alanının nerede olacağı, depolama kapasitesinin belirlenmesi ve depolama ekipmanlarının taşınacak ürün özellikleri ile uyumluluğu gibi. Bu problemin girdisi, ürün ve sipariş özellikleridir. Problemin çıktısı ise, hangi sistem bileşenlerinin, teknik açıdan ürün özelliklerine uygun olduğunu ve performans kısıtlarını sağlayacağını belirlemektir.
- Depo sistemlerinin seçimine ilişkin kararlar ise, depolama faaliyetlerinin işletme tarafından mı yoksa aracı bir şirket tarafından mı karşılanacağını kararları, kullanılacak olan veri paketlerinin seçimi hakkında kararlarının alınması şeklinde örneklendirilebilir. Bu kararlar ile yatırım ve operasyonel maliyetlerini en küçüklemek amaçlanmaktadır.

Stratejik kararlar, firmaların rekabet pazarında yer edinmek istediği pozisyona göre ve firmanın gerçekleştirdiği tedarik zinciri yaklaşımına göre oluşturulmalıdır. Stratejik planlar alınırken sadece günümüz koşullarındaki durumlar değil ayrıca gelecek zamanlarda oluşabilecek olası aksilikler de göz önünde bulundurularak detaylı ve aşamalı planlar tasarlanmalıdır.

1.2.2 Taktiksel Kararlar

Taktiksel kararlar, stratejik kararların aksine kısa dönemleri etkileyen kararlardır. Aylık ya da üç aylık gibi kısa dönemleri etkileyen kararları içermektedir. Uzun dönemler için alınan stratejik kararlar, taktiksel kararların sınırlarını belirlerler. Orta vade dönem kararları olan taktiksel kararlar, uzun dönemleri ilgilendiren stratejik kararların gerçekleşmesine yardımcı olarak başarılı bir şekilde uygulanmasını sağlamak amacıyla alınmaktadır. Taktik kararlar genel olarak kaynakların boyutu (depolama sistemlerinin büyüklüğü ve çalışan sayısı), yerleşim plânının belirlenmesi ve organizasyonel sorunlar ile ilgilidir. Taktik düzeydeki problem kümeleri şunları içermektedir (Rouwenhorst vd., 1999: 521):

- Ürünlerin depodan sevkiyatlarının planlanması,
- Stok tutma stratejilerinin belirlenmesi,
- Depo içerisindeki raf sistemlerin kararı,
- Personel sayısının belirlenmesi,
- Depo ekipmanlarının tercihini içeren kararlardır.

Taktiksel kararlar depo yöneticilerin verdiği kararlar olmakla birlikte depoların dönemlik başarılarını belirleyen kararlardır. Uzun dönemler için alınan stratejik kararların işletmenin pazardaki rekabet planları ile paralel şekilde ilerlemesi ve asgari bir sezonluk dönem için doğru olması taktiksel kararların da doğruluğuna etki etmektedir.

1.2.3 Operasyonel Kararlar

Operasyonel düzeyde alınacak olan kararlar, stratejik ve taktiksel kararlar ile oluşturulan çerçeve dâhilinde daha yüksek düzeylerde gerçekleştirilmek durumundadır. Depo yönetimi kararlarında tasarım ve planlamadan sonraki ve son aşama olan müşterilere taleplerini hızlı, doğru ve etkili bir şekilde ulaştırılmasını sağlayan kısa dönemli kararların verilmesi aşamasıdır. Bu düzeydeki temel kararlar, insanların ve ekipmanın atanması ve kontrolü ile ilgilidir. Operasyonel düzeydeki depolama sürecine ilişkin kararlar (Rouwenhorst vd., 1999: 522):

- Siparişin hazır olma zamanının planlanması,
- Sevkiyat için planlanan ürünlerin hazırlanması,

- Siparişin müşteriye ulaşma yollarının kararının verilmesi,
- Ürünlerin depo alanı içerisindeki yerinin planlanması ve miktar belirleme işlemleri olarak tanımlanabilmektedir.

Operasyonel kararlar ürünün müşterinin siparişini oluşturduktan sonra teslim edilene kadar geçen süre içerisinde gerçekleşen süreçleri planlayan kararlardır. Depolama işlemleri içerisinde operasyonel karar aşaması müşteri memnuniyetini en çok etkileyen kararlardır. Örneğin, operasyonel kararlardan biri olan siparişlerin depodan sevkiate hazırlanması sırasında doğru olmayan bir toplama listesi ile işlem gerçekleştirilmesi sonucunda müşteri talepleri karşılanmamış ve müşterinin üretim sürekliliğinin tehlikeye girmesine sebep olunabilir. Stratejik karar aşamasında etkili bir şekilde belirlenmiş depo yeri sayesinde operasyonel karar aşamasında yapılacak doğru rotalama kararları ile ürünlerin minimum maliyetle, en kısa zaman içerisinde müşterilere ulaştırılması mümkün olacaktır. Bu gibi sebeplerden dolayı depo yönetiminde alınacak olan her bir karar, üzerinde özenle düşünülerek ve sonuçlarının etkilerinden emin olunarak alınmalıdır.

1.3. Depo Yönetiminin Amaçları

Depo alanında ki yerleşim planı ve ürün konumlandırma durumu, etkili olmayan bir deponun içerisinde gerçekleştirilen süreçlerin doğru bir biçimde yerine getirmesi pek mümkün olmamaktadır. Depo yerleşim planının etkililiği bu sebepten dolayı oldukça önemlidir. Planlaması yanlış gerçekleşmiş olan depo yerleşiminde ekipman, alan ve işçi kullanımının verimli olması zorlaşacaktır. Depolar, işletmelerde üretim hattından sonra en hareketli yapıya sahip olan kısımlar olarak düşünülmektedir. Bu nedenle depoların bu hareketli şartlara hızla uyum sağlayabilmesi için depo yerleşim planının esnek yapıda tasarlanması önemlidir.

1.3.1. Mevcut Alanın Verimli Kullanımı

Depoların tasarımları fiziksel özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Depo tasarımları ihtiyaçlar çerçevesinde değişkenlik gösterse de tesis planlaması yapılırken depolama alanı olarak kullanılacak alanın önceden belirlenmesi, depo içerisinde bulunacak olan ofisler, lavabolar, ısıtma ya da soğutma sistemleri için gerekli alanlar

mevcut m² üzerinden planlama yapılmalıdır bu alanlar düşünülmeden yapılan tasarımlarda daha sonra ciddi problemler meydana gelebilmektedir (Arslan, 2019: 12).

1.3.2. En Fazla Depolama

Depo içerisinde aynı türden ürünlerin farklı konumlarda depolanmaları depo alanının verimsiz kullanımına sebebiyet verecektir. Depo içerisinde stoklanan ürünler hızlı tüketim ürünleri gibi son tüketim tarihlerine dikkat edilmesi gereken ürünler olması durumunda sevkiyatlar özenle ilk üretilen ilk çıkış yapılacak şekilde tasarlanmalı ve gerçekleştirilmelidir. Ayrıca dağınık yerleşimli depolarda yanlış ürün sevkiyatı olma olasılığı artmakta ve bu durumlar müşteri kaybına neden olabilmektedir. Ürünlerin belirli bir düzen içerisinde depolanması esas amaç olarak planlanmalıdır.

Tesis yerleşiminde kullanılacak olan raf sistemlerinin seçiminin de üretilen ürünlerin özelliklerine uygun ve depo alanlarının kullanımının maksimum seviyede olmasını sağlayacak şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir. Tercih edilen raf sistemi ya da ekipmanlar yüzünden alanların kullanılamaması gibi bir durumun gerçekleşmemesi gerekmektedir.

Örneğin; Üretilen ürünlerin özellikleri ağırlık, hacim, istifleme şekli vb... depolama alanı içerisinde dar koridor kullanımına müsaade edecek şekilde ise ve ürün işlem hızını etkilemiyorsa dar koridor mantığı ve dar koridor makinaları ile çalışılabilir, bu durumda daha büyük boyutlu ekipmanlar olan forkliftler ile çalışılan işletmelere oranla daha fazla depolama gerçekleştirilebilir (Arslan, 2019: 12)

1.3.3. Talepleri Hızlı Karşılama

İşletmelerin depo kullanmalarındaki esas amaç, müşterilerinin siparişini geciktirmeden teslim edebilmek ve üretim süreçleri boyunca stoklanan ürünlerin oluşan taleplerine istinaden eksiksiz, hatasız ve hızlı bir şekilde sevk edilmesidir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte insanların hızlı olmasından dolayı tercih ettikleri e-ticaret uygulamalarının kullandığı depolarda siparişi oluşturma saati sevk işlemlerini etkilemektedir. Örneğin, bazı sitelerde saat 14:00' a kadar verilen siparişler aynı gün kargolama yapılabilirken, başka bir sitede saat 16:00' a kadar oluşturulan siparişler aynı gün kargolama seçeneği ile müşterilere hizmet sunmaktadır.

Aynı gün kargolama özelliklerinin daha da hızlı hali olan, aynı gün teslimat (AGT) özelliği olan işletmelerin oluşması ile siparişi verilen ürünler belirlenen depolardan aynı gün hazırlanmakta ve teslim edilmektedir. Müşterilerin sürekli gelişen istekleri işletme depoların daha da hızlı olmalarını gerektirmektedir (Arslan, 2019: 13).

1.3.4. Minimum Hasar / Fire

Depo içerisinde stoklanan ürünlerin nem, koku, rutubet, yağmur suyu, haşereler gibi ürünler için zarar verici olan durumlardan korunması işletmelerin sorumluluğu altındadır. İşletmelerin depo alanlarında ilaçlama, boya-badana, çatı aktarımı gibi gerekli görülen bakımlarını düzenli olarak yaptırması bu gibi kusurlu ürün oluşumuna sebebiyet verecek olayların gerçekleşmesinin önüne geçecektir.

Bunun yanı sıra ürünlerin paketleme anında ya da paketleme aşamasından depo alanına taşınma işlemlerinde insan hatasından kaynaklı hasarlanması, ya da ürün elleçleme işlemleri aşamasında, örneğin daha hafif olan ürün kolilerinin altta kalacak şekilde yerleştirilmesi ile ürünlerin ezilmesi, ya da taşıma esnasında forkliflerin ürünlere hasar verecek şekilde ilerlemesi ile fireler meydana gelebilmektedir.

Bunlara ek olarak hatalı ürünlerin sevk edilmesi ya da müşteriler tarafından yeniden kullanımı mümkün olmayan ürünlerin iadesi sevkiyata bağlı hatalı yükleme, ya da müşterilerden dönen iade oluşması gibi sebeplerle işletmelerde fireler meydana gelmektedir. Bu gibi fire ve hatalı ürün seviyeleri verilecek eğitimler, uygun ekipman kullanımları ile minimum seviyeye çekilmelidir (Arslan, 2019: 13).

1.3.5. Veri Güvenliği

İşletme içerisinde dahi müşterilere ait kişisel veriler farklı departmanlar ile paylaşılırken filtrelenerek paylaşılmaktadır. Her departman kendisine lazım olan verileri görebilmekte fazla veri paylaşılmamaktadır. Bu gibi önlemler sadece işletme içerisinde değil her alanda dikkate alınmalıdır.

Depo alanında da stok hareketlerinin kayıtlarının oluşturulması hem müşteriler için hem de işletmeler açısından büyük önem arz etmektedir. 2018 yılında çıkan

KVKK' nu ile kişisel veriler kanunla da korunur duruma gelmiş ve paylaşılmalari durumunda cezai yaptirimlari bulunmaktadır (Arslan, 2019: 14).

1.4. Depo Yerleşim Düzeni

Son zamanlarda teknolojinin hızla ilerlemesine bağı olarak tüketicilerin istekleri çeşitlenmiş ve sipariş teslim sürelerinde kısaltmalar yaşanmıştır. Teslimat sürelerindeki bu kısaltmayla birlikte müşteriler artık talep ettikleri ürünün siparişini oluşturduktan kısa bir süre sonra ürünlerin ellerine ulaşmasını istemektedirler. Bu nedenle teslimat süreleri işletmeler için önemli bir rekabet faktörü durumundadır. İşletmeler tedarik zinciri süreçleri boyunca gerçekleşen operasyonların sürelerini kısaltarak sipariş teslimlerini minimum sürede tamamlamayı amaçlamaktadır. Tedarik zinciri operasyonları arasında büyük öneme sahip olan depo operasyonlarıdır. Depolar türlerine göre işletmeler için stratejik role sahiptirler. Üretim süreçlerinde herhangi bir aksaklık yaşamamak adına hammadde ve yarı-mamul depolarında gerçekleşen proses süreleri önem arz ederken, müşteri taleplerinin istenilen zamanda karşılanması için ise nihai ürün depolarındaki proses süreleri önemlidir.

Depo operasyon sürelerinin iyileştirme çalışmalarında depo yerleşim planına büyük özen gösterilmelidir. Ürünlerin zaman kaybı olmadan sevkiyata hazırlanabilmesi adına, depo alanları içerisinde ürün yerleştirme politikalarının ürün hazırlama sürelerinin minimum seviyede gerçekleşmesi için planlamaların yapılması gerekmektedir. Aşağıdaki aşamalarda depo yerleşim planının amacı, yapılış adımları ve depo düzenleme yaklaşımları hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır.

1.4.1. Ürünlerin Depo İçerisindeki Yerleşim Düzeni

Depolama faaliyetleri, üretilen ürünlerin sevkiyat zamanına kadar belirli alanlarda stoklamak ve müşterilere ulaşmasını sağlayan sistematik bir yapıdır (Acar ve Çakmak, 2017: 77) Bu sistematik yapının kusursuz bir şekilde işlemlerini sağlamak adına depo içi yerleşim düzeninin verimli bir şekilde planlanması gerekmektedir.

Ürünlerin depo içerisindeki yerleşim düzeni, ürün hareket özelliklerine uygun bir şekilde yapıldığında etkili sonuç verecek şekilde planlanmalıdır. Depo iş süreçlerinin en kısa süre içerisinde gerçekleştirilebilmesi adına depo içi yerleşim planının, ürünlerin

hareket sayılarını minimum seviyelere indirmesi gerekmektedir. Etkin bir depo yerleşim planı ürünlerin sevkiyata hazırlanması sırasında ya da üretim hattından depoya yerleşimi sırasında gerçekleşen gereksiz işlem sayılarını azaltmaya yardımcı olarak depolama faaliyetlerinin verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacaktır (Acar ve Çakmak, 2017: 78-79)

Depo yerleşim düzenleri gerçekleştirilirken ikilem oluşturacak kararlar arasında kalındığında depo özellikleri düşünülerek en uygun olan kararın verilmesi amaçlanmaktadır. Depo içi tasarımı yapılırken, depolama alanını genişletmek ve zaman kaybına neden olan gereksiz taşıma sürelerini azaltmak çelişen kararlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Depoların çok katlı olarak tasarlanması yer avantajı sağlarken aynı zamanda sevkiyata hazırlanırken ki hareket sayısını ve süresini uzatmaktadır. Bunun tersi durumunda çok katlı depolama yerine tek katlı şekilde depo planlanması ise dikey boyutta gerçekleşecek hareketi azaltmakta ancak giriş/çıkışkapılarına olan uzaklığı arttırmakta ancak elleçleme işlemlerinin sürelerini kısaltmaktadır.

Depolama alanında gerçekleştirilen faaliyetler göz önünde bulundurulduğunda tek kat üzerine yapılan depolar daha avantajlı olarak gözlemlenmiştir ancak tek kat üzerine planlanan depolar fazla arazi gerektirmekte ve arazi m² ücretlerinin fazlalığı gibi sebeplerden dolayı geniş depo alanı oluşturmak her zaman için olası değildir. Depo yerleşim düzeni ayarlanırken ürünler için hareket kabiliyetleri kesintiye uğramayacak şekilde tasarımlar yapılmalı ve hareketlerin çakışmaması adına ön görülen önlemler gerçekleştirilmelidir.

1.4.2. Depo Yerleşim Planı Oluşturmanın Amacı

Depo yerleşim planı oluşturmanın amaçlarına bakıldığında (Frazelle, 2002: 272);

- Mevcut durumlardaki depo alanını en verimli şekilde kullanmak,
- Ürün taşıma sürelerinin etkin bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak,
- Stok bulundurma maliyetlerini en ekonomik şekilde gerçekleşmesi adına depo kullanım alanı, depo ekipmanları ve iş gücü maliyetlerinin minimum seviyede olmasını sağlamak,
- Değişen stok türü ve elleçleme ihtiyacını en esnek biçimde sağlamak.

- Depolama işlemlerinin eksiksiz bir biçimde gerçekleşmesi adına ortam düzenini sağlamak şeklinde sıralanabilir.

Depo yerleşim planı tasarlanırken bu beş maddeye dikkat edilerek kararlar verilmelidir. Etkili bir şekilde tasarlanmış depo yerleşim planı ile depo içerisinde gerçekleşen faaliyetler düzgün bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı işletmeler için depo yerleşim planı oldukça önemlidir. Düşünülmeden ve olası sıkıntılar ön görülmeden tasarlanmış olan depo yerleşim planları; depo alanı, kullanılacak ekipman ve gerekli iş gücü planlanmasını sıkıntıya sokacaktır.

Depolar işletmelerin hareketliliği yüksek olan bölümlerinin başında gelmektedir. Bu hareketlilik göz önünde bulundurularak depo yerleşim planının esnek bir yapıda olmasına özen gösterilmesi gerekmektedir.

1.4.3. Depo Yerleşim Planı Aşamaları

Depo yerleşim planı tasarlanırken ilgili birimler ve kişilerin göz önünde bulundurması gereken faktörler ve takip edilmesi gereken aşamalar aşağıda sıralanmıştır. (Acar ve Çakmak, 2017: 78-79)

Yerleşim planını sınırlandıran öğelerin tespiti: Yerleşim planı yapılırken yerleri kesinlikle değiştirilemeyen ürünler var ise bu yerler ve ürünler belirlendikten sonra kalan potansiyel alanda diğer düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Alan kullanımı kolonlar, konveyör yolu, otomatik robot yerleşim yeri, asansör boşluğu, merdivenler, lavabo ve depo ofislerinin yerleri ile kısıtlanabilmektedir. Bu nedenle ilk olarak bu gibi alanların nerelerde bulunacağına karar verilmesi önem arz etmektedir.

Sevkiyat ve Mal Kabul lokasyonunun tespiti: Mal kabul ve sevkiyat işlemlerinin faktörleri depo yerleşim planı içerisinde giriş ve çıkış kapılarının nerelerde bulunması gerektiği kararında etkili olacaktır. Giriş çıkış kapılarının tasarımı yapılırken malzeme akışının düzenli bir şekilde gerçekleşmesi, depo faaliyetlerinin verimliliğin artması ve mevcut depo alanının etkin bir şekilde kullanımı ön planda olmalıdır. Ürün kabul ya da sevkiyatlarının aynı kapıdan mı yoksa ürün kabulünün ayrı sevkiyatın ayrı kapılardan mı yapılması gerektiği kararı depo faaliyetleri açısından büyük önem

taşımaktadır. Gelen ürün ve sevkiyatı yapılacak ürünlerin ortak alandan alımı ya da gönderimi personel ve ekipman paylaşımına sebep olacak birim başına düşen iş gücü azalacaktır. Ürün girişi ve sevkiyata hazır ürünlerin çıkışı için farklı alanlar oluşturulması depo içerisinde oluşabilecek aşırı yoğunluğu engelleyerek zaman kayıplarına engel olabilecektir. Depo süreçlerinde gereksiz yere harcanan iş güçleri önemli bir maliyet gideri oluşturmaktadır. Ayrıca depo içerisindeki hava sirkülasyonunun fazla olması depo operasyon sahaları için önemli enerji kayıplarına sebep olmaktadır. Bu kayıpların daha az olmasını sağlamak adına ürün giriş ve çıkış kapılarının kuzey cephesi tarafında olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Depo giriş çıkış alanları belirlenirken depo alanının kurulacağı bölgedeki iklim şartlarının göz önünde bulundurulması ile oluşabilecek enerji kayıplarının önüne geçilebilecektir.

Gerekli koridor sayısı, Ekipman ve Ürünlerin Yerleşim alanının belirlenmesi:

Mevcut deponun kullanılabilir yerleşim alanı ve depoda kullanılacak olan ekipman sistemleri ihtiyaç duyulacak koridor şeklinin belirlenmesini sağlayacaktır. Ofis alanları, lavabo gibi sabit alanlar tespit edildikten sonra deponun ana koridorunun deponun diğer bölümlerine bir bağlantısının olması sağlanmalıdır. Elleçleme işleminin yapılması planlanan alan için ayrılan kısmın koridorları diğer koridorlara nispeten biraz daha geniş ayarlanmalıdır.

Hangi ürünün hangi alanda bulunacağına karar verilmesi: Bu aşamadaki amaç ürünlerin özelliklerine göre uygun bir alana yerleştirilmesini gerçekleştirmektir. Bu yerleşimler depo içerisinde oluşabilecek hareketliliğin bir ön simülasyonunun oluşturulmasına da olanak sağlayacaktır. Alternatif yerleşim planları oluşturmak yerleşim düzeninde en iyi alternatifleri belirlemek adına işletmeye fayda sağlayacaktır.

1.4.4. Depo Yerleşim Alanı Düzenleme Yaklaşımları

Depo yerleşim planları yapılırken göz önünde bulundurulması gereken önemli yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar yöneticiler ve depo tasarımı yapan ilgili kişilere yön gösterebilecek önemli kavramlardır. Bu yaklaşımlar incelendiğinde popülerlik yaklaşımı, benzerlik yaklaşımı, boyut yaklaşımı, ürün özellikleri yaklaşımı ve hacim kullanımı yaklaşımı olarak beş başlık altında incelendiği görülmektedir (Tompkins, 1996: 22)

Popülerlik Yaklaşımı: Popülerlik yaklaşımında depo işlem hacimleri sınıflandırıldığında depoda bulundurulan ürünlerin %15' inin işlem hacimlerinin %85' ini, %10' luk işlem hacmini depo içerisindeki ürünlerin %30' u ve geri kalan %5' lik dilimini ise ürünlerin eksik kalan %55' lik kısmının oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu veriler incelendiğinde depodaki ürünler ABC sınıflandırılması yapıldığında işlem hacminin %85' lik dilimini oluşturan ürünler A sınıfı, %10' luk kısmını B sınıfı ürünler ve geri kalan %5' lik kısmını ise C sınıfı olarak tanımlamak mümkündür. Popülerlik yaklaşımına istinaden, depo içerisindeki en fazla işlem hacmine sahip olan ürünlerin taşıma mesafelerinin en aza düşürülmesi gerekmektedir.

İşletme için yüksek ciro sağlayan ürünlerin yükleme alanlarına yakın şekilde yerleştirilmesi önemlidir. Popülerlik yaklaşımına göre ciro katkıları depo içerisinde konumlanacakları bölgeleri belirlemekte yardımcı olacaktır. Yüksek işlem hacimli ürünlerin tam tersi olarak düşük işlem hacmine sahip ürünlerin yerleşim yerlerinin ayarlanması sırasında uzun süre yerlerinden hareket etmeyecekleri göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Benzerlik yaklaşımı: Bu yaklaşıma göre alım veya satım işlemleri sıklıkla birlikte gerçekleştirilen ürünlerin birbirlerine yakın yerleştirilmesi önerilmektedir. Benzer ürünleri birbirlerine yakın alanlarda muhafaza etmek depo içerisindeki dolaşım sürelerini kısaltarak gereksiz işgücü kaybı oluşturmayacaktır. Birbirlerine benzer özelliklerde olan ürünlerin yakın mesafede bulunmasının bir başka faydası ise elleçleme işlemlerinin aynı olabileceğinden verimli bir şekilde bu işlemleri gerçekleştirmek mümkün olacaktır. Fakat birbirlerine benzer ürünlerin yakın mesafede yerleştirilmesinin dezavantajlarının da olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ürünlerin birbirlerine benzemesi sipariş toplama ve sevkiyat aşamasında yanlış ürün gönderimine sebep olma olasılığı yüksektir. Bu nedenle yöneticilerin bu dezavantajı göz önünde bulundurarak ek tedbirler olması gerekebilir.

Boyut yaklaşımı: Bu yaklaşıma göre, depolama işlemlerinde verimliliği arttırmak adına ağırlığı yüksek, büyük hacimli, taşınması güç olan ürünlerin işlem görecekları yerlere yakın yerleştirilmeleri gerekmektedir. Bu tür ürünlerin taşıma mesafesini minimize etmek depolama maliyetlerinin azaltılmasında önemlidir.

Depolama alanlarında ayarlanabilir raf sistemlerinin bulunması bu yaklaşımın önemli bir amacıdır. İşletme içerisinde üretilen ürünlerin boyutlarında belirsizlik olduğu durumlarda ayarlanabilir raf sistemleri depolama için kolaylık sağlayacaktır. Büyük hacimli saklama alanlarında küçük hacimli ürünlerin saklanması deponun verimli bir şekilde kullanmasını engelleyecektir. Ayrıca yığın üretim yapılan ürünlerin depolanmaları planlanırken büyük boyutlar kullanılmalıdır.

