

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMLERİ TASARIM
PARAMETRELERİ VE HIZLI TÜKETİM ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNDE
UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yasin Emre BURAN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Programı

EKİM 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMLERİ TASARIM
PARAMETRELERİ VE HIZLI TÜKETİM ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNDE
UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Yasin Emre BURAN
(507091244)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat BASKAK

EKİM 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507091244 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Yasin Emre BURAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMLERİ TASARIM PARAMETRELERİ VE HIZLI TÜKETİM ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

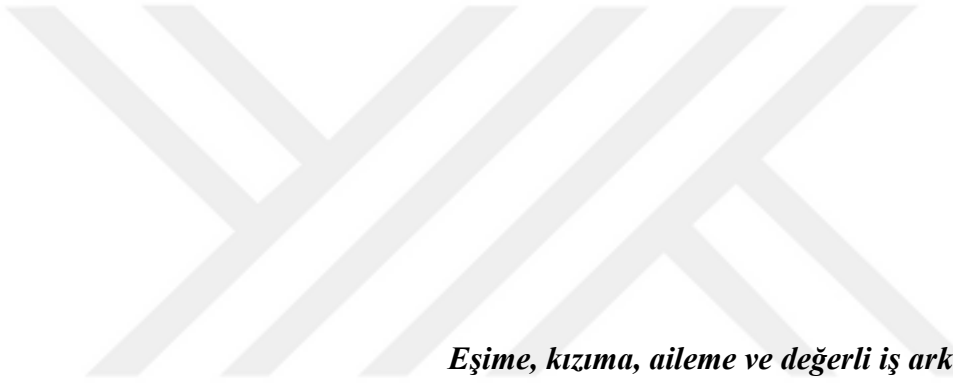
Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Murat BASKAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ**
Maltepe Üniversitesi

.....
Prof. Dr. Alp ÜSTÜNDAĞ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 20 Eylül 2019
Savunma Tarihi : 08 Ekim 2019





Eşime, kızıma, aileme ve değerli iş arkadaşlarıma...



ÖNSÖZ

Meslekî deneyimlerimi aktarabileceğim bir tez konusu belirlemenin sevinci ve yeni bir evlat sahibi olmanın mutluluğuna paralel başladığım tez yazım sürecinde; anlayışını, desteğini, deneyim ve birikimlerine dayanan yönlendirmelerini eksik etmeyen, olumlu bakış açısını her aşamada hissettiren hocam Doç.Dr. Murat BASKAK’a, yüksek lisans eğitimim ve tez yazım süreci boyunca desteklerini esirgemeyen sevgili eşime ve aileme, sağladıkları burs olanaklarıyla eğitim sürecime maddî katkılarından ötürü Turkcell Akademi’ye, lojistik alanındaki deneyimlerimi borçlu olduğum ve aynı zamanda çalışanlarının akademik gelişimini desteklemek anlamında tüm olanaklarını seferber etmekten geri durmayan şirketime, değerli yöneticilerim ve çalışma arkadaşlarıma ve üzerimde emeği bulunan saygıdeğer hocalarımla herbirine ayrı ayrı teşekkürü borç bilirim.

Eylül 2019

Yasin Emre BURAN
(Endüstri Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. DEPO OPERASYONEL SÜREÇLERİ.....	5
2.1 Mal Kabul Süreci	6
2.2 Adresleme Süreci	6
2.3 Depolama Süreci	7
2.4 Mal Besleme Süreci	7
2.5 Sipariş Toplama.....	8
2.5.1 Grup bazlı sipariş toplama yöntemi	8
2.5.2 Adetsel sipariş toplama yöntemi	9
2.5.3 Lokasyon bazlı toplama yöntemi	9
2.6 Ayıklama (Modelleme)	9
2.7 Konsolidasyon.....	9
2.8 Nakliye (Sevkiyat).....	9
2.9 Çapraz Sevkiyat.....	10
2.10 Hızlı Dağılım (Flow-through)	10
2.11 İade Elleçleme	10
2.12 Katma Değerli Hizmetler	11
3. OTOMATİK DEPO TASARIM BİLEŞENLERİ.....	13
3.1 Otomatik Depo İçi Taşıma Sistemleri.....	13
3.1.1 Paletli ürünler için otomatik taşıma sistemleri.....	13
3.1.1.1 Rulolu konveyör sistemleri	14
3.1.1.2 Zincirli konveyör sistemleri	15
3.1.1.3 Dikey konveyör sistemleri	15
3.1.1.4 Döner tabla, transfer ünitesi ve mekik sistemi	16
3.1.1.5 Tekil taşıma üniteli asılı konveyör sistemi.....	17
3.1.1.6 Otomatik yönlendirmeli insansız araçlar	17
3.1.2 Kolili / sepetli ürünler için otomatik taşıma sistemleri	18
3.1.2.1 Rulolu konveyör sistemleri	19
3.1.2.2 Bantlı konveyör sistemleri	19
3.1.2.3 Dikey konveyör sistemleri	20
3.1.2.4 Döner tabla, transfer ünitesi, mekik sistemi.....	20
3.1.3 Askılı ürünler için otomatik taşıma sistemleri	21
3.1.3.1 Askılı ürün grup taşıma konveyörü.....	22
3.1.3.2 Askılı ürün tekil taşıma konveyörü	22
3.1.3.3 Adapter sistem.....	23
3.1.3.4 Sıralama sistemleri	23
3.2 Otomatik İstifleme Sistemleri	24
3.2.1 Paletli ürünler için otomatik istifleme sistemleri	24
3.2.1.1 Çatallı elleçleme ünitesi	25

3.2.1.2 Uydu sistem elleçleme ünitesi.....	26
3.2.2 Kolili / sepetli ürünler için otomatik istifleme sistemleri.....	27
3.2.2.1 Sepet elleçleme.....	27
3.2.2.2 Karton koli elleçleme	27
3.2.2.3 Dikey asansörlü depolama sistemleri	28
3.2.2.4 Karuzel sistemleri.....	30
3.2.3 Askılı ürünler için otomatik istifleme sistemleri.....	31
3.2.3.1 Dinamik depolama	32
3.2.3.2 Statik depolama	32
3.3 Otomatik Ayırıştırma Sistemleri	32
3.3.1 Palet bazlı ayırıştırma.....	33
3.3.2 Koli bazlı ayırıştırma.....	34
3.3.2.1 Çapraz bant otomatik ayırıştırma sistemi	35
3.3.2.2 Kızaklı otomatik ayırıştırma sistemi	36
3.3.2.3 İtme üniteli otomatik ayırıştırma sistemi.....	36
3.3.3 Ürün bazlı ayırıştırma.....	37
3.3.3.1 X-belt sorter.....	38
3.3.3.2 Açılan tepsili otomatik ayırıştırma sistemi.....	38
3.3.3.3 Eğilen tepsili otomatik ayırıştırma sistemi	38
3.3.3.4 Bag sorter	39
3.4 Operatör Yönlendirme Sistemleri.....	39
3.4.1 RF el terminali.....	40
3.4.2 Işıklı yönlendirme sistemi	40
3.4.2.1 Işık yönlendirmeli toplama (pick-by-light)	41
3.4.2.2 Işık yönlendirmeli ayırıştırma (put-to-light)	41
3.4.2.3 LED yönlendirmeli ayırıştırma (put-to-led).....	42
3.4.3 Sesli yönlendirme sistemi.....	42
3.4.4 Görüntülü yönlendirme sistemi	43
4. OTOMATİK DEPO TASARIM PARAMETRELERİ	45
4.1 Depo Yeri Seçimi	45
4.1.1 Makro ölçekte yer seçimi	46
4.1.1.1 Pazara göre konumlandırma	47
4.1.1.2 Ürüne göre konumlandırma	47
4.1.1.3 Orta noktaya göre konumlandırma.....	48
4.1.2 Mikro ölçekte yer seçimi.....	49
4.1.2.1 İmar durumu	50
4.1.2.2 İnsan kaynakları potansiyeli.....	52
4.2 Ürün Ana Verisi	52
4.2.1 Ürün ölçüleri	52
4.2.2 Ürün ağırlıkları	53
4.3 Ürün Ambalajlama Standartları.....	53
4.4 SKU Yapısı.....	54
4.5 Stok Yapısı	54
4.5.1 SKU stok miktarları	55
4.5.2 Sezonsallık	55
4.5.3 Gelecek tahminlemeleri.....	56
4.5.4 Özel stoklama durumu olan ürünler	56
4.6 Sipariş Yapısı.....	57
4.6.1 Araç yükleme ve boşaltma yapısı.....	57
4.6.2 Sipariş tipi ve sipariş hazırlama yapısı	58

4.6.3 Katma değerli hizmetler.....	59
4.7 Malzeme Akışı	60
5. FMCG SEKTÖRÜNE YÖNELİK ÇOK KULLANICILI BİR ODBS İÇEREN DEPO TASARIMI	61
5.1 Depo Yeri Seçimi	61
5.1.1 Makro ölçekte yer seçimi.....	61
5.1.2 Mikro ölçekte yer seçimi.....	62
5.2 Ürün Ana Verisi ve Ambalajlama Standartları	62
5.3 SKU Yapısı	63
5.4 Stok Yapısı	63
5.4.1 SKU stok miktarları	65
5.4.2 Sezonallık	67
5.4.3 Gelecek tahminlemeleri	68
5.4.4 Özel stoklama durumuna tabi ürünler	69
5.5 Sipariş Yapısı	70
5.5.1 Araç yükleme ve boşaltma yapısı	71
5.5.2 Sipariş tipi ve sipariş hazırlama yapısı.....	73
5.6 Malzeme Akışı	77
5.7 Sistem Hesaplamaları	78
6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER	85
6.1 Sonuçlar.....	85
6.2 Değerlendirme	85
6.3 Gelecek Araştırmalar için Öneriler	86
KAYNAKLAR	87
EKLER.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	95



KISALTMALAR

İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
ODBS	: Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistemleri
FMCG	: Hızlı Tüketim Ürünleri
AGV	: Otomatik Yönlendirmeli İnsansız Araçlar
AS/RS	: Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistemleri
VAS	: Katma Değerli Hizmetler
LHD	: Yük Taşıma Ekipmanı





ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1 : Ürün ana verisi özeti.	62
Çizelge 5.2 : SKU sayıları.	63
Çizelge 5.3 : Stok miktarı.	64
Çizelge 5.4 : Palet yükseklik dağılımı.	65
Çizelge 5.5 : SKU stok miktarları dağılımı.	66
Çizelge 5.6 : Stoktaki SKU miktarı dağılımı.	67
Çizelge 5.7 : Stokta ve sipariş çıkışında sezonsallık.	68
Çizelge 5.8 : Geleceğe dönük stok tahminleri.	69
Çizelge 5.9 : Geleceğe dönük sipariş çıkışı tahminlemeleri.	69
Çizelge 5.10 : Araç kabul yapısı.	71
Çizelge 5.11 : Araç kabul verileri.	72
Çizelge 5.12 : Mal kabul rampa ihtiyacı.	73
Çizelge 5.13 : ABC analizi - SKU çıkış dağılımı.	74
Çizelge 5.14 : Toplam rampa ihtiyacı.	75
Çizelge 5.15 : Özet analiz.	76
Çizelge 5.16 : Sistem kapasite hesaplamaları.	80



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1 : Depo kuruluş yeri seçimini etkileyen değişkenler (Gürdal, 1984).....	45
Şekil 4.2 : Lojistik depoların yer seçiminde etki eden etmenler (Kore Denizcilik Enstitüsü, 2000).....	46
Şekil 5.1 : Malzeme akışı.	78
Şekil 5.2 : Depo genel görünüş.	78
Şekil 5.3 : Malzeme akışı tüm kapasite.	79
Şekil 5.4 : Depo zemin kat yerleşimi – 1.....	81
Şekil 5.5 : 1. Arakat yerleşimi.	83
Şekil 5.6 : C Blok konvansiyonel depo.	84
Şekil A.1 : Sol çapraz görünüş.	89
Şekil A.2 : Ön görünüş.	89
Şekil A.3 : Sağ çapraz görünüş.	89
Şekil A.4 : Sağ yan görünüş.	90
Şekil A.5 : Arka çapraz görünüş.	90
Şekil A.6 : Arka görünüş.	90
Şekil A.7 : Rampa alanı -1.....	91
Şekil A.8 : Rampa alanı -2.....	91
Şekil A.9 : Rampa alanı -3.....	91
Şekil A.10 : Rampa alanı -4.....	92
Şekil A.11 : Arakat -1.....	92
Şekil A.12 : Arakat -2.....	92
Şekil A.13 : Arakat -3.....	93
Şekil A.14 : Arakat -4.....	93



OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMLERİ TASARIM PARAMETRELERİ VE HIZLI TÜKETİM ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI

ÖZET

Depolama fonksiyonunun gereksinimleri, ürün özelliklerine ve ürünlerin konumlandığı sektörün yapısına göre değişmektedir. Bu kavram; depolardaki ve dağıtım merkezlerindeki tüm işlevleri içerir. Depolanan malzemelerin çoğu, depolarda; mal kabul, istifleme/yerleştirme, toplama ve sevkiyat olmak üzere dört şekilde elleçlenmektedir. Tedarik Zincirinde önemli bir maliyet kalemi olan depolama, hareket hızı sıfır olan bir taşımadır.

Depolama, müşteriler için zaman ve yer yararı sağlayan ve katma değerli hizmetler sunan bir fonksiyondur. Deponun zaman yararı, ürünlerin kullanım zamanı gelinceye kadar uygun ve güvenli koşullarda korunmasını, yer yararı ise, müşterilerin ürünlere uygun teslim süresi içinde kolayca erişebilmesini sağlayan mekânları ifade eder. Bu şekilde fiziksel dağıtımın ekonomik güvenilirliği, teslim zamanı iyileştirilmesi ve talebe hızlı tepki verilmesi olanaklı duruma gelir. Lojistik yararları ise; nakliye masraflarından tasarruf yapmak üzere taşımaların konsolidasyonu (birleştirilmesi) ve farklı tedarikçilerden gelip aynı müşteriye gidecek ürün karmalarının hazırlanmasıdır.

Günümüzde rekabet ve müşteri odaklılık artmakta, depo ölçekleri büyümekte, kent dışına gidilmekte, yeni ekipmanlar kullanılmakta, alanı verimli kullanmak önem kazanmakta, daha fazla ürün çeşidi elleçlenmekte, daha sık (toplam sipariş sayısı fazla) ve daha küçük miktarlı sipariş partisi sevkiyatları gerçekleştirilmekte (palet bazından koli hatta adet bazına inilmekte), daha fazla ürün (SKU) ve katma değerli hizmet talebi oluşmakta, gerçek zamanlı bilgi gereksinimi (izlenebilirlik) artmakta, daha fazla iade işlemi olmakta, sipariş çevrim (işlem) süreleri kısaltılmakta, daha az hata marjlarına izin verilmektedir. Tüm bunlar depolamanın önemini arttırmaktadır.

Depolar; elleçleme, yükleme/boşaltma, koruma, aktarma yer ve ekipmanları ile idarî birim alanlarına sahip, tek veya çok katlı olabilirler. Çok katlı depolar, genellikle depo taban alanının az olduğu durumlarda depo kapasitesini arttırmak amacıyla kullanılırlar. Bu tip depolarda, asansör ve elevatör gibi düşey taşıyıcılar önem kazanır. Depolarda manuel, yarı otomatik ve tam otomatik sistemler kullanılabilir. Otomasyona geçilmesi sonucunda; işçilik giderleri azaltılmakta, süreçlerin hızları arttırılmakta, hata oranları azaltılmakta, optimizasyon sağlanmakta, yeni yazılımlar ve barkod, RFID gibi otomatik tanımlama sistemleri kullanılmaktadır.

Son yıllarda lojistik sektöründe yaşanan değişimler sayesinde hizmetlerin daha etkin ve kesintiye uğramadan gerçekleştirilmesi gereksinimi artmaktadır. Bu durum, süreklilik arzeden ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilecek olan dağıtım ağının değerlendirilmesine bağlı olmaktadır. Kapıdan kapıya teslimat operasyonlarının sağlandığı günümüz lojistik mantalitesinde ara noktalar olan dağıtım merkezleri ve depolarda, malzemelerin güvenilir bir şekilde depolanması, istifleme, ambalajlama ve

kalite kontrol işlemlerinin gerçekleştirilmesi gibi önemli lojistik faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Günümüz çağdaş lojistik yönetimi anlayışı içinde günden güne önemini arttıran konuların başında depolama süreçleri gelmektedir. Taşınması gereken ürün ve malzemelerin belirli yerlerde depolanması, lojistik faaliyetlerinin etkinlik ve verimliliğini arttırmaktadır.

Endüstri 4.0 ile birlikte teknolojik yeniliklerin sanayideki ve elbette depolama ve dağıtım sektöründeki ağırlığı artmakta, manuel işlemleri azaltmak, insana bağlı hataları ve diğer dezavantajları enazlamak ve maliyet avantajı sağlamak amacıyla otomasyonun kullanımının hızlı bir şekilde yaygınlaşması beklenmektedir.

Bu çalışma kapsamında Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistemleri (ODBS) tasarımında dikkate alınan parametreler ve depo tasarımına konu olan bileşenler ayrıntılı olarak ele alınmış ve bu bilgiler ışığında Hızlı Tüketim Ürünleri (FMCG) sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın da içinde yer alacağı şekilde tasarlanan çok kullanıcı bir deponun tasarım aşamaları paylaşılmıştır. Çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır.

İkinci bölümde araç boşaltma ile ürünlerin depo alanına girişiyle başlayarak, depo içerisinde mal kabul, adresleme, farklı yöntemlerle sipariş toplama, modelleme, konsolidasyon, sevkiyat, çapraz sevkiyat, hızlı dağılım (flowthrough), iade elleçleme ve katma değerli hizmetler süreçlerinin ayrıntılarına yer verilmiştir.

Üçüncü bölüm farklı tip otomatik depolama ve elleçleme sistemlerini de içeren otomatik depolama tasarım bileşenlerini konu almaktadır. Rampa alanından başlayarak, mal kabul operasyonlarında kullanılan ekipmanlar, farklı tiplerdeki ve ölçülerdeki ürünlerin stoklanmasında kullanılan otomatik stoklama sistemleri, çeşitli sipariş türlerine yanıt verecek sipariş toplama ekipman ve otomasyonları, ambalajlama ve rotalama operasyonlarında kullanılan otomasyonlar ele alınmıştır. İstisna yönetimi başlığı altında ise otomasyona uygun olmayan, büyük, küçük ya da düzensiz ölçülü ürünler, iadeler, hasarlı ürünler, özel depolama koşullarına tabî ürünler ve yüksek sezonsallığa yanıt verebilmek için esnek kapasite sunulabilmesi ve ODBS'nin arıza, hata, kesinti vb. durumlarda operasyon sürekliliğinin sağlanabilmesi amacıyla tasarlanacak konvansiyonel depoya ilişkin bilgiler paylaşılmıştır.