Ürün ağırlıkları fazlaştığında yatay boyutta giriş/çıkış kapılarına yakınlığı, dikey boyutta ise alt raflara yerleştirilmeleri önemli olmaktadır.

Ürün özellikleri yaklaşımı: Depolanacak ürünlerin özellikleri bazen onlara ayrıcalık tanınmasını gerektirmektedir. Raf ömrü kısa olan ürünlerin konumlandırımları yapılırken ürün sirkülasyon hızının yüksek olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tür ürünlerde FIFO yaklaşımı uygulandığından üretim tarihi ilk olan ürünlerin sevkiyatlarının en önce yapılması gerekmektedir, son tüketim tarihleri yaklaşımadan bu ürünlerin elden çıkarılması ve müşteriye ulaştırılması önemlidir.

Patlayıcı, sağlık açısından teması zararlı, ya da temizlik malzemelerinin de depolanmaları için özelliklerine uygun şartlar altında olmalıdır. Ek olarak özel depolama alanları gerektirebilmektedir. İşletmelerin ürünün dış görünüm olarak farklı olması boyutlarının simetrik olmaması gibi etkenlerde göz önünde bulundurarak depo yerleşim planı yapması gerekmektedir.

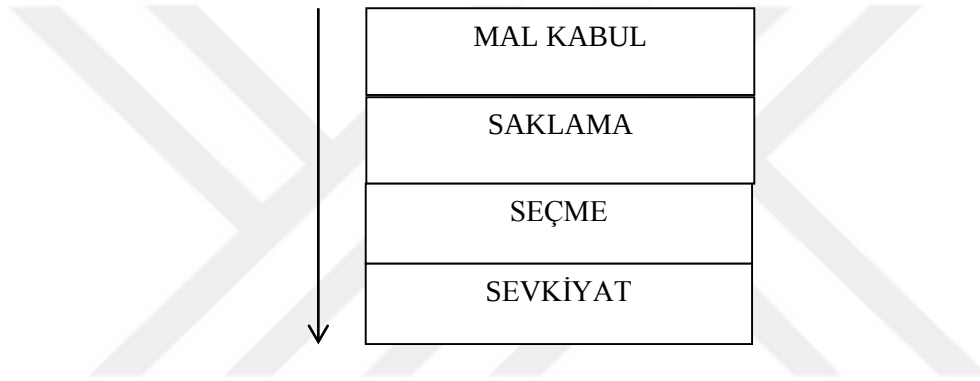
1.4.5. Ürün Akış Planı

Depolarda bulunan raf sistemlerinin düzeni ürün akışını etkileyen önemli bir unsurdur. Raf sistemlerinin düzeni, depo içerisinde gerçekleştirilen sipariş toplama ve ürün konumlandırma operasyonlarının verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini etkilemektedir.

Depolarda bulunan raf sistemleri, kullanım alanının özelliklerine, depolama süreçlerinin özelliklerine ve işlem sayısının çokluğuna göre doğrudan akış tipi, u-tipi, yaratıcı depo yerleşim tipi şeklinde adlandırılır. (Frazelle, 2002: 224)

1.4.5.1. Doğrudan Akış Tipi

Depolama alanına ürün giriş çıkışlarının farklı kapılardan gerçekleştirildiği yerleşim doğrudan akış tipi olarak adlandırılmaktadır. Akış tipi yerleşim sisteminde ürün girişinin ve ürün sevkiyatının gerçekleştiği noktalar karşılıklı olarak konumlandırılmıştır. Farklı kapılardan gerçekleşen ürün kabul ve sevkiyat işlemleri oluşabilecek araç trafik yoğunluğun önüne geçerek aynı anda bu iki işlemin gerçekleşebilmesini sağlamaktadır. Doğrudan akış tipi depo düzeninde koridorlar ikili olarak tasarlanarak hem ürün yerleştirme hem ürünün sevkiyata hazırlanma aşamaları da aynı zaman diliminde gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 1.2 Doğrudan Akış (Frazelle, 2002)

Doğrudan akış tipi sayesinde depo giriş çıkışlarındaki yoğunluk azaltılabilmekte ve böylece yanlış ya da geç sevkiyatın önüne geçilebilmektedir (Acar ve Çakmak, 2017: 90-91).

1.4.5.2. U-Tipi

Çoğunlukla depolarda yaygın olarak kullanılan raf yerleşim düzeni U-tipi raf yerleşim planıdır. Bu yerleşim planında ürün kabul ve sevkiyat işlemleri aynı noktadan gerçekleştirilmektedir. Aynı noktalardan yapılan iki işlem depo önündeki trafik yoğunluğunu arttırarak olası hatalı işlem ya da geç sevkiyat potansiyelini yükseltmektedir. Ancak U-tipi raf yerleşim düzeninde yük taşıma mesafeleri doğrudan akış tipi yerleşim düzenine kıyasla daha kısadır (Acar ve Çakmak, 2017: 91-92)

U-tipi raf yerleşiminde ürün kabul ve sevkiyat işlemleri aynı kapıdan gerçekleştirildiği için bu tip yerleşimli depolarda kapı sayısı daha az olacak buda depo

artacağı için ürün adresleme işlemlerinin etkili bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu adresleme işlemleri yapılırken RFID, barkod ya da sipariş toplama bilgi teknolojilerinden yararlanılarak yapılabilmektedir. Aksi durumlarda bu çok katlı yerleşimler arasında istenilen ürünlerin aranma süresi artarak gereksiz zaman kayıplarına sebep olabilecektir (Acar ve Çakmak, 2017: 92)

Depo alanı tasarımı depo içerisinde gerçekleşen işlemlerin verimliliği için büyük önem taşımaktadır. Depo alanlarının en etkili şekilde kullanımı ve operasyon sürelerini minimize ederek, sınırlı alanlarda maksimum potansiyelle çalışmak firmalara rekabet avantajı sağlayacaktır. İşletmelerin depolama için gerekli alan ihtiyaçları ya da ürün boyutlarında oluşabilecek değişimler için depolama alanının belirli aralıklarla ihtiyaçlara göre güncellenmesi gerekmektedir.

1.5. Raf Sistemleri

Ürünlerin sevkiyat zamanına kadar depo içerisinde muhafaza edilmesini sağlayan depo ekipmanları depo raf sistemleri olarak tanımlanabilmektedir. İşletmeler açısından stratejik bir karar olan raf sistemleri seçimi, depolama faaliyetlerinin tamamını etkilemekte ve yapısal olarak şekillendirmektedir (Görçün, 2017: 107) Depo yönetimine önem veren işletmelerin ilk olarak raf sistemlerinin seçimini etkileyen faktörleri göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Raf seçimine etki eden faktörlere bakıldığında;

- Depolanacak ürün özellikleri
- Ürün devir daim hızı
- Sevk Kapasitesi
- Elleçleme Kapasitesi
- Mevsimsellik gibi çok sayıda değişken sıralanabilmektedir.

Raf seçimi yapılırken bu faktörlerin göz önüne alınmaması işletme açısından sağlıklı karar verilememesine sebep olacaktır (Görçün, 2017: 108).

Depolama faaliyetleri gerçekleştirilirken ürün ve depolama alanının özelliklerine göre kullanılacak çeşitli raf tipleri bulunmaktadır (Acar ve Çakmak, 2017: 125).

Kısa ve Orta Genişlikteki Raflar: Ön ve Arka kısımlarının açık olması sayesinde depodan çıkması öncelikli olan hacmi küçük ürünlerin yerleştirildiği raf

tipleridir. Aynı ürün veya aynı boyutlardaki ürünlerin bu tip raflara depolanması etkin bir depolama gerçekleştirilmesini sağlar (Acar ve Çakmak, 2017: 125).

Teraslı Raflar: Arka arkaya sıralanmış rafların üzerine portatif olarak inşa edilebilen ve yan tarafına konulan merdiven aracılığı ile küçük ve hafif yüklerin yerleştirilebildiği terasların bulunduğu raf sistemleridir. Rafların teraslar ile desteklenmesinin amacı raflardaki yük yoğunluğunun azaltılmasıdır (Acar ve Çakmak, 2017: 125).

Yükseklik Ayarlamalı Raflar: Raf yüksekliklerinin depolanacak olan ürünün cinsine, hacmine, genişlik ve yüksekliğine bağlı olarak ayarlanabildiği raflardır. Ayarlanabilme özelliğinden dolayı farklı boyutlardaki ürünlerin yerleştirilmesi mümkün olmaktadır. Raf yükseklikleri gerekli olan durumlarda depo alanının yüksekliği ile aynı seviyeye getirilebilmektedir (Acar ve Çakmak, 2017: 126).

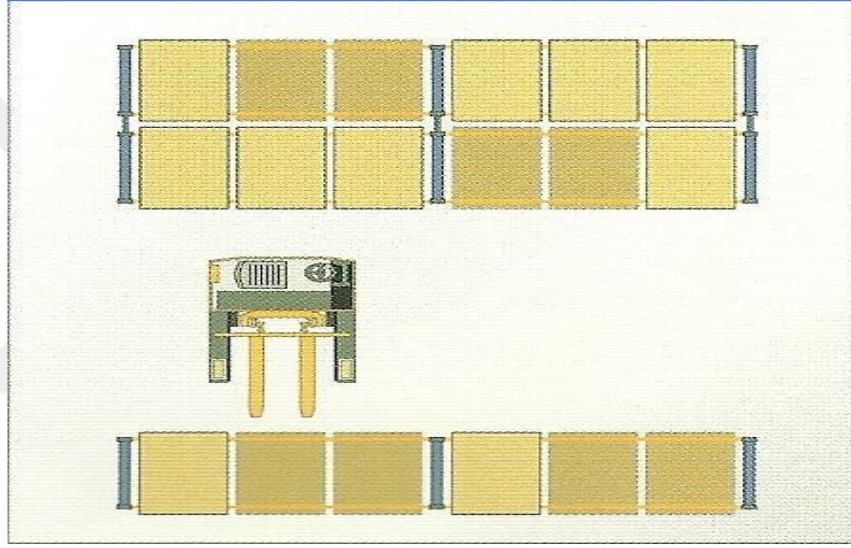
Mobil Raflar: Raf aralarına yerleştirilen ray ve asansör sistemleri ile desteklenen raf türleridir. Asansörler sayesinde ulaşılması zor alanlara depolama yapılabilmektedir. Zeminde ve raflar üzerinde bulunan raylar sayesinde de asansörün enlemsel olarak hareketleri kontrol edilebilmektedir. Bu raf sistemleri sayesinde depolama kapasitelerinde %80'e varan kapasite artışı gözlemlenmektedir (Acar ve Çakmak, 2017: 126).

Otomatik Tayin Yöntemleri: Verilerin otomatik olarak elde edilmesi ve bir araya getirilmesini sağlayan, teknoloji destekli yapılardır. Otomatik tayin yöntemleri arasında en çok kullanılan sistemler arasında bar-kod sistemi, radyo frekanslı veri iletişimi ve sesli veri toplanması gösterilebilmektedir. Bar-kod sistemi ve radyo frekanslı veri iletişimi sistemi özellikle depolama faaliyetleri açısından daha kullanışlı olmaktadır (Acar ve Çakmak, 2017: 126).

Bahse konu olan raf tiplerini kullanan raf sistemlerine baktığımızda çok sayıda alternatif olduğu görülmektedir. Raf sistemleri de aynı raf tipleri gibi ürün özelliklerine, devir hızlarına, depolama alanı imkânlarına göre farklı şekillerde tasarlanabilmektedir (Acar ve Çakmak, 2017: 125).

1.5.1. Sırt Sırta (Back to Back) Raf Sistemi:

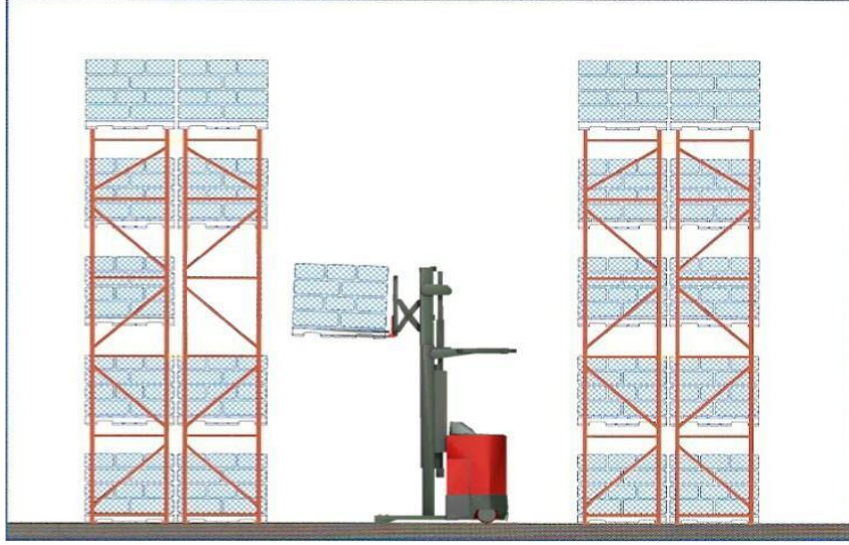
Sırt sırta raflar, konvansiyonel raflar olarak ta adlandırılan depolama faaliyetlerinde en çok kullanılan raf sistemleri olarak tanımlanabilmektedir. Özellikle paletli ürünler için uygun olan raf sistemi sayesinde farklı ürünlerin konumlandırılması ve ürüne yönelik konum tanımlanması yapılabilmektedir. Sırt Sırta raf sistemlerinde kullanılan raflar ayarlanabilir nitelikte olup 8 metreden 12,5 metreye kadar olan yüksekliklerde istifleme yapılabilmesini sağlamaktadır. Bu raf düzeni için raf ayağı düzeneği ihtiyacı daha az olacağından depolama alanının daha etkili kullanımına olanak tanımaktadır (Görçün, 2017: 108). Şekil 1.4’ te gösterilmiştir



Şekil 1.4 Sırt Sırta Raf Sistemi (Kaynak: URL-1)

1.5.2. Çift Derinlikli (Double Deep) Raf Sistemi

Depolama aracının bir raf sistemi üzerinde arka arkaya iki yükün depolama işlemlerini yapabildiği raf sistemidir. Çift derinlikli raf sistemi Şekil 1.5’ te gösterilmiştir. İstifleme aracı, rafın içerisine doğru iki farklı derinlikte uzanabilmektedir. Rafın arka kısmın yerleşecek ürün için teleskopik aygıtını daha çok uzatarak, ön kısımdaki yük içinse aygıtını az uzatarak istiflemeyi gerçekleştirir. Derinlikli raf sistemi sayesinde koridor sayısı azaltılarak alandan tasarruf sağlanır. Çift derinlikli raflarda istifleme aracı aygıtını normale göre daha fazla uzatmak zorunda olduğu için bu sistem ağır yükler için kullanılmaya uygun değildir (Yılmaz, 2011: 19).



Şekil 1.5 Çift Derinlikli Raf Sistemi (Kaynak: URL-2)

1.5.3. İçine Girilebilir ve İçinden Geçilebilir Raf Sistemleri

İçine girilebilir veya içinden geçilebilir (geçişli) raflar, bilhassa tek veya az çeşitteki büyük miktarlarda ve aynı zamanda ağırlık olarak fazla malların depolanması için kullanışlıdır. Bu raf sisteminde her zaman için palet kullanımı zorunludur.

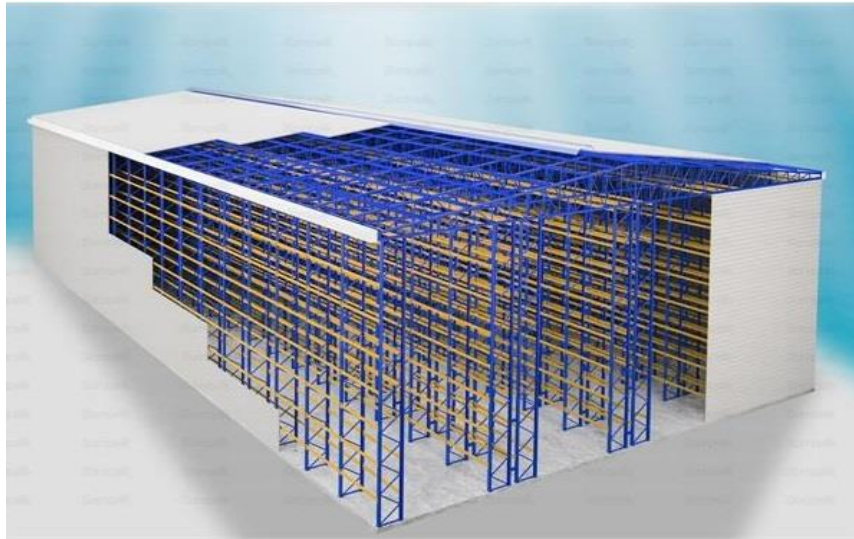
Bu raf sistemleri her iki giriş yönünün de açık olması sayesinde FİFO (ilk giren ilk çıkar) prensibine göre hareket etme imkânı sağlamakla birlikte en çok soğuk hava depoları gibi ya da tek tip ürün üretimi yapan işletmelerde aynı ebat, farklı cins ürünlerin ilk giren son çıkar (FILO) sistemine uygun olarak depolama yapılmasına da olanak sağlamaktadır. İçine girilebilir raf sistemi Şekil 1.6' da gösterilmiştir (Acar ve Çakmak, 2017: 133-134).



Şekil 1.5 İçine Girilebilir Raf Sistemi (Kaynak: URL-3)

1.5.4. Giydirme Raf Sistemi

Giydirme raf sistemleri tasarlanırken herhangi bir bina içerisinde konumlandırma yapılmaksızın dış cephe kaplama yapı ürünleri kurulu olan raf sistemine monte edilerek depolama alanı oluşturulmaktadır. Bu sayede bina inşaatından % 40 oranında tasarruf sağlayan bir depolama sistemidir. Giydirme raf sistemleri Şekil 1.7’ de gösterilmiştir (Acar ve Çakmak, 2017: 136).



Şekil 1.7 Giydirme Raf Sistemi (Kaynak: URL-4)

1.5.5. Kayar Raf Sistemi

Dinamik raf sistemleri olarak da bilinen kayar raf sistemleri, ürün devir daim hızı yüksek, FIFO sistemine göre çalışan ve depolama alanını etkili bir şekilde değerlendirmek isteyen işletmeler tarafından sıklıkla tercih edilen depolama sistemidir.

Kayar raf sistemleri standart raflarda depolamaya oranla % 90 oranında daha fazla imkân sağlamaktadır (Acar ve Çakmak, 2017: 137). Ürün yükleme ve boşaltma işlemlerinin raf sisteminin her iki ucundan da yapılabilmesi sayesinde koridor ihtiyacının azalması ve yükleme ve boşaltma esnasında rafta boşluk oluşmaması nedeniyle alan kullanımını en yüksek seviyede tutmaktadır. Kayar raf sistemleri Şekil 1.8’ de gösterilmiştir.



Şekil 1.6 Kayar Raf Sistemi (Kaynak: URL-5)

1.5.6. Balkonlu Raf Sistemi

Depolama alanı içerisine çelik konstrüksiyondan yapılmış asma katlardan oluşan bir yapıdır. Üzerinde bulunan asma kata konulabilecek raf sistemleri sayesinde depolama alanından maksimum düzeyde yararlanma imkanı sağlamaktadır. Depolama alanı içerisinde sabit bir yerleri olmadığı için esnek bir şekilde konumlandırma yapılabilen sistemlerdir. Mezanin sistem olarak ta adlandırılmaktadır. Balkonlu raf sistemleri Şekil 1.9’ da gösterilmiştir (Acar ve Çakmak, 2017: 140).



Şekil 1.7 Balkonlu Raf Sistemi (Kaynak: URL-6)

İKİNCİ BÖLÜM

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE DEPOLARDA ÜRÜN ATAMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

Bireysel, kurumsal ya da örgütsel olarak insanoğlu çok çeşitli alternatifler arasında seçim yapmak durumunda kalmaktadır. Bireysel konularda hangi alternatifin seçileceğinin kararını insanoğlu genellikle sezgisel olarak almakta, ancak kurumsal ya da örgütsel alınacak kararlar söz konusu olduğunda bilimsel yaklaşımlar kullanılarak alternatifler arasında tercihler yapılmaktadır. Bu bilimsel yöntemler literatür de Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri başlığı altında toplanmıştır. Çok kriterli karar verme teknikleri ile birçok alternatif arasından, bizim koşullarımıza uygun olan en iyi alternatifin seçimi yapılabilmektedir.

Çok kriterli karar verme teknikleri hayatın her aşamasında kullanılabilecek yöntemler bütünüdür. Bir ev satın alırken, gidilecek üniversitenin tercihi yapılacakken, fabrika ya da ev kurulum yeri belirlenirken bu yöntemler kullanılarak en iyi sonucu elde edebileceğimiz alternatifleri seçmemiz mümkündür. Çalışmamızda da bir fabrikada üretilen ürünler için optimum ürün atama çalışması çok kriterli karar verme teknikleri ile yapılacaktır.

2.1 Depolarda Ürün Atama Problemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerini Kullanan Çalışmalar

Konu ile ilgili yapılan literatür çalışmasında, bulunan çalışmalar kronolojik olarak Tablo 2.1’ de sıralanmış, bizim çalışmamıza yön veren çalışmalar özet halinde açıklanmıştır.

Tablo 2.1 Literatür Çalışmaları

Yazar Adı	Yılı	Makale Adı
Petersen, C. G., II	1997	An evaluation of order picking routing policies.
Petersen, C. G., II	1999	The impact of routing and storage policies on a warehouse efficiency.
Hwang, H., Choi, B. Ve Lee, M.J.,	2005	A model for shelf space allocation and inventory control considering location and inventory level effects on demand
Heragu, S. S., Du, L., Mantel, R. J., & Schuur, P. C.	2005	Mathematical model for warehouse design and product allocation

Sébastien Damart , Luis C. Dias, Vincent Mousseau.	2007	Supporting groups in sorting decisions: Methodology and use of a multi-criteria aggregation/disaggregation DSS
Muppani, V. R., & Adil, G. K.	2008a	Efficient formation of storage classes for warehouse storage location assignment: A simulated annealing approach.
Muppani, V. R., & Adil, G. K.	2008b	A branch and bound algorithm for class-based storage-location assignment
Dallari, F., Marchet, G., & Melacini, M	2009	Design of order picking system.
Bindi, F., Manzini, R., Pareschi, A., & Regattieri, A.	2009	Similarity-based storage allocation rules in an order picking system: an application to the food service industry.
Xiao, J., & Zheng, L.	2010	A correlated storage location assignment problem in a singleblock- multi-aisles warehouse considering BOM information
Kovacs, A.	2011	Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics.
Bottani, E., Cecconi, M., Vignali, G., & Montanari, R.	2012	Optimisation of storage allocation in order picking operations through a genetic algorithm.
Bahar ÖZYÖRÜK, Sevgi AK,	2012	Etkin Depo Yerleşiminin Düzenlenmesi İçin Bir Model: Elektronik Firmada Uygulanması
Fontana, M. E., & Cavalcante, C. A. V	2013	Electre TRI Method Used To Storage Location Assignment Into Categories
Fontana, M. E., & Cavalcante, C. A. V	2014	Using the Efficient Frontier to Obtain the Best Solution for the Storage Location Assignment Problem
Fontana, M. E., & Cavalcante, C. A. V.	2014	Use of Promethee method to determine the best alternative for warehouse storage location assignment.
Da Silva, D. D., De Vasconcelos, N. V. C., & Cavalcante,	2015	Multicriteria decision model to support the assignment of storage location of products in a warehouse.
Fontana, M. E., & Nepomuceno, V. S..	2016	Multi-criteria approach for products classification and their storage location assignment
Pang, K. W., & Chan, H. L.	2017	Data mining-based algorithm for storage location assignment in a randomised warehouse.
R. Micale, C.M. La Fata*, G. La Scalia	2019	A combined interval-valued ELECTRE TRI and TOPSIS approach for solving the storage location assignment problem

Sarıcan, B.	2019	Depolama Alanı Ürün Atama Problemi İçin En İyi Alternatif Konumun Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Belirlenmesi
-------------	------	--

Heragu ve arkadaşları (2005), makalelerinde, bir ambar tasarımındaki ürün tahsisi ve fonksiyonel alan boyutu belirleme problemlerini aynı anda ele almıştır. İki problemi birlikte çözmek için matematiksel bir model ve sezgisel bir algoritma geliştirilmiştir, böylece yıllık taşıma ve depolama maliyetlerini en aza indirmeye çalışmaları yapılmıştır. Bu model için girdi verisi gereksinimi çoğu depoda hazır ve model gerçekçi kısıtlamaları dikkate alır. Bunun, iki sorunu aynı anda değerlendiren ve kullanıcının bunları en iyi şekilde çözmesine izin veren mevcut tek model olduğu gözlemlenmiştir.