Dördüncü bölüm ODBS tasarım, planlama ve hesaplamalarında dikkate alınan parametrelere ayrılmıştır. Depo yeri seçimi makro ve mikro ölçekte olmak üzere iki ayrı başlık altında ele alınmıştır. Ürün ve pazara göre yer seçimi “Makro ölçekte yer seçimi” başlığı altında, imar durumu ve insan kaynakları potansiyeli “Mikro ölçekte yer seçimi” başlığı altında; ürün ölçüleri, ağırlıkları, “Ürün Ana Verisi” başlığı altında; SKU stok miktarları, sezonsallık, gelecek tahminlemeleri, özel stoklama koşulları “Stok Yapısı” başlığı altında; araç boşaltma yapısı, sipariş hazırlama yapısı, katma değerli hizmetler (VAS), rotalama ve araç yükleme yapısı “Sipariş Yapısı” başlığı altında incelenirken “Ambalajlama Standartları” ve SKU Yapısı” ayrı ana başlıklar olarak ele alınmıştır.

Beşinci bölümde tasarım parametreleri ve ilişkili veriler dikkate alınarak otomatik depolama ve elleçleme sistemlerinin seçimi, tasarımı ve planlanmasının FMCG sektöründe uygulanmasına yer verilmiştir. Araziden en yüksek verim ile yararlanılması, sezonsal dalgalanmaların verimli yönetilmesi, genel giderlerin birim (m², personel vb.) başına etkisinin azaltılması ve farklı tipteki operasyonlara yanıt verilebilmesi amacıyla çok katlı, konvansiyonel ve otomasyonel olarak karma bir yapıda, çok kullanıcı bir depo tasarlanmıştır.

Sonuç ve öneriler bölümünde, çalışmanın çıktıları değerlendirilmiş, operasyonel, finansal ve teknolojik kısıtlara ilişkin koşulların ortadan kaldırılması ya da gelişim göstermesi durumunda elde edilebilecek potansiyel kazanımlara ilişkin düşünceler sunulmuştur.





AUTOMATIC STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEMS DESIGN PARAMETERS AND IMPLEMENTATION OF FAST MOVING CONSUMER GOODS SECTOR

SUMMARY

The requirements of the storage function depend on the product characteristics and the nature of the sector in which the products are located. This concept; includes all functions in warehouses and distribution centers. Most of the materials stored in warehouses; the goods are handled in four ways: acceptance, stocking / placement, collection and shipment. Storage, which is an important cost item in the supply chain, is a transportation with a zero movement speed.

Storage is a function that provides time and place benefit for customers and provides value-added services. The time benefit of the warehouse is to ensure that the products are protected under suitable and safe conditions until the time of use, and the location benefit means spaces that allow customers to easily access the products within the appropriate delivery time. In this way, it is possible to improve the economic reliability of the physical distribution, the delivery time and the rapid response to the demand. Logistics benefits; consolidation of the transportations to save on transportation costs and the preparation of product mixes from different suppliers to the same customer.

Today, competition and customer focus are increasing, warehouse scales are growing out of the city, new equipments are used, efficient space use is gaining importance, more product types are handled, more frequently (total number of orders is more) and smaller quantity of dispatch party is carried out (from pallet base to item) There are more products (SKUs) and value-added services demand, real-time information requirements (traceability) are increasing, more returns are processed, shorter cycle times are shortened and fewer error margins are allowed. All this increases the importance of storage.

Warehouses; they can be single or multi-storey with handling, loading / unloading, protection, transfer location and equipment, and administrative unit areas. Multi-storey warehouses are often used to increase the capacity of the warehouse where the storage space is low. In such warehouses, vertical carriers such as elevators and elevators gain importance. Manual, semi-automatic and fully automated systems can be used in warehouses. As a result of automation; labor costs are reduced, processes are increased speed, error rates are reduced, optimization is provided, new software and barcode, automatic identification systems such as RFID are used.

As a result of the changes in the logistics sector in recent years, the need for more efficient and uninterrupted services is increasing. This depends on the evaluation of the distribution network to be realized in a continuous and reliable manner. In today's logistics mentality where door-to-door delivery operations are provided, important logistic activities such as reliable storage of materials, stacking, packaging and quality control operations are carried out in distribution centers and warehouses. In today's modern logistics management approach, storage processes are one of the main issues

that increase its importance day by day. Storage of products and materials to be transported in certain places increases the efficiency of logistics activities. Inventory is the term used for material, auxiliary material, semi-product or products stored in warehouses against future requirements and has a significant impact on various stages of the supply chain such as procurement, production and distribution. Its main purpose is to act as a buffer against uncertainty in the market. While warehouses are perceived as the places where the products are kept only in the old-style management approach, they are considered as the places that support the sales in the contemporary supply chain approach and become a flow point.

With Industry 4.0, the weight of technological innovations in industry and of course in the warehousing and distribution sector is increasing, and it is expected that the use of automation will be rapidly spread in order to reduce manual operations, minimize human errors and other disadvantages and provide cost advantage.

Within the scope of this study, the parameters which are taken into consideration in the design of Automatic Storage and Retrieval Systems (ASRS) and the components which are subject to warehouse design are discussed in detail and in the light of this information, a multi-user warehouse designed to be included in a company operating in FMCG sector. The study consists of five main topics.

The second chapter consist of detailed definitions of operational processes of warehousing activities such as reception, addressing, order picking, modeling, consolidation, shipment, cross-docking, flowthrough, return handling and value added services.

The third chapter involves the automatic storage design components, including different types of automatic storage and handling systems. Starting from ramp area, equipment used in goods acceptance operations, automatic stocking systems used in stocking of different types and sizes of products, order picking equipment and automation which will respond to various order types, automation used in packaging and routing operations are discussed. Under the title of exception management, larger, smaller or irregular products that are not suitable for automation, returns, damaged products, products subject to special storage conditions and flexible capacity to be able to respond to high seasonality, and failure, error, interruption etc. of ASRS, information about the conventional warehouse to be designed in order to ensure continuity of operation.

The fourth chapter is devoted to the parameters considered in ASRS design, planning and calculations. Warehouse location selection has been discussed under two separate titles as “Macro Scale” and “Micro Scale”. Location selection according to product and market location under the title of “Location Selection in Macro Scale”; building permissions and human resource potential under the title of “Location Selection in Micro Scale”; product dimensions, weights, under the title of “Product Master Data”; SKU stock quantities, seasonality, future forecasts, special stocking conditions under the title of “Stock Structure”; vehicle unloading structure, order preparation structure, value added services (VAS), routing and vehicle loading structure are examined under the title of “Order Structure”. Packaging Standards and SKU Diversity Structure are considered as separate main headings.

In the fifth chapter, designing, planning and selection of automatic storage and handling systems, considering design parameters and related data, and implementing them into FMCG sector. A multi-user, multi-storey building has been designed in order

to reduce the effect of general expenses on the unit (sqm, personnel etc.), to manage the seasonal fluctuations efficiently and to respond to different types of operations.

In the conclusions and recommendations section, the outcomes of the study were evaluated and the potential gains that could be achieved if the conditions related to operational, financial and technological constraints were eliminated or improved.





1. GİRİŞ

Depo ve depolama kavramları, tedarik zincirinin en önemli parçalarından biridir. Tedarik zincirinin vazgeçilmez bileşenleri depolardır (Gu ve diğ., 2007).

Depolama; belirli nokta(lar)dan gelen ürünlerin/yüklerin teslim alınıp, belirli bir süre korunup, belirli noktaya/noktalara gönderilmek üzere hazırlanmasıdır. Bir başka deyişle; gereksinimleri gidermek üzere, hammadde, yarı ürün, bitmiş ürün ve diğer malzemelerin, belirlenmiş alanlarda ve belirli esaslara göre bulundurulmasıdır (Baskak, 2019).

Depo alanına duyulan gereksinimin artması, stok kontrolüyle ilgili konuların önem kazanması, işgücü maliyetlerinin artması vb. nedenlerle depoların, değişen rolüne uygun şekilde yeniden tasarlanması zorunlu duruma gelmiştir (Bartholdi ve Hackman, 2002).

Depolama lojistiğin en önemli fiziksel faaliyetidir ve yapısında 2 adet ana unsur bulundurmaktadır. Bu ana unsurlar da tedarik ve dağıtımdır. Lojistiğin temelini, ürün veya malzeme hareketi oluşturmaktadır, hareketin durduğu yere depo denmektedir. Depolama lojistik süreçlerde hareketin hızının kesildiği noktadır. Yani “hızın sıfır olduğu bir nakliye” olarak tanımlanmaktadır (Yıldıztekin, 2004d).

Son yıllarda küreselleşmenin etkisiyle temin süreleri artışlarından etkilenmemek amacıyla daha fazla güvence stoğu (safety stock) bulundurma gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu durum da daha fazla depolama kapasitesine sahip olma ve müşterilere daha fazla ürün seçeneği ile hizmet verme şeklinde, depoların tedarik zinciri yönetimi içerisindeki rollerini genişletmiştir (Baker, 2010).

Sözkonusu bu önemli işlev ve roller, pazardaki rekabet koşulları ile birlikte düşünüldüğünde, tedarik ağlarının önemli bileşenleri olan depolardan daha fazla performans elde etmek için, depoların tasarım açısından ve operasyonel açıdan sürekli olarak iyileştirilmeleri gerekmektedir (Gu ve diğ., 2007). Günümüzde işçilik ve çalışma ücretlerindeki artışlardan ötürü, depo yönetimi faaliyetleri ile ilgili sorunların çözümünde daha fazla işgücü kullanmak çok geçerli bir çözüm olarak

görülmemektedir (Gray ve diğ., 1992). Bu bağlamda, Gu ve diğ. (2007) ile Gray ve diğ. (1992)'nin belirttiği gibi, depolarda sürekli iyileştirme çabaları, ancak yeni yönetim felsefelerinin uyarlanması ile olanaklı olabilecek gibi gözükmemektedir. Sözkonusu yeni yaklaşımlar; sıkı stok kontrolü, daha kısa yanıt süreleri, barkod ve RFID, DYS gibi teknolojik uygulamalar ile AS/RS olarak değerlendirilebilir. Tüm bu çözümlerin önemli ve anlamlı bir düzeyde maliyet ögesi olduğu açıkça görülmektedir. Dolayısıyla, depolara ilişkin bu tür lojistik maliyetlerin çok iyi yönetilmesi gerekmektedir. Bir başka deyişle, depoların maliyet açısından etkin bir şekilde faaliyet göstermeleri gerekmektedir ve bu maliyet öğeleri aslında Baker ve Canessa (2009) ile Rouwenhorst ve diğ. (2000)'nin belirttiği üzere deponun tasarım aşamasında belirlenmektedir. Bu bağlamda depo tasarımı, giderek daha önemli ve odaklanılması gereken bir konu hâline gelmektedir (Baker , 2010).

Son yıllarda lojistik sektöründe yaşanan değişimler sayesinde hizmetlerin daha etkin ve kesintiye uğramadan gerçekleştirilmesi gereksinimi artmaktadır. Bu durum, süreklilik arzeden ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilecek olan dağıtım ağının değerlendirilmesine bağlı olmaktadır. Kapıdan kapıya teslimat operasyonlarının sağlandığı günümüz lojistik mantalitesinde ara noktalar olan dağıtım merkezleri ve depolarda, malzemelerin güvenilir bir şekilde depolanması, istifleme, ambalajlama ve kalite kontrol işlemlerinin gerçekleştirilmesi gibi önemli lojistik faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Günümüz çağdaş lojistik yönetimi anlayışı içinde günden güne önemini arttıran konuların başında depolama süreçleri gelmektedir. Taşınması gereken ürün ve malzemelerin belirli yerlerde depolanması, lojistik faaliyetlerinin etkinlik ve verimliliğini arttırmaktadır. Stok, gelecekte oluşabilecek gereksinimlere karşı depolarda bulundurulacak malzeme, yardımcı malzeme, yarı ürün veya ürünler için kullanılan terimdir ve tedarik zincirinin tedarik, üretim, dağıtım gibi çeşitli aşamalarında önemli bir etkiye sahiptir. Temel amacı, pazarda olabilecek belirsizlik durumuna karşı tampon görevi üstlenmektir. Depolar, eski tip yönetim anlayışında sadece ürünlerin tutulduğu yerler olarak algılanırken, çağdaş tedarik zinciri yaklaşımında satışa destek sağlayan yerler olarak değerlendirilmektedir ve bir akış noktası durumuna gelmektedir (Tanyaş, M., Baskak M., 2012).

Bu çalışma kapsamında Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistemleri (ODBS) tasarımında dikkate alınan parametreler ve depo tasarımına konu olan bileşenler ayrıntılı olarak ele alınmış ve bu bilgiler ışığında Hızlı Tüketim Ürünleri (FMCG)

sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın da içinde yer alacağı şekilde tasarlanan çok kullanıcı bir deponun tasarım aşamaları paylaşılmıştır. Çalışma beş bölümden oluşmaktadır.

İkinci bölümde depo içi operasyonel süreçlerin detaylarına yer verilmiştir. Üçüncü bölüm farklı tip otomatik depolama ve elleçleme sistemlerini de içeren otomatik depolama tasarım bileşenlerini konu almaktadır. Dördüncü bölüm ODBS tasarım, planlama ve hesaplamalarında dikkate alınan parametrelere ayrılmıştır. Beşinci bölümde tasarım parametreleri ve ilişkili veriler dikkate alınarak otomatik depolama ve elleçleme sistemlerinin seçimi, tasarımı ve planlanmasının FMCG sektöründe uygulanmasına yer verilmiştir.





2. DEPO OPERASYONEL SÜREÇLERİ

- Depolama faaliyetlerinin özünde malzemelerin ilgili araçlara yüklenmesi veya araçların boşaltılması, malzemenin depo içinde bir lokasyondan başka bir lokasyona taşınması, üretim için süreç siparişi hazırlama ve malın belli bir süre depoda stoklanması gibi faaliyetlerden sözedilebilir.
- Depolamada amaç; müşteri taleplerine uygun bir şekilde malların depoya girmesi ve malların depodan da piyasaya kolaylıkla ulaşmasını sağlamaktır (Erdal ve Çancı, 2003).
- Ana hatlarıyla depoda gerçekleştirilen süreçler şu şekilde sıralanabilir:
- Üretim için gerekli malzemelerin kabul işlemlerini gerçekleştirmek ve gereksinim durumunda üretim siparişlerine göre bu malzemeleri üretime vermek.
- Depo içerisinde izlenebilirliği arttıran RF terminalleri, WMS, barkodlama gibi bilgisayar sistemleri kullanmak.
- Gelen malzemelerin depoya boşaltılması, elleçlenmesi, birleştirilmesi, tasnif edilmesi işlemlerini gerçekleştirmek.
- Depo içerisinde forklift, transpalet, picker, palet gibi ekipmanları kullanmak.
- Üretimden çıkan bitmiş ürünleri ve yarı ürünleri en etkin şekilde depolara yerleştirmek ve stok izlemeyi sağlamak.
- Müşterilerin taleplerine göre ürünleri yüklemeye hazır duruma getirmek ve etiketleme, barkodlama, irsaliye hazırlama gibi süreçleri gerçekleştirmek.
- Üretim için gerekli malzeme ve yarı ürünlerin iş emirlerine göre hazırlanmasını sağlamak ve teslim-tesellüm işlemlerini gerçekleştirmek.
- Ürünlerin taşıma türüne göre en uygun araçlarla sevk edilmesini sağlamak ve en etkin sevkiyat planlarının oluşturulması sağlayarak sevkiyat maliyetlerini enazlamak.
- Ürünler veya malzemeler için gerekli koşulları (nem, ısı, sıcaklık vb.) sağlamak.

- Müşteri siparişlerine göre malların birleştirilmesini sağlamak.
- Malların depo içinde doğru istiflenmesini ve doğru bir şekilde adreslenmesini sağlamak.

2.1 Mal Kabul Süreci

Ürünün depoya girişinden sonraki ilk süreçtir. Ürünler bir nakliye aracı ya da fabrika içi bir taşıma sistemi ile depolara ulaştırılır. Bu operasyon, malların kamyonlardan ya da daha genel bir deyişle nakliye araçlarından indirilmesini ve ilgili araçların açılıp, boşaltılmasını da içerir. Bu aşamada, ürünler kontrol edilir, bir sonraki aşama için ya da başka bir depoya nakledilmek üzere hazırlanır (Rouwenhorst ve ark., 2000).

2.2 Adresleme Süreci

Ürünler kendine özgü niteliklerine göre sınıflandırılırlar. Örneğin; yanıcı ve parlayıcı kimyasalların diğer kimyasallardan ayrı depolanması gerekmektedir. Depolamayla ilgili plan yaparken üzerinde durulması gereken en önemli noktalar; ürünün ağırlığı, ürün değişkenleri, ürünün miktarı ve ürünün ağırlığıdır. Ürün hızı ya da miktarı, büyük öneme sahip bir etmendir. Fazla hacimli ürünlerin depolarda hareket mesafesini enküçükleyecek şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Aynı şekilde, depo ile ilgili plan yapılırken özel karakteristiklerini ve ağırlığını da gözönünde bulundurmak gerekir. Ağır olan kalemler, kaldırmayı en az düzeye çekmek için depo alanlarının yüksekte olmayan yerlerine yerleştirilmelidir.

Doğrudan yerleştirme sistemlerinde, faaliyetlerin uygulanma ve denetlenmesi ortadan kalkmaktadır. Bundan dolayı bu operasyonlarla doğrudan ilişkili olan işgücü, zaman ve yer enazlanabilmektedir. En gelişmiş lojistik operasyonları, depoya otomatik doğrudan yerleştirme ile karakterize edilmektedir.

Doğrudan yerleştirmeyi kolaylaştıran malzeme taşıma teknolojileri, silindir yataklı treyleri ve daha uzun yapılabilen konveyörleri içermektedir (Frazelle ve Apple, 1994).

2.3 Depolama Süreci

Bu süreçte ürünler depoda ilgili alanlara yerleştirilir. Depolama alanları kendi içinde iki bölüme ayrılabilir:

Bunlardan ilki olan mal kabul alanı, gelen ürünlerin en uygun şekilde depolandığı alandır. İkincisi ise sevk alanı olup, sipariş toplayan personel burada depolanan ürünlerin yerlerini kolaylıkla bulabilmelidir.

Sevk alanlarında ürünler, kolaylıkla erişilecek şekilde konumlandırılmalıdır. Depolar hareketli veya belli bir periyotta hareket eden depo şeklinde olabilmektedir. Talepleri karşılayabilmek amacıyla yeterli envanteri sağlayabilecek türde olmalıdır. Periyoda yayılmış depolamada ise müşterilerin taleplerine hızlı şekilde yanıt verebilmek için yüksek miktarda envanter tutulması gerekmektedir (Dinçer, F., 2018).

2.4 Mal Besleme Süreci

Yeniden stoklama işleminin yapıldığı faaliyetlerin tamamıdır. Depolarda genelde en altlarda toplama gözleri bulunmaktadır. Bu toplama gözlerinde ürün miktarı belli bir seviyenin altına indiğinde bu işlem gerçekleştirilmektedir. (Dinçer, F.,2018)

Hızlı hareket eden ürünler, mümkün olduğunca toplama noktalarına yakın yerleştirilmelidir ve en kolay toplanabilecek katlara yerleştirilmelidirler. Sevkiyat için belirlenen ürün toplama lokasyonlarındaki ürün miktarı, belirlenen kritik stok değerinin altına düştüğünde diğer adresden beslenmesi gereken adrese ürünler taşınır. Sistem tarafından kritik stok miktarlarının belirlenmesi önemlidir. Beslenmesi için gerekli iş emirleri, sistem tarafından otomatik olarak yaratılır.

Fazla ve parça parça hareket gören ürünlerin tek adreste toparlanması, deponun daha verimli çalışabilmesini sağlar. Bu fonksiyonda amaç, toplama hızının yükseltilmedir. En çok hareket gören ürünler seçilir, kolay ulaşılabilen noktalara ürünlerin depolanması sağlanır, belirlenen değerin altına düştüğünde ürün diğer adreslerinden alınarak kolay ulaşılabilir noktadaki adresine beslenir.

Hareket gören ürünler için depolamayı belli bir alanda sınırlandırarak zeminden toplamayı sağlamak, adres değişiklikleriyle çok hareket gören ürünleri çıkışa yakın adreslere getirmek, sipariş toplama sırasında adam, zaman, alan tasarrufu sağlanmış

olur. Zeminden toplanan ürünler ile elemanın hızlı ulaşabileceği noktalardan ürün toplaması, istif makinası kullanımını en aza indirir (Ekol Lojistik, 2019)

2.5 Sipariş Toplama

Sipariş toplama işlemi ürün veya malzemelerin depolandıkları alanlardan çıkarılması ve müşteriye teslim için hazırlanması işlemi olarak tanımlanabilir. Müşteri taleplerini karşılamak amacıyla parçalar depolandığı yerden çıkarılmaktadır. Bu işlem, manuel olarak veya otomasyon ile gerçekleştirilebilir. Gelen siparişlerin tasniflenmesi, malzemelerin stoklandığı yerlerden toplanması, siparişlere stokların atanması, ve toplanan malzemelerin sevkiyata hazır duruma getirilmesi gibi çeşitli alt süreçlerden oluşur.

Her bir müşteri siparişi çeşitli malzemeleri ve miktarlarını içeren değişik sipariş kalemlerinden oluşur. Depolarda genelde kullanılan sipariş toplama sistemleri çeşitlilik göstermektedir.

Birçok depoda sipariş toplama işlemi depo işçilerince yerine getirilmektedir (Koster ve ark. 2007). Sipariş toplama işlemi, deponun verimliliği açısından çok önemli bir etkiye sahiptir.

Temel sipariş toplama yönteminde, ürün genelde sabit lokasyonlarda raflarda veya sabit lokasyonlarda paletlerin üzerinde durur. Sipariş toplayan kişi, koridor boyunca ileri geri giderek tek bir siparişi bir kerede, sipariş bitene dek depoda bir rota çizerek toplar. Sipariş toplayan kişi, genelde bir toplama arabası veya transpalet kullanır. Toplama listesindeki ürün sıralaması da toplama akışındaki sıra ile aynı olmalıdır (Ekol Lojistik, 2019).

2.5.1 Grup bazlı sipariş toplama yöntemi

Sipariş toplayıcı konsolide toplama listesi ile bir kerede, bir gruptaki (kümedeki) birden fazla siparişi aynı anda toplar. Toplayıcı genelde çok katlı bir sipariş toplama aracı veya bölümlenmiş bir transpaletle toplama yapar. Aynı ürünlerin aynı anda toplanması için kapsamlı bir mantıksal program çalışır. Siparişlerde az miktarlarda toplama varsa, grup bazlı toplama tek bir işçiye aynı bölgedeki ürünleri aynı anda toplama olanağı sağladığı için depo içi seyahat süresini çok fazla miktarda düşürebilir.

Toplanan siparişler alana getirilir, alıcılarına göre dağıtımları yapılır. Tekstil sektöründe grup bazlı toplama işlemi yoğunlukla kullanılmaktadır.

2.5.2 Adetsel sipariş toplama yöntemi

Her bir ürün adedi tek tek toplanmaktadır. Siparişteki toplama adetleri azdır, ürün sayısı az olup, çok kısa çevrim süreleri vardır. Sipariş toplayan kişi, ürün bazlı adreslerine gider.

2.5.3 Lokasyon bazlı toplama yöntemi

Ürünler toplayıcıya yakın noktadadır. Ürünler elle toplanır, hızlı hareket gören ürünler yeğlenir. Bir bölgedeki siparişler toplanır ve bir başka bölgeye aktarılır.

2.6 Ayıklama (Modelleme)

Bu işlem, ürün veya malzemelerin tasnif edilmesi işlemidir. Malzemeler belirli ölçütler doğrultusunda sınıflandırılmaktadır. Etkin bir depo yerleşiminin olması için bu sınıflandırma işleminin yapılması bir gerekliliktir. Bu nedenle deponun lokasyonlara ayrılması ve lokasyonların sıralanması ile yerleştirme yapılarak gelen malzemeler ayıklanabilir. Bu işlem, sipariş birleştirme işlemi olarak da düşünülebilmektedir (Dinçer, F., 2018).

2.7 Konsolidasyon

Bir depoda mallar aynı müşteri veya aynı rotaya aitse, bunlar kendi içlerinde gruplandırılabilirler. Farklı kanallardan gelen mallar sonrasında dağıtım için belli bir noktada birleştirilebilirler. Örneğin; ürünler en son ambalajlama işleminden sonra bir arada toplanarak, farklı müşterilere dağıtımları gerçekleştirilmek üzere konsolide edilebilir (Dinçer, F., 2018).

2.8 Nakliye (Sevkiyat)

Nakliye alanında, tüm siparişler kontrol edilir, paketleme işlemi yapılır ve kamyon, tır, tren gibi araçlara yüklenir (Rouwenhorst ve ark. 2000). Sevkiyatlarda ürün hareketlerinin en uygun düzeyde olacak şekilde düzenlemesi yapılmalıdır. Bu hareketliliğin optimum düzeyde olması, lojistik maliyetlerin azalmasına katkı sağlamaktadır (Dinçer, F., 2018).

2.9 Çapraz Sevkiyat

Literatürde crossdock olarak geçmektedir. Tedarikçilerden gelen malların depoya yerleştirilmesi işleminden önce, belli bir süre içinde sevk noktalarına gönderilmesi işlemidir. Çapraz sevkiyatta, araçlarla gelen malzemeler doğrudan çıkış kapısına yönlendirilerek, bekletilmeden, doğrudan sevkiyatı gerçekleştirecek araçlara yüklenir.

Kısa bir süreliğine bekletilme işlemi de gerçekleştirilebilir. Çapraz sevkiyat, lojistikle ilgili süreçlerde tasarruf sağlamak ve rekabetçi avantaj elde etmek için uygulanabilecek önemli bir tedarik zinciri stratejisidir. Çapraz sevkiyat, sipariş karşılama sürelerinde ve tedarik zincirindeki maliyetlerde önemli oranlarda tasarruf sağlamaktadır. Crossdock sistemiyle göndermeler bir günden, hatta bazen bir saatten bile kısa bir sürede bile gerçekleştirilebilmektedir.

Çapraz sevkiyat, depoları transfer noktalarına dönüştürmekte, depoları bekleme yerleri olarak kullanmamaktadır. Böylece piyasada rekabet avantajı sağlanabilir (Ertek, 2010). Çapraz sevkiyat, depolamanın ortadan kaldırılmasına ve buna bağlı olarak da stok düzeylerinin azalmasına katkı sağlar. Sonuç olarak daha sık aralıklarla teslimat yapılmasını sağlar (Dinçer, F., 2018).

2.10 Hızlı Dağılım (Flow-through)

Malzemeler depoya ürün bazlı ambalajlama ile gönderilir. Malzemeler depoda hemen sevkiyat noktalarının siparişlerine göre ayrıştırılarak sevk edilir. Depo mekânında kısa süreli kullanımla birlikte, en çok taban alanına gereksinim duyulan yöntemdir. Bu yöntemin kullanıldığı projelerde/depolarda taban alanının büyüklüğü, rampa sayısının ve elleçleme ekipmanlarının fazlalığı en önemli etkenlerdir (Ekol Lojistik, 2019).

2.11 İade Elleçleme

- Alıcıya ürün tesliminden sonra, hasar görmesi, geri verilmesi, reddi, ambalaj malzemelerinin geri kazanımı, kullanım süresinin dolması, modasının geçmesi, onarım vb. nedenlerle ürünlerin alıcıdan başlangıç noktasına geri götürülmesi faaliyetlerine iade denilir. Bu süreçte malzemenin yeniden kazanılması ya da uygun yöntemlerle yok edilmesi (imha işlemleri) amacıyla, uygun malzeme depolarının, malzeme akışının ve buna ilişkin bilginin planlanması, uygulanması, kontrol edilmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir.

- Aşağıda sıralanan nedenlerden dolayı ürünler iade edilebilir:
- Üretim Dönüşleri: Yeterli olmayan kalite düzeyi, üretim sonucu artan ürünler gibi nedenler.
- Ürün Geri Çağırma: Bazı durumlarda hatalı ürünler ancak tedarik zincirine girdikten sonra fark edilebilir ve zincirden geri çağırılabilir.
- Ticari Dönüşler: Bazı ticari anlaşmalara dayalı geri gönderimler olabilir. Zamanlama ve ürün kalitesi açısından talep ve tedariğin eşleşemediği zamanlarda gerçekleşebilirler.
- Garanti ve Servis Dönüşleri: Garanti kapsamında bulunan ürünlerin tamir edilmek veya eşdeğeriyle değiştirilmek üzere geri dönüşü söz konusu olabilir.
- Kullanım ve Ömür Sonu Dönüşleri: Ürünün kullanımı veya ömrü sonunda yeniden üretim, geri dönüşüm veya uygun şekilde yok edilmesi amacıyla oluşan dönüşlerdir (Ekol Lojistik, 2019).

2.12 Katma Değerli Hizmetler

Bir ürünün elleçlenerek, değer katılacak şekilde yeniden yapılanmasına, Katma Değerli Hizmetler denilir. Aşağıdaki işlemler ve benzerlerini içermektedir:

- Kalite kontrol; ürünün kalitesinin kontrol edilmesi işlemidir.
- Paketleme; ürünün paketlenmesi işlemidir.
- Kutulama; ürünün kutulanması işlemidir.
- Birleştirme; birden fazla ürünün birleştirilmesi işlemidir.
- Parçalama; bir ürünün birden fazla ürün hâline getirilmesi işlemidir.
- Yeniden ambalajlama; ilk ambalajlandığı hâldekinden farklı bir şekilde ambalajlanması işlemidir.
- Etiketleme; ürüne talep edilen şekilde etiketlenmesi işlemidir.
- Fiyat etiketi basma; ürüne fiyat etiketlerinin basılarak yapıştırılması işlemidir.
- Kullanım talimatı ekleme; ürüne kullanım talimatlarının eklenmesi işlemidir.

- Asorti oluşturma; birbirine uygun, birbirini tutar renk ve yapıda olan ürünlerin bir takım oluşturma, modelleme işlemidir.
- Askılama; ürünlerin askıya asılması işlemidir.
- Ütüleme; ürünlerin ütülenmesi işlemidir.
- Güvenlik bandı takma; ürünlere güvenlik bandı takılması işlemidir.
- Promosyon paketleri hazırlama; örneğın 1 alana 1 bedava gibi promosyon paketleri hazırlanması işlemidir.
- Garanti kartı ekleme; ürünlere garanti kartı ekleme işlemidir (Ekol Lojistik, 2019)



3. OTOMATİK DEPO TASARIM BİLEŞENLERİ

3.1 Otomatik Depo İçi Taşıma Sistemleri

Konveyör sistemleri ilk olarak 1914 yılında Henry Ford tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Üretilen araçların bir bant üzerinde ilerlemesi ve üretiminin bu yol boyunca yapılması düşüncesi, konveyör sistemlerinin yaşama geçmesini sağlamıştır. Daha sonra 1972’de Fransız REI firması, günümüzde de en uzun konveyör sistemi olarak kabul edilen 13,8 kilometrelik konveyör hattını kurmuştur.

Günümüzde bir ürünün depo veya üretim tesisi içerisinde en az masraf ve bozulma ile, doğru yere, istenen zamanda taşınması için en ideal çözüm konveyör sistemleridir. Barkod okuyucuların, sensörlerin ve istasyonların yardımı ile düzgün planlanan bir konveyör sistemi, tesis içerisinde ürün trafiğini en aza indirirken, düzenli, planlı ve masrafsız bir ürün akışı sağlamaktadır.

Gündelik yaşamımızda en çok süpermarketlerde karşımıza çıkan konveyör sistemleri, bant veya silindirler yardımı ile üzerindeki yükü düzlemsel olarak hareket ettiren sistemlerdir. Yatay olarak yükleri hareket ettirebildikleri gibi, belirli bir eğim ile veya dikey hareket etmesini sağlayan bir bileşen (komponent) yardımı ile katlar arasında ürün taşınmasını da sağlayabilmektedirler. Askı taşıyan sistemlerinde ise kancaya veya demir bloklara takılan ürünleri taşımaktadırlar (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.1 Paletli ürünler için otomatik taşıma sistemleri

Depo içerisindeki ağır yük trafiğini azaltmak ve güvenli bir hareket sağlamak için en ideal çözümlerden biri, palet konveyörleridir. Yükleme ve boşaltma yapacağı uçları arasında paletleri sorunsuz bir şekilde taşıyan konveyörler, sistem içerisinde ürünün yerini sensörler sayesinde izler. Örneğin bir paletin bitiş noktasına geldiğini ve motorun durması gerektiğini, sistem bir sensör sayesinde algılar. Sensörler karşısına koyulan bir yansıtıcı yardımıyla, yansıtıcı ile arasında herhangi bir cisim olup olmadığını sürekli olarak denetler. Yansıtıcı ile ilişkisi kesildiğinde sisteme otomatik olarak uyarı gönderir.

Paletli ürünlerin taşınmasını sağlayan konveyör sistemlerinin genel olarak kabul ettiği en büyük yük 1.500 kg'dır. Ancak proje bazlı farklı versiyonları da üretilebilir. Örneğin yüksek paletlerin düşük hızda ilerlemesi gerekirken, ağırlık merkezi düzgün ayarlanan, belirli bir yüksekliğin altında olan, tek ürün ve tek tip paletleme sistemi ile hazırlanmış paletler yüksek hızda ilerleyebilir.

Paletli konveyör sistemleri, rulolu veya zincirli olabilir. Bantlı konveyör sistemleri yeğlenmemektedir. Ağırlığın bant üzerine yapacağı etki ile ilerlemesi olanaksız olduğundan, bantlı sistemler yerine zincirli sistemler yeğlenmiştir. Dikey hareketi sağlayan asansör konveyör sistemleri ve konveyörler arası iletişimi sağlayan döner tabla, transfer ünitesi ve mekik sistemi ile monorail konveyör ve Otomatik Yönlendirilmiş Araç (AGV: Automated Guided Vehicles) ekipmanları da bu konu altında incelenecektir (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.1.1 Rulolu konveyör sistemleri

Bu konveyör sistemleri, hatta yerleştirilen silindir kalıpların motor ile döndürülmesiyle üzerlerindeki paleti hareket ettirir. Silindir kalıpların iki ucuna yerleştirilen zincirler sayesinde dönüşleri sağlanır. Ağır paletlerin taşınması, genellikle rulolu konveyör sistemleri ile sağlanır. Genellikle, 10 metre ve üzeri mesafelerde taşınan paletler için seçilen konveyör sistemidir. Gürültü kirliliği yaratmazlar ve bakım masrafları düşüktür. Kurulduktan sonra yerlerinin ve uzunluklarının değiştirilmesi kolaydır. Genel olarak 1.500 kg ve altı ağırlıklardaki paletlerin taşınması için kullanılır. Rulolu palet konveyörlerinin malzemesi, rulolu koli konveyörüne göre daha geniş olduğu ve daha ağır yükler taşıdığı için daha sağlam malzemeden üretilmelidir.

Rulolu palet konveyörleri motor kuvveti ile ruloları döndürerek paletleri hareket ettirebildiği gibi, az bir eğim ile paletlerin üzerinde serbest olarak düşüş yaşamasını da sağlayabilirler. Paletin kendi ağırlığı ile serbest düşüşe geçeceği en az eğim temel alınır ve belirli aralıklarla yerleştirilen frenleme sistemleri ile bu konveyör sisteminin boyu istenildiği kadar uzatılabilir. Paletler, bu sistemlere arkadan beslenebileceği gibi önden de beslenebilirler. Bu sayede bir palet alındığında sıradaki paletin otomatik olarak öne gelmesi, enerji harcamadan sağlanmış olur. Palet bazlı ayrıştırma işleminde genel olarak serbest düşüş olanağı veren bu konveyör sistemi kullanılmaktadır (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.1.2 Zincirli konveyör sistemleri

Zincirli konveyör sistemleri sadece palet taşımada kullanılmaktadır. Motor kuvveti olmadan taşınma yapmaları, yani bir eğimle paletlere serbest düşüş yaptırmaları da olanaklı değildir. Rulolu sistemde bir rulodan diğerine geçerek ilerleyen paletler, bu sistemde aynı zincir halkaları üzerinde hareket eder. Tankın paletlerinin tankı hareket ettirmesi mantığı, burada paletin üzerinde takın üst gövdesinin taşınması olarak algılanabilir. Motorsuz çalışmadıkları hâlde, akümülyasyon zincirli konveyörler ürün sıralama özelliğine sahiptir. Konveyörün iç bölgesine koyulan bir aparatın paleti birkaç santimetre kaldırması ile zincir ile iletişimi kesilen palet, tekrar çağırılana veya önündeki palet hareket edene kadar orada kalabilir. Bu sayede ardarda dizilen bu bileşenler sayesinde paletlerin sıralanması sağlanabilir.