Damart ve arkadaşları (2007), Önerdikleri metodolojide, ELECTRE TRI yönteminin kullanımına dayalı bir toplama / ayrıştırma yaklaşımını birden çok karar vericinin bulunduğu bir yapıda genişletir. Karar vericiler arasındaki etkileşimi desteklemeyi, sayısal bilginin elde edilmesinin zor olduğu durumlarda ortak ve kabul edilmiş benzersiz birçok kriterli toplama modeline ulaşmalarına yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma ile sınıflandırma problemlerini ele alarak ve birleştirme / ayrıştırma fikirlerini kullanarak grup kararına yardım konusunda mevcut literatürü genişletir. Ağırlıklar için kesin sayılardan ziyade kesin olmayan bilgilerin (bazı eylemlerin ağırlıklar üzerindeki kısıtlamalara çevrilmiş örnekler olarak atanması) kullanılmasının iki önemli fayda sağladığı gözlemlenmiştir. Birincisi, modelin bazı parametrelerini ortaya çıkarmanın bilişsel olarak zor görevinden kaçınmaya katkıda bulunması, ikincisi ise tartışmanın anlaşılması sorunlu olabilecek ağırlık değerlerinden ziyade atama örnekleri (bu karar vericiler için daha doğal bir ifade biçimi) üzerine temellendirilmesine katkıda bulunmuşlardır. Dahası, parametre değerlerinden aynı sonuçlara ulaşılabilirdiği aktarılmıştır (yani, farklı girdi değerleri aynı çıktıyı verebilir). Önerilen süreç, katı bir şekilde takip edilecek kesin bir "reçete" veya yöntem olarak görülmeğe ziyade, hesaplanan çıktıların birbirleri arasındaki tartışma için bir yönelim işlevi gördüğü bir kolaylaştırıcı-analist tarafından esnek bir şekilde ayarlanabilen bir metodoloji olarak görülebilir. Aslına bakılırsa, metodoloji, toplama / ayrıştırmaya dayalı diğer çok kriterli sıralama yöntemlerine, yani UTADIS'e uygulanacak kadar geneldir. Oluşturulan örnek, grubun hem bireysel hem de kolektif seviyelerde tüm süreç boyunca

tutarlılığını korurken ortak ve benzersiz bir ELECTRE TRI modeline doğru nasıl ilerleyebileceğini göstermektedir. Bu, IRIS DSS kullanımının getirdiği temel katkıdır. Kendi modelini özel olarak oluşturmak için yazılımın tek bir örneğini kullanarak, her karar verici tutarlı bir örnek kümesini tutmaya yardımcı olmuştur. Dahası, karar verici, grup tarafından tartışılan bir atama örneğini kabul etmekten kaynaklanan modeli üzerindeki etkiyi kontrol edebilecek haldedir. Aynı zamanda, analist, grup tarafından kabul edilen tutarlı bir örnek kümesini korumak için bir IRIS örneğini kullanır ve yazılımı, "ne olur" sorularını yanıtlamak veya aşağıdakilerin atanmasını içeren bir "paket anlaşması" olup olmadığını doğrulamak için kullanabilir. Karar vericilerin bazı kriter değerlendirme aşamasında Delphi tekniğini kullanarak etkileşim modu en yüksek olan kararlar almaya çalışmışlardır.

Fontana ve Calvante (2013), çalışmalarında depo içerisindeki ürünlerin yerleşimlerini özelliklerine göre değerlendirmek adına çok kriterli karar verme tekniklerini kullanmışlardır. Bu çalışma sayesinde sınıflara ayırdıkları ürünlerin belirli bir depolama içerisinde bulunmalarını sağlamış, ayrıca her sınıf için de stok yönetimi stratejilerini ürün özelliklerine uygun olarak geliştirmişlerdir. Sıralama işlemleri yapılırken, kriterlerin pozisyonunda değişikliğe sebep olmadan kolaylıkla özellik ekleme ve çıkarma işlemlerini gerçekleştirdiği için ELECTRE TRI methodu tercih edilmiştir. Electre TRI yöntemi, iyimser atama ve karamsar atama olarak adlandırılan iki çeşit sıralama alternatifi sağlar. Çalışma içerisinde açıklanan örnekte, karamsar kuralın hem sipariş toplamada ortalama seyahat mesafesini en aza indirmek hem de stok yönetiminde belirli politikaların benimsenmesinden elde edilen kazançlar açısından daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Özetlemek gerekirse, Electre TRI yöntemi, bir depodaki ürünleri sınıflandırmada uygundur, çünkü hem ürünlerdeki nesnel kriterleri (örneğin, öğelerin boyutu) hem de müşteriler üzerindeki öznel kriterleri (örneğin, müşteri hizmet seviyesinin duyarlılığı dikkate alır.). Dahası, bu yöntem, depolama kararlarının, literatürde bulunan diğer yöntemlere göre daha kolay alınmasına yardımcı olur.

Fontana ve Calvante (2014), çalışmalarında iki önemli faktörü incelemişlerdir; gerekli alan ve sipariş toplama uzaklığı. İki faktör içinde istenilen sonuç az yer kullanarak çok depolama sağlamak ve sipariş toplama mesafesini en aza indirmek. Bu

değişkenler, Bu çalışmada kriterler / hedefler olarak her iki değişkeni de en aza indiren depolama konumu atamasına bir alternatif bulmak amaçlanmıştır. Depolama çalışmalarında alan azaltma mümkün olduğu zaman rastgele depolama sistemi azalacağından depolama alanının verimsiz kullanımının büyük ölçüde azalacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, rastgele depolama sistemi, toplayıcıların her ürünün tam yerini bilmesini gerektiren çok daha büyük bir envanter kontrolü gerektirirken tahsis edilmiş depolama sisteminde, bu kontrol daha küçüktür, çünkü toplayıcılar zaten her bir ögenin konumuna aşinadır (yani, sipariş toplama faaliyetini kolaylaştırır.). Bununla birlikte, çalışma içerisinde Pareto-optimal kullanımı karar vericinin nihai kararını kolaylaştırarak mevcut alternatiflerin davranışının görselleştirilmesini sağlamıştır. Çalışmadaki en büyük kazanç, alternatiflerin davranışlarının grafiksel olarak görselleştirilerek karar verme aşamasında etkili olmasıdır. Nihai sonuç, her bir deponun türüne ve karar vericinin tercihlerine göre değişecektir.

Fontana ve Calvante (2014), Bu çalışmada, farklı senaryolardaki süreçlerin değerlendirilebilmesi için matematiksel model ve simülasyon kullanan bir metodoloji kullanmıştır. Sunulan model ile birlikte depo özelliklerine uygun gerçek durumlar kullanılarak, şirket için en düşük toplam maliyetle verimli depolama anlayışı gerçekleştirilmiştir. Çalışma içerisinde gerçekleştirilen Promethee I ve II'den elde edilen sıralamalar eşittir. Bu eşitlik, değerlendirilen alternatiflerin özelliklerinden kaynaklanmaktadır; burada çok iyi alternatifler, yani en büyük pozitif akış, söz konusu ağırlık simülasyonu için en az negatif akışa sahip alternatifler olarak tanımlanmıştır. Böylece, Promethee II' nin net akışı, Promethee I'in kısmi sıralamasıyla aynı sıralama ile sonuçlanmıştır. Çalışmadan da anlaşılabileceği gibi kriterlere verilen ağırlıklandırmanın depo için seçilen konfigürasyonu tamamen değiştirebileceği sonucuna varılabilir. Ancak belki de bir depoyu modellemenin statik olmadığı ve deponun hedefleri değiştiğinde gözden geçirilmesi gerektiği söylenmiştir. Sonuç olarak, Promethee yöntemi depolanan öğelerin en iyi alternatif konumunu belirlemede etkili olmuştur. Bu yöntemin bir avantajı, alternatiflerin sıralanmasıdır. Böylelikle karar verici, gerektiğinde bir alternatif ile diğeri arasında sıralama yoluyla faaliyetlerini esnek hale getirebilir, yani, hangi kriterin bir kenara bırakılabileceğini ve böylece diğerinden tam fayda elde edilebileceğini değiştirme avantajına sahiptir. Gelecekteki çalışmalara bakıldığında, seçilen alternatifin karar vericinin gerçek ihtiyaçlarını karşılaması için kriter

ağırlıklarının en iyi nasıl ortaya çıkarılacağını daha fazla değerlendirme olasılıkları vardır.

Silva, Vasconcelos, Cavalcante (2015), çalışmalarında çok kriterli karar verme teknikleri ile her ürün için en iyiden en kötü seçeneklere doğru azalan bir sırayla ambar içinde tahsis etmek adına çakışmalar yapmışlardır. Depolama standardı oluşturmak için ürünlerin alternatif sıralamaları SMARTER ve sözlük bilimsel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya göre, en yüksek genel değerlere sahip ürünler, GİRİŞ/ÇIKIŞ(giriş ve çıkış) noktasına en yakın olarak tahsis edilmelidir ve bu tahsis mantığı, tüm ürünleri kapsayacak şekilde uygulanmalıdır. Modelde önerilen hedefler üzerinde en az önemli etkiye sahip olan ürünler belirlenerek sözlük bilimsel yöntemle göre GİRİŞ/ÇIKIŞnoktasından daha uzak yerlerde tahsis edilmişlerdir. Bu düzenlemeler doğrultusunda karar vericiler, bu yöntemleri bir depo rutini halinde gerçekleştirerek yalnızca en önemli ürünlerle değil, aynı zamanda depo içerisinde alana en hakim olan ürünler hakkında da bilgi sahibi olabilmektedir.

Fontana ve Nepomuceno (2016), çalışmalarında çok kriterli karar verme tekniklerini depodaki ürünlerin özellikleri (ağırlık, alan ve talep) ile birleştirerek sipariş toplama sırasında geçen süreyi iyileştirmek adına ürünlerin çok katmanlı depoda konumlandırılacağı yeri belirleme işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. SLAP (storage location assignment problem) çalışmalarında ELECTRE TRI' nin birkaç raf seviyesine sahip bir deponun analizine izin verip hesaplama çabasının en aza indirilmesine ve 3'ten fazla sınıfın üretilebileceği sonucuna varmışlardır. Dahası, birçok deponun mevsimlik ürünlerle çalışmasının süreç için sıkıntı olmadığı önerilen model ile tüm ürün çeşitlerinin sınıflandırılabilceğini, tek sıkıntının depo yerinin tayin çalışması olduğunu öngörmüşlerdir. Çalışmadaki değerler rastgele oluşturulduğundan, alternatifler kriterler arasında çok çelişkili özellikler göstermiştir ve iyimser bir kural ile hafifletilebilir yapıda olması sayesinde düşük raf seviyelerinin yoğun bir şekilde kullanılmasına izin vermiştir. Ancak bu, ürünlerin özelliklerine göre değişebilir ve duruma göre değerlendirilmelidir. Özel pozisyondaki alternatiflerin tahsisi ELECTRE III tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemin en büyük avantajı optimal çözüm elde etmektir. Ancak, depolama ihtiyaçlarını envanter yönetimi politikalarıyla dengeleyebilen, operasyonel faktörlere ve ürünlerin özelliklerine dayalı bir SLAP çalışması gerçekleştirilmiştir.

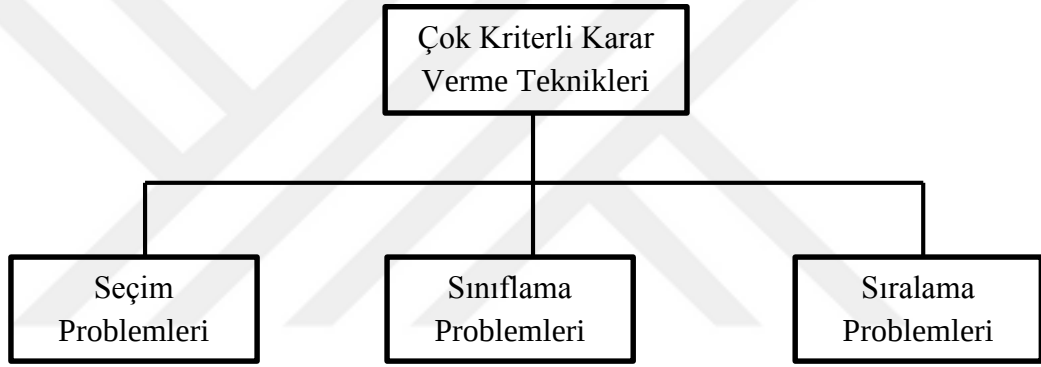
Micale, La Fata, La Scalia (2019), çalışmalarında depo yönetimi verimliliğini ve etkinliğini artırmak için depo Konumu Atama Probleminin (SLAP) çözümü, siparişlerin teslimat süresi, genel lojistik maliyetleri ve müşteri memnuniyeti gibi depo ile ilgili faaliyetlerin mühendisliğini ve optimizasyonunu ele almışlardır. Bu makalede, SLAP, hem verimliliği (ağırlık, alan ve talep) hem de ekonomik faktörleri (kârlılık ve popülerlik) dikkate alan Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) yaklaşımı aracılığıyla çok seviyeli bir depo (3B) ile karşı karşıyadır. MCDM bakış açısından, Depolama Tutma Birimleri (SKU' lar), değerlendirme kriterlerine göre derecelendirilerek depolama yerlerine atanacak alternatifleri temsil etmektedir. Daha sonra, her SKU 'nun depolama konumunu belirlemek için ELECTRE TRI ve TOPSIS yöntemlerinin genişletilmiş ve birleştirilmiş bir versiyonu önerilmektedir. Özellikle, geliştirilmiş ELECTRE TRI yöntemi ilk olarak SKU' ları raf seviyelerine atamak için kullanılırken, TOPSIS daha sonra rastgele bir atama kuralı kullanmak yerine her seviyeye SKU' ların yerleştirildiği belirli depolama konumlarını tanımlamak için uygulanır. Varsayımlar yapıldığından, raf seviyesi ne kadar düşük ve depolama konumu GİRİŞ/ÇIKIŞ istasyonuna ne kadar yakınsa, konum o kadar iyi olur. Bu akılda tutularak, bu konumları GİRİŞ/ÇIKIŞ istasyonundan daha yüksek ve daha uzak bırakma eğiliminde olan bir yeniden atama prosedürü, ELECTRE TRI ve TOPSIS yaklaşımından sonra tasarlanır ve uygulanır. Nihayet sayısal bir uygulama rapor edilir. Sunulan vaka çalışması gerçek bir vaka olmasa da, lojistik hizmetler sunan yerel bir şirketin gerçek bağlamına dayalı gerçekçi veriler kullanılmıştır. Bir 3B alana uygulanmasından bu yana, önerilen metodoloji, dikey boyutun yönetiminin deponun performansını güçlü bir şekilde etkilediği gerçek karar problemlerine çok iyi uymaktadır. Ek olarak, yaklaşım, alternatif derecelendirmelerin aralık değerli bir karakterizasyonu ile karar sürecinin doğal belirsizliğini doğru bir şekilde yönetmeye izin verir. Ayrıca, metodolojinin kolayca yeniden ayarlanmasıyla karar vericinin farklı bir risk tutumu hesaba katılsa bile, SKU' ların depolama yerlerine atanması için karar vericinin riskten kaçınma davranışı dikkate alınmıştır.

Sarıcan (2019), çalışmasında birden fazla kriter belirleyerek çok kriterli karar verme yöntemi ile elde edilen verilerin sınıf oluşturma ve depoya atama problemi için matematiksel modele veri oluşturmalarını sağlamıştır. VIKOR yöntemi kullanılarak her bir ürün için atanan ağırlık skorları GAMS/BARON programında kodlanarak

matematiksel model yardımıyla çözülmüştür. Gözlemlenen sonuçlar ile depolardaki ürün konum belirleme problemleri, çoklu ölçütlere göre değerlendirilerek matematiksel modele uyarlanmış ve depo içerisinde konum belirleme işlemlerinin gerçekleştirilebileceğinin çalışması yapılmıştır. Çoklu kriterler karar vericinin inisiyatifine kalmakla birlikte depo ve ürün özelliklerine göre düzenlenebilmektedir. Çalışma çoklu kriterlerin önemli olduğu depolar için örnek teşkil etmektedir.

2.2 Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri

Çok kriterli karar verme teknikleri, üç temel problem türünde etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu problem türleri; sınıflama, sıralama ve seçim problemleridir (Vassilev vd. 2005: 2).



Şekil 2.1 Çok Kriterli Karar Verme Problem Türleri

Seçim Problemleri: Seçim problemlerindeki temel amaç, alternatifler arasında en iyi olan seçeneğin belirlenmesidir. Personel seçimi, tedarikçi seçimi, depo yeri seçimi, araba seçimi işlemleri gibi çeşitli alanlarda kullanılabilen bir çalışmadır.

Sınıflama Problemleri: Bu çalışmanın yapılmasındaki amaç alternatiflerin belirli kriterler çerçevesinde toplamaktır. Personel verimliliğinin başarılı ya da başarısız şeklinde sınıflandırılması bu tür çalışmalara örnektir.

Sıralama Problemleri: Bu tür problemlerde alternatifler en iyi olandan en kötü olana doğru sıralanır. Türkiye’deki eğitimde en başarılı şehir çalışması bu tür problemlere örnek verilebilmektedir.

Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için kullanılabilecek oldukça fazla problem çözüm tekniği bulunmaktadır. Herhangi bir problemle karşı karşıya kalan

karar vericiler, gelişen teknoloji ile birlikte problem çözme tekniklerini kullanarak hızlı ve etkili şekilde alternatifler arasından en uygun seçeneğe ulaşmaktadırlar.

Problemler türleri için kullanılabilecek çok kriterli karar verme teknikleri Tablo 2.2’ de tasnif edilmiştir (Yıldırım ve Önder, 2018: 19).

Tablo 2.2 Çok Kriterli Karar Verme Problemleri ve Teknikleri

Seçim Problemleri	Sıralama Problemleri	Sınıflama Problemleri
AHP	AHP	AHPSort
ANP	ANP	UTADIS
MAUT/ UTA	MAUT/ UTA	Flowsort
MACBETH	MACBETH	ELECTRE-Tri
PROMETHEE	PROMETHEE	
ELECTRE I	ELECTRE III	
TOPSİS	TOPSİS	
Hedef Programlama		

Çok kriterli karar verme teknikleri üzerine Türkiye’ de Ulusal Tez Merkezi’nde 1996-2020 yılları arasında yayınlanma izni açık olan yüksek lisans ya da doktora tezleri araştırılmış 1111 çalışma yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmaların yıllara göre dağılımı Tablo 2.3’ de gösterilmiştir.

Tablo 2.3 Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Yapılan Tez/Doktora Çalışmalarının Yıllara Göre Dağılımı

Yıl	Tez/Doktora Çalışma Sayısı
1986	1
1999	1
2000	1
2001	3
2002	2
2003	0
2004	3
2005	7
2006	11
2007	26
2008	18
2009	26
2010	44

2011	42
2012	51
2013	39
2014	57
2015	77
2016	91
2017	103
2018	145
2019	276
2020	87
Toplam	1111

Yapılan literatür çalışmasında çok kriterli karar verme tekniklerinin sektörel dağılımları 1996-2010 ve 2010-2020 yılları için incelenmiş bu incelemenin sonucu Tablo 2.4’ de gösterilmiştir.

Tablo 2.4 Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Sektörel Dağılımları

	1996-2010	2011-2020	Çalışma Sayısı	Yüzde %
İmalat Sektörü	31	122	153	13,8
Hizmet	17	81	98	8,8
Eğitim	13	73	86	7,7
Ulaştırma	10	67	77	6,9
Teknoloji ve Elek.	5	68	73	6,6
Coğrafi	14	58	72	6,5
Enerji-Maden	9	60	69	6,2
Lojistik	3	56	59	5,3
Sağlık	2	54	56	5,0
İnşaat	4	50	54	4,9
Finans	1	50	51	4,6
Savunma Sanayi	14	34	48	4,3
Otomotiv	1	36	37	3,3
Perakende	2	31	33	3,0
İnsan Kaynakları	7	23	30	2,7
Gıda	2	21	23	2,1
Kamu	0	22	22	2,0
Turizm	2	18	20	1,8
Tedarik Zinciri	2	18	20	1,8
Tarım	1	13	14	1,3
E-Ticaret	0	8	8	0,7
Spor	1	5	6	0,5
Yatırım	2	0	2	0,2
TOPLAM	143	968	1111	100

Yıllara göre dağılıma bakıldığında çok kriterli karar verme teknikleri ile yapılan çalışmaların 2015 yılından sonra hızla artarak 2019 yılında çok fazla çalışmaya temel oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Çok kriterli karar verme teknikleri birçok alanda farklı amaçlara yönelik değerlendirmeler yapmak için kullanılmaktadır. Literatür taraması sonucunda Tablo 2.5’te çok kriterli karar verme tekniklerinin hangi amaç için daha fazla kullanıldığı analiz edilmiştir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında, incelenen çalışmalardan performans değerlendirme üzerine yapılan çalışmaların % 18 en yüksek orana sahip olduğu, ardından % 14 oran ile en iyi alternatif seçiminin geldiği gözlemlenmiştir.

Tablo 2.5 Çalışmaların Amaca Yönelik Dağılımları

	İmalat Sektörü	Hizmet	Eğitim	Ulaştırma	Teknoloji ve Elektronik	Coğrafi	Enerji- Maden	Lojistik	Sağlık	İnşaat	Finans	Savunma Sanayi	Otomotiv	Perakende	İnsan Kaynakları	Gıda	Kamu	Turizm	Tedarik Zinciri	Tarım	E-Ticaret	Spor	Yatırım	
Performans Değerlendirme	28	38	12	10	11	2	6	14	13	6	26	2	4	5	6	4	6	5	4	2	2	1		207
En İyi Alternatif Seçimi	21	12	13	18	25	4	12	7	9	11	1	9	2		1	2	4	4	1	1			2	159
Kuruluş Yeri Seçimi	7	9	3	10	1	19	31	14	4	9		7	4	6		2	4	1	1	3				135
Tedarikçi Seçimi	42	1		1	3	1	2	5	2	4		8	11	5		5		1	11					102
Satın Alma Kararı	14	1		7	8		1	2	3	9		12	7	1		1		1		3		1		71
Kriter Önceliklendirme	7	5	4	5	6	4	4	3	4	1	3	3	4	2	1	2	1	3	1		1			64
Yeni Yaklaşım Geliştirme		1	42	1	1		1		2			1							1					50
Sıralama	2	6	2	2	4	2	3		2	1	17	1		1	1		2	1				1		48
Personel Seçimi	1	5	5	1				1				1			21		1					3		39
Risk Değerlendirme	3	1		1	1	19	1		7		2	1		1						1				38
Strateji Seçimi	8	1	1	1	2	3	2	1	2	1		1	1	5		1	1	2			2			35
Fason İşletme Seçimi	6	3		3	3			3	2	9		2		1		1								33
Yöntem Belirleme	6		1	4	2		2	2	1	1			2			2				2				25
Faktör Belirleme	1	1	2	1		1		2	2		1					1					2			14
Güzergah Belirleme				8			2	2						1					1					14
Yatırım Değerlendirme	3	4		1	3		2																	13
Envanter Sınıflandırma	3			1					1					3		2								10
Atık Yönetimi		2				7																		9
Değer Haritası Oluşturma		1				8																		9
Kredi Derecelendirme		5									1													6
Hedef Pazar Belirleme	1													1						2				4
Lojistik Yöntemi Seçimi								2		1			1											4
Potansiyel Belirleme		1				1												2						4
Seviye Belirleme					3				1															4
Sınıflandırma						1			1								1				1			4
Problem Kaynağı Belirleme		1		1									1											3
Tahminleme				1				1		1														3
Müşteri Memnuniyeti Ölçümü	1													1										2
Nöbet Çizelgeleme																	2							2
	154	98	85	77	73	72	69	59	56	54	51	48	37	33	30	23	22	20	20	14	8	6	2	1111

2.3 Çalışmada Kullanılan Çok Kriterli Karar verme Teknikleri

Çok kriterli karar verme teknikleri; sıralama, seçme, sınıflama problemleri için kullanılabilen yöntemlerdir. Çalışmada kullanılacak olan çok kriterli karar verme teknikleri seçilirken, yapılacak olan işlemler göz önünde bulundurulmuştur. Dikey boyutta sınıflandırma çalışması için ELECTRE TRI tekniği, yatay boyutta sıralama işlemleri için ise VIKOR ve TOPSIS teknikleri tercih edilmiştir. Sıralama, seçim ve sınıflandırma problemleri için kullanılabilecek diğer alternatifler olan çok kriterli karar verme teknikleri Tablo 2.2’ de gösterilmiştir. Kullanılacak tekniklerin seçiminde işletme yapısı, ürün özellikleri ya da depo özellikleri seçeceğimiz tekniği etkilememektedir.