Depolarda pek yeğlenmeseler de, genellikle üretim yapan tesislerde kullanılmaktadır. Ürünlerin iş istasyonları arası geçişleri ve soğuma gibi nedenlerle beklemesi/sıralanması gereken durumlarda zincirli konveyör sistemleri kullanılmaktadır. Yol üzerindeki tüm paletlerin yükü aynı zincir halkasının ve motorun üzerinde olacağından, rulolu palet konveyörlerinin aksine, kısa ölçülerde tasarlanmaları gerekmektedir (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.1.3 Dikey konveyör sistemleri

Katlar, ara katlar veya aynı kat içerisinde yükseklik farkı olan istasyonlar arasında iletişimin, eğimli konveyör ile çözülebilecek kadar uzun olmadığı durumlarda kullanılan konveyör sistemidir. Normal bir asansör sistemine göre farklılığı vardır ve çok daha verimlidir. Aynı anda birkaç ürünün dikey düzlemde hareket etmesini sağlar. Bunun için asansör sistemin dört kenarında dikey olarak hareket eden zincirler yerleştirilmiştir. Bu zincire tutturulmuş rulo konveyör ürünü aldıktan sonra düzlemsel olarak hareket eder ve yükü diğer yüksekliğe götürür. Yükü boşalttıktan sonra katlanarak ilk yüksekliğine dönerken, bu sırada asansör sistemin yüksekliğine göre birkaç konveyör aynı düzlemde yük taşıyor olur.

Yükseklik farkının çok olmadığı durumlarda normal asansör sistemi kullanılırken, çok olduğu durumlarda ise zaman kaybını azaltmak için bu sistem kullanılır. Özellikle ürün akış hızının önemli olduğu durumlarda, tek bir bant sistemi yavaşlatırsa yeğlenir. Bir konveyör ürün alabilecek yükseklikteyken, bir konveyör ürün boşaltacak yükseklikte

olacak şekilde tasarlanılır. Tek bir düzlemsel hareket sonrasında bir konveyör yükleme, bir konveyör boşaltma işlemi yapar (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.1.4 Döner tabla, transfer ünitesi ve mekik sistemi

Döner tabla, konveyör sisteminin bir parçasıdır. Özellikle belirli bir açıdan fazla olan açılarda kullanılması zorunludur. Paleti döndürmenin sıkıntılı olmadığı durumlarda kullanılır. Sistem bu palet dönüşleri hesaba katılarak planlanmalıdır. Döner tabla paleti aldığını sensörler sayesinde algıladıktan sonra, paletin çıkış yapacağı konveyöre doğru açısal bir dönüş gerçekleştirir. Bir konveyör yolundan iki veya daha fazla konveyör yoluna dağılım olacağı durumlarda da kullanılabilir. Örneğin bir konveyör yoluna dik yerleştirilmiş başka bir konveyörün yoluna ayrıştırılacak olan paletler, döner tabla sayesinde bir taraftan alınır, ürünün gideceği yöne PLC tarafından karar verilir ve döner tabla bu işlemi gerçekleştirir. Tam bir otomasyon sisteminde tarayıcı (scanner) tarafından okunan palet barkodu, kararın PLC tarafından verilmesini sağlarken, yarı otomasyon sistemlerinde bu işlem bir operatör tarafından yapılabilir.

Döner tabla ile aynı nedenlerle yeğlenen transfer ünitesi, işleyiş olarak farklılıklar göstermektedir. Birbirine dik olan iki konveyörde döner tabla ile aynı işlevi gören transfer ünitesi, birbirine paralel iki konveyör arasındaki iletişimi sağlamak için de kullanılabilir. Böylelikle iki döner tabla ile yapılacak iş, bir transfer ünitesi ile sağlanmış olur. Transfer ünitesi paleti alacağı ve bırakacağı konveyörlerin üzerine yerleştirilen bir zincir konveyördür. Örneğin rulolu konveyörün ruloları arasına yerleştirilen zincir konveyör, transfer edilecek palet geldikten sonra birkaç cm. yükselerek paleti üzerine alır, yan konveyöre iletir ve ardından yeniden alçalır. Zincir konveyörün çalışabilmesi için transfer ünitesinin kurulduğu konveyörün ve ürünü aktaracağı konveyörün tek bir modül gibi hazırlanması gerekmektedir.

Mekik sisteminin iki farklı kullanım şekli vardır. Biri rayların üzerine oturtulmuş, besleme ve yükleme noktaları arasında yük geçişlerini sağlamak üzere programlanmış bir taşıyıcı, diğeri ise raflarda kullanılan bir yerleştirme sistemidir.

Taşıyıcı olan mekik sistemi, doğrusal bir hareketle ileri geri hareket edebilen, genellikle palet dağıtım sistemlerinde kullanılan bir bileşendir. Örneğin bir besleme noktası ve onlarca dağıtım noktası arasında gezerek palet iletişimini sağlar. Palet ayrıştırma sistemleri için çok kullanışlıdır. Raf içerisinde kullanılan mekik sistemi ise, konveyör sistemlerinden farklı olarak, ürün taşınmasından çok raf içerisinde ürünleri

düzenlemek, yerleştirmek için kullanılır. İç tarafından önden besleyerek 10 palet alan bir rulolu konveyör sistemi düşünüldüğünde, eğimin ve ruloların kaldırılması durumunda önden beslenen paletin hareket yeteneği de alınmış olur. Rafın içerisinde paletlerin altında hareket edebilen bir mekik sistemi, istediği yerde yükselerek palet taşımaya başlar ve istediği yerde alçalarak paletin bıraktığı yerde kalmasını sağlar. Mekik sistemi, önden forklift yardımıyla beslenen iki ve daha fazla katlı raf sistemlerinde her rafa konulabilir veya forklift sayesinde rafın bir bölümünden bir başka bölümüne taşınabilir. Mekik sistemi, forklift ürünü bıraktıkça arkaya doğru taşır ve mekik sistemine toplama yapılacağı söylendiği takdirde, ürünleri ön tarafa doğru getirmeye başlar. Kapasite artışı için çok işe yarayan bir sistemdir. Mekik sistemi, bir uzaktan kumanda ile kontrol edilebileceği gibi, depo yönetimi programları yardımı ile otomatik olarak da yönetilebilir (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.1.5 Tekil taşıma üniteli asılı konveyör sistemi

Monorail, yani tek zincirli palet taşıyıcılarıdır. Askılı konveyör gibi altlarındaki vince takılı olan ürünleri taşırlar. Buradaki fark, askıya takılı olan modülün palet taşıyabilmesidir. Bu modül üzerinde zincir konveyör bulunmaktadır. Paleti alma ve bırakma işlemini bu konveyör sayesinde tamamlar. Uzun mesafelerde ve düz ilerlemeyen bir sistemde, ürünün birçok adresten alınıp birçok adrese bırakılabileceği bir sistem gerektiren durumlarda yeğlenir. Örneğin depolama veya paletleme alanı ile dağıtım alanı deponun farklı bölümlerinde yer alıyorsa, birden fazla lokasyondan palet alınıp birden fazla konveyöre bu ürünlerin beslenmesi gerekiyorsa monorail askılı konveyöre takılı bu modüller yeğlenir. Askılı ve zincirli olan tüm sistemlerin bir döngüye sahip olması gerekir. Bunun nedeni, iki sonlu sistemin gidiş gelişlerle çalışmasının birden fazla modülü kullanmayı olanaksız kılmasıdır.

İki ucundan birbirine bağlanmış ve bir döngüyü tamamlayabilen zincirli konveyörler sonsuz (endless) konveyörlerdir. Bu sayede sistemin kapasitesinin aldığı kadar modül, birbiri ile bağlantılı bir şekilde hareket eder (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.1.6 Otomatik yönlendirmeli insansız araçlar

Otomatik yönlendirmeli taşıyıcılar, son dönemde depolarda görmeye alıştığımız forklift, elektrikli transpalet gibi palet taşıyıcıların insansız versiyonlarıdır. Bu araçlar, altlarında gidecekleri yolu gösteren bir kablo veya şerit yardımı ile çalışabileceği gibi, depo içerisine kurulacak bir navigasyon sistemi ile de yönlerini bulabilirler. Bu

araçlara, paleti alacakları ve paleti bırakacakları alanlar tanımlanmak zorundadır, paleti alacağı yer taşıyıcıya ürünü alabileceğinin sinyalini verdikten sonra taşıyıcı, diğer taşıyıcılar ile çarpışmayacak şekilde ürünü alacağı lokasyona ilerler, ürünü alır ve aynı düzende ürünü bırakacağı lokasyona giderek ürünü bırakır.

Taşıyıcıların bir personele, depodaki herhangi bir rafa, konveyöre, kolona veya duvara çarpmadan ilerlemesi gerekmektedir. Bunu sağlamak amacıyla araçlar önceden belirlenmiş rotalar yardımı ile kontrol edilir. Paletin gideceği lokasyon, ürünün alındığı yere bağlı olabildiği gibi, ürünün sahip olduğu özelliklere göre de değişebilir. Paletlerin konveyör üzerinde bilgilerinin saklandığını ve konveyörün hangi noktasındaki hangi ürünün hangi özelliklere sahip olduğunu sistemsal olarak izleyebildiğimizi daha önce söylemiştik. Burada özelliği bilinen ürün, o özelliklere sahip diğer ürünler nereye gidiyor ise veya gideceği son adres bilinen ürün oraya giderken hangi noktalar üzerinden hareket etmeli ise sistem AGV'yi yani otomatik yönlendirmeli taşıyıcıyı ona göre programlar.

Günümüzde insanlar tarafından kullanılan palet taşıyıcılar günün her saati çalışır durumda kalamıyor iken, sözettiğimiz taşıyıcılar, günün her saati (hata vermedikleri sürece) çalışabilirler. Dikkat dağınıklığından dolayı oluşacak hataların da önüne geçilmiş olacaktır (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.2 Kolili / sepetli ürünler için otomatik taşıma sistemleri

Ürünlerin depo içerisinde transferi, genellikle koli bazlı gerçekleşir. Paletle gelen ve paleti bozulmadan çıkan ürünler haricinde depo içerisinde düzenli bir koli sirkülasyonu vardır. Kolilerin açılmadan paletten alınıp dağıtıldığı ve gönderildiği süreçler olduğu gibi, paletten alınan kolilerin açılıp, içlerinden gerekli ürünler alındıktan sonra yeniden depolandıkları durumlar da olmaktadır. Bu durumlarda istenilen kolilerin alokasyon alanına gelmesi, işlemi bittikten sonra yendein depolanacağı yere sistem içerisinde karışmadan ve kaybolmadan gitmesi çok önemlidir.

Tesislerde koli akışı palet akışından daha hızlı ve daha hacimli olmaktadır. Bu sirkülasyon içerisinde kolilerin gideceği yere sorunsuz bir şekilde ulaşması, müşteri hoşnutluğu ve oluşabilecek iş yükünün azaltılması açısından çok önemlidir. Taşınma şekli olarak paletli ürünlerden farkları, zincirli konveyör sistemi yerine bant konveyör sistemini kullanmalarındır. Rulolu ve dikey konveyör sistemleri ile taşınmaktadırlar.

Döner tabla, transfer ünitesi ve mekik sistemi koli taşımalarında kullanılır. Teleskobik konveyör ise konteynerin içine girme özelliği ile koli istiflenmiş konteynerin boşaltılmasında veya konveyöre koli istiflenmesinde zaman kazancı sağlamaktadır (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.2.1 Rulolu konveyör sistemleri

Rulolu konveyör sistemlerinin çalışma ilkeleri; palet, sepet ve koli taşınması sırasında değişmemektedir. Burada değişebilecek şeyler, motor gücü ve konveyör genişlikleridir. Dar alanda dönebildiklerinden dolayı depo içerisinde rahatça kullanılabilirler. Kolili sistemler için döner tabla çok yeğlenmemektedir. Transfer ünitesi daha çok yeğlenen bir seçenektir. Koli taşınması için kullanılan rulolu konveyör sistemlerinde, zincir yerine yeğlenen sistem, ruloların altından ilerleyen ince bir banttır. Bu sayede ters yöne dönen bant silindirleri döndürerek, kolinin konveyör üzerinde hareket etmesini sağlar (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.2.2 Bantlı konveyör sistemleri

Konveyör sistemin özellikle eğimli bölgelerinde yeğlenirler. Pürüzlü bir bant yeğlenirse, yüksek eğimli sistemlerde dahi sıkıntısız bir şekilde koli taşınması sağlamaktadırlar. Hafif ve küçük yüklerin taşınmasında yeğlenirler, çalışma ilkeleri, zincirli palet konveyörü ile aynıdır. Bantın üzerindeki tüm yük aynı motor üzerinde etkili olduğu için, belirli bir ağırlığın üzerindeki yüklerin taşınmasında yeğlenmezler. Bantın gerilme kapasitesi ve motorun gücü hesaplandıktan sonra, projenin içerdiği ürünler gözönünde bulundurularak varyasyonları arasında seçim yapılmalıdır. Transfer ünitesi olarak kullanılmaları olanaklı değildir. İki paralel konveyör hattı arasında bir konveyör olmadan veya itici bir mekanizma konulmadan koli transferi gerçekleştiremezler. Çeşitli varyasyonları bulunmaktadır. Örneğin; havaalanlarında inen yolcuların bagaj alım istasyonlarında kullanılan belirli aralıklarla kesilmiş ve üstüste geçirilmiş bantlı konveyörler, üzerine yerleştirilen silikon parçacıklar sayesinde ürünün yerleşimini ve sıralanmasını sağlayan üretim bandı konveyörleri, belirli aralıklarla yerleştirilen yükseklikler sayesinde yüksek eğimlerle koli ve ürün taşıyabilen konveyörler, sürtünme oranını arttırmak için tel veya modüler silikon kullanılarak üretilen bant konveyörler vardır.

Bantlı konveyörler, koli bazlı dağıtım yapan sistemlerde kullanılırlar. Ama iki yanından birine belirli bir eğimle yatması gerekmektedir. Alçak tarafına yatan ürünler yol boyunca ilerletilir ve adrese geldiğinde yine aynı taraftaki kapakçıklar açılarak ürünün yerçekimi ile adrese düşmesi sağlanır. Yüksek hızlarda koli transferi yapılması gereken sistemlerde yeğlenme nedenleri, pürüzlü yüzeyleridir. Rulolu konveyörün koli tabanını az kavraması ve itiş gücünü görece daha az veriyor olmaları, yüksek hızlı sistemlerde yeğlenmelerini engellemektedir. Bantlı konveyörler, kolinin tüm alanını kavramaları ve isteğe göre yüksek sürtünme yaratan modellere sahip olmaları nedeniyle yeğlenirler. Özellikle maden hammaddesinin taşınmasında kullanılırlar. Ortası çukur kalacak şekilde iki tarafından eğimli bir bant konveyör, kömür gibi maden hammaddelerini yüksek hızlarda ve eğimlerde taşıyabilmektedir (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.2.3 Dikey konveyör sistemleri

Kolilerin kapladığı alan ve yarattığı ağırlık palete göre çok daha az olduğu için, dikey konveyör sistemlerinin koli taşınması için kullanılan modülünde çok daha fazla ürün taşınabilmektedir. Asansör sisteminin farklı olarak tek seferde birçok ürün taşınabilmesini sağlayan bu sistem, aynı zamanda birden fazla besleme ve bırakma noktasına sahip olabilir. Çok yönlü çalışan karmaşık bir sistem oluşturulabilir. Örneğin giriş katından beslenen ürün ikinci kata çıkarken, buradan beslenen ürün dördüncü kata çıkartılabilir. Belirli bir açıyla kolilerin alt veya üst bölümlere iletilemediği ve serî bir koli akışı gerektiren projelerde yeğlenir.

3.1.2.4 Döner tabla, transfer ünitesi, mekik sistemi

Döner tabla, koli taşıyan konveyörler için pek yeğlenen bir sistem değildir. Transfer ünitesi, döner tablanın yaptığı işlerin çoğunu yerine getirdiği ve daha kısa sürede işini gerçekleştirdiği için yeğlenmektedir. Transfer ünitesi rulolu konveyörün iç tarafına yerleştirilmiş bantların, transfer olacağı anda yükselerek kolinin kontrolünü alması ve konveyörün yolu ile dik bir yönde çalışması sonucu koliyi yan konveyöre ileten ünitelerdir. Normal bir rulolu konveyörün boşa kalan alanlarına yerleştirilen bant şeritleri bu işlevi gerçekleştirmektedir.

Koli için mekik sistemi, tek besleme noktası ve ikiden fazla çıkış noktası olan durumlarda kullanılmaktadır. Mekik sistemi bir ayırıştırma aracı olarak görülebilir. Örneğin tek noktadan gelen kolilerin sekiz hatta ayrılması gereken bir sistemde, yedi farklı transfer ünitesi kullanmak ve konveyör uzunluklarını arttırmaktansa, bir yol

üzerine kurulmuş mekik sistemi, yapılması gereken işi daha az maliyetle ve daha kısa süre içinde gerçekleştirebilir.

Teleskobik konveyörü iç içe geçmiş konveyörler olarak düşünmek gerekir. Genellikle deponun herhangi bir araç yükleme ve boşaltma kapısına yerleştirilirler. Aracın içine doğru ilerletilirler ve yükleme veya boşaltma işini çok daha verimli duruma getirirler. Koli bazlı yükleme yapılmış araçları boşaltmakta veya bir araca koli bazlı yükleme yapmada en ideal çözüm, teleskobik konveyördür.

Teleskobik konveyörlerin en yaygın kullanıldığı alan ise hammadde yüklemesi yapan tesislerdir. Örneğin kömür yüklenecek bir aracın üst bölgesine uzatılabilen teleskobik bir konveyör, araca yükleme işini çok daha verimli bir duruma getirebilir (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.3 Askılı ürünler için otomatik taşıma sistemleri

Askılı ürünlerin taşınması, hem tekstil üretimi yapan tesislerde hem de depolama işleminin yapıldığı depolarda çok kritik bir öneme sahiptir. Depolamanın ve taşınmasının askılı gerçekleştirilmesi gereken tekstil ürünleri için askılı konveyörler yeğlenmektedir. Askılı konveyörlerin normal konveyörlerden farkı, ürünü, altına takılan bir askı sayesinde yukarıdan taşınmasıdır. Ürünlerin ayrıştırılması da bu konveyörler sayesinde kolaylıkla gerçekleştirilmektedir. Askılı konveyörler, tekstil sektörü dışında otomotiv ve hızlı tüketim sektöründe de yeğlenmektedir. Otomotiv sektöründe üretimi yapılacak parçalar ve bu parçaların monte edileceği araçların tesis içerisinde taşınması, genellikle askılı konveyörler yardımı ile sağlanır. Örneğin askılı konveyöre takılan fren disklerinin üretimden sonra kuruma, soğuma ve boyama gibi süreçleri, askılı konveyöre bağlı bir şekilde gerçekleşir. Üretim hattındaki araçların istasyonlar arası taşınması da genellikle askılı konveyörler ile sağlanmaktadır. Burada askının uzunluğu, ürünü kavrayış biçimi değişse ve bir vinç özelliği taşısa da, aslında aracın sağ ve sol tarafına yerleştirilmiş, aracın yere temas etmeden istasyonlar arası geçişini sağlayan bir askılı konveyör düzeneği kullanılmaktadır.

Özellikle boya sektöründe askılı konveyörler çok yeğlenmektedir. Ürünün her açıdan boyanabilmesi için belirli bir yükseklikte ve her yüzeyi açıkta kalacak şekilde taşınması gerekmektedir. Bu durumda boya püskürtme makinalarının ürünü boyadığı istasyonlarda askılı konveyörler kullanılmaktadır. İnternette satış yapan sitelerin ürün dağıtımları da askılı konveyörler ile yapılabilmektedir. Askılı konveyöre takılan bir

torba, boş olarak ürünün toplandığı istasyona gelir, burada depo personeli tarafından ürünler o torbaya yüklenir ve sepet, askılı konveyör yardımı ile paketlemenin yapılacağı istasyona ilerler.

Askılı konveyörler ürünü yüksekten tutabildiği gibi, yere ters bir şekilde yerleştirildiklerinde ürünü belli bir yükseklikte tutarak hareket ettirebilirler. Her bir askıya bağlı modül üzerinde bir parça taşınır, normal askılı konveyörün kullanıldığı her süreç için kullanılabilir.

Askıların hareketi zincirler sayesinde sağlanır. Serbest hareketin sağlandığı bölümler dışında zincirler kullanılmaktadır. Zincirler bir motor yardımı ile hareket ettirilir ve bu motorun yönetimi PLC sistemine bağlıdır. Burada depo personelinin bir komutu veya malzeme akış kontrol yönetim sistemi yardımı ile PLC motoru kontrol eder. Askılı konveyörlerle otomatik istifleme sistemi ve ayrıştırma sistemi tasarlanması da olanaklıdır (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.3.1 Askılı ürün grup taşıma konveyörü

Trolley, askılı konveyörde kullanılan bir askı çeşitidir. Zincirlerle birbirine bağlanmış askılar, çelik düzeneğe dönen rulmanlar (tekerlekler) ile bağlanır. Bu sayede ürünün ağırlığından kaynaklı zorlanmalar en aza indirilmiş olur. Trolley, taşınacak ürünün ağırlığına göre iki ya da dört rulmana sahip olabilir. Trolley sistemler, genellikle fren diskleri gibi ağır parçaların tesis içinde taşınmasında, bekletilmesi gereken durumlarda (ürünün soğuması, boyanın kuruması) ve depolanmasında kullanılır.

İki taşıyıcının arasına bağlanmış uzun bir askıyla tekstil ürünlerinin de taşınması sağlanabilir. Bu durumda o askıya atanmış tekstil ürünleri birlikte hareket ederler. Tekstil ürünlerinin ayrıştırılmasında kullanılabilen bir yöntemdir. Ürün bazlı, model bazlı, beden bazlı ve ürünlerin gideceği son nokta bazlı olarak bu askılara takılabilirler (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.3.2 Askılı ürün tekil taşıma konveyörü

Trolleyless sistemlerde, yukarıda sözedilen trolley'ler kullanılmamaktadır. Bunun yerine doğrudan zincire bağlı askılar kullanılır. Depo personelinin ürünü askılara taktığı modelleri olduğu gibi, askılara bağlı sepetler yardımı ile ürünlerin taşındığı modelleri de vardır. Tekstil ürünleri gibi hafif ürünlerin taşınmasında trolley'e gerek duyulmadığı için kullanılır. Tekstil ürünlerinin belirli bir sıcaklıkta buhar yardımı ile

ütülendiği sistemler de vardır. Askı ile yapılacak birçok işlem, ürün askılı konveyör tarafından taşınırken yapılabilir (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.3.3 Adapter sistem

Her bir askının özel bir RFID'si yani etiketi vardır. RF el terminali yardımı ile ürün konveyör üzerindeki askıya adreslenir ve ürün alınana kadar askının yaklaştığı her manyetik algılayıcı hiçbir sıkıntı yaşamadan ürün bilgisine erişir. Bu noktada frekans algılayıcılar, konveyör üzerindeki barkod okuyular gibi çalışır. Askının hangi yol üzerinden gideceğine, yol ayrımlarına yerleştiren bu frekans okuyucuları ile PLC sistemi tarafından karar verilir (Ekol Lojistik, 2019).

3.1.3.4 Sıralama sistemleri

Araç boşaltıldıktan sonra ürünlerin mal kabul işlemleri yapılır. Askılı konveyör sistemi ile donatılmış bir depoda ürünler mal kabulden hemen sonra askılı konveyöre yerleştirilir ve askıya adreslenir. Bu durumda ürünlerin sırası veya özelliği önemli değildir. Tüm ürünler mal kabul depo personeli tarafından askıya yerleştirilir. Bu işlemde sonra ürünlerin istenilen yerlere gitmesi ve sıralanması PLC sistemi ile sağlanır.

Bir noktadan sonra ürünlerin istenilen özelliklere göre sıralanması gerekmektedir. Özellikle ürünlerin araçlara yüklenecekleri kapılara dağıtım sırasında, aracın alacağı ürünlerin araç kapasitesine, aracın dağıtım yapacağı yerlere göre sıralanması gerekmektedir. En son dağıtılacak ürünün araca ilk yüklenmesi, ilk dağıtılacak ürünün aracın kapısına en yakın yere yüklenmesi gerekmektedir. Başka seçenekler de bulunmaktadır. Tekstil ürünlerinde model model sıralanma istenebilir veya ürünler konveyör üzerinde icra edilecek süreçlere göre (ütüleme, boyama) ayrıştırılır ve sıralanır.

Sıralama işleminde genellikle birbirine paralel askı konveyörler kullanılır. İstenilen sıra yakalanana dek, ürünler bu konveyörler arasında geçiş yaparlar. Paralel konveyörlerin iki ucunda, onlara dik olacak şekilde yerleştirilmiş besleme ve çıkış askılı konveyörleri bulunur. Ürünler besleme konveyöründen paralel konveyörlere çıkış sıralamasına göre yerleşir, çıkış konveyörüne her paralel konveyörden sırası gelen ürün beslenir ve sıralama sağlanmış olur (Ekol Lojistik, 2019).

3.2 Otomatik İstifleme Sistemleri

Otomatik istifleme sistemleri, konveyör yardımı ile beslenen koli veya paletleri otomatik olarak depolayan ve istendiği zaman yine otomatik olarak istenen konveyör yoluna besleyen sistemlerdir. Depo yazılımı ile bütünleşme sağlanırsa, yazılıma gelen siparişler doğrudan algılanır ve istenen düşüşlere, istenen palet veya koliler gönderilir. Askılı sistemlerde ise yanyana dizili askı konveyör sistemleri bu işi gerçekleştirir. Askılı sistemde askı konveyörleri altında dizili ürünler düzenli olarak yer değiştirirler ve hangi ürüne gereksinim duyulursa o depolama alanını istenen yoldan terkeder.

Otomatik istifleme sistemleri günümüzde o kadar büyük ölçeklerde kullanılmaktadır ki, şirketler fabrika veya depoyu kurmadan önce istifleme sisteminin raflarını ve altyapısını kurmaktadır. Otomatik istifleme sistemleri sayesinde fabrika yüksekliği ne kadar ise, depolama alanının yüksekliği de o kadar olabilmektedir. Örneğin yirmi metre yüksekliğindeki bir fabrikada, ortalama iki metre yüksekliğinde on katlı bir depolama sistemi kurulabilir. Reachtruckların bile yetişemeyeceği bu yüksekliğe otomatik istifleme sistemleri ulaşır ürün yerleştirebilmektedir.

Otomasyon sistemlerinde aynı alanda en çok ürün depolayabilen sistem otomatik istifleme sistemleridir. En büyük yararlarından birisi aralıksız çalışabiliyor olmalarıdır. Bakım süreleri dışında durmadan ürün depolayıp istenen ürünleri getirebilirler. En büyük yararlarından birisi çok katlı bir depoda veya tesiste istenen kattan ürün alıp istenen kata ürün verebilmeleridir (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.1 Paletli ürünler için otomatik istifleme sistemleri

Paletli ürünlerin istiflenmesi için kullanılan sistemler, çok büyük kapasiteleri karşılayacak şekilde üretilebilir. Palet boyu sabit (Euro ya da Amerikan) olan sistemlerde paletler aralıksız olarak yerleştirilir. Bu sayede depolanabilecek en yüksek sayıda palet depolanmış olur. Karışık yüklemeler yapılacaksa 120*120'ye göre sistem ayarlanır veya otomatik istifleme sistemi iki palet sistemi için bölünür ve bu durumda alan kaybı yaşanmaz.

Sisteme yapılacak yüklemeler kritik öneme sahiptir. Belirli bir yüksekliği geçmemeleri, paletin alanı dışına çıkmamaları, yıpranmamış paletlerle yüklenmeleri gerekmektedir ve palet üzerinde istiflenmiş ürünlerin düşmeyecek, paleti devirmeyecek şekilde yerleştirilmesi, ambalajlanması gerekmektedir. Oluşacak

hataları önlemek için AS/RS besleme noktasından sonra bir denetleme modülü eklenir. Bu modül, sensörler ve içine yerleştirilen tartı sayesinde paletin yapısını ve ağırlığını inceler. Her konveyörün bir taşıma kapasitesi vardır. Tartı yerine paletin konveyör motorunu ne kadar zorladığına da bakılabilir. Yukarıda sözedilen palet istifleme şekli dışındaki tüm hata olasılıklarını denetler ve eğer palet hatalı çıkarsa sisteme kabul etmeden besleme noktasının yakınına yerleştirilen düşüş noktasına gönderir (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.1.1 Çatallı elleçleme ünitesi

Çatallı elleçleme ünitesi, çatalları sayesinde forklift gibi paletin boş bölümlerine çatallarını geçirerek paletlerin kontrolünü eline alır. Konveyör, paleti doğru uzunluktaki bölümü ile getirmelidir. Bu uzunluk genellikle 120 cm olan bölümdür. AS/RS sisteminin vinç olarak adlandırılan ve raflama işini gerçekleştiren bir hareketli aracı vardır. Sistemin depolama işlemlerinin (paleti yerleştirme, alma ve yerini değiştirme) tümü, bu vinç yardımı ile gerçekleşir. Vinç iki yana uzayabilen kollara sahiptir. Kolun ucunda ise çatala benzetebileceğimiz ve paleti tutmasını sağlayan parça vardır. AS/RS besleme konveyörü, tüm denetlemelerden geçen paleti kabul eder ve üstüne alır. Konveyörün sahip olduğu sensörü algılayan AS/RS, besleme noktası olan konveyöre gelir, çatallarını o yöne doğru uzatır, çatallar paletin altına ulaştığı anda yükselerek paletin kontrolünü alır ve geri gelir. AS/RS sistemlerin iç içe birden fazla palet koyduğu sistemler tasarımlanabilir. Ancak bu sistemlerde raf içerisinde hareket edebilen bir mekik sistemi kullanılmalıdır.

Vinçlerin tek paletlik yeri, yani tek çatalı olabildiği gibi, iki çatalı vinçler de vardır. Bu sayede vinç iki ürün bırakır, iki ürün alır ve çok daha verimli çalışmış olur. Normalde vinç, bir paleti besleme noktasından alır, lokasyona bırakır ve dönüş yolunda sipariş varsa bir paleti alıp çıkış konveyörüne besler. İkili palet bölümü bulunan vinçlerde bu işlem çok daha verimli gerçekleşmektedir. AS/RS sistemler çok yoğun çalışmaktadırlar, bu da düzenli bir hareket anlamına gelmektedir. Palet kapasitesinin artması, daha az hareketle daha verimli çalışma anlamına gelmektedir, otomatik istifleme sistemlerinin kurulma amacı budur.

Vinç raylar üzerinde hareket eder. Dengesini sağlaması için bir altta, bir de üstte ray sistemi kurulmuştur. Rayların arasına geçirilmiş bir araç olarak düşünülebilir. Bu sayede vinç yatay düzlemde daha hızlı ve dengeli hareket edebilir. Bir AS/RS

sisteminde kaç vinç gerekeceğine; kapasite, beklenen servis süresi ve maddî yük gibi değişkenler irdelendikten sonra karar verilir.

AS/RS'nin çatalları yardımı ile kontrolünü eline aldığı paletler, gerekli kontrollerden geçmiş ve yerleştiği alanda sıkıntı çıkarmayacak olmalıdır. AS/RS sisteminin yerleştirdiği paletler arasında mesafe sadece birkaç cm'dir ve en ufak bir dengesizlik, vincin bir süre durmasına, dolayısı ile işlerin aksamasına neden olabilir. Palet devrilmesi, koli düşmesi veya raf içerisinde paletin eğri durması karşılaşılan genel aksaklıklardır. Fiziksel kontroller (Hacim, ağırlık) sensörler ve tartı kullanarak mekanik sistem tarafından yapılabilse de, kolilerin belirli bir hacim içerisinde düzgün yerleştirilip yerleştirilmediğini kontrol edemezler. Burada her kolinin ambalajlanması gibi otomatik bir çözüm üretilebilir veya çalışanların gerekli eğitimleri almaları sağlanabilir. AS/RS sistemine bağlı bir konveyörün üzerine yerleştirilmiş bir palet ambalajlama aparatı, algıladığı paletin çevresinde ambalaj kağıdını birkaç tur döndürür ve paletin ambalajlanmasını sağlar. Çalışanlardan doğabilecek hataları en aza indirmeyi hedefleyen sistemlerin olmazsa olmazlarından biri otomatik ambalajlama modülleridir. Sistem tarafından kabul edilemeyecek durumdaki paletleri (kırık, çatlakları bulunan, istenenden kısa/uzun) otomatik olarak yeniden paletleyen makineler de vardır. Paletin denetlenmesi yapıldıktan sonra hatanın paletten kaynaklı olduğuna sistem tarafından karar verilirse, bu paletin palet değiştirme makinasına aktarımı konveyörler yardımı ile sağlanabilir (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.1.2 Uydu sistem elleçleme ünitesi

Uydu sistem elleçleme üniteleri, vinç sistemine bağlı çalışarak paleti raflar içerisine yerleştirirler. Paleti rafın derinliklerine taşıyan mekik sistemleri gibi, vince bağlı ve rafın içerisinde ilerleyebilen bir makina yükselerek paletin kontrolünü alır, daha sonra tekerlekleri yardımı ile rafın içerisinde ilerleyerek paleti gereken yere bırakır. Bu sistemlerin kablolu olanları olduğu gibi kablosuz çalışanları da vardır. Çatallı elleçleme ünitesi yerine derinliği bir paletten fazla olan yerler için kullanılır. Otomatik palet istifleme sisteminde mekik sistemi kullanılmaktadır. Bu durumda vinç, mekik sisteminin paleti bırakıp gelmesini beklemektedir. Bu da zaman kaybına neden olmaktadır.

Uydu sistem elleçleme ünitesi, aynı alan içerisinde daha yüksek depolama hacmi sağlarken, vinç verimliliğini azaltmaktadır. Büyük hacimlerde palet giriş çıkışı

olmayan, fakat yüksek kapasitede depolama gerektiren durumlarda yeğlenebilir. Örneğin ürünlerin toplu bir şekilde konulup toplu bir şekilde alındığı ve bu işlemin haftalık olarak yapıldığı bir durumda, uydu sistem elleçleme ünitesi mantıklı bir çözüm olabilir (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.2 Kolili / sepetli ürünler için otomatik istifleme sistemleri

Kolili veya sepetli ürünler için kullanılan otomatik istifleme sistemlerinin, paletli olan sistemlerin minyatür hâli olduğu söylenebilir. Çalışma mantığı olarak tümüyle aynıdırlar. Sepetler veya koliler vinç tarafından alınır, depolanır veya çıkış konveyörüne beslenir. Kapasite artış oranı çok daha fazladır. Kullanılan vinç sepet genişliğinden biraz daha fazla olur, bu sayede normalde kullanılan çok daha dar bir koridor kullanılmış olur. Sistem yüksekliğinden kazanılan her metre, palete oranla çok daha fazla bir kapasite artışı anlamına gelmektedir. Örneğin her iki metrelik yükseklik kazancı bir palet anlamına gelirken, ortalama 35 cm. yükseklikte bir sepet kazancı olmaktadır. Bir noktadan sonra kapasite artışı verimsizliğe yol açmaktadır. Vinç bir ürünü almak için ne kadar yol giderse, o kadar verimsizlik var demektir. Verimliliği arttırmak için, koridorun iki tarafı yerine tek tarafına bakan vinçler (koridor başına iki vinç) ve birden fazla koli kapasitesi olan vinçler yeğlenir (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.2.1 Sepet elleçleme

Sepetlere yerleştirilen ürünler, bir adresleyici yardımı ile sepete adreslenir. Bu durumda her sepetin bir lokasyonu, yani barkodu bulunmalıdır. Büyük firmalar önce ürünü, konulduğu taşıyıcıya (sepet, koli) adresler. Sonra bu taşıyıcının konulduğu varsa daha büyük bir taşıyıcıya (palet) ve en son olarak o taşıyıcının konulduğu depo içerisindeki adrese (raf, yer, AS/RS'nin bölmesi) adreslenir. Otomatik sepet elleçleme ünitesi, depolama yazılımı ile bütünleşik olmalıdır. Toplanacak ürünün bilgisini alan malzeme akış yönetim kontrol sistemi, hangi lokasyondaki ürünlerin alınacağını PLC sistemine bildirir ve PLC kontrolü ile vinç bu işlemi gerçekleştirir (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.2.2 Karton koli elleçleme

Karton koliler genellikle otomatik karton koli istifleme sisteminin olduğu depolama merkezine karton koli olarak gelir ve geldikten hemen sonra otomatik istifleme

sistemine beslenir. Sepetlerde düzenli olarak barkodun durması gereken yer bellidir ve otomatik istifleme yapılan depodan çıkmazlar. Ancak karton koliler için aynı şeyleri söyleyemeyiz. Bu nedenle karton kolilerde barkodun durduğu yüzey ve açı ile kolinin konveyöre beslenme şekli çok önemlidir. Ürünün ilk konveyöre beslendiği nokta ile otomatik istifleme sistemi arasında yer alan konveyörlerde bunun kontrolünün yapılması gerekmektedir. Bazı sistemlerde koliler barkodsuz gelir veya şirket kendi barkodunu her durumda kullanmak isteyebilir. Bu gibi durumlarda otomatik etiketleme makinaları kullanılır. Bu sayede etiketin sürekli aynı yerden, aynı açıyla etiketlenmesi sağlanmış olur. Bu barkodları okuyan otomatik istifleme sistemi kolileri kabul ederken, barkodları okunmayan kolilerin bir noktadan sistemi terketmesi, yani bir hata çıkışına iletilmesi gerekmektedir (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.2.3 Dikey asansörlü depolama sistemleri

Bu sistemler otomatik istifleme sistemi kadar kapasite artışı sağlamasa ve el ile yükleme, boşaltma gerektirse de değişik projelerde çok verimli olabilirler. Bu sistem, depolama işlemini tepsileri sayesinde gerçekleştirir. Ürünler tepsilere yerleştirilir, personelin tepsi ile işi bittiğinde sisteme bildirilir ve tepsi asansör üzerine alınır. Dikey asansör depolama sistemleri, ürünleri dikey olarak sağlı sollu depolayan, yani tepsideki ürünlerin personel tarafından elleçlendiği bölge dışında iki yanında tepsileri yerleştirmek için depolama alanları bulunan ve boyları istenildiği kadar uzatılabilen sistemlerdir. Tepsilere yerleştirilen ürünlerin en fazla boyu, asansör üzerindeki sensörler yardımı ile ölçülür. Bu sayede, depolama yapılırken, tek tip boy üzerinden depolamak yerine, tepsinin gereksinimi kadar bir uzunluk kullanılır. Örneğin her tepsi için 50 cm. gibi bir uzunluk belirlemektense, sistem tepsideki en uzun kolinin boyunu kabul eder. Bu sayede en uzun kolisi veya sepeti 20 cm. olan bir tepside 30 cm'lik bir kazanç elde edilmiş olur. Bu kazanç, yine en yüksek 20 cm. uzunluktaki koliye sahip bir tepsinin daha depolanabilmesi anlamına gelmektedir.