2.3.1 TOPSİS

Bir çok alanda kullanılma imkanı olan çok kriterli karar verme tekniklerinden (ÇKKV) biri olan Technic for Order Preference by Similarity to İdeal Solution (TOPSİS) pozitif ideal çözüm (PİÇ) ve negatif ideal çözüm (NİÇ) olmak üzere iki temel sonuca dayanmaktadır. TOPSİS yöntemindeki amaç PİÇ’ e en yakın ya da NİÇ’ e en uzak mesafede bulunan seçeneği ortaya çıkarıp o seçeneğin tercih edilmesini sağlamaktır. TOPSİS yöntemi ile sadece PİÇ’ e ve NİÇ’ e olan uzaklıklar belirlenmekle kalmaz ideal olan ya da ideal olmayan seçeneklerinde hangilerinin olduğu belirlenmektedir (Wang vd., 2009: 377).

TOPSİS yöntemi karmaşık olmayan algoritmalar ya da matematiksel denklemler içermeyen oldukça sade bir yöntemdir. Uygulama kolaylığı ve sonuçlarının kolayca yorumlanabilme özelliği sayesinde TOPSİS yöntemi gerçek hayat problemlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntem olarak tercih edilmektedir. Öğrencilerin üniversite seçimleri, insan kaynakları departmanının personel seçimi ya da satın alınacak ev seçimi gibi çok basit kararlar için bile kullanılan TOPSİS yöntemi biz insanoğlunun hayatını yönlendirme aşamasında önemli bir role sahiptir.

TOPSİS yöntemi 6 aşama ile sonuca ulaşmaktadır. Bu aşamalar (Hwang ve Yoon, 1981: 128);

1. Aşama: Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar seçenekleri ve değerlendirme ölçütleri belirlendikten sonra n adet kriter ($K = k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$) ve m adet karar seçeneğinden ($A = a_1, a_2, a_3, \dots, a_m$) oluşan karar matrisi oluşturulur.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

2. Aşama: Normalize Matrisin Elde Edilmesi

Karar matrisi oluşturulduktan sonra karar matrisi içerisinde bulunan her ölçütün değerlerinin kareleri toplanıp (sütun değerlerinin kareleri toplamının) karekökü alınarak, sütunda bulunan her ölçüt değerinin karekök alım işlemi sonucunda çıkan değere bölünmesi ile normalize matrisin elde edilmesi tamamlanır.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (2.1) \text{ denklem}$$

Karar matrisinin herhangi bir elemanının değeri 0 ise normalize karar matrisinde ilgili elemanının değeri de 0 a² olur. Normalize edilmiş karar matrisi aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1p} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2p} \\ n_{31} & n_{32} & \dots & n_{3p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mp} \end{bmatrix}$$

3. Aşama: Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Elde Edilmesi

Normalize matris içerisindeki her bir değer w_i ($w_i, i=1,2,\dots,m$) gibi bir değer ile ağırlıklandırılır. Öncelikli olarak değerlendirme ölçütlerine ilişkin ağırlık değerleri belirlenir. Ağırlıklandırma işlemi kriterlerin önem derecesi göz önünde bulundurularak yapıldığından TOPSIS yönteminin sübjektif yanı bu aşamada ortaya çıkmaktadır. w_i değerleri ağırlıklandırılırken dikkat edilmesi gereken husus $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ olması

gerektiğidir. Normalize matris elde edildikten sonra matris içerisinde bulunan tüm n_{ij} değerleri belirlenen w_i ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris (V matris) elde edilmektedir.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 n_{11} & w_2 n_{12} & \dots & w_n n_{1p} \\ w_1 n_{21} & w_2 n_{22} & \dots & w_n n_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 n_{m1} & w_2 n_{m2} & \dots & w_n n_{mp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & \dots & v_{1p} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & \dots & v_{2p} \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & \dots & v_{mp} \end{bmatrix}$$

4. Aşama: İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerinin Elde Edilmesi

V matrisi kullanılarak problemimizin amacına bağlı kalarak yani amacımı maksimizasyon ise sütun değerleri arasındaki en büyükleyen değerler tespit edilir. Bu maksimum değerler pozitif ideal çözüm değerlerimizi oluşturur. Her sütunda bulunan minimum değerler kayıt altına alınır bu minimum değerler de negatif ideal çözüm kümemizi oluşturur. Ancak amacımız minimizasyon ise yukarıdaki işlemlerin tam tersi değerleri pozitif ideal ya da negatif ideal çözüm değerlerimizi oluşturacaktır. İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri elde edilirken aşağıdaki formülasyonlar kullanılabilir.

İdeal çözüm değerleri:

$$A^* = \left\{ \max_j v_{ij} \mid j = 1, \dots, p; i = 1, \dots, m \right\} \quad (2.2) \text{ denklem}$$

$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ her bir sütuna ait maksimum değerler,

Negatif ideal çözüm değerleri:

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \text{ olmak üzere} \right) \right\} \quad (2.3) \text{ denklem}$$

$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ her bir sütuna ait minimum değerlerdir.

5. Aşama: İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklık Değerlerinin Elde Edilmesi

Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm noktalarına olan uzaklık birimleri elde edilirken Öklid bağıntısı kullanılmaktadır. x ve y koordinat düzlemi üzerinde bulunan mesafeler arası uzaklığın bulunmasında kullanılan Öklid yönteminde;

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (2.4) \text{ denklem.}$$

formülasyonu kullanılır. Formülde;

x_{ik} = i. gözlemin k. değişken değeri

x_{jk} = j. Gözlemin k. değişken değeri

p = değişken sayısını ifade etmektedir.

Bu bağıntı ile pozitif ideal ve negatif ideal uzaklıkların tespit edilmesinde kısaca aşağıdaki formülasyonlar kullanılarak sonuca ulaşılmaya çalışılır;

İdeal uzaklık;

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (2.5) \text{ denklem}$$

Negatif ideal uzaklık;

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (2.6) \text{ denklem}$$

Bu aşamada karar noktası sayısı kadar S_i^+ ve S_i^- elde edilecektir.

6. İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir karar seçeneğinin ideal çözüme göreli yakınlık katsayılarının hesaplanmasında pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerinden uzaklıklar kullanılır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2.7) \text{ denklem}$$

eşitliği ile her bir karar seçeneği için göreli yakınlık değerleri hesaplanır. Burada, $0 \leq C_i^* \leq 1$, $i = 1, 2, \dots, n$ dir. C_i^* formülünde negatif ideal çözüme uzaklığın toplam uzaklık içindeki payıdır. Buna göre, 1' e yakın olan C_i^* , $i = 1, 2, \dots, n$ karar seçenekleri arasında öncelikli olarak tercih edilir.

2.3.2 ELECTRE

ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English) yöntemi çok kriterli karar verme yöntemleri arasında bulunmaktadır. 1965 senesinde Bernard Roy' un bir konferans da sunduğu çalışma ile tanınmış, 1968 yılında ise bu konu hakkında ilk yazısı yayınlanmıştır. Yöntem, kriterler için alternatifler arasındaki ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanır. Aynı zamanda bu yöntem ile karar vericiler veya araştırmacılar nicel ve nitel kriterleri karar verme süreci içerisine dahil edebilmekte ve amaçları doğrultusunda ağırlıklandırma sağlayarak çözüme yönelik en uygun alternatifi görebilmektedirler (Yıldırım ve Önder 2018: 155). ELECTRE yöntemi insanoğlunun yaşamı boyunca karşılaşılabileceği her türlü problem konusu için başarılı bir şekilde uygulanmakla birlikte, ortaya çıkabilecek yeni problemlere yönelik gelişmeye açık bir karar verme tekniğidir.

ELECTRE yöntemi, problemin ele alınışına göre kendi içerisinde; seçim, sıralama ve sınıflama olmak üzere üç başlık altında incelenebilmektedir (Yıldırım ve Önder, 2018: 155).

Tablo 2.6 ELECTRE Yöntemleri

ELECTRE YÖNTEMİ		
Seçim	Sıralama	Sınıflama
• ELECTRE I • ELECTRE IV • ELECTRE Is	• ELECTRE II • ELECTRE III • ELECTRE IV	• ELECTRE-TRI-A • ELECTRE TRI-B (ELECTRE TRI) • ELECTRE-TRI-C

Bu çalışmada kullanılacak olan ELECTRE-TRI yöntemi aşağıdaki başlık altında açıklanacaktır.

2.3.2.1 ELECTRE TRI

ELECTRE yönteminin sınıflandırma yaklaşımı olan ELECTRE TRI yöntemi (Yu, 1992; Roy ve Bouyssou, 1993; Mousseau, Slowinski, ve Zielniewicz, 2000) uzmanların gerçekleştirdiği sınıflandırma örneklerini kullanarak doğrudan model parametrelerinin belirlenmesini hedeflemektedir (Kılıç, 2005: 342).

Bu metodun uygulanması birkaç parametrenin belirlenmesini gerektirmektedir. Bu parametreler (The ve Mousseau, 2002: 29);

- Kategorilerin (sınıfların) sınır değerleri: $g_j(b_h)$
- Kriterlere verilen ağırlıklar: w_i
- Eşik değerleri: $q_j(b_h), p_j(b_h)$

Bu parametreler karar verici tarafından bir tercih modeli kurmak amacı ile kullanılmaktadır. Ancak bazı özel durumlar haricinde karar verici tarafından bu değerlerin net bir şekilde ortaya konulmasını beklemek gerçekçi olmamaktadır. Bu açıdan karar verici bu değerleri belirlerken tecrübelerinden faydalanır. ELECTRE TRI modelinin parametrelerinin belirlenmesinde karar verici ve ilgili alanda uzman kişilerin görüşleri etkili olmaktadır (Kılıç, 2005: 342);

Kriterlerin sınır değerleri ve eşik değerlerinin belirlenmesinin ardından her bir alternatif için kriter değerlerine dayanarak marjinal başarı indeksleri ($c_j(a_i, b_h)$) ve marjinal başarısızlık indeksleri ($c_j(b_h, a_i)$) hesaplanır. Marjinal başarı ve başarısızlık indeksleri 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Artan değere sahip kriterler için alternatiflerin marjinal başarı indeksleri ($c_j(a_i, b_h)$) ve marjinal başarısızlık indeksleri ($c_j(b_h, a_i)$) sırasıyla denklem 2.8 ve 2.9 yardımıyla hesaplanır (Kılıç, 2005: 343).

$$c_j(a_i, b_h) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } g_j(a_i) \leq g_j(b_h) - p_j(b_h) \\ 1, & \text{eğer } g_j(a_i) > g_j(b_h) - q_j(b_h) \\ \frac{g_j(a_i) - g_j(b_h) + p_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)}, & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.8) \text{denklem}$$

$$c_j(b_h, a_i) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } g_j(a_i) \geq g_j(b_h) - p_j(b_h) \\ 1, & \text{eğer } g_j(a_i) < g_j(b_h) - q_j(b_h) \\ \frac{g_j(b_h) - g_j(a_i) + p_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)}, & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.9) \text{denklem}$$

Azalan değere sahip kriterler için alternatiflerin marjinal başarı indeksleri ($c_j(a_i, b_h)$) ve marjinal başarısızlık indeksleri ($c_j(b_h, a_i)$) sırasıyla denklem 2.10 ve 2.11 yardımıyla hesaplanır.

$$c_j(a_i, b_h) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } g_j(a_i) \leq g_j(b_h) + p_j(b_h) \\ 1, & \text{eğer } g_j(a_i) > g_j(b_h) + q_j(b_h) \\ \frac{g_j(b_h) - g_j(a_i) + p_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)}, & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.10) \text{denklem}$$

$$c_j(b_h, a_i) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } g_j(a_i) \leq g_j(b_h) - p_j(b_h) \\ 1, & \text{eğer } g_j(a_i) > g_j(b_h) - q_j(b_h) \\ \frac{g_j(a_i) - g_j(b_h) + p_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)}, & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.11) \text{denklem}$$

Toplam başarı indeksleri denklem 2.12 ve toplam başarısızlık indeksleri denklem 2.13 vasıtasıyla, marjinal başarı indekslerinin kriter ağırlıklarıyla (w_i) çarpılması sonucunda hesaplanır.

$$\sum_{j=1}^m w_i (c_j(a_i, b_h)) \quad (2.12) \text{denklem}$$

$$\sum_{j=1}^m w_i (c_j(b_h, a_i)) \quad (2.13) \text{denklem}$$

Toplam başarı ve başarısızlık indeksleri skor kesme düzeyi olan Lamda (λ) ile karşılaştırılır. Toplam başarı indeksi λ' 'nin üstünde ve toplam başarısızlık indeksi λ' 'nin altında olduğu durumlarda alternatif doğru sınıfa atanmıştır. Aksi halde ilgili alternatifin atandığı sınıf yanlıştır (Kılıç, 2005: 344).

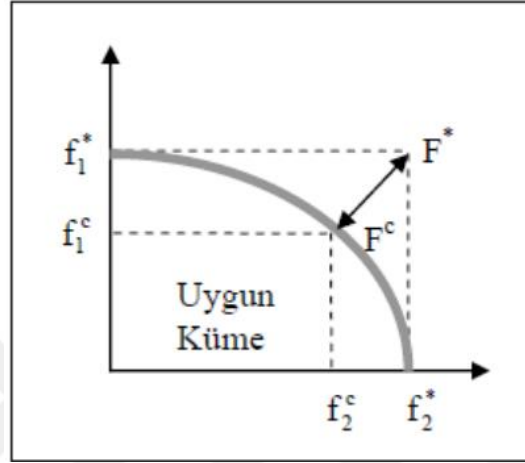
2.3.3VIKOR

VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje - Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm) yöntemi 2004 yılında Opricovic ve Tzeng tarafından geliştirilmiş birbirleri ile çelişen kriterler olduğunda alternatiflerin sıralanması ve seçimini gerçekleştirmeye yöneliktir. Temeli 'ideal çözüme yakınlık' mantığına dayanan çok kriterli karar sıralama indeksi olarak da bilinmektedir (Opricovic, S.,ve Tzeng, Gwo-H, 2004).

Uzlaşık çözüm karar vericilerin nihai karar verme aşamasında birbirleri ile çelişen seçenekler arasında seçim yapmalarına olanak tanımaktadır. Uzlaşık çözüm ideal olan çözüme en yakın çözüm olarak tanımlanabilmektedir (Opricovic, S., ve Tzeng, Gwo-H, 2004).

VIKOR yöntemi; karar vericilerin kriter ağırlıklarını önceden bildiğini düşünerek sonuç üzerinde etkili olmalarına olanak tanımaktadır (Opricovic, S., ve Tzeng, Gwo-H, 2007).

Her alternatifin her kriter için değerlendirildiği varsayımı altında, ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılarak uzlaşık sıralamaya ulaşılır.



Şekil 2.2 İdeal ve Uzlaşık Çözüm (Opricovic ve Tzeng, 2004)

Uzlaşık sıralama algoritması VIKOR 6 aşama ile sonuca ulaşmaktadır. (Opricovic, S., ve Tzeng, Gwo-H, 2004).

1. Aşama: Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisi (X), karar vericiler aracılığı ile uygulamanın başlangıç aşamasında oluşturulan matristir. Matrisin satır değerleri karar seçeneklerini, sütun değerleri ise değerlendirme faktörlerini temsil etmektedir.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

i, karar seçeneklerini ($i=1, 2, \dots, m$), j ise kriterleri ($j= 1, 2, \dots, n$) göstermektedir.

2. Aşama: Her kriter için en iyi f_j^* ve en kötü f_j^- değerlerinin belirlenmesi

f_j^* ve f_j^- nin alacağı değerler, kriterin hangi değer türünde olduğuna bağlıdır.

J. fonksiyon fayda cinsinden ise;

$$f_j^* = \max_i x_{ij}, \quad f_j^- = \min_i x_{ij} \quad (2.14) \text{ denklem}$$

J. fonksiyon maliyet cinsinden ise;

$$f_j^* = \min_i x_{ij}, \quad f_j^- = \max_i x_{ij} \quad (2.15) \text{ denklem}$$

3. Aşama: S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-) \quad (2.16) \text{ denklem}$$

$$R_i = \max_j [w_j (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)] \quad (2.17) \text{ denklem}$$

w_j , kriter ağırlıklarını ve göreceli önemlerini göstermektedir.

4. Aşama Q_i değerlerinin hesaplanması

$$Q_i = \frac{v(S_i - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1 - v)(R_i - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (2.18) \text{ denklem}$$

$$S^* = \min_i S_i, \quad S^- = \max_i S_i, \quad R^* = \min_i R_i, \quad R^- = \max_i R_i \quad (2.19) \text{ denklem}$$

v , değeri maksimum grup faydasını sağlayan alternatif için ağırlık değerini temsil etmektedir.

5. Aşama: S_i , R_i ve Q_i değerlerinin sıralanması

S_i , R_i , ve Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak, karar seçenekleri arasında üç adet sıralama listesi oluşturulur.

6. Aşama: Uzlaşık çözümün bulunması

C_1 ya da C_2 koşullarının sağlandığı durumlarda; alternatiflerin Q değerleri küçükten büyüğe sıralanmış halinde en iyi sırayı sağlayan a' seçeneği uzlaşık çözüm olarak önerilmektedir.

C_1 Kabul edilebilir avantaj:

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (2.20) \text{ denklem}$$

$$DQ = \frac{1}{m - 1} \quad (2.21) \text{ denklem}$$

2.20 numaralı eşitlikteki a'' değeri, Q değerine göre küçükten büyüğe göre yapılan sıralamada ikinci seçenek olmaktadır. 2.21 numaralı denklemdeki m

parametresi, seçenek sayını göstermektedir. Seçenek sayısı 4' ten küçük ise $D(Q) = 0,25$ olarak alınmaktadır.

C₂ Karar vermede kabul edilebilir istikrar:

S ve/ veya R değerlerine göre yapılan sıralamada da a' , en iyi seçenek olmalıdır.

Eğer koşullardan herhangi biri yerine getirilemezse uzlaşılmış ortak çözüm kümesi için aşağıdaki durumlar önerilmektedir.

Eğer C_1 koşulu yerine getirilemiyorsa; $a', a'', \dots, a^m$ yani $(A_1, A_2, \dots, A_m)$ seçenekleri uzlaşılmış en iyi çözüm kümesi olarak belirlenmektedir. a^m , maksimum m için $Q(a^{(m)}) - Q(a') < DQ$ formülü ile belirlenmektedir.

Eğer C_2 koşulu yerine getirilemiyorsa; a' ve a'' seçenekleri yani birinci (A_1) ve ikinci (A_2) sıradaki seçenekler en iyi uzlaşık çözüm olarak kabul edilir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

CIVATA FABRİKASI DEPOSUNDA BİR UYGULAMA

3.1 Araştırmanın Amacı ve Önemi

Depolama yönetimi işletmeler için en önemli faaliyetlerden birisidir. İşletmelerin müşterileri ile irtibatının yüksek olduğu bölüm olarak nitelendirebileceğimiz depo alanları sipariş ürünlerin müşteriye hatasız ve en kısa sürede eksiksiz iletilmesinin sağlandığı kısımlardır. Bu kapsamda, uygulamayı gerçekleştireceğimiz depo alanı Malatya 2. Organize sanayinde civata imalatı yapan bir fabrikanın depolama alanıdır. Bu işletmenin depolama alanının verimliliğini arttırmak, ürünlerin taşınması esnasında boşa geçen zamanı azaltmak ve ürünlerin bu amaçlar doğrultusunda yerleştirilmesini sağlamak ana amaçlarını oluşturmaktadır.

Bu çalışma, fabrikadaki verimliliğe olumsuz yönde etki eden depolama faaliyetlerinin belirlenmesi ve iyileştirmesine yönelik önerilerin geliştirilebilmesi açısından önemli olacaktır. Ayrıca çalışma, fabrikalar için depolama faaliyetlerinde oluşan problemlere sistematik yaklaşım açısından örnek olma özelliği taşıyacaktır.

Depolarda ürün atama problemleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde çalışmaların uygulama olarak yapılmadığı genel olarak varsayımsal depolama özelliklerine göre gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Çalışmanın özgün değerini, gerçek depolama alanı özelliklerinin baz alınarak yapılması oluşturmaktadır. Malatya sanayinde benzer bir çalışmanın yapılmamış olması çalışmanın diğer işletmeler için de farkındalık oluşturma açısından son derece önemlidir. Ayrıca, çalışmanın gerçekleştirildiği depolama alanı ile ilgili sıkıntıların belirlenmesi ve incelemeler sonucunda elde edilecek sonuçlar ele alındığında uygulamanın farklı sektörler için de uygulanabilecek bir çalışma olduğu gözlemlenmiştir. Bu çerçevede, uygulamanın hem literatüre hem de işletmelerin gelişmesine katkı sağlayacağını ifade etmek mümkündür.

3.2 Araştırmanın Yöntemi

Ürün atama problemlerinde optimizasyon için birçok yöntem kullanılabilir. Bu çalışmada, ÇKKV teknikleri kullanılmıştır. Dikey boyutta sınıflandırma çalışması için ÇKKV tekniklerinden ELECTRE TRI yöntemi kullanılacaktır. Yatay boyutta sıralama çalışması için de ÇKKV tekniklerinden TOPSIS

ve VIKOR yöntemleri ayrı ayrı uygulanarak çıkan sonuçların tutarlılığı değerlendirilecektir.

Ürün önceliklendirilmesi ve bu önceliklendirmeye dayanarak yapılacak çalışma için beş ayrı kriter kullanılacaktır. Kriterler literatür taraması aşamasında bulunan çalışmalardan derlenerek uygulamanın yapılacağı ürün özelliklerine uygun olanlar seçilerek oluşturulmuştur (Micale vd., 2019: 207; Fontana vd., 2013: 294).

Bu kriterler ağırlık, müşteri duyarlılığı, kârlılık, popülerlik ve talep olarak belirlenmiştir. Kriter ağırlıklandırma için fabrikada bulunan uzman isimlerle görüşülmüş, odak grup görüşmeleri tekniği kullanılarak sonuca varılmıştır. Dikey boyutta sınıflandırma çalışması yapılırken kullanılacak kriterler; ağırlık, talep, kârlılık ve popülerlik, yatay boyutta sıralama çalışmasında kullanılacak kriterler müşteri duyarlılığı, karlılık, popülerlik ve talep kriterleri olarak belirlenmiştir.

Kriter 1 (K₁) - Ağırlık

Her bir ürün grubunun ağırlığını temsil eder ve dikey seviyede ürünün atamasını belirler. Bu değer ne kadar yüksekse, ürünün yerleştirilmesi gereken seviye o kadar düşük olur. Bu nedenle, K₁ kriteri, artan bir tercihe karşı karakterize edilir. K₁ kriteri ile ilgili olarak değerlendirmeler kg cinsinden ifade edilir (Micale vd. 2019:207).

Kriter 2 (K₂)- Müşteri Duyarlılığı

Bir müşterinin belirli ürünü, örneğin siparişinin yavaş teslimatı gibi hizmet düzeyine duyarlı olabilir. Bu kriterde ürünler, çok, orta, düzenli, az, çok az olan dilsel değişkenler aracılığıyla değerlendirilir. Bu alternatifin modelde kullanılabilmesi için dilsel değişkenler olarak yapılan değerlendirmeler şu şekilde kardinalize edilmiştir: (4) çok, (3) orta, (2) normal, (1) az (0) çok az (Fontana vd., 2013:294).

Kriter 3 (K₃) - Talep

Belirli bir ürün kategorisinin belirli bir zaman aralığında gerekli olan ortalama ürün miktarını ifade eder. K₃ kriterinin hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak her ürünün atamasını oluşturduğu düşünülmektedir. K₃ kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır.

Sonuç olarak, bu tür bir kriter, her iki boyuta göre artan bir tercihe sahiptir (Micale vd. 2019: 207).

Kriter 4 (K₄) - Karlılık

K₄ kriteri, şirketin karlılığına katkısı açısından her ürün kategorisinin önemini dikkate alır. K₄ kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır. İkincisi, tüketicinin taleplerini hızlı bir şekilde karşılamak için geri alma süresinin en aza indirilmesini sağlar. Bu nedenle, bu kriterin hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak ürünlerin konumlandırmasını oluşturduğu kabul edilir ve her iki boyuta göre artan bir tercihle karakterize edilir (Micale vd., 2019: 207).

Kriter 5 (K₅) - Popülerlik

Hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak her ürünün atamasını oluşturmak için K₅ kriteri dikkate alınmalıdır. Belirli bir zaman diliminde her ürün kategorisinin hizmet verdiği ortalama tüketici sayısını temsil eder. Her iki boyutla ilgili olarak artan bir tercihle karakterize edilir, yani popülerlik ne kadar yüksekse, raf seviyesi o kadar düşük ve giriş/çıkış istasyonuna ürün o kadar yakın (Micale vd. 2019: 207).

3.3 Kriter Ağırlıklandırma

Depolama alanı konumlandırma problemi için yatay ve dikey boyutta kullanılmasına karar verilen kriterlerin ağırlıklandırmaları yapılırken Tablo 3.1 ve 3.2’ de bulunan görüş bildirim formları kullanılmıştır.