Dikey asansörlü depolama sistemlerinin çok farklı varyasyonları bulunmaktadır. Tek istasyonlu (tek tarafta tepsi yükleme ve boşaltma işlemi yapılan) ve çift istasyonlu (iki yönden de tepsi yükleme ve boşaltma işlemi yapılan) seçenekleri vardır. Diğer bir taraftan çok uzun dikey asansör depolama sistemleri tasarlanabilir ve aynı sistemin, deponun birinci, ikinci ve üçüncü katlarında tepsi yükleme ve boşaltma istasyonu olması sağlanabilir.

Unutulmaması gereken nokta, tek bir taşıyıcı ile ikiden fazla ve birbirinden uzak besleme / boşaltma noktaları seçilmesinin verimliliğin azalmasına neden olmasıdır. Bir dikey asansör depolama sisteminin hem iki yönde hem de birden fazla yükseklikte (katta) yükleme ve boşaltma istasyonu olması, sistem tek asansör kullanacağı için bekleme süresi yaratacaktır. Bu da servis süresinin artmasına ve süreç içerisinde verimsizliğe neden olacaktır (Ekol Lojistik, 2019).

Tek Yön Çalışma İstasyonu

Tek yön çalışma istasyonları salt yatay düzlemde çalışan dikey asansörlü depolama sistemidir. Genellikle yükseklikleri depolamanın yapıldığı tesisin yüksekliği kadardır. Fakat küçük ürünlerin depolanması gereken projelerde yükseklikleri birkaç metre ile sınırlı kalabilir. Örneğin sağlık sektöründe kullanılan bir dikey asansörlü depolama sistemine deney tüpleri, ilaçlar konulabilir ve çok uzunluğu olmayan bu ürünler için ortalama on santimetrelilik tepsi başı depolama uzunluğu yetebilir. Bu durumlarda 2 veya 3 m'lik bir dikey asansörlü depolama sistemi büyük bir depolama kolaylığı sağlarken, aynı zamanda maddî yönden de daha verimli olacaktır.

Çalışma istasyonları belirli bir soğuklukta olan ürünleri saklayabilir, soğukta saklanması gereken ürünler için ayrılan bir depolama bölümü olarak kullanılabilir. Özellikle sağlık sektöründe yeğlenme nedenlerinden biri bu özellikleridir. Bunun dışında genellikle farklı tipte ürünlerin kullanıldığı operasyonlarda farklı raf seçenekleri kullanmak yerine tüm uzunlukları tepsiye koyulan ürüne göre ayarlayan bu otomatik depolama sistemi yeğlenir.

Tek ambalaja sahip ürünlerde ise yüksekliğin fazla olduğu depolarda depo kapasitesini arttırmak için kullanılır. Örneğin depo içerisinde 10 m² zemin alanına ve 10 m yüksekliğe sahip bir alan bulunuyorsa, dikey depolama sistemi kurulması çok mantıklı olacaktır (Ekol Lojistik, 2019).

Çift Yön Çalışma İstasyonu

Yanyana kurulacak birden fazla dikey depolama sistemi yerine, firmalar yatay olarak da tepsileri hareket ettirebilen çift yönlü çalışan dikey depolama sistemlerini yeğleyebilir. Çift yönlü çalışan dikey asansör depolama sistemleri hem yanlara hem de geriye doğru genişletilebilir.

Kurulacak sistemin tek bir besleme/boşaltma noktasına sahip olabileceği, fakat depolama alanının en üst düzeyde kullanılması için sistemin besleme/boşaltma

istasyonunun arkasına doğru genişlemesi gereken durumlar olabilir. Dikey depolama sistemleri birbirine paralel iki depolama alanı ve ortada çalışan bir dikey asansör sistemi ile çalışmaktadır. Bu durumda birbirine paralel iki depolama alanı yerine birbirine paralel dört depolama alanı, tek bir besleme/boşaltma noktasından kontrol edilebilir.

Dikey asansör depolama sistemi, çok hareket görmeyen ürünlerin depolanması için de kullanılabilir. Bu durumda tek bir besleme/ boşaltma istasyonu yanyana yerleştirilmiş fakat içeriden birbirine bağlantılı dikey asansör depolama sistemlerini kontrol edebilir. Bu durumda yanyana yerleştirilen dikey depolama sistemlerinde tepsiler, bir tepsi bloğundan diğerine hareket edebilir ve tek besleme/boşaltma noktası ile yanyana istenildiği kadar dikey asansör depolama sistemi yerleştirilebilir (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.2.4 Karuzel sistemleri

Karuzel sistemler, otomatik istifleme sistemlerinin zıt mantığı ile çalışan sistemlerdir. Vinç hareket etmez ve raflar hareket hâlinindedir. Vinç salt dikey karuzel sistemler için yatay, yatay karuzel sistemler için dikey hareket eder. Bunun dışında raflar dikey karuzel sistemde dikey ve yatay karuzel sistemler için yatay olarak hareket edebilirler. Karuzel sistemler için vinç kullanılmayan örnekler bulunmaktadır. Depo personeli tarafından kontrol edilebilecek kadar küçük sistemlerde vinç gereksizdir.

Özellikle yatay karuzelerde insan boyu baz alınarak üretimler yaygındır. Kendi etrafında dönen bu raflardan hangisi çağırılırsa, o depo personelinin olduğu bölüme gelecek şekilde sistem döner, depo personeli çağırdığı rafı görerek bulabildiği gibi, o rafın otomatik öne çıkması da sağlanabilir. Ürün insana gelebildiği gibi konveyöre de beslenebilir. Boş olan lokasyonlar sistemin belleğinde tutulur, konveyörden ürün geldiğinde vinç ürünü alır, o sırada karuzel sistem ilk boş lokasyonun denk geleceği şekilde kayar (yatay veya dikey), sonrasında vinç ürünü yerleştirir. Ürün alma işlemi de bunun tersi sistemde çalışmaktadır. Burada iş akışını hızlandıran; aynı anda hem rafların hem de vincin hareket etmesidir. Yatay ve dikey hareketin vinç tarafından yapıldığı, rafların sabit kaldığı otomatik istifleme sistemine göre kurulumu hem kolay hem de ucuzdur. Fakat palet istiflenmesi için kullanılması olanaklı değildir. Koli ve sepet istiflenmesi için tasarlanmıştır (Ekol Lojistik, 2019).

Dikey Karuzel Sistemleri

Dikey karuzel sistemler dikey asansörlü depolama sistemlerinin tepsilerinin, istenilen tepsi istenilen lokasyona gelene kadar döndüğü sistemlerdir. Tepsilerin içerisine yığma olarak ürün depolanabildiği gibi, sepetli olan ve sepetlerinin hepsinin adresli olduğu sistemler de vardır. Dikey depolama asansöründe bulunan sepetlerin dönmedolap misali döndüğü ve ortadaki dikey asansörün gereksiz kaldığı, dolayısıyla sistemden çıkartıldığı düşünülebilir.

Sepetlerin yerleştirilmesi ve alınması, yatayda çalışan bir mekik ile gerçekleştirilebilir. Yatayda hareket edip sepeti alır ve çıkış konveyörüne bırakır. Bu işlem zamanın çok önemli olduğu ve ürünlerin koli olarak çıkışının yapılacağı durumlarda yeğlenir. Sepetlerin içerisinden ürün çekileceği ve geri kalan ürünlerin sisteme konulacağı durumlarda ise depo çalışanı yeğlenmektedir. Karuzel sistem bir tur attığında bir çıkış grubu toplanmış olur, bu işlem, dikey asansör sistemi ile tüm tepsileri çağırmaktan çok daha az zamanda gerçekleşmektedir (Ekol Lojistik, 2019).

Yatay Karuzel Sistemleri

Yatay karuzel sistemler, raflarına yerleştirilen sepetleri veya kolileri yatay düzlemde döndürürler. Çok katlı sistemlerde katlar birbirinden bağımsız olarak dönebildiği gibi tüm sistem aynı anda da dönebilir. İnsan boyunu geçen örneklerinde vinç zorunludur. Katlardaki ürünler ve giriş/çıkış konveyörleri arasındaki iletişim vinç sayesinde gerçekleştirilir. Karuzel sistemin, gelen ürünün atanacağı boş lokasyonu vince denk gelecek şekilde dönerken, vinç ürünü alır ve o kata çıkartır.

İnsan boyunun yetişeceği kadar kısa ve raf boyları kısa olan, dolayısıyla uzunluğu belirli bir limitin altında olan ürünler için tasarlanan modelleri de bulunmaktadır. Örneğin bir laboratuvar da kan örneklerinin saklanması gereken bir bölüme mini karuzel sistem kurulabilir. Kan örnekleri saatlik veya günlük şekilde, kan tüpleri için tasarlanmış sepetlere yerleştirilip, adreslenip saklanabilir. Bu durumda personeli hangi gün/saat/sıra ile kan tahlili yapacak ise sistem ona göre kan tüplerini yükleme/boşaltma alanına getirir (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.3 Askılı ürünler için otomatik istifleme sistemleri

Otomatik istifleme sistemlerinin askılı sistemler için çalışma ilkeleri, palet, koli ve sepet için olanlardan farklıdır. Burada askıya bağlı olan ürünler askı ile birlikte depolanır. Yanyana dizilmiş askılı konveyörler, iki uçlarından giriş ve çıkış

konveyörlerine bağlanır. Bu sıralardan her biri depolama noktasıdır ve her bir askının yeri (o sıra içerisindeki yeri) belirlidir. İstenen ürünler sıra ile girip sıra ile çıkabildiği gibi, sıralar arası ürün geçişlerine izin verilerek dinamik bir depolama sağlanabilir. Ürünlerin belirli bir sıra ve düzen ile girip çıktıkları sistem, statik depolama görevi üstlenirken, ürünlerin en yakın noktalardan en az hareketle çağırıldıkları sistemler dinamik depolama yapmaktadır (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.3.1 Dinamik depolama

Dinamik depolama, depolanan ürünlerden herhangi bir ürünün istenildiği an çağırılabilirdiği sistemlerdir. Birbirine bağlı zincir konveyör yolları, ürünü kendi içerisinde döndürebilme özelliğine sahiptir. Bu dönüşler sırasında istenen ürün sistemin çıkış noktasına geldiğinde yön değiştirir ve sistemi terkeder. Bir besleme noktasından da sistem sürekli beslenir. Dinamik depolama statik depolamaya göre çok daha hareketli bir sistemdir. Sevkiyata gidecek ürünler, bu düzenli dönen sistemin herhangi bir yerinde olabilir, sistem dönerken ürünler de ayrıştırılmış olur (Ekol Lojistik, 2019).

3.2.3.2 Statik depolama

Statik depolamada bir sıra vardır. Ürünler gruplarına göre normal askılara düşürülür. Depolama burada manuel olarak yapılır. Statik depolamada, “askılı konveyör ayrıştırma işlemi yapmaktadır” denebilir. Ürünlerin, ait oldukları depolama alanına götürülmesi ve bu sırada depolanması, askılı konveyör üzerinde sağlanmaktadır. Sevkiyata hazırlık ve sevkiyat işlemleri ise manuel olarak depo personeli tarafından yapılır (Ekol Lojistik, 2019).

3.3 Otomatik Ayrıştırma Sistemleri

Depolarda ve özellikle dağıtım merkezlerinde otomatik ayrıştırma sistemleri çok önem taşımaktadır. Ayrıştırmak, tek ürüne sahip kolinin, sepetin, el arabasının veya paletin içerisindeki ürünlerin, ürünlerin ulaşacağı son adres bazlı oluşturulan diğer kolilere dağıtımını olabileceği gibi, depoya giriş yapan paletlerin belirli bir özelliğine göre (ürün çeşidi, gideceği adres, gereken saklanma koşulları, sahip olduğu uzunluk) farklı lokasyona gönderilmesi anlamına da gelebilir. Ayrıştırma sistemlerinde genellikle normal bir konveyör yol kullanılır, ancak konveyörün her parçasının ürünü sağ veya

sol konveyörlere iletme kapasitesi vardır. Bu durumda on modüllük bir konveyör yolu, yirmi farklı konveyör yoluna palet, koli, sepet veya ürün dağıtımı gerçekleştirebilir. Konveyör yolu iş istasyonlarına dağıtım yapacak şekilde çatallanabilir. Burada her ayırım bölgesinde bir barkod okuyucu olabildiği gibi, ürünün özelliğinin PLC üzerinden izlenmesi de olanaklıdır.

PLC belirli bilgileri belleğine atabilir. Sensör tarafından algılanan bir özellik (uzunluk, genişlik) veya barkod okuyucu tarafından algılanan ürün bilgileri, PLC'nin belleğine işlenir. Konveyör akışları bilindiği için, palet bir sensörden diğerine geçtiği anda bilgide de değişiklik yapılır. Örneğin paletin yüksekliğinin iki metreden fazla olduğunu, iki metre yüksekliğe kurulan bir sensör algılar, bu sensörün algıladığı durumlarda sisteme kodlanacak farklı bir tepki, PLC'nin belleğinden yararlanarak yapılır. PLC algoritmalarında “set” ve “reset” komutları bulunur. Yukarıdaki örnekte iki metre yükseklikteki sensörün gördüğü durumda set'lenen bilgi, daha sonra farklı bir noktada “eğer bu komut set'li ise” anlamına gelen bir algoritma ile kullanılır.

Ürün ayırıştırma sistemlerde ise genellikle altı açılabilen bir sepetin yatay karuzel sistemlerde olduğu gibi döndüğü sistemler kullanılır. Ürün istenilen koli veya sepetin üzerine geldiğinde, sepetin altındaki kapağın açılarak ürünü altındaki kutuya otomatik adresler. Ürün ayırıştırma sistemlerde ürünü sepete koyan depo personelinin ürünü okutması, hareket hâlindeki sepete atması gerekebildiği gibi, hareketsiz sepetin ürün üzerine adreslendikten sonra hareketli ayırıştırma sistemine beslendiği örnekleri de vardır (Ekol Lojistik, 2019).

3.3.1 Palet bazlı ayırıştırma

Palet ayırıştırma sistemleri çok çeşitli olarak üretilemezler. Genellikle shuttle car'da olduğu gibi, tek bir konveyör yolundan birçok konveyör yoluna dağıtım yapabilen sistemlerdir. Shuttle car, sürekli işleyen bir konveyör yoluna göre daha fazla ürün başı süre istemektedir. Bu durumda şirket shuttle car seçeneğini kullanabileceği gibi, ardarda yerleştirilmiş konveyör yollarından dönebilir veya transfer ünitesi görevi gören zincir konveyörler sayesinde iki yönlü dağıtım da gerçekleştirebilir. Çapraz sevkiyat depolarında palet giren ürünün palet olarak çıktığı durumlarda daha çok yeğlenmektedirler.

Ayırıştırıldıktan sonra paletlerin geçtiği konveyörler, o düşüşe gelen paletleri sıralamak zorundadır. Bu durumda genellikle %4 eğime sahip motorsuz konveyörler kullanılır.

Palet ağırlığının yardımı ile hiçbir enerji harcanmadan bir önceki palete yaklaşır. Uzun mesafelerde palet sürekli hızlanacağından dolayı araya fren sistemleri yerleştirilir. Bunlar tam palet aralıklarına gelecek şekilde yerleştirilmiş belirli bir sürtünme yaratan tekerleklerdir. Palet bazlı ayırıştırma, genellikle çok hareketli ürünlerde yaşanır. Birçok projede çok satılan ürünler son noktaya palet ile gönderilirken, az hareket eden ürünlerde koli ayırıştırması gerekir (Ekol Lojistik, 2019).

3.3.2 Koli bazlı ayırıştırma

Koli bazlı ayırıştırma depolama alanı içerisindeki trafiği önlemek ve ürünlerin doğru yere ulaşmasını sağlamak açısından çok önemlidir. Bir tedarikçiden gelen koliler tek ürün içeriğine sahip olabilir, bu kolilerin içerisindeki tek tip ürünlerin farklı istasyonlarda farklı kolilere aktarılması gerekebilir, bu durumda her istasyona doğru kolinin ulaşması, koli bazlı ayırıştırma yapan konveyör sistemleri sayesinde sağlanır. İlk kullanım alanları havaalanları olmuştur. Günümüzde sorunsuz çalışan bu sistemler, bundan on yıl öncesine kadar birçok valizi hat üzerinde yitirmekte ve/veya yanlış uçağa yönlendirmekteydi.

Dünyanın en büyük havalimanı olan Atlanta Uluslararası Havalimanı'nda aylık ortalama sekiz milyon yolcunun valizi ve elli ton kargo elleçlenmektedir. Bu süreçlerin büyük bir çoğunluğu otomatik ayırıştırma yapan konveyörler yardımı ile sağlanmaktadır. Örneğin kargo firmaları genellikle uçaktan indirdikleri kolileri, o havaalanına atanmış kaç tane rota varsa o kadar istasyona ayırır. Elli farklı rotaya araç kalkıyorsa, kargo firmasının elli farklı noktaya ürünleri ayırıştırması gerekmektedir. Aynı durum valizler için de geçerlidir. Yolcu başına ortalama bir valiz kullanıldığı düşünülürse her ay 8.000.000 valiz yani günde 27.000 valiz, havaalanı altında çalışan konveyörler sayesinde elleçlenmektedir. Burada havaalanlarına, valizlerin çapraz sevkiyata tabi tutulduğu bir dağıtım merkezi olarak bakabiliriz.

Tüm ayırıştırma işlemi konveyörlerle tasarlanan ayırıştırma sistemleri ile sağlanmaktadır. Ayırıştırma sistemi 207 uçağa aynı anda hizmet verebilmektedir, bunun anlamı inen uçakların valiz ve kargolarını almak, kalkacak olan uçağın valizlerini yerleştirmektir. Bu noktada terminalde valizini veren yolcunun valizi uçağa giderken, inen yolcunun valizi de valiz düşüş noktasına gelmektedir. Bu durumda ayırıştırma iki yönde sağlanmaktadır. Her lokasyonun adresi valizin barkoduna

işlenmektedir, aşağıda sözedilen tüm koli ayrıştırma çeşitleri, valizlerin ayrıştırılması için havaalanlarında kullanılmaktadır (Ekol Lojistik, 2019).

3.3.2.1 Çapraz bant otomatik ayrıştırma sistemi

Crossbelt sorter, iki yönlü çalışan bir konveyör gibi düşünülebilir. Konveyör yoluna dik bir açıyla yerleştirilmiş birbirine paralel bant konveyörlerden oluşmaktadır. Ana konveyör hattına yerleştirilen bu bant konveyörler, ürünün ayrıştırılacağı noktaya geldiğinde bir transfer ünitesi görevi görür ve ürünü başka bir konveyör yoluna aktarır. Bant konveyörlerin yerleştirildiği konveyör, kendi içerisinde dönüş gerçekleştirmektedir. Ürünlerin yerleştirildiği besleme noktası ve ürünlerin ayrıştırılacağı noktaları geçen bant konveyör yeniden besleme noktasına gelir ve ürün alır. Bu özellik, tüm ayrıştırma sistemleri için geçerli olmasa da crossbelt sorter için gereklidir.

Konveyörün besleme noktasından aldığı valizin özellikleri, ürün o noktaya gelmeden önce yerleştirilen bir barkod okuyucu ile kontrol edilebileceği gibi, ayrıştırmayı gerçekleştirecek konveyörün üzerine geçtikten sonra da bir barkod okuyucu ile kontrol edilebilir. Otomasyon sistemlerinde hangi kontrolün nerede sağlanacağı tümüyle operasyonun beklentilerine, iş sağlığına ve beklenen verimliliğe bağlıdır. Barkod okuyucu istenilen yere yerleştirilebilir, tüm sensörler beklentilere göre tasarlanır, kodlanır ve sistem aktif duruma getirilir. Genellikle en son lokasyon hata düşüşü olarak tabir edilen adrestir. Buraya, herhangi bir nedenle ayrıştırma bölgesine gönderilemeyen ürünler gönderilir. Buradaki depo personeli, gördüğü hatayı teknik birime bildirir ve ürünü beklenen lokasyona gönderir. Otomasyon sistemleri kuruldukları ilk dönemden itibaren belirli bir süre hata düşüşüne odaklansa da, belirli bir süre geçtikten ve operasyon oturduktan sonra hatalı ürün miktarı ciddi şekilde azalmakta ve bu oran önemini yitirmektedir. Otomasyon sisteminin büyüklüğüne ve çalışanın çabasına göre zaman dilimi değişiklik göstermektedir. Soruna anlık bir çözüm getirmektense, sorunun kökenine gitmeyi yeğleyen ve gerekirse sistemi durdurup analiz eden firmaların bu süreçleri daha masraflı olsa dahi, sonucu daha hatasız bir otomasyon sistemidir (Ekol Lojistik, 2019).

3.3.2.2 Kızaklı otomatik ayırıştırma sistemi

Shoe sorter, birbirine yapışık ve bant konveyör özelliği gösteren levhalardan oluşmaktadır. Her bir levhanın üzerinde konveyör yoluna dik hareket edebilen ve kolinin yerini değiştiren modüller bulunur. Ayırıştırılacak koli, sepet veya ürün tek bir noktadan konveyöre giriş yapar. Konveyör üzerindeki modüller koli sağ taraftaki düşüşe gönderilecekse kolinin soluna, sol taraftaki düşüşe gönderilecekse kolinin sağına gelecek şekilde koli alınmadan önce yerleşir. Koli konveyöre geldiğinde modüllerin hareketi ile kolinin konveyör üzerindeki yeri ayarlanabildiği gibi düşüşün olacağı konveyöre yaklaşıldığında konveyörün açısı ayarlanarak düşüş gerçekleştirilebilir.

Kolinin istenen düşüşe yönlendirilmesi, modüllerin arka arkaya sıralanışı ile gerçekleşir. Örneğin koli konveyörün sağ tarafındaki düşüşe düşecekse ve düşüşe yaklaşılmışsa, modüller belli bir düzen ile öndeki modül arkadaki modülün 5 cm sağında kalacak şekilde sağa doğru hareket eder. Bir noktadan sonra koli ile temas sağlanır, koli istenilen açıyı alır ve konveyör durmadan kolinin istenilen düşüşe gönderimi sağlanır.

Shoe sorter sistemleri, diğer ayırıştırma sistemlerine göre çok hızlı çalışabilen sistemlerdir. Konveyör hızı otomasyon sistemlerinde dakikada ortalama 30 m iken, bu sistemler dakikada 100 m'nin üzerinde hızlara çıkabilmektedir. Bu hızda, farklı koli türlerine hizmet verebilmesi, farklı koli tipleri ile çalışan ve hızlı bir ayırıştırma isteyen firmalar tarafından yeğlenmesini sağlamaktadır. Çevresi 40 cm olan bir koliden 500 cm olan bir koliye kadar ayırıştırma işlemi yapılabilmektedir (Ekol Lojistik, 2019).

3.3.2.3 İtme üniteli otomatik ayırıştırma sistemi

Pusher sistemler ayırıştırma sistemleri arasında kullanımı en basit olanlardır. Sistemin durmasını gerektiren çeşitleri olduğu gibi konveyör durmadan koliyi istenen düşüşe aktaran sistemleri de vardır. Piston yardımı ile çalışır. Pistonların açılmasıyla konveyöre dik bir açıyla itiş gerçekleştiren sistemler olduğu gibi, belirli bir açıyla yaklaşıp koliyi istenilen düşüşe yönlendiren itici kollar da bulunmaktadır.

Pistonlar, hava ile çalışan ve sinyal verildiğinde hava basıncı sahip olup kolu ileriye iten sistemlerdir. Çalışma ilkeleri, kullanılan projeye göre değiştirilebilir. Sürekli açık kalması ve sinyal verildiğinde kapanması sağlanabildiği gibi, bu iş için fazla güç gerektiği durumlarda, karşılıklı yerleştirilen pistonlara düzgün sinyal verildiği takdirde

iki yönlü basınçtan yararlanan hareket sağlanabilir. Pistonlar bir hava tüpüne bağlıdır, piston kullanılan otomasyon sistemlerinde hava basınç tüpü kullanılmalıdır. Piston, kendisine verilen sinyale göre sahip olduğu kola gidecek basınçlı hava yolunu açar veya kapar, yani kolun ileri itilmesini ve/veya geri çekilmesini sağlar. Pistonun sahip olduğu kol çok farklı yerlere bağlanabilir. Konveyörün freni bu pistonlar sayesinde sağlanabilir veya bir levhaya bağlanan kol, istenilen yerde kolinin, sepetin veya ürünün bir yere itilmesini sağlayabilir.

Pusher sistemler salt ayırıştırma yapmak için kullanılmazlar. Örneğin depo personelinin konveyör üzerine doğrudan koliyi yerleştirmesi istenmiyor ve bu sürecin kontrol edilmesi gerekiyor ise, konveyörün yanına depo personelinin koliyi bırakacağı bir alan yapılır. Kolinin bu alandan konveyör yoluna istenen koşullarda (arkadan gelen koli ile arasında belirli bir mesafe kalacak şekilde) iletilmesi itici bir kol yardımı ile sağlanır. İtici kolun bu hareketi gerçekleştirmesini sağlayan piston, sensörler yardımı ile algılanan durumlarda hangi hareketi gerçekleştireceğinin bilgisini PLC'den alır (Ekol Lojistik, 2019).

3.3.3 Ürün bazlı ayırıştırma

Ürünler palet ve kolilerde olduğu gibi bir konveyör hattından diğerine ayrıştırılırken, bu işlem ürünün istenilen kolinin içerisine yapacağı düşüş ile ayrıştırılması da olabilir. Ürünler bir konveyör hattından ayırıştırma sistemine yüklenebileceği gibi ayırıştırma sistemine depo personelinin yükleme yapması da sağlanabilir. Fakat ilk seçenek çok yeğlenen bir seçenek değildir. Özellikle tekstil ürünlerinde barkodun okunamayacağı durumlar oluşacağı ve bu nedenle dağıtılamayan ürün olabileceği için, depo personeli tarafından okutulan ürünlerin, sistemin sahip olduğu (altı açılabilir seçeneği de bulunan) sepetlere yerleştirildiği sistemler daha çok yeğlenmektedir.

Karışık dağıtım yapan sistemlerde, kolinin dolup dolmayacağı otomasyon sistemi tarafından belirlenemez. Bu nedenle, dolan kolilerin belirlenmesi ve alınıp yerlerine boş bir koli koyulması işi de depo personeline düşmektedir. Her ne kadar sisteme ürün yerleştirme ve dolan kolinin alınması gibi işlemler depo personeli tarafından yapılsa da depo personelinin en çok zaman yitirdiği, dağıtım yapılacak kolinin bulunması, ürünün koliye yerleştirilmesi, adreslenmesi ve personelin yeni ürün almaya gitmesi gibi süreçler bu ayırıştırma sistemi sayesinde saniyeler içerisinde gerçekleşmektedir (Ekol Lojistik, 2019).

3.3.3.1 X-belt sorter

Koli ayrıştırması için kullanılan crossbelt sorter ile aynı ilkedeki çalışır. İstasyonlara paletlenmek üzere koli göndermek yerine, kolilenmek üzere veya konveyör yolu sonundaki adresli kolilere dağıtılmak üzere ürün gönderir. Ayrıştırma işlemi tek bir süreç ile tamamlanamayabilir. Örneğin crossbelt sorter'ın istasyon bazlı ayrıştırdığı koliler, istasyonda depo personeli tarafından kolilere ayrıştırılır. Dolan kolilerin yüklendiği ayrıştırma sistemi kolileri rotalara göre ayarlanan düşüslere ayrıştırır, en son bu istasyonda kolilerin paletlenmesi sağlanır. Bu sürece benzer birçok sistem tasarlanabilir. Burada önemli olan, operasyonun ve projenin neyi gerektirdiğidir (Ekol Lojistik, 2019).

3.3.3.2 Açılan tepsili otomatik ayrıştırma sistemi

Salt ürün dağıtmak için kullanılan bir ayrıştırma sistemidir. Ürünleri dağıtmak için konveyörün üzerine, ürünü aşağı atmak için açılabilir bölümler yerleştirilir. Sepet tarzındaki bu bölümlerin arka arkaya sıralandığı bir konveyör hattıdır diyebiliriz. Kendi içerisinde dönüş gerçekleştirir, hattın bir bölümünde sepetlere ürünler adreslenirken, diğer bölümlerinde adresli kolilerin üzerinde ilerler. Depo personeli, ürünün gideceği koliyi hangi lokasyona adreslemiş ise, o noktada sepet alta doğru açılır ve ürünü atar. Koli bu şekilde doldurulur. Sepetlere ürün adresleme ve kolilerin dolup dolmadığını kontrol etme işi depo personelinin görevidir.

Bu sistem de isteğe ve projeye göre şekillenebilir. Örneğin ürünün koli içerisine atım işi depo personeli tarafından yapılacaksa, aşağı doğru açılan lokasyona büyük bir sepet konulabilir. Sepet ürünlerle dolduktan sonra depo personeli sepeti boş olanla değiştirir ve kendi istasyonundaki kolilere dağıtımını gerçekleştirir (Ekol Lojistik, 2019).

3.3.3.3 Eğilen tepsili otomatik ayrıştırma sistemi

Tilt-tray sorter ile split-tray sorter birbirine çok benzeyen sistemlerdir. Yukarıda anlatılan split-tray sisteminde alt kapak açılırken, tilt-tray ayrıştırma sisteminde ürünün üzerine koyulduğu sepet benzeri modül belirli bir açı ile döner ve üzerindeki ürünün istenen lokasyona düşüşünü sağlar. Burada ürünlerin doğrudan koliye konulması pek olanaklı değildir. Ürünlerin istasyonlara dağılımı bu ayrıştırma sistemi ile sağlanabilir. Diğer tüm özellikleri, split-tray ayrıştırma sistemi ile aynıdır.

Besleme noktası ve dağıtım lokasyonları arasında dönen bir konveyör sistemi üzerine kurulmuştur. Düşüş yapılacak nokta, malzeme akış kontrol yönetim sistemi ile yönetilir. Barkodu okutulacak ayırıştırma sistemi üzerine yerleştirilen ürün istenilen noktaya geldiğinde, yazılım PLC sistemi uyarır ve hareketin gerçekleşmesi sağlanır (Ekol Lojistik, 2019).

3.3.3.4 Bag sorter

Askılı çantalar yardımı ile ürün toplanması ve dağıtılması yeni kullanılan bir sistemdir. Askılı konveyöre bağlı her çanta, bir mağaza veya kullanıcı, yani dağıtım yapılacak bir lokasyondur. Her istasyon, belirli ürün gruplarının bu çantaya dağıtımından sorumludur ve çanta, istasyonlar arasında toplayacağı ürünler bitene kadar dolaşır. Ürünü biten çanta paketlemenin yapılacağı istasyona giderken, içerisindeki ürünler alınan çantaya yeni bir müşteri atanır ve yeniden toplama istasyonlarına gider.

Tüm otomasyon projelerinde olduğu gibi, burada da kurulacak sistemin planı çok önemlidir. Olası istasyon veya alan değişikliklerine açık, herhangi radikal bir rotasyona uyabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Bir sistemin yatırımı karşılama oranı, yaptığı süreklilik ile doğru orantılıdır. Kurulduğu andan itibaren, hata vermeden çalışan, herhangi bir rotasyon değişikliğine kısa sürede uyum gösterebilen bir otomasyon projesi, yüksek doluluk oranı ile çalışıyorsa, yatırımını kısa sürede karşılayacaktır (Ekol Lojistik, 2019).

3.4 Operatör Yönlendirme Sistemleri

Lojistik operasyonlarında hata oranı en yüksek süreçler, karar verme yetkisinin depo çalışanında olduğu süreçlerdir. Firmalar her ne kadar otomasyon yatırımı yapsalar da tüm süreçlerin otomatik olarak yürümesi olanaksızdır. Teknolojinin ilerlemesi ve robotların yaygınlaşmasıyla, bu yüzyıl içerisinde insansız fabrikaya geçileceğine kesin olarak bakılsa da yakın gelecekte pek olanaklı gözükmemektedir. Başarılsa dahi firmalar tarafından çok büyük bir yatırım gerektirecektir.

Otomasyon sistemleri kendisi adreslese dahi, mal kabul, koli içeriğini elleçlemek, sevkiyat kolisi almak ve araç yükleyip boşaltmak gibi süreçleri henüz gerçekleştirememektedir. Bu süreçlerden en önemlisi, hatalı sevkiyatların en büyük nedeni, koli bazlı dağıtım yapılan süreçtir. Koli içerisinden yanlış ürün almak, yanlış ürün yerleştirmek en çok rastlanan hatadır.

Bu süreçleri de olabildiğince kontrol etmek isteyen firmalar RF El Terminali, Pick-by-light, Pick-by-voice ve Pick-by-vision gibi sistemlerle çalışanlarını yönlendirirler. RF El Terminali genellikle mal kabul, adresleme ve mal çıkışı sırasında sistemsal kontrolü sağlarken, Pick-by-light, Pick-by-voice, Pick-by-vision ürün toplarken depo personelini yönlendirir. Put-to-light, Put-by-voice ve Put-by-vision ise ürünün nereye yerleştirileceği konusunda depo personelini yönlendirmek içindir (Ekol Lojistik, 2019).

3.4.1 RF el terminali

RF el terminali, günümüzde en çok kullanılan operatör kontrol sistemidir. En basit anlatımıyla barkod okuyucusuna sahip kablosuz internet erişimi olan bir cep bilgisayarı olan RF, firmanın kullandığı bir yazılım ile eşleştirildiği için ürünün sistemsal olarak izlenmesine olanak tanır. Örneğin yeni gelen bir ürünün barkodunu, RF'in özelleştirilmiş bir menüsünden girerek okutan depo personeli, ürünün depo içerisine girildiğini sisteme yansıtır, dolayısıyla firma ürünün depo içerisine girdiğini görmüş olur. Gelişmiş depolarda her lokasyonun bir adı, yani adresi olur. Örneğin sistem üzerinden ürünün Z01-B-A23 adresinde olduğunu gören bir personel, ürünün zemin katında, b bloğunda a sırasında ikinci rafın üçüncü katında olduğunu anlamalıdır. Çok katlı depolarda binlerce adres olabilir, depo en ince ayrıntısına kadar adreslenmelidir ki kayıp ürün vakaları yaşanmasın.

RF el terminali, mal kabul, sevkiyat, ürün adresleme, adres değiştirme, kutulama ve paletleme gibi işlemlerde kullanılır. Örneğin kutuların palete adreslendiği bir sistemde (barkoda sahip bir palet kullanılmalıdır) önce kutular RF yardımı ile okutulur ve en son palet barkodu okutulur. Böylece ürünler palete adreslenmiş olur, paletle sevkiyatı gerçekleştirilecek ürünlerde kontrol bu sistemle sağlanmış olur. Eksik koli, henüz palete adreslenmemiş kolidir ve bulunması gerekir, bunun sistemsal izlemesi yapılır ve koli bulunur. Alınan her ürünün mutlaka adreslenmesinin gerekmesi, zaman yitirtecek bu ürün arama, fazla ürün gönderme gibi süreçlerin önüne geçmektir (Ekol Lojistik, 2019).