Tablo 3.1 Dikey Boyut Kriter Ağırlıklandırma Formu

Dikey Boyut Kriterleri	
Kriterler	Ağırlıkları
K₁ (Ağırlık)	
K₃ (Talep)	
K₄ (Karlılık)	
K₅ (Popülerlik)	
Kriter 1 (K₁) - Ağırlık	
Her bir ürün grubunun ağırlığını temsil eder ve dikey seviyede ürünün atamasını belirler. Bu değer ne kadar yüksekse, ürünün yerleştirilmesi gereken seviye o kadar	

düşük olur. Bu nedenle, K ₁ kriteri, artan bir tercihe karşı karakterize edilir. K ₁ kriteri ile ilgili olarak değerlendirmeler kg cinsinden ifade edilir.
Kriter 3 (K₃) - Talep
Belirli bir ürün kategorisinin belirli bir zaman aralığında gerekli olan ortalama ürün miktarını ifade eder. K ₃ kriterinin hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak her ürünün atamasını oluşturduğu düşünülmektedir. K ₃ kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır. Sonuç olarak, bu tür bir kriter, her iki boyuta göre artan bir tercihe sahiptir.
Kriter 4 (K₄) - Karlılık
K ₄ kriteri, şirketin karlılığına katkısı açısından her ürün kategorisinin önemini dikkate alır. K ₄ kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır. İkincisi, tüketicinin taleplerini hızlı bir şekilde karşılamak için geri alma süresinin en aza indirilmesini sağlar. Bu nedenle, bu kriterin hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak ürünlerin konumlandırmasını oluşturduğu kabul edilir ve her iki boyuta göre artan bir tercihle karakterize edilir.
Kriter 5 (K₅) - Popülerlik
Hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak her ürünün atamasını oluşturmak için K ₅ kriteri dikkate alınmalıdır. Belirli bir zaman diliminde her ürün kategorisinin hizmet verdiği ortalama tüketici sayısını temsil eder. Her iki boyutla ilgili olarak artan bir tercihle karakterize edilir, yani popülerlik ne kadar yüksekse, raf seviyesi o kadar düşük ve giriş/çıkış istasyonuna ürün o kadar yakın.

Tablo 3.2 Yatay Boyut Kriter Ağırlıklandırma Formu

Yatay Boyut Kriterleri	
Kriterler	Ağırlıkları
K₂ (Müşteri Duyarlılığı)	
K₃ (Talep)	
K₄ (Karlılık)	
K₅ (Popülerlik)	
Kriter 2 (K₂)- Müşteri Duyarlılığı	
Bir müşterinin belirli ürünü, örneğin siparişinin yavaş teslimatı gibi hizmet düzeyine duyarlı olabilir. Bu kriterde ürünler, çok, orta, düzenli, az, çok az olan dilsel değişkenler aracılığıyla değerlendirilir.	
Kriter 3 (K₃) - Talep	
Belirli bir ürün kategorisinin belirli bir zaman aralığında gerekli olan ortalama ürün miktarını ifade eder. K ₃ kriterinin hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak her ürünün atamasını oluşturduğu düşünülmektedir. K ₃ kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır.	
Kriter 4 (K₄) - Karlılık	
K ₄ kriteri, şirketin karlılığına katkısı açısından her ürün kategorisinin önemini dikkate alır. K ₄ kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır. İkincisi, tüketicinin taleplerini hızlı bir şekilde karşılamak için geri alma süresinin en aza indirilmesini sağlar. Bu nedenle, bu kriterin hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak ürünlerin	

konumlandırmasını oluşturduğu kabul edilir ve her iki boyuta göre artan bir tercihle karakterize edilir.
Kriter 5 (K₅) - Popülerlik
Hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak her ürünün atamasını oluşturmak için K ₅ kriteri dikkate alınmalıdır. Belirli bir zaman diliminde her ürün kategorisinin hizmet verdiği ortalama tüketici sayısını temsil eder. Her iki boyutla ilgili olarak artan bir tercihle karakterize edilir, yani popülerlik ne kadar yüksekse, raf seviyesi o kadar düşük ve giriş/çıkış istasyonuna ürün o kadar yakın.

Görüş formları fabrika içerisinde çalışan dokuz alanında uzman kişi tarafından puanlanmıştır. Puanlamaların ortalamaları alınarak ÇKKV tekniklerinde kullanılacak olan kriter ağırlıkları Tablo 3.3’ te ve 3.4’ te görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3.3 Dikey Boyutta Kullanılacak Kriter Ağırlık Değerleri

Dikey Boyut										
Kriterler	Ağırlıkları	1. Uzman	2. Uzman	3. Uzman	4. Uzman	5. Uzman	6. Uzman	7. Uzman	8. Uzman	9. Uzman
K ₁	0,38	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,35	0,35	0,4	0,5
K ₃	0,31	0,5	0,2	0,4	0,3	0,2	0,25	0,25	0,4	0,3
K ₄	0,14	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,15	0,25	0,05	0,1
K ₅	0,17	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,25	0,15	0,15	0,1
Toplam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 3.4 Yatay Boyutta Kullanılacak Kriter Ağırlık Değerleri

Yatay Boyut										
Kriterler	Ağırlıkları	1. Uzman	2. Uzman	3. Uzman	4. Uzman	5. Uzman	6. Uzman	7. Uzman	8. Uzman	9. Uzman
K ₂	0,24	0,2	0,35	0,2	0,2	0,3	0,1	0,25	0,35	0,2
K ₃	0,38	0,3	0,25	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,45
K ₄	0,17	0,2	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,05	0,1
K ₅	0,22	0,3	0,25	0,2	0,3	0,1	0,2	0,15	0,2	0,25
Toplam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3.4 Mevcut Durum Analizi

İşletme depo alanının mevcut durumuna bakıldığında, raflarda boşluklar olmasına rağmen rafların önünde ürünlerin yerlerde bulunduğu bu sebeple de ürün taşıma ve sevkiyata ürün hazırlama sürelerinin uzun olduğu gözlemlenmiştir.

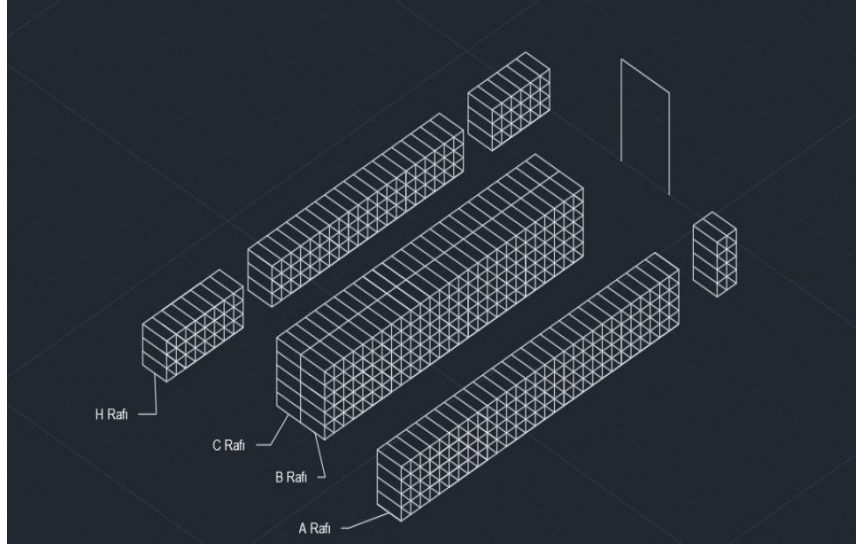


Şekil 3.1 Mevcut Depo Durumu

Ayrıca depoda ürün konumlandırma, raflarda hangi alan boş ise oraya yerleştirme şeklinde ilerlediği için müşteri duyarlılığı, kârlılık, popülerlik ve talep kriterlerinin göz önünde bulundurulmadan konumlandırıldığı belirlenmiştir. Bu sebeplerden kaynaklı müşteri kayıplarına kadar sebep olabilecek hataların gerçekleşebileceği düşünülmektedir.

Bu tür hatalara sebebiyet vermemek adına, ürünlerin özellikleri göz önünde bulundurularak giriş/çıkışkapısına yakın konumlandırılmalarının yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Genel bir fikir oluşturması açısından işletme depo yerleşiminin kuş bakışı planı AUTOCAD programı ile çizilmiş, Şekil 3.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 İşletme Depo Alanı Autocad Çizimi

3.5 Dikey Boyutta Sınıflandırma

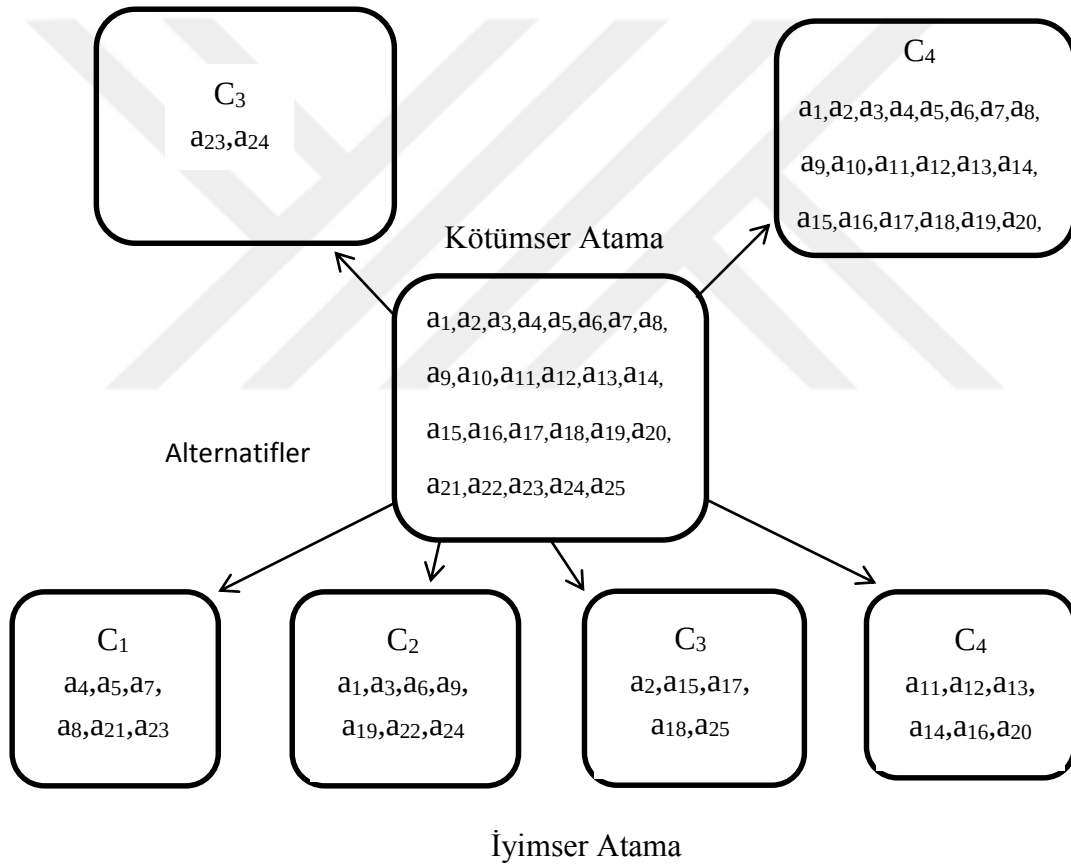
Çalışma kapsamında ELECTRE TRI yöntemi kullanılarak Şekil 3.1’ de çizimi gösterilen depo kullanım alanının dikey yerleşiminde ürün gruplarının sınıflarının belirlenmesi çalışması yapılmıştır. En alt seviyedeki raflar C_1 sınıfı olmak üzere ikinci seviyedeki raflar C_2 sınıfını, üçüncü seviyedeki raflar C_3 sınıfını ve son olarak dördüncü seviyede bulunan raflar C_4 sınıfını oluşturmaktadır.

b_1 , b_2 ve b_3 profilleri, C_1 ve C_2 (b_1), C_2 ve C_3 (b_2), C_3 ve C_4 (b_3) sınıfları arasındaki sınırlardır. Bu çalışmada kullanılan, C_1 , C_2 , C_3 , C_4 sınıflarına ait profil değerleri ve tüm kriterler Tablo 3.5’ te görülebilir. Çıkarılan profiller ve kriter ağırlıkları için kayıtsızlık eşiği $q = 1$, tercih eşiği $p = 2$ ve kesme seviyesi $\lambda = 0.76$ olarak literatür taraması ile belirlenmiştir. (Micale vd. 2019:207; Fontana vd. 2013: 294)

Tablo 3.5 ELECTRE TRI Tercih Parametreleri

Kriterler	Ağırlıklar	Eşik Değerleri		Profil Değerleri		
		q	p	b1	b2	b3
K_1 (Ağırlık)	0,38	1	2	25	50	75
K_3 (Talep)	0,31	1	2	25	50	75
K_4 (Karlılık)	0,14	1	2	15	45	65
K_5 (Popülerlik)	0,17	1	2	4	6	8

Şekil 3.1’ de görülen depo konumlanmasında dikey konumda en alt raf C₁ sınıfı olarak tanımlanmıştır. Bir üstteki raf C₂ sınıfı üçüncü seviye C₃ sınıfı ve son olarak dördüncü seviye C₄ sınıfı olarak belirtilmiştir. Fabrikanın depolama alanında bulunan rafların seviyeleri A rafında beş seviye, B ve C raf hizasında altı seviye, H raf bölümünde ise dört seviyedir. ELECTRE TRI uygulaması çalıştırılırken dört seviye üzerinden uygulama gerçekleştirilmiş olup C₄ sınıfına atanan ürün gruplarının beşinci ve altıncı seviyelere de konulmasının mümkün olabileceği düşünülmüştür. Şekil 3.2’de Electre TRI 2.0 yazılımı yardımıyla hesaplanan Electre TRI yönteminin iyimser ve kötümser versiyonu ile nihai sonuç gösterilmektedir.



Şekil 3.3 ELECTRE TRI Atama Görseli

ELECTRE TRI atama çıktısına baktığımızda kötümser atama gerçekleştirildiğinde çoğu ürün grubunun C₄ seviyesine atandığı, yalnızca a₂₃ ve a₂₄ ürünlerinin bir alt basamak olan C₃ seviyesinde kaldığı gözlemlenmektedir. Kötümser atamada bu durumun gerçekleşme sebebi; ürün grupları değerlendirilirken kriter derecelendirme aşamasında bazı kriterlerde çok iyi olan alternatifler ve diğer kriterlerde

çok kötü derecelendirmeye sahip olabilmektedir şeklinde açıklanabilir. İyimser atama gerçekleştirildiğinde daha makul atamaların gerçekleştiği dört sınıfa ürün grubu ataması yapıldığı gözlemlenmektedir. İyimser atama ile gerçekleştirilen atama politikası, depolama konumu atamasını analiz etmek için daha iyi bir seçenek olarak düşünülmüştür.

3.6 Yatay Boyutta Sıralama

ELECTRE TRI tekniği ilk olarak ürün gruplarını raf seviyelerine atamak için kullanılırken, TOPSIS ve VIKOR teknikleri daha sonra ürün gruplarının her seviyeye yerleştirildiği belirli yatay depolama konumlarını belirlemek için uygulanır. ELECTRE TRI bakış açısına göre, raf seviyeleri, alternatiflerin (yani ürün gruplarının) atanacağı sınıfları temsil ederken, TOPSIS ve VIKOR teknikleri, depolama alanında giriş çıkış kapısına yakınlık çerçevesinde ürün konumlandırmak için her sınıfta (C_1, C_2, C_3, C_4) uygulanır.

Yatay boyutta ÇKKV teknikleri uygulanırken dikkate alınacak olan kriterler ve ağırlıkları Tablo 3.6' da gösterilmiştir.

Kriterler	Ağırlıkları
K_2 (Müşteri Duyarlılığı)	0,24
K_3 (Talep)	0,38
K_4 (Karlılık)	0,17
K_5 (Popülerlik)	0,22

Tablo 3.6 Yatay Boyut Kriterleri ve Ağırlıkları

Çalışma içerisinde, satır ve sütun adreslerinin takibi ve formülasyonların daha iyi anlaşılması açısından tablolar excel formatında gösterilmiştir.

3.6.1 TOPSIS Uygulaması

C_1, C_2, C_3 , ve C_4 sınıfları için TOPSIS tekniğinin altı aşaması tek tek uygulanmış ve aşağıda sonuçları ile birlikte tablolanmıştır. Excel formülasyonları yalnızca C_1 sınıfı için ayrıntılı olarak gösterilmiş diğer sınıflarda aynı şekilde uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir.

- **C₁ Sınıfı için TOPSIS Uygulaması**

C₁ sınıfına atanan a₄,a₅,a₇, a₈,a₂₁,a₂₃ ürün gruplarının K₂, K₃,K₄ ve K₅ kriterleri için puanlama çalışmaları fabrika içerisinde ve akademik hayatta bulunan uzman kişiler tarafından değerlendirilip oluşturulmuştur. C₁ Sınıfı içerisinde bulunan ürün gruplarına ait puanlama Tablo 3.7’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.7 C₁ Sınıfı Alternatiflerin Kriter Değerleri

Alternatifler	Müşteri Duyarlılığı	Talep	Karlılık	Popülerlik
a4	0	54	100	22
a5	40	1	6	11
a7	0	10	32	78
a8	40	12	27	56
a21	60	100	74	100
a23	60	74	65	89

Kriter puantajları yukarıdaki tabloda görülen alternatiflerin TOPSIS uygulaması excel çalışma kitabı üzerinden altı aşamada gerçekleştirilmiş olup tablolar ile gösterilmiştir. Bu aşamalar sonucunda C₁ sınıfı için giriş/çıkış kapısına yakın olması gereken ürün grubu Tablo 3.12’de gösterilmiştir.

Tablo 3.8 C₁ Sınıfı karar matrisi

A	B	C	D	E	F
		Kriterler			
1	Ağırlık	0,24	0,38	0,17	0,22
2	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
3	a4	0	54	100	22
4	a5	40	1	6	11
5	a7	0	10	32	78
6	a8	40	12	27	56
7	a21	60	100	74	100
8	a23	60	74	65	89

C₁ sınıfı için atanan alternatif değerlerin kriter puantajları ve kriter ağırlıkları Tablo 3.8’ deki gibi bir Excel sayfasına girilerek karar matrisi oluşturulur.

Karar matrisi oluşturulduktan sonra ikinci aşamada normalize matrisin elde edilmesi işlemi yapılır.

Tablo 3.9 Normalizasyon işlemi C₁ sınıfı Değerleri

A	B	C	D	E	F
10		Kriterler			
11	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
12	a4	0	2873,803448	10000	493,8271605
13	a5	1600	1,358653658	40,75927633	123,4567901
14	a7	0	106,4452959	1038,702486	6049,382716
15	a8	1600	132,9462169	717,4697875	3086,419753
16	a21	3600	10000	5486,136709	10000
17	a23	3600	5476,064128	4223,074692	7901,234568
18	Normalize	101,9803903	136,3474156	146,6497288	166,2958839

Normalize matrisin elde edilmesi aşamasında her alternatifin kriter değerlerinin kareleri alınır, daha sonra kareleri alınan kriter değerleri sütun sonunda toplanıp toplanan sayının karekökü alınır. Bu değerler Tablo 3.9' da gösterilmiştir.

İlgili hücelere ait excel formülleri;

C12 = C3*C3, C12 hücresinde gerçekleştirilen işlem C13, C14, C15, C16 ve C17 hücreleri için tekrar edilir.

D12 = D3*D3, D12 hücresinde gerçekleştirilen işlem D13, D14, D15, D16 ve D17 hücreleri için tekrar edilir.

E12 = E3*E3, E12 hücresinde gerçekleştirilen işlem E13, E14, E15, E16 ve E17 hücreleri için tekrar edilir.

F12 = F3*F3, F12 hücresinde gerçekleştirilen işlem F13, F14, F15, F16 ve F17 hücreleri için tekrar edilir.

C18 = KAREKÖK(TOPLA(C12:C17)), C18 hücresinde gerçekleştirilen işlem D18, E18 ve F18 hücreleri içinde gerçekleştirilerek her bir karar kriterine ait $\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}$ değerleri elde edilir.

Elde edilen bu kriterler, her bir hücreye ait değerler için $\frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}$ işlemi gerçekleştirilerek Tablo 3.10 'da Normalize edilmiş değerler tablosu elde edilir.

$C21 = C3 / \$C18\$$, C21 hücresinde gerçekleştirilen işlem C22, C23, C24, C25 ve C26 hücreleri için tekrar edilir.

$D21 = D3 / \$D18\$$, D21 hücresinde gerçekleştirilen işlem D22, D23, D24, D25 ve D26 hücreleri için tekrar edilir.

$E21 = E3 / \$E18\$$, E21 hücresinde gerçekleştirilen işlem E22, E23, E24, E25 ve E26 hücreleri için tekrar edilir.

$F21 = F3 / \$F18\$$, F21 hücresinde gerçekleştirilen işlem F22, F23, F24, F25 ve F26 hücreleri için tekrar edilir.

Tablo 3.10 Normalize edilmiş C_1 sınıfı Değerleri matrisi

A	B	C	D	E	F
19		Kriterler			
20	Alternatifler	K_2 (Müşteri Duyarlılığı)	K_3 (Talep)	K_4 (Karlılık)	K_5 (Popülerlik)
21	a4	0,000	0,393	0,682	0,134
22	a5	0,392	0,009	0,044	0,067
23	a7	0,000	0,076	0,220	0,468
24	a8	0,392	0,085	0,183	0,334
25	a21	0,588	0,733	0,505	0,601
26	a23	0,588	0,543	0,443	0,535

$C30 = \$C27\$ * \$C21\$$, C30 hücresinde gerçekleştirilen işlem C31, C32, C33, C34 ve C35 hücreleri için tekrar edilir.

$D30 = \$D27\$ * \$D21\$$, D30 hücresinde gerçekleştirilen işlem D31, D32, D33, D34 ve D35 hücreleri için tekrar edilir.

$E30 = \$E27\$ * \$E21\$$, E30 hücresinde gerçekleştirilen işlem E31, E32, E33, E34 ve E35 hücreleri için tekrar edilir.

$F30 = \$F27\$ * \$F21\$$, F30 hücresinde gerçekleştirilen işlem F31, F32, F33, F34 ve F35 hücreleri için tekrar edilir.

Bu işlemler sonucunda da ağırlıklandırılmış normalize matris Tablo 3.11 elde edilmiş olur.

Tablo 3.11 Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

A	B	C	D	E	F
27	Ağırlık	0,24	0,38	0,17	0,22
28	Alternatifler	Kriterler			
29		K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
30	a4	0,000	0,149	0,116	0,029
31	a5	0,094	0,003	0,007	0,015
32	a7	0,000	0,029	0,037	0,103
33	a8	0,094	0,032	0,031	0,073
34	a21	0,141	0,279	0,086	0,132
35	a23	0,141	0,206	0,075	0,118

Ağırlıklandırılmış normalize matris elde edildikten sonra ideal çözüm değerleri ve negatif ideal çözüm değerleri elde edilir. İdeal çözüm değerlerini elde etmek için her sütuna ait maksimum değerler dikkate alınırken, negatif ideal çözüm değerleri içinde her sütuna ait minimum değerler göz önünde bulundurulur. İdeal çözüm değerlerini ve Negatif ideal çözüm değerlerini bulmak için;

$C38 = \text{MAK}(C30:C35)$, C38 hücresinde gerçekleştirilen işlem D38, E38 ve F38 hücreleri için de tekrar edilir.

$C42 = \text{MIN}(C30:C35)$, C43 hücresinde gerçekleştirilen işlem D42, E42 ve F42 hücreleri içinde tekrar edilir. Bu işlemler sonucunda Tablo 3.12' deki İdeal çözüm değerleri ve Negatif İdeal çözüm değerleri elde edilmiş olacaktır.

Tablo 3.12 İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

A	B	C	D	E	F
36	İdeal Çözüm Değerlerinin elde edilmesi				
37		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
38	İdeal Çözüm Değerleri	0,141	0,279	0,116	0,132
39					
40	Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin elde edilmesi				
41		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
42	İdeal Çözüm Değerleri	0,000	0,003	0,007	0,015

İdeal ve Negatif ideal çözüm değerleri hesaplandıktan sonra;

$C45 = (C30 - \$C38\$)^2$, C45 hücresinde gerçekleştirilen işlem C46, C47, C48, C49 ve C50 hücreleri için tekrar edilir.

D45 = (D30- \$D38\$) ^ 2, D45 hücresinde gerçekleştirilen işlem D46, D47, D48, D49 ve D50 hücreleri için tekrar edilir.

E45 = (E30- \$E38\$) ^ 2, E45 hücresinde gerçekleştirilen işlem E46, E47, E48, E49 ve E50 hücreleri için tekrar edilir.

F45 = (F30- \$F38\$) ^ 2, F45 hücresinde gerçekleştirilen işlem F46, F47, F48, F49 ve F50 hücreleri için tekrar edilir.

İdeal uzaklığın hesaplanmasında $Si^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}$ formülü kullanılmaktadır. Bu durumda her bir karar kriterine ait ideal uzaklıklar Tablo 3.13' de ki gibi hesaplanır.

G45= TOPLA(C45:F45), G45 hücresinde gerçekleştirilen işlem G46, G47, G48, G49 ve G50 hücreleri için tekrar edilir.

H45 =KAREKÖK(G45), H45 hücresinde gerçekleştirilen işlem H46, H47, H48, H49 ve H50 hücreleri için tekrar edilir.

Tablo 3.13 İdeal Uzaklıklar Tablosu

A	B	C	D	E	F	G	H
43		İdeal Uzaklıklar Tablosu					
44		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Toplam	Si*
45	a4	0,01994	0,01672	0,00000	0,01059	0,04724	0,217355
46	a5	0,00222	0,07587	0,01178	0,01383	0,10369	0,322016
47	a7	0,01994	0,06247	0,00617	0,00086	0,08945	0,299078
48	a8	0,00222	0,06079	0,00720	0,00346	0,07367	0,271422
49	a21	0,00000	0,00000	0,00090	0,00000	0,00090	0,03006
50	a23	0,00000	0,00525	0,00165	0,00022	0,00711	0,084346

C53= (C30-\$C42\$)^2, C53 hücresinde gerçekleştirilen işlem C54, C55, C56, C57 ve C58 hücreleri için tekrar edilir.

D53= (D30-\$D42\$)^2, D53 hücresinde gerçekleştirilen işlem D54, D55, D56, D57 ve D58 hücreleri için tekrar edilir.

E53= (E30-\$E42\$)^2, E53 hücresinde gerçekleştirilen işlem E54, E55, E56, E57 ve E58 hücreleri için tekrar edilir.

F53= (F30-\$F42\$)^2, F53 hücresinde gerçekleştirilen işlem F54, F55, F56, F57 ve F58 hücreleri için tekrar edilir.

Negatif ideal uzaklığın hesaplanmasında $S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$ formülü kullanılmaktadır.

Bu durumda her bir karar kriterine ait negatif uzaklıklar Tablo 3.14' deki gibi hesaplanır.

Tablo 3.14 Negatif ideal uzaklıkların elde edilmesi

A	B	C	D	E	F	G	H
51		Negatif İdeal Uzaklıklar Tablosu					
52		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Toplam	Si-
53	a4	0,000	0,021	0,012	0,000	0,033	0,182633
54	a5	0,009	0,000	0,000	0,000	0,009	0,094136
55	a7	0,000	0,001	0,001	0,008	0,009	0,096575
56	a8	0,009	0,001	0,001	0,003	0,014	0,1171
57	a21	0,020	0,076	0,006	0,014	0,116	0,340289
58	a23	0,020	0,041	0,005	0,011	0,076	0,276307

G53 = TOPLA(C53:F53), G53 hücresinde gerçekleştirilen işlem G54, G55, G56, G57 ve G58 hücreleri için tekrar edilir.

H53 = KAREKÖK(G53), H53 hücresinde gerçekleştirilen işlem H54, H55, H56, H57 ve H58 hücreleri için tekrar edilerek S_i^- değerleri elde edilir.

S_i^* ve S_i^- değerleri Tablo 3.15' de gösterilmiştir.

Tablo 3.15 İdeal ve Negatif ideal çözüm değerleri tablosu

	Si*	Si-
a4	0,217354789	0,182632776
a5	0,32201599	0,094135745
a7	0,299077885	0,096574783
a8	0,271422386	0,117099964
a21	0,030060484	0,340288967
a23	0,084345611	0,27630746

İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanmasında $C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$ formülü kullanılmaktadır.

E60 = D60/(D60+C60), E60 hücresinde gerçekleştirilen işlem E61, E62, E63, E64 ve E65 hücreleri için tekrar edilir.

Ürünlerin yatay boyutta en uygun şekilde sıralanması Tablo 3.16' da F sütununda gösterilmiştir.

Tablo 3.16 C₁ Sınıfı TOPSIS Uygulaması Sonucu

A	B	C	D	E	F
59	Alternatifler	Si*	Si-	Ci*	Sıralama
60	a ₄	0,217354789	0,182632776	0,456596135	3
61	a ₅	0,32201599	0,094135745	0,226205341	6
62	a ₇	0,299077885	0,096574783	0,244089805	5
63	a ₈	0,271422386	0,117099964	0,30139827	4
64	a ₂₁	0,030060484	0,340288967	0,918832108	1
65	a ₂₃	0,084345611	0,27630746	0,766130893	2

Bu sıralama sonucunda giriş/çıkış kapısına hem yatay hem dikey düzlemde en yakın seviyede bulunması gereken ürün grubu a₂₁ olarak çıkmış, a₅ ürün grubunun ise dikey düzlemde en alt sevide olabileceği ancak yatay seviyede giriş/çıkış kapısına uzak kalabileceği sonucuna varılmıştır.

- **C₂ Sınıfı için TOPSIS uygulaması**

C₂ sınıfına atanan a₁,a₃,a₆, a₉,a₁₉,a₂₂, a₂₄ ürün gruplarının K₂, K₃,K₄ ve K₅ kriterleri için puanlama çalışmaları fabrika içerisinde ve akademik hayatta bulunan uzman kişiler tarafından değerlendirilip oluşturulmuştur. C₂ sınıfı içerisinde bulunan ürün gruplarına ait puanlama Tablo 3.17’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.17 C₂ Sınıfı Alternatiflerin Kriter Değerleri

Alternatifler	Müşteri Duyarlılığı	Talep	Kârlılık	Popülerlik
a ₁	20	4	18	44
a ₃	100	0	1	22
a ₆	100	0	4	0
a ₉	20	10	22	56
a ₁₉	20	15	12	67
a ₂₂	80	15	56	78
a ₂₄	60	34	23	78

Kriter puantajları yukarıdaki tabloda görülen alternatiflerin TOPSIS uygulaması excel çalışma kitabı üzerinden altı aşamada gerçekleştirilmiş olup bu sıralama işlemi sonunda C₂ sınıfı için giriş/çıkış kapısına yakın olması gereken ürün grubu Tablo 3.24’de gösterilmiştir.

C₂ sınıfı için ilk aşama olan amaç matrisi Tablo 3.17’ de oluşturulmuş Tablo 3.18’ de normalizasyon değerlerini içeren tablo gösterilmiştir.

Tablo 3.18 Normalizasyon değerleri

A	B	C	D	E	F
1	Kriterler				
2	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
3	a1	400	15,105110	341,9016009	1975,308642
4	a3	10000	0	1,973066114	493,8271605
5	a6	10000	0,0170706	12,895798	0
6	a9	400	105,84343	486,3624063	3086,419753
7	a19	400	219,22298	135,9719898	4444,444444
8	a22	6400	226,7962	3114,133887	6049,382716
10	a24	3600	1162,4708	513,6964263	6049,382716
11	Normalize	176,6352173	41,586725	67,87440736	148,6565351

Alternatiflerin normalize değerleri C₁ sınıfında açıklanan excel formülasyonları ile yapılmış Tablo 3.19’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.19 Normalize edilmiş C₂ sınıfı Değerleri

A	B	C	D	E	F
12		Kriterler			
13		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
14	a1	0,113	0,093	0,272	0,299
15	a3	0,566	0,000	0,021	0,149
16	a6	0,566	0,003	0,053	0,000
17	a9	0,113	0,247	0,325	0,374
18	a19	0,113	0,356	0,172	0,448
19	a22	0,453	0,362	0,822	0,523
20	a24	0,340	0,820	0,334	0,523

Normalize edilmiş değerler hesaplandıktan sonra her alternatif, kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris tablosu Tablo 3.20 elde edilmiştir.

Tablo 3.20 Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

A	B	C	D	E	F
21	Ağırlık	0,24	0,38	0,17	0,22
22		Kriterler			
23		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
24	a1	0,027	0,036	0,046	0,066
25	a3	0,136	0,000	0,004	0,033
26	a6	0,136	0,001	0,009	0,000
27	a9	0,027	0,094	0,055	0,082
28	a19	0,027	0,135	0,029	0,099
29	a22	0,109	0,312	0,140	0,115
30	a24	0,082	0,138	0,057	0,115

C₁ sınıfı için uygulanan excel formülasyonları kullanılarak C₂ sınıfı İdeal ve Negatif ideal çözüm değerleri oluşturulmuş. Tablo 3.21’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.21 İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

A	B	C	D	E	F
31	İdeal Çözüm Değerleri				
32		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
33	İdeal Çözüm Değerleri	0,136	0,312	0,140	0,115
34	Negatif İdeal Çözüm Değerleri				
35		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
36	İdeal Çözüm Değerleri	0,027	0,000	0,004	0,000

İdeal ve Negatif ideal çözüm değerleri hesaplandıktan sonra excel formülasyonları kullanılarak Tablo 3.22 İdeal Uzaklıklar Tablosu ve Tablo 3.23 Negatif İdeal Uzaklıklar Tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 3.22 İdeal Uzaklıklar Tablosu

A	B	C	D	E	F	G	H
37	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Toplam	Si*
38	a1	0,01182	0,07619	0,00873	0,00243	0,09918	0,314923
39	a3	0,00000	0,09706	0,01856	0,00676	0,12238	0,349834
40	a6	0,00000	0,09632	0,01710	0,01325	0,12667	0,355905
41	a9	0,01182	0,04732	0,00715	0,00108	0,06737	0,259548
42	a19	0,01182	0,03106	0,01222	0,00027	0,05537	0,235319
43	a22	0,00074	0,00000	0,00000	0,00000	0,00074	0,027175
44	a24	0,00295	0,03025	0,00689	0,00000	0,04010	0,200242

Tablo 3.23 Negatif İdeal Uzaklıklar Tablosu

A	B	C	D	E	F	G	H
45	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Toplam	Si-
46	a ₁	0,000	0,001	0,002	0,004	0,007	0,086132
47	a ₃	0,012	0,000	0,000	0,001	0,013	0,113565
48	a ₆	0,012	0,000	0,000	0,000	0,012	0,108843
49	a ₉	0,000	0,009	0,003	0,007	0,018	0,135173
50	a ₁₉	0,000	0,018	0,001	0,010	0,029	0,169404
51	a ₂₂	0,007	0,097	0,019	0,013	0,136	0,36813
52	a ₂₄	0,003	0,019	0,003	0,013	0,038	0,194871

İdeal ve Negatif ideal uzaklıklar değerleri hesaplandıktan ilgili formülasyonlar kullanılarak Tablo 3.24’ deki sonuç tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 3.24 C₂ Sınıfı TOPSIS Uygulaması Sonucu

A	B	C	D	E	F
53	Alternatifler	Si*	Si-	Ci*	Sıralama
54	a ₁	0,314922718	0,086132244	0,214764189	7
55	a ₃	0,349834283	0,113564734	0,245069001	5
56	a ₆	0,355905437	0,108842998	0,234197664	6
57	a ₉	0,259548159	0,135173457	0,342452634	4
58	a ₁₉	0,235318906	0,169404357	0,418568372	3
59	a ₂₂	0,027174649	0,36812982	0,931256409	1
60	a ₂₄	0,200241663	0,194870951	0,493203568	2

Bu sıralama sonucunda C₂ sınıfında giriş/çıkış kapısına yatay düzlemde en yakın seviyede bulunması gereken ürün grubu a₂₂ olarak çıkmış, a₁ ürün grubunun ise dikey düzlemde alt raflarda olabileceği ancak yatay seviyede giriş/çıkış kapısına uzak kalabileceği sonucuna varılmıştır.

- C₃ Sınıfı için TOPSIS uygulaması**

C₃ sınıfına atanan a₂,a₁₅,a₁₇,a₁₈,a₂₅ ürün gruplarının K₂, K₃,K₄ ve K₅ kriterleri için puanlama çalışmaları fabrika içerisinde ve akademik hayatta bulunan uzman kişiler tarafından değerlendirilip oluşturulmuştur. C₃ sınıfı içerisinde bulunan ürün gruplarına ait puanlama Tablo 3.25’de gösterilmiştir.

Tablo 3.25 C₃ Sınıfı Alternatiflerin Kriter Değerleri

Alternatifler	Müşteri Duyarlılığı	Talep	Karlılık	Popülerlik
a ₂	40	3	10	56
a ₁₅	60	0	0	56
a ₁₇	40	1	0	11
a ₁₈	100	2	4	11
a ₂₅	60	1	0	44

Kriter puantajları yukarıdaki tabloda görülen alternatiflerin TOPSIS uygulaması excel çalışma kitabı üzerinden altı aşamada gerçekleştirilmiş olup bu sıralama işlemi sonunda C₃ sınıfı için giriş/çıkışkapısına yakın olması gereken ürün grubu Tablo 3.33’de gösterilmiştir.

Tablo 3.26’ de gösterilen karar matrisinde normalizasyon formülleri kullanılarak Tablo 3.27 oluşturulmuştur.

Tablo 3.26 C₃ sınıfı karar matrisi

A	B	C	D	E	F
1		Kriterler			
2	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
3	a ₂	40	3	10	56
4	a ₁₅	60	0	0	56
5	a ₁₇	40	1	0	11
6	a ₁₈	100	2	4	11
7	a ₂₅	60	1	0	44

Tablo 3.27 Normalizasyon değerleri

A	B	C	D	E	F
8		Kriterler			
9	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
10	a ₂	1600	8,970848806	110,088672	3086,419753
11	a ₁₅	3600	0,028531721	0	3086,419753
12	a ₁₇	1600	0,688550481	0,107405553	123,4567901
13	a ₁₈	10000	3,375701541	17,17016818	123,4567901
14	a ₂₅	3600	1,170237989	0,051933368	1975,308642
15	Normalize	142,8285686	3,772780213	11,28796612	91,62456946

Normalizasyon aşamasında ki değerler hesaplandıktan sonra C₁ sınıfı için uygulanan excel formülasyonları kullanılarak C₃ sınıfına ait normalize edilmiş değerler matrisi oluşturulmuş Tablo 3.28’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.28 Normalize edilmiş C₃ sınıfı Değerleri

A	B	C	D	E	F
16		Kriterler			
17		K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
18	a2	0,280	0,794	0,930	0,606
19	a15	0,420	0,045	0,000	0,606
20	a17	0,280	0,220	0,029	0,121
21	a18	0,700	0,487	0,367	0,121
22	a25	0,420	0,287	0,020	0,485

Normalize edilmiş değerler hesaplandıktan sonra her alternatif, kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris tablosu 3.29 elde edilmiştir

Tablo 3.29 Ağırlıklandırılmış normalize değer matrisi

A	B	C	D	E	F
23	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
24		Kriterler			
25		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
26	a2	0,067	0,302	0,158	0,133
27	a15	0,101	0,017	0,000	0,133
28	a17	0,067	0,084	0,005	0,027
29	a18	0,168	0,185	0,062	0,027
30	a25	0,101	0,109	0,003	0,107

C₁ sınıfı için uygulanan excel formülasyonları kullanılarak C₃ sınıfı ideal ve negatif ideal çözüm değerleri oluşturulmuş. Tablo 3.30' da gösterilmiştir.

Tablo 3.30 İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri

A	B	C	D	E	F
31	İdeal Çözüm Değerleri				
32		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
33	İdeal Çözüm Değerleri	0,168	0,302	0,158	0,133
34	Negatif İdeal Çözüm Değerleri				
35		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
36	İdeal Çözüm Değerleri	0,067	0,017	0,000	0,027

İdeal ve Negatif ideal çözüm değerleri hesaplandıktan sonra excel formülasyonları kullanılarak Tablo 3.31 İdeal Uzaklıklar Tablosu ve Tablo 3.32 Negatif İdeal Uzaklıklar Tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 3.31 İdeal Uzaklıklar Tablosu

A	B	C	D	E	F	G	H
37		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Toplam	Si*
38	a2	0,01016	0,00000	0,00000	0,00000	0,01016	0,10082
39	a15	0,00452	0,08103	0,02497	0,00000	0,11052	0,332444
40	a17	0,01016	0,04757	0,02343	0,01139	0,09255	0,304226
41	a18	0,00000	0,01360	0,00914	0,01139	0,03413	0,184742
42	a25	0,00452	0,03714	0,02390	0,00071	0,06627	0,257421

Tablo 3.32 Negatif ideal uzaklıklar tablosu

A	B	C	D	E	F	G	H
43		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Toplam	Si-
44	a2	0,000	0,081	0,025	0,011	0,117	0,342622
45	a15	0,001	0,000	0,000	0,011	0,013	0,111882
46	a17	0,000	0,004	0,000	0,000	0,004	0,066747
47	a18	0,010	0,028	0,004	0,000	0,042	0,205664
48	a25	0,001	0,008	0,000	0,006	0,016	0,126495

İdeal ve Negatif ideal uzaklıklar değerleri hesaplandıktan ilgili formülasyonlar kullanılarak Tablo 3.33’ deki sonuç tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 3.33 C₃ Sınıfı TOPSIS Uygulaması Sonucu

A	B	C	D	E	F
49	Alternatifler	Si*	Si-	Ci*	Sıralama
50	a2	0,100820166	0,342622019	0,772641915	1
51	a15	0,33244437	0,111882291	0,251801885	4
52	a17	0,304225645	0,066747151	0,179924651	5
53	a18	0,184742342	0,205663868	0,526794561	2
54	a25	0,257421261	0,126494751	0,329485478	3

Bu sıralama sonucunda C₃ sınıfında giriş/çıkışkapısına yatay düzlemde en yakın seviyede bulunması gereken ürün grubu a₂ olarak çıkmış, a₁₇ ürün grubunun ise dikey düzlemde orta seviyede olabileceği ancak yatay seviyede giriş/çıkışkapısına uzak kalabileceği sonucuna varılmıştır.

- **C₄ Sınıfı için TOPSIS uygulaması**

C₄ sınıfına atanan a₁₀,a₁₁,a₁₂,a₁₃,a₁₄,a₁₆,a₂₀ ürün gruplarının K₂, K₃,K₄ ve K₅ kriterleri için puanlama çalışmaları fabrika içerisinde ve akademik hayatta bulunan uzman kişiler tarafından değerlendirilip oluşturulmuştur. C₄ sınıfı içerisinde bulunan ürün gruplarına ait puanlama Tablo 3.34’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.34 C₄ Sınıfı Alternatiflerin Kriter Değerleri

Alternatifler	Müşteri Duyarlılığı	Talep	Karlılık	Popülerlik
a10	40	12	8	33
a11	40	8	7	33
a12	20	1	7	33
a13	40	2	9	33
a14	20	10	8	11
a16	40	9	5	22
a20	0	1	1	33

Kriter puantajları yukarıdaki tabloda görülen alternatiflerin TOPSIS uygulaması excel çalışma kitabı üzerinden altı aşamada gerçekleştirilmiş olup bu sıralama işlemi sonunda C₄ sınıfı için giriş/çıkışkapısına yakın olması gereken ürün grubu Tablo 3.42’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.35 C₄ sınıfı karar matrisi

A	B	C	D	E	F
1		Kriterler			
2	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
3	a10	40	12	8	33
4	a11	40	8	7	33
5	a12	20	1	7	33
6	a13	40	2	9	33
7	a14	20	10	8	11
8	a16	40	9	5	22
9	a20	0	1	1	33

Tablo 3.35’ te gösterilen karar matrisinde ki değerlere, normalizasyon formülleri uygulanarak Tablo 3.36 oluşturulmuştur.

Tablo 3.36 Normalizasyon değerleri

A	B	C	D	E	F
10		Kriterler			
11	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
12	a10	1600	139,9261438	71,3648634	1111,111111
13	a11	1600	71,13853204	51,1983614	1111,111111
14	a12	400	1,354428144	51,9650381	1111,111111
15	a13	1600	2,540224258	81,9912365	1111,111111
16	a14	400	108,3259032	63,3077774	123,4567901
17	a16	1600	72,46291524	23,6527539	493,8271605
18	a20	0	1,747641522	0,46469494	1111,111111
19	Normalize	84,85281374	19,93729641	18,5457468	78,56742013

Normalizasyon aşamasında ki değerler hesaplandıktan sonra C₁ sınıfı için uygulanan excel formülasyonları kullanılarak C₄ sınıfına ait normalize edilmiş değerler matrisi oluşturulmuş Tablo 3.37’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.37 Normalize edilmiş C₄ sınıfı Değerleri

A	B	C	D	E	F
20		Kriterler			
21		K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
22	a10	0,471	0,593	0,456	0,424
23	a11	0,471	0,423	0,386	0,424
24	a12	0,236	0,058	0,389	0,424
25	a13	0,471	0,080	0,488	0,424
26	a14	0,236	0,522	0,429	0,141
27	a16	0,471	0,427	0,262	0,283
28	a20	0,000	0,066	0,037	0,424

Normalize edilmiş değerler hesaplandıktan sonra her alternatif, kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris tablosu Tablo 3.38 elde edilmiştir.

Ağırlıklandırılmış normalize değer matrisi oluşturulduktan sonra C₁ sınıfı için uygulanan excel formülasyonları kullanılarak C₃ sınıfı için ideal ve negatif ideal çözüm değerleri oluşturulmuştur. İdeal ve Negatif ideal çözüm değerleri Tablo 3.39’ da gösterilmiştir.

Tablo 3.38 Ağırlıklandırılmış normalize değer matrisi

A	B	C	D	E	F
29	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
30		Kriterler			
31	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
32	a10	0,113	0,225	0,077	0,093
33	a11	0,113	0,161	0,066	0,093
34	a12	0,057	0,022	0,066	0,093
35	a13	0,113	0,030	0,083	0,093
36	a14	0,057	0,198	0,073	0,031
37	a16	0,113	0,162	0,006	0,062
38	a20	0,000	0,025	0,045	0,093

Tablo 3.39 İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri

A	B	C	D	E	F
39	İdeal Çözüm Değerlerinin elde edilmesi				
40		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
41	İdeal Çözüm Değerleri	0,113	0,225	0,083	0,093
42	Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin elde edilmesi				
43		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
44	N.İdeal Çözüm Değerleri	0,000	0,022	0,006	0,031

İdeal ve Negatif ideal çözüm değerleri hesaplandıktan sonra excel formülasyonları kullanılarak Tablo 3.40 İdeal Uzaklıklar Tablosu ve Tablo 3.41 Negatif İdeal Uzaklıklar Tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 3.40 İdeal Uzaklıklar Tablosu

A	B	C	D	E	F	G	H
45	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Toplam	Si*
46	a10	0,00000	0,00000	0,00003	0,00000	0,00003	0,005565
47	a11	0,00000	0,00419	0,00030	0,00000	0,00449	0,067004
48	a12	0,00320	0,04132	0,00029	0,00000	0,04481	0,211679
49	a13	0,00000	0,03806	0,00000	0,00000	0,03806	0,195081
50	a14	0,00320	0,00073	0,00010	0,00387	0,00791	0,088921
51	a16	0,00000	0,00400	0,00589	0,00097	0,01085	0,104187
52	a20	0,01280	0,04010	0,00148	0,00000	0,05438	0,233197

Tablo 3.41 Negatif İdeal Uzaklıklar Tablosu

A	B	C	D	E	F	G	H
53	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Toplam	Si⁻
54	a10	0,013	0,041	0,005	0,004	0,063	0,25112
55	a11	0,013	0,019	0,004	0,004	0,039	0,198485
56	a12	0,003	0,000	0,004	0,004	0,011	0,103207
57	a13	0,013	0,000	0,006	0,004	0,023	0,150433
58	a14	0,003	0,031	0,004	0,000	0,039	0,196699
59	a16	0,013	0,020	0,000	0,001	0,033	0,182719
60	a20	0,000	0,000	0,001	0,004	0,005	0,073147

İdeal ve Negatif ideal uzaklıklar değerleri hesaplandıktan ilgili formülasyonlar kullanılarak Tablo 3.42’ deki sonuç tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 3.42 C₄ Sınıfı TOPSIS Uygulaması Sonucu

Alternatifler	Si*	Si ⁻	Ci*	Sıralama
a10	0,005565257	0,251119916	0,978318742	1
a11	0,067003746	0,198485257	0,747621387	2
a12	0,211678724	0,103206626	0,327759377	6
a13	0,195080985	0,150433496	0,435389843	5
a14	0,088921082	0,196699048	0,688673618	3
a16	0,104186545	0,182718719	0,636860811	4
a20	0,2331974	0,07314658	0,238772703	7

Bu sıralama sonucunda C₄ sınıfında giriş/çıkış kapısına yatay düzlemde en yakın seviyede bulunması gereken ürün grubu a₁₀ olarak çıkmış, a₂₀ ürün grubunun ise hem yatay hem dikey düzlemde giriş/çıkış kapısına uzak kalabileceği sonucuna varılmıştır.

ELECTRE TRI yöntemi ve TOPSIS yöntemlerinin uygulanması sonucu depolama alanlarında yatay ve dikey düzlemde oluşturulabilecek olası yerleşim şekli Şekil 3.43’de gösterilmiştir.

Tablo 3.43 TOPSIS yöntemi depolama alanı olası yerleşim şekli

C4	a10	a11	a14	a16	a13	a12	a20
C3	a2	a18	a25	a15	a17		
C2	a22	a24	a19	a9	a3	a6	a1
C1	a21	a23	a4	a8	a7	a5	

Uygulamanın yapıldığı fabrikanın depolama alanı görselinde Şekil 3.1’ de de görüldüğü üzere fabrikanın C₁, C₂, C₃, C₄ sınıflandırılmasının yapılabileceği dört ayrı raf

bölümü bulunmaktadır. Bu bölümler A rafı, B rafı, C rafı ve H rafı olmak üzere fabrika tarafından isimlendirilmiştir. Ürün yerleşimlerinin yukarıdaki sınıflandırma ve sıralama işlemlerinin sonucunda çıkan dizilime göre yapılması önerilmektedir.

3.6.2 VIKOR Uygulaması

TOPSİS yöntemi ile yapılan sıralama sonuçları ile karşılaştırmak adına VIKOR yöntemi C_1 , C_2 , C_3 , C_4 sınıfları için ayrı ayrı uygulanmıştır. İlgili sınıflara ait sıralama sonuçları elde edilmiştir.

• C_1 Sınıfı VIKOR Uygulaması

C_1 sınıfına atanan $a_4, a_5, a_7, a_8, a_{21}, a_{23}$ ürün gruplarının K_2, K_3, K_4 ve K_5 kriterleri için puanlama çalışmaları fabrika içerisinde ve akademik hayatta bulunan uzman kişiler tarafından değerlendirilip oluşturulmuştur. C_1 Sınıfı içerisinde bulunan ürün gruplarına ait VIKOR yöntemi uygulama sonucu Tablo 3.50’de gösterilmiştir.

VIKOR analizine başlamadan önce kullanılacak kriterlerin özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmamızda, maliyet özelliğine sahip kriterlerimiz bulunmamakta olup, kriter değerlerimiz fayda özelliği taşıyan kriterler olduğundan “max” olarak gösterilmiştir. Maliyet özelliğine sahip kriterimiz bulunsaydı “min” olarak gösterim yapmamız gerekecekti.

Tablo 3.44 C_1 Sınıfı ürün konumlandırma problemine ait karar matrisi

Alternatifler	Kriterler			
	K2 (Müşteri Duyarlılığı)	K3 (Talep)	K4 (Karlılık)	K5 (Popülerlik)
Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
	Max	Max	Max	Max
a4	0	54	100	22
a5	40	1	6	11
a7	0	10	32	78
a8	40	12	27	56
a21	60	100	74	100
a23	60	74	65	89

Tablo 3.44’ te gösterilen karar matrisi oluşturulduktan sonra, kriterlerin fayda ve maliyet özelliklerine sahip olma durumları göz önünde bulundurularak, her bir kriter için en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu değerlerin belirlenmesi

aşamasında excel çalışma sayfasında kriter özelliklerine göre hesaplama yapan mantıksal sına işlevi kullanılmıştır.

En iyi ve en kötü değerlerin hesaplanmasında, kriterler için;

$$C10 = \text{EĞER} (C3 = \text{"min"}; \text{MIN}(C4:C9); \text{MAK}(C4:C9))$$

$$C11 = \text{EĞER} (C3 = \text{"min"}; \text{MAK}(C4:C9); \text{MIN}(C4:C9))$$

formülasyonları kullanılarak f_j^* ve f_j^- değerleri hesaplanmış Tablo 3.45’ te gösterilmiştir.

Tablo 3.45 En iyi ve en kötü kriter değerleri

A	B	C	D	E	F
		Kriterler			
1	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
2	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
3		Max	Max	Max	Max
4	a4	0	54	100	22
5	a5	40	1	6	11
6	a7	0	10	32	78
7	a8	40	12	27	56
8	a21	60	100	74	100
9	a23	60	74	65	89
10	fj*	60	100	100	100
11	fj-	0	1,165612997	6,384299205	11,11111111

Kriterlerin birimlerinden arınması için gerçekleştirilen normalizasyon işlemi lineer normalizasyon işlemi esasına dayanmakta olup $r_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-}$ formülasyonu ile tüm değerler normalize edilmiştir. Excel çalışma sayfasında normalize edilmiş tablo oluşturulurken;

Tablo 3.46 Normalizasyon Matrisi

A	B	C	D	E	F
12		Kriterler			
13	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
14	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
15		Max	Max	Max	Max
16	a4	1,000	0,469	0,000	0,875
17	a5	0,333	1,000	1,000	1,000
18	a7	1,000	0,907	0,724	0,250
19	a8	0,333	0,895	0,782	0,500
20	a21	0,000	0,000	0,277	0,000
21	a23	0,000	0,263	0,374	0,125

$C16 = (C\$10-C4)/(C\$10-C\$11)$ işlemi gerçekleştirilmiş bu işlem C16:F21 hücre aralığında kopyalanarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiş, Tablo 3.46’ da gösterilmiştir.

Normalize edilmiş karar matrisi her bir kritere ait ağırlık değerleri ile çarpılarak ağırlıklandırılmıştır.

$C26=C16*C\$24$ işlemi gerçekleştirilerek, C26 hücresine ait normalize edilmiş skor değeri kritere ait ağırlık değeri ile çarpılmış ve ilgili alternatife ait ağırlıklı normalize edilmiş değer bulunmuştur. Bu işlem C26: F31 hücre aralığında kopyalanarak tüm alternatiflere ait ağırlıklandırılmış değerlerin hesaplaması yaptırılıp Tablo 3.47’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.47 Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

A	B	C	D	E	F
22		Kriterler			
23	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
24	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
25		Max	Max	Max	Max
26	a4	0,240	0,178	0,000	0,193
27	a5	0,080	1,000	0,170	0,220
28	a7	0,240	0,907	0,123	0,055
29	a8	0,080	0,895	0,133	0,110
30	a21	0,000	0,000	0,047	0,000
31	a23	0,000	0,263	0,064	0,028

Her bir alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren S_i ve R_i değerlerinin hesaplanmasında;

$$G35 = \text{TOPLA}(C35: F35),$$

$$H35 = \text{MAK} (C35: F35),$$

formülasyonları kullanılmıştır.

G35 hücresinde yer alan formül G35:G40 hücreleri aralığında, H35 hücresinde yer alan formül H35:H40 hücreleri aralığında kopyalanarak ilgili alternatiflere ait ortalama grup ve en kötü grup değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 3.48’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.48 S_i ve R_i Değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H
32		Kriterler				Ortalama Grup Değerleri	En Kötü Grup Değerleri
33	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22		
34	Alternatifler	K₂	K₃	K₄	K₅	S_i	R_i
35	a4	0,24	0,1783691	0	0,1925	0,6108691	0,24
36	a5	0,08	0,38	0,17	0,22	0,85	0,38
37	a7	0,24	0,3448137	0,1230678	0,055	0,7628815	0,3448137
38	a8	0,08	0,3401499	0,1329525	0,11	0,6631024	0,3401499
39	a21	0	0	0,0470899	0	0,0470899	0,0470899
40	a23	0	0,0999635	0,0635846	0,0275	0,1910481	0,0999635
41	S _i [*]	0,0470899					
42	S _i ⁻	0,85					
43	R _i [*]	0,0470899					
44	R _i ⁻	0,0470899					

S_i değerleri bulunduktan sonra, C41 = MIN(G35:G40) formülasyonu ile S_i^* değeri, C42= MAK(G35:G40) formülasyonu ile S_i^- değeri hesaplanmıştır.

R_i değerleri bulunduktan sonra, C43=MIN(H35:H40) formülasyonu ile R_i^* değeri, C44= MAK(H35:H40) formülasyonu ile R_i^- değeri hesaplanmıştır.

S_i^* , S_i^- , R_i^* ve R_i^- değerleri hesaplandıktan sonra, $q=\{0,00; 0,25;0,50; 0,75; 1,0\}$ parametrelerine göre farklı grup faydası değerleri Q_i hesaplanmış Tablo 3.49' da gösterilmiştir.

$$E47=((((E\$45*(\$C47-\$B\$41))/(\$B\$42-\$B\$41)))+(((1-E\$45)*(D\$47-\$B\$43)))/(\$B\$44-\$B\$43))$$

E47 hücresi için yazılan formülasyon ile ilgili alternatifin Q_i değeri hesaplanmıştır. E47 hücresinde yer alan formül E47:I52 aralığına kopyalanarak farklı q değerlerini göz önünde bulunduran Q_i değerleri hesaplanmış olur.

Her bir alternatif için Q değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler göz önünde bulundurularak tüm alternatifler sıralanır. Yapılan sıralamaların uzlaşık çözümü yansıtip yansıtmadığını belirlemek üzere kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarını sağlayıp sağlamadığına bakılır. Bu kapsamda excel üzerinde yapılan işlemler ve sıralama sonuçları Tablo 3.50' de gösterilmiştir.

Tablo 3.49 Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H	I
45				0	0,25	0,5	0,75	1
46	Alternatifler	S_i	R_i	$q=0,0$	$q=0,25$	$q=0,5$	$q=0,75$	$q=1$
47	a4	0,61086	0,24	0	0,175542	0,3510849	0,526627	0,7021698
48	a5	0,85	0,38	0	0,25	0,5	0,75	1
49	a7	0,76288	0,344813	0	0,222874	0,4457483	0,668622	0,8914966
50	a8	0,66310	0,340149	0	0,191806	0,3836124	0,575418	0,7672248
51	a21	0,04708	0,047089	0	0	0	0	0
52	a23	0,19104	0,099963	0	0,04482	0,089647	0,134471	0,179295

C_1 sınıfında alternatiflerin yatay düzlemde giriş/çıkış kapısına yakınlık seviyesini belirlemek amacıyla yapılan VIKOR analizi sonucunda $q=1,00$, değeri için Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar Koşulları' nı aynı anda sağlayan yerleşim şekli en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Bu sonuca göre;

Tablo 3.50 C_1 Sınıfı VIKOR Uygulama Sonucu

	0	0,25	0,5	0,75	1
Alternatifler	$Q_i(q=0,00)$	$Q_i(q=0,25)$	$Q_i(q=0,5)$	$Q_i(q=0,75)$	$Q_i(q=1)$
a4	1	3	3	3	3
a5	1	6	6	6	6
a7	1	5	5	5	5
a8	1	4	4	4	4
a21	1	1	1	1	1
a23	1	2	2	2	2
$Q(A2)$	0	0,04482	0,08964	0,1344	0,17929
$Q(A1)$	0	0	0	0	0
$Q(A2)-Q(A1)$	0	0,04482	0,08964	0,1344	0,17929
DQ	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667
Koşul 1	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ	DOĞRU
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

VIKOR uygulama sonucu uygulandığında Tablo 3.51' deki gibi yerleşim yapılması önerilmektedir. $q=0,000$, $q=0,25$, $q=0,5$ ve $q=0,75$ değerleri kabul edilebilir avantaj koşulunu sağlamadığından değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 0.51 VIKOR yöntemi C_1 sınıfı yerleşim düzeni

1	2	3	4	5	6
a21	a23	a4	a8	a7	a5

- **C₂ Sınıfı VIKOR Uygulaması**

C₂ sınıfına atanan a₁,a₃,a₆, a₉,a₁₉,a₂₂, a₂₄ ürün gruplarının K₂, K₃,K₄ ve K₅ kriterleri için puanlama çalışmaları fabrika içerisinde ve akademik hayatta bulunan uzman kişiler tarafından değerlendirilip oluşturulmuştur. C₂ sınıfı içerisinde bulunan ürün gruplarına ait VIKOR yöntemi uygulama sonucu Tablo 3.60’da gösterilmiştir

Tablo 3.52’ te gösterilen karar matrisi oluşturulduktan sonra, her bir kriter için en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. C₁ sınıfı VIKOR uygulamasında açıkça belirtilen excel formülasyoları, C₂ sınıfı içinde gerçekleştirilerek en iyi ve en kötü kriter değerlerinin hesaplaması yapılmış Tablo 3.53’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.52 C₂ Sınıfı ürün konumlandırma problemine ait karar matrisi

A	B	C	D	E	F
1		Kriterler			
2		MAX	MAX	MAX	MAX
3	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
4	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
5	a1	20	4	18	44
6	a3	100	0	1	22
7	a6	100	0	4	0
8	a9	20	10	22	56
9	a19	20	15	12	67
10	a22	80	15	56	78
11	a24	60	34	23	78

Tablo 3.53 En iyi ve en kötü kriter değerleri

A	B	C	D	E	F
12		Kriterler			
13		MAX	MAX	MAX	MAX
14	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
15	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
16	a1	20	4	18	44
17	a3	100	0	1	22
18	a6	100	0	4	0
19	a9	20	10	22	56
20	a19	20	15	12	67
21	a22	80	15	56	78
22	a24	60	34	23	78
22	fi*	100	34	56	78
23	fi-	20	0	1	0

Kriterler için en iyi ve en kötü değerler hesaplandıktan sonra ilgili formülasyonlar kullanılarak her bir alternatif için normalleştirme işlemi gerçekleştirilerek normalizasyon matrisi oluşturulmuştur. Alternatiflerin normalize edilmiş değerleri Tablo 3.54’ te gösterilmiştir.

Normalizasyon matrisi oluşturulduktan sonra her alternatif ilgili kriter değerlerinin ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulmuş Tablo 3.55’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.54 Normalizasyon Matrisi

A	B	C	D	E	F
24		Kriterler			
25		MAX	MAX	MAX	MAX
26	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
27	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
28	a1	1,000	0,886	0,686	0,429
29	a3	0,000	1,000	1,000	0,714
30	a6	0,000	0,996	0,960	1,000
31	a9	1,000	0,698	0,620	0,286
32	a19	1,000	0,566	0,811	0,143
33	a22	0,250	0,558	0,000	0,000
34	a24	0,500	0,000	0,609	0,000

Tablo 3.55 Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

A	B	C	D	E	F
35		Kriterler			
36		MAX	MAX	MAX	MAX
37	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
38	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
39	a1	0,240	0,337	0,117	0,094
40	a3	0,000	0,380	0,170	0,157
41	a6	0,000	0,379	0,163	0,220
42	a9	0,240	0,265	0,105	0,063
43	a19	0,240	0,215	0,138	0,031
44	a22	0,060	0,212	0,000	0,000
45	a24	0,120	0,000	0,104	0,000

Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulduktan sonra, her bir alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması ilgili formüller kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulunan bu değerler tablo

3.56’ da gösterilmiştir. Bu değerler bulunduktan sonra, S_i^* , S_i^- , R_i^* ve R_i^- değerleri hesaplanmıştır.

S_i^* , S_i^- , R_i^* ve R_i^- değerleri hesaplandıktan sonra, $q=\{0,00; 0,25;0,50; 0,75; 1,0\}$ parametrelerine göre farklı grup faydası değerleri Q_i hesaplanmış Tablo 3.57’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.56 S_i ve R_i değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H
46		Kriterler				Ortalama Grup Değerleri	En Kötü Grup Değerleri
47		MAX	MAX	MAX	MAX		
48	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22		
49	Alternatifler	K_2	K_3	K_4	K_5	Si	Ri
50	a1	0,240	0,337	0,117	0,094	0,788	0,337
51	a3	0,000	0,380	0,170	0,157	0,707	0,380
52	a6	0,000	0,379	0,163	0,220	0,762	0,379
53	a9	0,240	0,265	0,105	0,063	0,674	0,265
54	a19	0,240	0,215	0,138	0,031	0,624	0,240
55	a22	0,060	0,212	0,000	0,000	0,272	0,212
56	a24	0,120	0,000	0,104	0,000	0,224	0,120
57	S_i^*	0,224					
58	S_i^-	0,788					
59	R_i^*	0,120					
60	R_i^-	0,380					

Tablo 3.57 Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H	I
61				0	0,25	0,5	0,75	1
62	Alternatifler	S_i	R_i	$q=0,00$	$q=0,25$	$q=0,5$	$q=0,75$	$q=1$
63	a1	0,788	0,337	0,833397	0,875048	0,916698	0,958349	1
64	a3	0,707	0,380	1	0,964348	0,928696	0,893044	0,857392
65	a6	0,762	0,379	0,994399	0,984335	0,974271	0,964206	0,954142
66	a9	0,674	0,265	0,558987	0,618749	0,678512	0,738274	0,798037
67	a19	0,624	0,240	0,461538	0,523807	0,586077	0,64834	0,710615
68	a22	0,272	0,212	0,354439	0,287368	0,220297	0,153226	0,086155
69	a24	0,224	0,120	0	0	0	0	0

Her bir alternatif için Q değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler göz önünde bulundurularak tüm alternatifler sıralanır. Yapılan sıralamaların uzlaşık çözümü yansıtır yansıtmadığını belirlemek üzere kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar

koşullarını sağlayıp sağlamadığına bakılır. Bu kapsamda excel üzerinde yapılan işlemler ve sıralama sonuçları Tablo 3.58’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.58 C₂ Sınıfı VIKOR Uygulama Sonucu

Alternatifler	Qi(q=0,00)	Qi (q=0,25)	Qi (q=0,5)	Qi (q=0,75)	Qi (q=1)
a1	5	5	5	6	7
a3	7	6	6	5	5
a6	6	7	7	7	6
a9	4	4	4	4	4
a19	3	3	3	3	3
a22	2	2	2	2	2
a24	1	1	1	1	1
Q(A2)	0,3544	0,2873	0,2202	0,1532	0,08615
Q(A1)	0,000	0	0	0	0
Q(A2)-Q(A1)	0,354	0,287	0,220	0,153	0,086
DQ	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667
Koşul 1	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	YANLIŞ	YANLIŞ
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

C₂ sınıfında alternatiflerin yatay düzlemde giriş/çıkış kapısına yakınlık seviyesini belirlemek amacıyla yapılan VIKOR analizi sonucunda q= 0,00, q=0,25, q=0,5 değerleri için Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar Koşulları’ nı aynı anda sağlayan yerleşim şekli en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Tablo 3.59’ a bakıldığında;

Tablo 3.59 En iyi ürün yerleşim planı düzeni

	1	2	3	4	5	6	7
q=0,00	a ₂₄	a ₂₂	a ₁₉	a ₉	a ₁	a ₆	a ₃
q=0,25	a ₂₄	a ₂₂	a ₁₉	a ₉	a ₁	a ₃	a ₆
q=0,50	a ₂₄	a ₂₂	a ₁₉	a ₉	a ₁	a ₃	a ₆

q=0,25 ve q=0,5 değerlerinin sıralamalarının aynı olduğu, q= 0,00 sıralaması ile de sadece a₃ ve a₅ ürün gruplarının sıralanmasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın çok uç noktalarda olmadığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre VIKOR uygulamasının C₂ sınıfı için oluşturduğu yerleşim planı Tablo 3.60’ da ki gibi önerilmektedir.

Tablo 3.60 VIKOR yöntemi C₂ sınıfı yerleşim düzeni

1	2	3	4	5	6	7
a ₂₄	a ₂₂	a ₁₉	a ₉	a ₁	a ₆ /a ₃	a ₃ /a ₆

- **C₃ Sınıfı VIKOR Uygulaması**

C₃ sınıfına atanan a₂,a₁₅,a₁₇,a₁₈,a₂₅ ürün gruplarının K₂, K₃,K₄ ve K₅ kriterleri için puanlama çalışmaları fabrika içerisinde ve akademik hayatta bulunan uzman kişiler tarafından değerlendirilip oluşturulmuştur. C₃ sınıfı içerisinde bulunan ürün gruplarına ait VIKOR yöntemi uygulama sonucu Tablo 3.68’de gösterilmiştir.

Tablo 3.61 C₃ Sınıfı ürün konumlandırma problemine ait karar matrisi

A	B	C	D	E	F
1		Kriterler			
2		Max	Max	Max	Max
3	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
4	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
5	a ₂	40	3	10	56
6	a ₁₅	60	0	0	56
7	a ₁₇	40	1	0	11
8	a ₁₈	100	2	4	11
9	a ₂₅	60	1	0	44

Tablo 3.61’ de gösterilen karar matrisi oluşturulduktan sonra, her bir kriter için en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. C₁ sınıfı VIKOR uygulamasında açıkça belirtilen excel formülasyoları, C₃ sınıfı içinde gerçekleştirilerek en iyi ve en kötü kriter değerlerinin hesaplaması yapılmış Tablo 3.62’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.62 En iyi ve en kötü kriter değerleri

A	B	C	D	E	F
10		Kriterler			
11		Max	Max	Max	Max
12	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
13	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
14	a ₂	40	3	10	56
15	a ₁₅	60	0	0	56
16	a ₁₇	40	1	0	11
17	a ₁₈	100	2	4	11
18	a ₂₅	60	1	0	44
19	f _i *	100	3	10	56
20	f _i -	40	0	0	11

Kriterler için en iyi ve en kötü değerler hesaplandıktan sonra ilgili formülasyonlar kullanılarak her bir alternatif için normalleştirme işlemi

gerçekleştirilerek normalizasyon matrisi oluşturulmuştur. Alternatiflerin normalize edilmiş değerleri Tablo 3.63' te gösterilmiştir.

Normalizasyon matrisi oluşturulduktan sonra her alternatif ilgili kriter değerlerinin ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulmuş Tablo 3.64' te gösterilmiştir.

Tablo 3.63 Normalizasyon matrisi

A	B	C	D	E	F
21		Kriterler			
22		Max	Max	Max	Max
23	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
24	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
25	a2	1,000	0,000	0,000	0,000
26	a15	0,667	1,000	1,000	0,000
27	a17	1,000	0,766	0,969	1,000
28	a18	0,000	0,410	0,605	1,000
29	a25	0,667	0,677	0,978	0,250

Tablo 3.64 Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

A	B	C	D	E	F
30		Kriterler			
31		Max	Max	Max	Max
32	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
33	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
34	a2	0,240	0,000	0,000	0,000
35	a15	0,160	0,380	0,170	0,000
36	a17	0,240	0,291	0,165	0,220
37	a18	0,000	0,156	0,103	0,220
38	a25	0,160	0,257	0,166	0,055

Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulduktan sonra, her bir alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması ilgili formüller kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulunan bu değerler tablo 3.65' te gösterilmiştir. Bu değerler bulunduktan sonra, S_i^* , S_i^- , R_i^* ve R_i^- değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 3.65 S_i ve R_i değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H
39		Kriterler				Ortalama Grup Değerleri	En Kötü Grup Değerleri
40		Max	Max	Max	Max		
41	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22		
42	Alternatifler	K_2	K_3	K_4	K_5	S_i	R_i
43	a2	0,240	0,000	0,000	0,000	0,240	0,240
44	a15	0,160	0,380	0,170	0,000	0,710	0,380
45	a17	0,240	0,291	0,165	0,220	0,916	0,291
46	a18	0,000	0,156	0,103	0,220	0,479	0,220
47	a25	0,160	0,257	0,166	0,055	0,639	0,257
48	S_i^*	0,240					
49	S_i^-	0,916					
50	R_i^*	0,220					
51	R_i^-	0,380					

S_i^* , S_i^- , R_i^* ve R_i^- değerleri hesaplandıktan sonra, $q=\{0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,0\}$ parametrelerine göre farklı grup faydası değerleri Q_i hesaplanmış Tablo 3.66' da gösterilmiştir.

Tablo 3.66 Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H	I
51				0	0,25	0,5	0,75	1
53	Alternatifler	S_i	R_i	$q=0,00$	$q=0,25$	$q=0,5$	$q=0,75$	$q=1$
54	a2	0,240	0,240	0,125	0,09375	0,0625	0,03125	0
55	a15	0,710	0,380	1	0,92385	0,84772	0,771579	0,69543
56	a17	0,916	0,291	0,44463	0,583477	0,72231	0,861159	1
57	a18	0,479	0,220	0	0,088238	0,17647	0,264716	0,35295
58	a25	0,639	0,257	0,23288	0,322097	0,41131	0,500529	0,58974

Her bir alternatif için Q değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler göz önünde bulundurularak tüm alternatifler sıralanır. Yapılan sıralamaların uzlaşık çözümü yansıtip yansıtmadığını belirlemek üzere kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarını sağlayıp sağlamadığına bakılır. Bu kapsamda excel üzerinde yapılan işlemler ve sıralama sonuçları Tablo 3.67' de gösterilmiştir.

Tablo 3.67 C₃ Sınıfı VIKOR Uygulama Sonucu

	0	0,25	0,5	0,75	1
Alternatifler	Qi(q=0,00)	Qi (q=0,25)	Qi (q=0,5)	Qi (q=0,75)	Qi (q=1)
a2	2	2	1	1	1
a15	5	5	5	4	4
a17	4	4	4	5	5
a18	1	1	2	2	2
a25	3	3	3	3	3
Q(A2)	0,125	0,09375	0,1764	0,2647	0,3529
Q(A1)	0	0,08823	0,0626	0,03125	0
Q(A2)-Q(A1)	0,125	0,00552	0,1138	0,23345	0,3529
DQ	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
Koşul 1	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ	DOĞRU
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

C₃ sınıfında alternatiflerin yatay düzlemde giriş/çıkış kapısına yakınlık seviyesini belirlemek amacıyla yapılan VIKOR analizi sonucunda q= 1,00, değeri için Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar Koşulları' nı aynı anda sağlayan yerleşim şekli en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Bu sonuca göre;

Tablo 3.68 VIKOR yöntemi C₃ sınıfı yerleşim düzeni

1	2	3	4	5
a ₂	a ₁₈	a ₂₅	a ₁₅	a ₁₇

sıralı şekilde Tablo 3.68' deki gibi yerleşim yapılması önerilmektedir. q=0,000, q=0,25, q=0,5 ve q=0,75 değerleri kabul edilebilir avantaj koşulunu sağlamadığından değerlendirmeye alınmamıştır.

• C₄ Sınıfı VIKOR Uygulaması

C₄ sınıfına atanan a₁₀,a₁₁,a₁₂,a₁₃,a₁₄,a₁₆,a₂₀ ürün gruplarının K₂, K₃,K₄ ve K₅ kriterleri için puanlama çalışmaları fabrika içerisinde ve akademik hayatta bulunan uzman kişiler tarafından değerlendirilip oluşturulmuştur. C₄ sınıfı içerisinde bulunan ürün gruplarına ait VIKOR yöntemi uygulama sonucu Tablo 3.77'de gösterilmiştir.

Tablo 3.69' da gösterilen karar matrisi oluşturulduktan sonra, her bir kriter için en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. C₁ sınıfı VIKOR uygulamasında açıkça belirtilen excel formülasyoları, C₄ sınıfı içinde gerçekleştirilerek en iyi ve en kötü kriter değerlerinin hesaplaması yapılmış Tablo 3.70' de gösterilmiştir.

Tablo 3.69 C₄ Sınıfı ürün konumlandırma problemine ait karar matrisi

A	B	C	D	E	F
1		Kriterler			
2		Max	Max	Max	Max
3	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
4	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
5	a10	40	12	8	33
6	a11	40	8	7	33
7	a12	20	1	7	33
8	a13	40	2	9	33
9	a14	20	10	8	11
10	a16	40	9	5	22
11	a20	0	1	1	33

Tablo 3.70 En iyi ve en kötü kriter değerleri

A	B	C	D	E	F
12		Kriterler			
13		Max	Max	Max	Max
14	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
15	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
16	a10	40	12	8	33
17	a11	40	8	7	33
18	a12	20	1	7	33
19	a13	40	2	9	33
20	a14	20	10	8	11
21	a16	40	9	5	22
22	a20	0	1	1	33
23	fi*	40	12	9	33
24	fi-	0	1	1	11

Kriterler için en iyi ve en kötü değerler hesaplandıktan sonra ilgili formülasyonlar kullanılarak her bir alternatif için normalleştirme işlemi gerçekleştirilerek normalizasyon matrisi oluşturulmuştur. Alternatiflerin normalize edilmiş değerleri Tablo 3.71’ de gösterilmiştir.

Normalizasyon matrisi oluşturulduktan sonra her alternatif ilgili kriter değerlerinin ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulmuş Tablo 3.72’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.71 Normalizasyon Matrisi

A	B	C	D	E	F
25		Kriterler			
26		Max	Max	Max	Max
27	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
28	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
29	a10	0,000	0,000	0,073	0,000
30	a11	0,000	0,318	0,227	0,000
31	a12	0,500	1,000	0,220	0,000
32	a13	0,000	0,960	0,000	0,000
33	a14	0,500	0,133	0,131	1,000
34	a16	0,000	0,311	0,501	0,500
35	a20	1,000	0,985	1,000	0,000

Tablo 3.72 Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

A	B	C	D	E	F
36		Kriterler			
37		Max	Max	Max	Max
38	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
39	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
40	a10	0,000	0,000	0,012	0,000
41	a11	0,000	0,121	0,039	0,000
42	a12	0,120	0,380	0,037	0,000
43	a13	0,000	0,365	0,000	0,000
44	a14	0,120	0,051	0,022	0,220
45	a16	0,000	0,118	0,085	0,110
46	a20	0,240	0,374	0,170	0,000

Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulduktan sonra, her bir alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması ilgili formüller kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulunan bu değerler tablo 3.73’ te gösterilmiştir. Bu değerler bulunduktan sonra, S_i^* , S_i^- , R_i^* ve R_i^- değerleri hesaplanmıştır.

S_i^* , S_i^- , R_i^* ve R_i^- değerleri hesaplandıktan sonra, $q=\{0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,0\}$ parametrelerine göre farklı grup faydası değerleri Q_i hesaplanmış Tablo 3.74’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.73 S_i ve R_i değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H
47		Kriterler				Ortalama Grup Değerleri	En Kötü Grup Değerleri
48		Max	Max	Max	Max		
49	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22		
50	Alternatifler	K_2	K_3	K_4	K_5	S_i	R_i
51	a10	0,000	0,000	0,012	0,000	0,012	0,012
52	a11	0,000	0,121	0,039	0,000	0,160	0,121
53	a12	0,120	0,380	0,037	0,000	0,537	0,380
54	a13	0,000	0,365	0,000	0,000	0,365	0,365
55	a14	0,120	0,051	0,022	0,220	0,413	0,220
56	a16	0,000	0,118	0,085	0,110	0,313	0,118
57	a20	0,000	0,374	0,170	0,000	0,544	0,374
58	S_i^*	0,012					
59	S_i^-	0,544					
60	R_i^*	0,012					
61	R_i^-	0,380					

Tablo 3.74 Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H	I
62				0	0,25	0,5	0,75	1
63	Alternatifler	S_i	R_i	$q=0,00$	$q=0,25$	$q=0,5$	$q=0,75$	$q=1$
64	a10	0,012	0,012	0	0	0	0	0
65	a11	0,160	0,121	0,29543	0,290743	0,2860	0,2813	0,27665
66	a12	0,537	0,380	1	0,996766	0,9935	0,9903	0,98706
67	a13	0,365	0,365	0,95832	0,884314	0,8103	0,7362	0,66227
68	a14	0,413	0,220	0,56483	0,611864	0,6588	0,7059	0,75296
69	a16	0,313	0,118	0,28786	0,357308	0,4267	0,4961	0,56563
70	a20	0,544	0,374	0,98467	0,988503	0,9923	0,9961	1

Her bir alternatif için Q değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler göz önünde bulundurularak tüm alternatifler sıralanır. Yapılan sıralamaların uzlaşık çözümü yansıtmıyorsa yansıtmadığını belirlemek üzere kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarını sağlayıp sağlamadığına bakılır. Bu kapsamda excel üzerinde yapılan işlemler ve sıralama sonuçları Tablo 3.75’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.75 C₄ Sınıfı VIKOR Uygulama Sonucu

	0	0,25	0,5	0,75	1
Alternatifler	Qi(q=0,00)	Qi (q=0,25)	Qi (q=0,5)	Qi (q=0,75)	Qi (q=1)
a ₁₀	1	1	1	1	1
a ₁₁	3	2	2	2	2
a ₁₂	7	7	7	6	6
a ₁₃	5	5	5	5	4
a ₁₄	4	4	4	4	5
a ₁₆	2	3	3	3	3
a ₂₀	6	6	6	7	7
Q(A2)	0,2878	0,2907	0,286	0,281	0,276
Q(A1)	0	0	0	0	0
Q(A2)-Q(A1)	0,2878	0,2907	0,286	0,281	0,276
DQ	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667
Koşul 1	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

C₄ sınıfında alternatiflerin yatay düzlemde GİRİŞ/ÇIKIŞkapısına yakınlık seviyesini belirlemek amacıyla yapılan VIKOR analizi sonucunda q= 0,00, q=0,25, q=0,5, q=0,75 ve q= 1,00 değerleri için Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar Koşulları' nı aynı anda sağlayan yerleşim şekli en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Tablo 3.76' ya bakıldığında;

Tablo 3.76 En iyi ürün yerleşim planı düzeni

	1	2	3	4	5	6	7
q=0,00	a ₁₀	a ₁₆	a ₁₁	a ₁₄	a ₁₃	a ₂₀	a ₁₂
q=0,25	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₆	a ₁₄	a ₁₃	a ₂₀	a ₁₂
q=0,50	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₆	a ₁₄	a ₁₃	a ₂₀	a ₁₂
q=0,75	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₆	a ₁₄	a ₁₃	a ₁₂	a ₂₀
q=1.00	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₆	a ₁₃	a ₁₄	a ₁₂	a ₂₀

q=0,25 ve q=0,5 değerlerinin sıralamalarının aynı olduğu, q= 0,00 sıralaması ile a₁₆ ve a₁₁ ürün gruplarının, q=0.75 değeri ile oluşturulan sıralama ile de a₁₂ ve a₂₀ ürün gruplarının ve q=1.00 75 değeri ile oluşturulan sıralama ile de a₁₃, a₁₄ ürün gruplarının sıralamalarının farklı olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılıkların çok uç noktalarda olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlara göre VIKOR uygulamasının C₄ sınıfı için oluşturduğu yerleşim planı Tablo 3.77' deki gibi önerilmektedir.

Tablo 3.77 VIKOR yöntemi C4 sınıfı yerleşim düzeni

1	2	3	4	5	6	7
a_{10}	a_{16}/a_{11}	a_{11}/a_{16}	a_{14}/a_{13}	a_{13}/a_{14}	a_{20}/a_{12}	a_{12}/a_{20}

ELECTRE TRI yöntemi ve VIKOR yöntemlerinin uygulanması sonucu depolama alanlarında yatay ve dikey düzlemde oluşturulabilecek olası yerleşim şekli Şekil 3.78’de gösterilmiştir.

Tablo 3.78 VIKOR yöntemi depolama alanı olası yerleşim şekli

	1	2	3	4	5	6	7
C ₄	a_{10}	a_{16}/a_{11}	a_{11}/a_{16}	a_{14}/a_{13}	a_{13}/a_{14}	a_{20}/a_{12}	a_{12}/a_{20}
C ₃	a_2	a_{18}	a_{25}	a_{15}	a_{17}		
C ₂	a_{24}	a_{22}	a_{19}	a_9	a_1	a_6/a_3	a_3/a_6
C ₁	a_{21}	a_{23}	a_4	a_8	a_7	a_5	

TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin uygulanması sonrasında olası depo konumu atama düzenleri Tablo 3.79’ da gösterilmiştir.

Tablo 3.79 Depolama konumu atama düzeni**VIKOR**

	1	2	3	4	5	6	7
C ₄	a_{10}	a_{16}/a_{11}	a_{11}/a_{16}	a_{14}/a_{13}	a_{13}/a_{14}	a_{20}/a_{12}	a_{12}/a_{20}
C ₃	a_2	a_{18}	a_{25}	a_{15}	a_{17}		
C ₂	a_{24}	a_{22}	a_{19}	a_9	a_1	a_6/a_3	a_3/a_6
C ₁	a_{21}	a_{23}	a_4	a_8	a_7	a_5	

TOPSİS

	1	2	3	4	5	6	7
C ₄	a_{10}	a_{11}	a_{14}	a_{16}	a_{13}	a_{12}	a_{20}
C ₃	a_2	a_{18}	a_{25}	a_{15}	a_{17}		
C ₂	a_{22}	a_{24}	a_{19}	a_9	a_3	a_6	a_1
C ₁	a_{21}	a_{23}	a_4	a_8	a_7	a_5	

SONUÇ

Dünya çapında rekabet gücünün artmasıyla birlikte, şirketler, başarılarının stratejik itici güçleri olarak, maliyet azaltma ve verimlilik optimizasyonuna giderek daha fazla önem vermeye başlamıştır. Bu kapsamda, şirketler son yıllarda depoların yeniden yapılandırılmasının yanı sıra süreçlerin yeniden mühendisliğini ve optimizasyonunu devreye almışlardır. Depo yeniden yapılandırmasıyla ilgili olarak, Depo Konumu Atama Probleminin (SLAP) çözümü, siparişlerin teslimat süresi, genel lojistik maliyetleri ve müşteri memnuniyeti gibi farklı perspektifler altında depo yönetimi verimliliğini ve etkinliğini artırmak için esastır.

Bu çalışmada depolama faaliyetleri gerçekleştirilirken oluşması muhtemel zaman kayıpları, iş gücü kaybı, taşıma maliyetleri ve sevkiyat gecikmesi ya da ürün yok satma gibi müşteriler ile ilişkilerin zedelenmesine sebep olabilecek olumsuz koşulların engellenmesi adına depo yönetimi çalışmasını gerçekleştirmek amaçlanmıştır. Bu kapsamda cıvata üretimi yapan bir fabrikada örnek uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında depolama alanında bulunan ürünlerin çok katmanlı bir depoda, depolama yeri tahsisi için ağırlık, talep, karlılık, popülerlik ve Müşteri Duyarlılığı özelliklerini dikkate alan çok kriterli karar verme tekniklerini kullanarak bir yerleşim şekli tasarlanmıştır.

Kullanılan çok kriterli karar verme teknikleri ELECTRE TRI ve TOPSIS yöntemleridir. ELECTRE TRI teknik kullanılarak ürünlerin dört seviyeden oluşan rafların hangi basamağında olması gerektiği çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonrasında TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılarak yatay boyutta giriş/çıkışkapısına yakınlıkları sıralanmıştır. Her boyut için ortak kullanılan kriterler; karlılık, talep ve popülerliktir. Ağırlık kriteri dikey seviyede yerleşim yapılırken dikkate alınmış, müşteri duyarlılığı kriteri ise yatay konumlandırma aşamasında dikkate alınmıştır.

Çalışma yapılmadan önce literatür taraması gerçekleştirilmiş ancak uygulamalı olarak depo yerleşim alanı tahsis eden herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yerli ve yabancı kaynak taramasında bulunan çalışmalarda genel olarak varsayımsal depo tasarımları ve ürün grupları oluşturularak yöntemler uygulanmış ve tavsiyelerde bulunulmuştur. Bu çerçevede yapılan çalışmanın, sahadaki uzman görüşleri ve gerçek

verilere dayalı olarak oluşturulmasının literatüre özgün bir katkı sunduğunu ifade etmek mümkündür.

Depolama alanında yapılan ürün atama çalışmasının, ağır olan ürünlerin giriş/çıkış kapısına ve dikey konumda yere yakınlığı ürün taşıma mesafesini ve ürün taşıma süresini azaltarak optimum sürede sevkiyata hazır olmasını sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı mantıkla müşteri duyarlılığının yüksek olduğu bir ürünün giriş/çıkış kapısına yakınlığı ürün hazırlama zamanından tasarruf sağlayarak işletmeye katkıda bulunacaktır.

Yapılan çalışmanın işletmeye maliyet açısından ne kadar katkı sağlayacağını öngörebilmek açısından küçük bir operasyon bazında maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz çerçevesinde, giriş/çıkış kapısına en yakın ve dikey boyutta en alt rafta bulunması gereken a_{21} ürününün, bunun tam tersi olarak giriş/çıkış kapısına en uzak ve en üst rafta konumlandırılması sonucu, dikey boyutta ürün taşıma süresinin 0,33 dakika daha fazla sürdüğü, yatay boyutta ise 2 dakika fazla sürdüğü ölçülmüştür. Bu süre farklılıklarını işçilik maliyetleri ve taşıma süresi olarak değerlendirdiğimizde, işçilik maliyetinde yaklaşık % 14, taşıma süresinde ise yaklaşık % 85 oranında bir iyileştirmenin olacağı öngörülmüştür.

TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin gerçekleştirdiği ürün grubu sıralamalarında C_1 ve C_3 sınıfında bulunan ürünler için herhangi bir fark olmadığı ancak C_2 ve C_4 sınıflarındaki ürün yerleştirmelerinde farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılıklara bakıldığında VIKOR uygulamasının işletme ürün özelliklerine daha uygun atamalar yaptığı gözlemlenmiştir. Örneğin; C_2 sınıfının ilk rafına VIKOR yönteminde a_{24} ürünü, TOPSIS uygulamasında a_{22} ürünü atanmıştır. a_{24} ürününün talep değeri 34, a_{22} ürününün talep değeri 15'tir. Yatay boyutta talep kriterinin ağırlığı 0,38 olduğu bilinmektedir. Bu verilere göre a_{24} ürününün ilk konumda yer almasının daha uygun olduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

Acar A. Z., Çakmak E., (2013) “Depolama ve Depo Yönetimi”, Nobel Yayınevi, İstanbul

Arslan, M, (2019), “Depo Yönetiminde Karar Destek Sistemleri Kullanımı Ve Ürün Yerleşiminde Önemli Olan Kriterlerin Belirlenmesi Üzerine Bir Uygulama” (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), T.C. Maltepe Üniversitesi, Uluslararası Ticaret Ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı/Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Yüksek Lisans Programı , İstanbul (Türkiye)

Bindi, F., Manzini, R., Pareschi, A., ve Regattieri, A. (2009), “Similarity-Based Storage Allocation Rules in an Order Picking System: An Application To The Food Service Industry”. International Journal Of Logistics Research and Applications, 12(4), 233–247.

Bottani, E., Cecconi, M., Vignali, G., & Montanari, R. (2012), “Optimisation Of Storage Allocation in Order Picking Operations Through a Genetic Algorithm. International Journal Of Logistics: Research and Applications”, 15(2), 127–146.

Dallari F., Marchet G., Melacini M. (2009): “Design Of Order Picking System”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 42(1-2), 1-12.

Da Silva, D. D., De Vasconcelos, N. V. C., ve Cavalcante, C. A. V. (2015), “Multicriteria Decision Model To Support The Assignment of Storage Location Of Products in a Warehouse”, Mathematical Problems in Engineering 10.1155 /2015/481950.

Fontana, M. E., ve Cavalcante, C. A. V. (2014), “Use of Promethee Method to Determine The Best Alternative for Warehouse Storage Location Assignment”, International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 70 (9–12), 1615–1624 10.1007 /S00170-013 5405-Z.

Fontana, M. E., ve Nepomuceno, V. S. (2017), “Multi-Criteria Approach for Products Classification and Their Storage Location Assignment”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 88(9–12), 3205–3216.

Fontana, M. E., & Cavalcante, C. A. V. (2013), “ELECTRE TRI Method Used to Storage Location Assignment Into Categories”, *Pesquisa Operacional* 33(2): 283-303

Fontana, M. E., ve Cavalcante, C. A. V. (2014) “Using The Efficient Frontier to Obtain The Best Solution for The Storage Location Assignment Problem”, *Mathematical Problems in Engineering*, <https://doi.org/10.1155/2014/745196>

Frazelle, E. (2002), “Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management”, Mcgraw-Hill, Usa.

Görçün, Ö.F, (2017), “Depo ve Envanter Yönetimi”, (2. Baskı), Beta Yayın Evi, İstanbul

Heragu, S. S., Du, L., Mantel, R. J., & Schuur, P. C. (2005), “Mathematical Model For Warehouse Design and Product Allocation”, *International Journal of Production Research*, 43(2), 327–338.

H. Hwang, B. Choi, M. Lee, (2005) “A Model For Shelf Space Allocation And Inventory Control Considering Location and Inventory Level Effects on Demand”, *International Journal Of Production Economics*, 97 (2), 185–195.

Hwang, C. L. ve Yoon, K. (1981), “Multiple Attribute Decision Making Methods and Application”, *A State-of the-Art Survey*, Berlin, Heidelberg, New York.

Küçüköğlu, İ., Yağmahan, B., Çağlıyan, M.S., Yıldız, A., ve Aktokluk D. (2018). “İç Lojistik Sisteminde Malzeme Tedariği için Geliştirilmiş Matematiksel Modelleme Yaklaşımı: Bir Uygulama”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(4), 159-173. Doi: 10.17482/Uumfd.455198.

Kılıç, S.B. (2005), “Avrupa Birliğine Üye ve Aday Ülkelerin Bazı Temel Makro Ekonomik Kriterlere Göre Sınıflandırılması: Çok Kriterli Karar Alma Analizine Dayalı Bir Modelin Tahmini”, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 339-352.

Kim, B. I., Heragu, S. S., Graves, R. J. Ve Onge, A. S. (2005), “Clustering Based Order Picking Sequence Algorithm for an Automated Warehouse”, *International Journal of Production Research*, 41, 3445-3460.

Kovacs, A. (2011), "Optimizing The Storage Assignment in a Warehouse Served By Milkrun Logistics", *International Journal Of Production Economics*, 133(1), 312–318.

Micale, R., La Fata, C.M. ve La Scalia, G., 2019, "A Combined Interval-Valued Electre Tri and Topsis Approach for Solving The Storage Location Assignment Problem". *Computers & Industrial Engineering*, 135, 199-210

Mousseau, V., Slowinski, R. ve Zielniewicz, P. (2000), "A User-Oriented Implementation Of The Electre-Tri Method Integrating Preference Elicitation Support", *Computers & Operations Research*, Vol.27, S.757-777.

Muppani, V. R., ve Adil, G. K. (2008), "A Branch And Bound Algorithm For Class-Based Storage-Location Assignment." *European Journal of Operational Research*, 189(2), 492–507.

Muppani, V. R., ve Adil, G. K. (2008), "Efficient Formation Of Storage Classes For Warehouse Storage Location Assignment: A Simulated Annealing Approach." *Omega*, 36(4), 609–618.

Pang, K. W., ve Chan, H. L. (2017), "Data Mining-Based Algorithm for Storage Location Assignment in a Randomised Warehouse." *International Journal of Production Research*, 55(14), 4035–4052.

Petersen, C. G., İ (1997), "An Evaluation Of Order Picking Routing Policies." *International Journal of Operations & Production*, 17(11), 1098–1111.

Petersen, C. G., İ (1999), "The Impact Of Routing And Storage Policies on a Warehouse Efficiency." *International Journal of Operations and Production Management*, 19(10), 1053–1064.

Opricovic, S. ve Tzeng, G.-H. (2004), "Compromise Solution By Mcdm Methods: A Comparative Analysis Of Vikor And Topsis", *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455.

Opricovic S. ve Tzeng, G.-H. (2007) "Extended Vikor Method in Comparison with Outranking Methods," *European Journal of Operational Research*, Vol. 178, 514-529.

Özyörük, B, S, Ak, “Etkin Depo Yerleşiminin Düzenlenmesi İçin Bir Model: Elektronik Firmada Uygulanması”, Tubav Bilim Dergisi, 5/2012 (1), 21-29

Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G.J. ve Mantel, R.J., 2000, “Warehouse Design and Control: Framework and Literature Review”, European Journal of Operational Research, 122, 515-533.

Roy, B ve Bouyssou, D. (1993), “Aide Multicritere A La Decision : Methodes Et Cas”, Paris, Economica.

Sarıcan,B., (2019), “Depolama Alanı Ürün Atama Problemi için En İyi Alternatif Konumun Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Belirlenmesi”, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Konya Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı/ Endüstri Mühendisliği, Konya (Türkiye)

Sébastien Damart, Vincent Mousseau, Luis Dias (2007), “Supporting Groups in Sorting Decisions: Methodology and Use of a Multi-Criteria Aggregation-Disaggregation Dss. Decision Support Systems”, Elsevier, 43 (4), 1464-1475. [\(Hal-00165840\)](#)

Ten Hompel, M. ve Schmidt, T., (2007), “Warehouse Management: Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems”, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

The, A.N. ve Mousseau, V. (2002), “Using Assignment Examples To Infer Category Limits For The Electre Tri Method”, Journal Of Multicriteria Decision Analysis, Vol.11,29-43.

Tompkins, J. A. Facilities Planning,(1996), New York: Wiley, 2. Basım Pp.22- 59

Vassilev, V,Genova, K, M, (2005), “A Brief Survey of Multicriteria Decision Making Methods”, Bulgarian Academy of Sciences Cybernetics and Information Technologies, 5(1), 4.

Wang, Jia-Wen; Ching-Hsue Cheng ve Huang Kun-Cheng; (2009), “Fuzzy Hierarchical Topsis For Supplier Selection”, Applied Soft Computing, 9,377-386.

Xiao, J., ve Zheng, L. (2010), “A Correlated Storage Location Assignment Problem in a Singleblock- Multi-Aisles Warehouse Considering Bom Information.” International Journal Of Production Research, 48(5), 1321–1338.

Yıldırım, F. ve Önder, E. (2018). “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri”, (3. Baskı), Dora Yayınları, Bursa.

Yıldıztekin, A., (2004). “Depolama, Hızı Sıfır Olan Taşımacılıktır”, Ambar Dergisi, 9, 20–21.

Yılmaz, O., (2011), “Otomatik Depolama ve Çekme Sistemlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Seçimi ve Uygulaması”, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı/Sistem Mühendisliği Programı, İstanbul (Türkiye)

Yu, W. (1992), “Aide Multicritere a La Decision Dans Le Cadre De La Problematique Du Tri: Concepts”, Methodes et Applications, Universite Paris Dauphine, Phd Thesis.

URL-1 http://www.econorack.com/double_deep 16.06.2021)

URL-2 <http://www.gozacanlarraf.com/tr/urun/icine-girilebilir-raf-sistemleri-34> 16.06.2021

URL-3 <http://www.itirmetal.com.tr/urunlerimiz/endustriyel-raftsistemleri/mezaninsistem/>2 2.06.2021

URL-4 <https://www.jungheinrich.com.tr/>15.06.2021)

URL-5 <https://www.raf312.com/HizmetDetay/7/Kayar-Raf-Sistemi> 25.06.2021

URL-6 https://www.somcelik.com/giydirme_silo_detay-u-82-2111.html 16.06.2021

.