3.4.2 Işıklı yönlendirme sistemi

Işıklı yönlendirme sistemi depo çalışanlarının ürün dağıtımı ve ürün toplanması sırasında kullanabildiği bir otomasyon sistemidir. Şirketin sahip olduğu depo yazılımı ile bütünleşik çalışmalıdır. Siparişin hangi kutulardan toplanacağı veya dağıtılacak

ürünün hangi kutulara koyulacağı, kutuların altındaki veya üstündeki ışıkların yanmasıyla sağlanır. Örneğin elimizdeki tek çeşit ürünlere sahip kutuyu farklı siparişlere ayırıştırmamız gereken bir durumda, elimizdeki kutunun barkodunu okuttuktan sonra sistemin, otomatik olarak dağıtılacağı kutunun altında veya üzerinde bulunan ışıkları yakması gerekmektedir. Işığın yanında bulunan küçük bir ekranda ise, o üründen kaç adet koyulacağı yer alır. Sistem dağıtılacak kolinin içerisinde ne kadar ürün kaldığını bilmeli, ona göre dağıtırmalıdır. Burada kullanıcının, ürünün bittiğini sisteme belirttiği örnekler de vardır. Kolinin içerisinde üründen kaç tane olduğunun koli açılana kadar bilinmediği durumlarda bu seçenek kullanılır (Ekol Lojistik, 2019).

3.4.2.1 Işık yönlendirmeli toplama (pick-by-light)

Pick-by-Light ışıklı ürün toplama sistemidir. Tek ürün tipine sahip kolilerden, siparişin toplanacağı otomasyon sistemidir. Her istasyona önceden yerleştirilmiş olan kolilerden, otomasyonun depo personelinin önüne getirdiği koliye ürün aktarımı yapması beklenir. Personelin önüne ürünlerin toplanacağı koli gelir, koli daha önceden bir barkod okuyucu tarafından konveyör üzerinde okunabileceği gibi istasyonda çalışan depo personelinin bu işi yapması da beklenebilir. Barkod okuyucu, koli bilgilerini veritabanına iletmesi ile sistem, veritabanı üzerinde sorgulama yapar ve hangi ürünlerin istendiğini bulur. Bu sonuca göre, ışıkları yanan kolilerden ışıkların yanındaki dijital ekranda gösterilen kadar ürün alınır. Yanlışları engellemek adına depo personelinin aldığı tüm ürünleri tek tek el terminali ile okutması istenebilir.

Bu sistem, raftan ürün toplamaya görece çok kullanışlıdır. Fakat tek tip ürünlerin toplanacağı kolilerin de sürekli yenilenmesi beklenmektedir. Bu durumda kayar raf, bu otomasyon sistemi için kullanışlı bir çözümdür. Arka arkaya üç veya daha fazla koli alabilen bu raf, ürün için tampon oluşturulmasını sağlar ve ürün eksikliğinden doğacak zaman kaybı olasılığı azaltmış olur (Ekol Lojistik, 2019).

3.4.2.2 Işık yönlendirmeli ayırıştırma (put-to-light)

Put-by-Light (ışığın yandığı koliye ürünü dağıtma sistemi) günümüzde dağıtım merkezlerinde en sık kullanılan sistem olmuştur. Raflara müşteri kolileri açılır ve bu koliler bir ışık modülü ile eşleştirilir. Bu koli adresleme işlemi bittikten sonra içerisinde tek tip ürün olan koli istasyona geldiğinde Pick-by-Voice sisteminde olduğu gibi, konveyör tarafından barkodu okunmuş olabileceği gibi, depo personeli tarafından da sisteme tanıtılabilir. Veri sorgulamasının ardından gerekli ışıklar yanar ve dijital

ekranlarda sayılar belirtilir. Hata oranını azaltmak için ürünler tek tek okutulabilir, ancak bu durum zaman kaybına neden olacaktır.

Unutulmamalıdır ki, otomatik dağıtma sistemleri mükemmel bir dağıtım şemasının parçasıdır. Bu ayrıştırma istasyonları tümüyle barkodlar üzerinden çalışmaktadır. Sistemsel sayılar ile reel sayılar arasında bir fark olmamalıdır. Bu dağıtım sistemine yanlış giren ürünün yanlış dağıtılması aslında doğru olan bir durumdur. Sistem kendinden beklenen dağıtımı gerçekleştirdiği süre boyunca doğru çalışıyordur. Ürünleri kontrol edecek insangücüne gerek olduktan sonra, yapılacak otomasyon yatırımı hem sistemin verimsizliği, hem de eklenen giderler yüzünden kendini karşılayamaz bir duruma gelecektir (Ekol Lojistik, 2019).

3.4.2.3 LED yönlendirmeli ayrıştırma (put-to-led)

Işıklı dağıtım sistemleri arasında en düşük maliyet ile kurulabilecek sistem Put-to-Led sistemidir. Kullanıcı öncelikle bir sipariş ürün grubu toplar. Bu havuz içerisinde en yüksek lokasyon sayısı kadar siparişin ürünleri birikir. Daha sonra istasyonda da lokasyon adreslemelerini yapan depo personeli, ürünleri tek tek okutmaya başlar. Ürün okutulduktan sonra ürünün koyulacağı lokasyonun ışığı yanar ve depo personeli ürünü gerekli sepetin/kolinin içerisine atar. Pick-by-Light ve Put-to-Light sistemine göre daha zaman alıcı bir sistem gibi gözükse de raflar arasında dolaşıp ürün dağıtmaktan daha az yorucu ve daha verimli olduğu için yeğlenmektedir (Ekol Lojistik, 2019).

3.4.3 Sesli yönlendirme sistemi

Pick-by-voice depo personelinin ses ile kontrol edildiği sistemdir. Mikrofonlu bir kulaklık takan depo personeli, hazırlanmış komutlarla sürekli kontrol edilir. Örneğin kulaklıktan “x rafındaki y ürününü al” komutunu duyan depo personeli, buna “anladım” veya “anlamadım” diye yanıt vermek zorundadır. “Aldım” dedikten sonra sistem, depo personelinden, aldığı ürünü okutmasını ister ve onaylar. En sonda ise sistemle birlikte tüm ürünlerin tek tek üzerinden geçilir. Dikkat dağılmasına karşı en iyi çözüm, depo personelini sürekli kontrol eden bu ses ile kontrol sistemidir. Ürün dağıtma ve ürün toplama için geçerli bir sistemdir. Önceden tanımlanmış sözcükler yardımı ile depo çalışanıyla iletişim kurulur (Ekol Lojistik, 2019).

3.4.4 Görüntülü yönlendirme sistemi

Pick-by-vision, en masraflı ürün toplama otomasyon sistemidir. Depo personelinin görsel yöntemler kullanarak kontrol eder. Burada kullanılan aparat, depo personelinin tek gözünün önüne gelecek şekilde tasarlanmış bir gözlüktür. Gözlük aynı zamanda bir ekran özelliğine sahiptir ve gerçek zamanlı görsel algılama yapar. Örneğin camdan bir raf sırasına bakan bir kişi, bu gözlükten baktığı takdirde bazı rafların renklendiğini görür. Çevresinde yuvarlak simgeler çıkan bu raflardan kaç tane ürün alacağı yine gözlük camı üzerinde belirtilir. Bu sistem henüz çok maliyetli ve yeni bir sistem olduğu için pek yeğlenmemektedir. Fakat günümüzde yaygın olarak kullanılan pick-by-light ve pick-by-voice sistemlerinin de bundan on yıl önce masraflı ve pek kullanılmayan sistemler olduğu düşünülürse, pick-by-vision sisteminin de önümüzdeki yıllarda yaygınlaşacağı düşünülebilir.

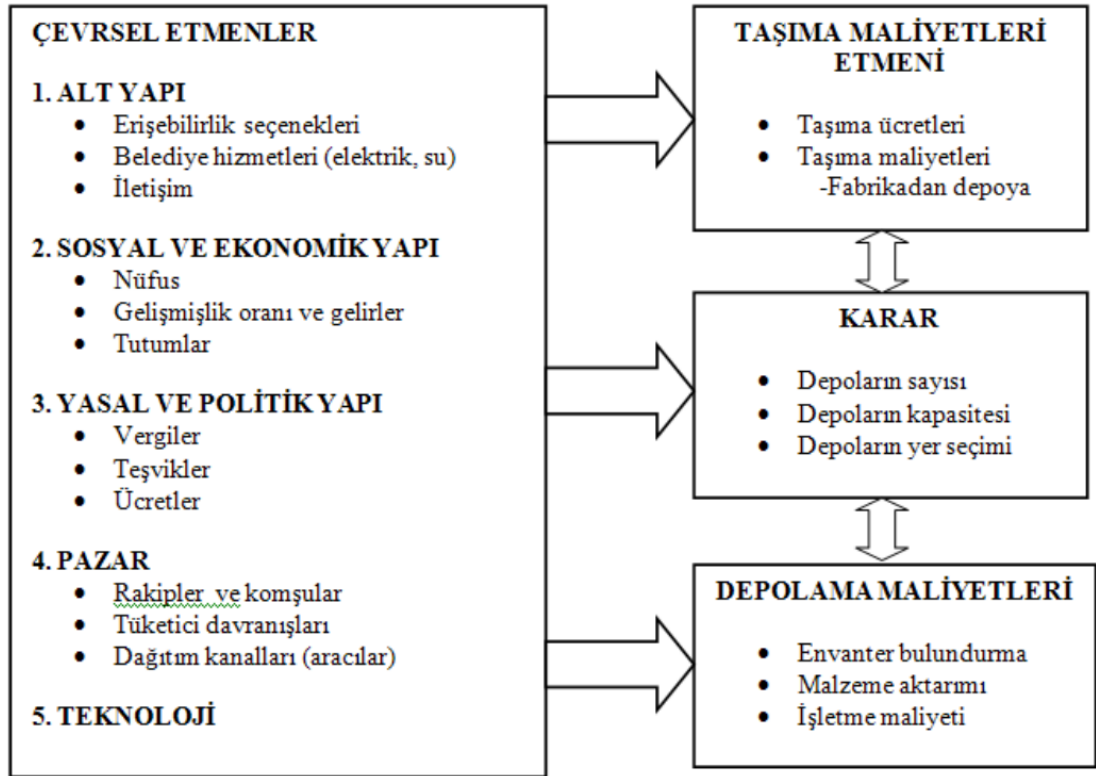


4. OTOMATİK DEPO TASARIM PARAMETRELERİ

4.1 Depo Yeri Seçimi

Firmaların yönetmek zorunda oldukları lojistik süreçlerinin önemli halkalarından birini oluşturan depo ve dağıtım merkezlerinin “yer seçimi”, aslında uzun vadeli stratejik hedeflerin analizi ile mümkün olan, oldukça kapsamlı bir çalışmanın sonucu ortaya çıkar ve firmanın tüm lojistik sisteminin şeklini, formunu ve yapısını etkiler. Depo yeri seçimi kararı makro ve mikro bakış açılarını bünyesinde barındırır (TUBİTAK, 2006).

Depo kuruluş yeri seçimini etkileyen değişkenler Gürdal (Şekil 4.1) ve Kore Denizcilik Enstitüsü (Şekil 4.2) tarafından aşağıdaki iki farklı tablodaki gibi ele alınmıştır. Bu çalışma da makro ve mikro ölçekte yer seçimi bakış açısı ile yaklaşım sergilenmiş ve “İmar Durumu” ve “İnsan Kaynakları Potansiyeli” öne çıkan parametreler olarak ayrıca detaylandırılmıştır.



Şekil 4.1 : Depo kuruluş yeri seçimini etkileyen değişkenler (Gürdal, 1984).

Yer Seçim Faktörleri	Alt Başlıklar
Arazi/Depo Fiyatları	▪ Arazinin edinebilirliği
	▪ Arazi fiyatları
	▪ Düşük arazi ve depo kirası
Ulaşım Ağı ve Erişebilirlik Seçenekleri	▪ Havalimanına ulaşım
	▪ Etkin bir karayolu ağı
	▪ Mevcut ulaşım ağlarının ve düğüm noktalarının olgunlaşmış olması
İşgücü	▪ Eğitimli personel sayısı
	▪ Çalışan ücretleri
Teknoloji/Bilgi seviyesi	▪ Bölgenin bilgi seviyesi
	▪ Teknolojik altyapı
Pazar Büyüklüğü	▪ Merkezi iş alanlarına uzaklık
	▪ Muhtemel müşteri potansiyeli
	▪ Müşterilerin sermaye durumu
Sanayi Kümelenmeleri	▪ Mamul ve yarı mamullere erişim
	▪ Endüstri komplekslerine uzaklık
Kamu ve Yönetim Faktörleri	▪ Bölge yönetiminin sağladığı teşvikler
	▪ Depoların kiralık olması durumunda yönetimin tavrı
	▪ Deponun yeni inşa edilecek olması durumunda finansal yardımlar

Şekil 4.2 : Lojistik depoların yer seçiminde etki eden etmenler (Kore Denizcilik Enstitüsü, 2000).

4.1.1 Makro ölçekte yer seçimi

Makro perspektifte firmanın hitap ettiği pazardaki etkinliğinin artabilmesi ve malzeme tedarikinde ve dağıtımında kolaylık sağlaması için, deponun ürünleri stoklama ve muhafaza etme işlemini geliştirmesi ve pazar gereksinimini gidermesi esas alınarak, coğrafi olarak nereye kurulacağı incelenmektedir. Lojistik Stratejik Master Plan yapılarak kurumun dağıtım ağı, müşteri hizmet hedefleri, tesis gereksinimleri, Depo Master Planı, ulaşım ekonomisi ve stok maliyetlerinin analiz edildiği bu stratejik aşama için üst düzey yöneticilerin de katılımı ile bir ekip oluşturulmaktadır. Network simülasyonları, matematiksel optimizasyon veya hazır „spreadsheet“ modelleri ile

yapılan bu analiz sonucu gerekli tesis adedi ve coğrafyaları tespit edilir. A.B.D. kökenli konum teorisyeni Edgar M. Hoover“ın ortaya koyduğu ve ilgili alanda en çok kabul gören makro yaklaşım pazara, ürüne ve orta noktaya göre üç kısımda incelenebilir (TÜBİTAK, 2006).

4.1.1.1 Pazara göre konumlandırma

Pazara göre konumlandırma stratejisinde depo müşteriye en yakın noktada konumlandırılmalıdır. İlgili yaklaşımda müşteri hizmet seviyesi esas alınırken, fabrikadan veya kaynaktan her bir depo yerine yapılan sevkiyat maliyeti birleştirilmiş (tam araç yükü sevkiyatlar) olur.

Pazara yakın yer seçimini etkileyen faktörler;

- Sevkiyat maliyeti,
- Sipariş çevrim zamanı,
- Ürün hassaslığı,
- Sipariş parti büyüklüğü,
- Yerel sevkiyat imkânları ve
- Müşteri hizmet seviyesidir.

Bu yer seçim kriterlerini genellikle 3PL lojistik firmaları yeğlemektedirler. Genellikle burada müşteri olarak dikkate alınan kesim ise lojistik faaliyetlerini 3PL firmalarından dış kaynak (out-sourcing) olarak tedarik eden firmalardır, son kullanıcı değildir.

4.1.1.2 Ürüne göre konumlandırma

Ürüne göre konumlandırmada tedarik kaynağına yakın yerde deponun olması esas alınır. Bu tip konumlandırmada elde edilen müşteri hizmet seviyesi pazara göre konumlandırmadaki kadar yüksek değildir. Farklı tedarikçilerden gelen ürünleri toplama ve birleştirme hizmeti deponun asıl rolü olarak belirlenmiştir. Çok fazla hammaddeyi girdi olarak kullanan firmalarda taşıma maliyetlerinin düşürülmesi için taşımaların birleştirilmesi gerektiği prensibini savunur. Ürün odaklı depo yeri seçimini etkileyen faktörler;

- Kısa hammadde ömrü
- Birleştirilmesi düşünülen ürün sayısı,

- Müşteri talebine göre ürün birleştirilme oranı şeklinde sıralanabilir.

Bu yer seçim kriterlerini ise genellikle imalat sanayisi, geri dönüşüm ve atık lojistiği ile ilgilenen kuruluşlar dikkate almaktadır. Üretim yapacakları mekân ile depo tesisinin uzaklık denkleminin optimum olması için yukarıdaki verileri girdi olarak kullanmak zorundadırlar.

4.1.1.3 Orta noktaya göre konumlandırma

Son müşteri ile üretici arasında orta noktaya deponun konumlandırması prensibinden yola çıkılmıştır. Bu tip konumlandırmadaki müşteri hizmeti ürün odaklı konumlandırmadan daha üst, pazar odaklı konumlandırmadan daha alt seviyededir. Genellikle büyük perakende zincirleri ve yurtiçi-yurt dışı ticari faaliyetlerinde bulunan firmalar yeğlemektedirler.

Endüstriyel tesisler için yer seçimi mal sahipleri ve analistler için her zaman karmaşık bir süreç olmuştur. Yer seçimi süreci, sadece teknik yeterlilikleri değil, aynı zamanda ekonomik, sosyal, çevresel ve politik talepleri de kapsamaktadır.

Sürecin bileşik yapısı, birçok kararı aynı anda almayı gerektirmektedir. Bu nedenle, uzman sistemler, coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme yöntemleri gibi karar destekleme araçları kullanılmaktadır. Bu durum karar destekleme araçlarının entegrasyonundaki mücadele sorusunu ortaya atmaktadır. Her ne kadar gevşek ve sıkı bağlantı gibi geçerli entegre teknikleri başarı ile sonuçlansa da bu tekniklerin birçok kısıtlamaları vardır. Eldrandaly ve diğ. (2003), günümüzde geçerli olan entegre tekniklerdeki katlamaları hafifletmek için, sanayi ve depolama tesisi yer seçimine yönelik karar destek sistemi tasarımında, parçacıklı nesne modeli (Component Object Model- COM) teknolojisini kullanmıştır. Araştırmada, coğrafi bilgi sistemleri, uzman sistemler ve analitik hiyerarşi süreci COM teknolojisi kullanılarak başarıyla entegre edilmiştir. Kriterlerin, arazi özellikleri, varolan imar koşulları ve erişilebilirlik seçenekleri (enerji, su, havalimanı, otoyol, tren istasyonu vb.) gözönüne alınarak oluşturulduğu bu entegre sistemin, geliştiriciler, danışmanlar ve plancılara fayda sağlaması amaçlanmıştır.

Depo yeri seçimi kararı müşteri hizmet düzeyini ve maliyetleri etkilediği için lojistik süreç içerisinde büyük önem teşkil etmektedir. Depo yeri seçiminde amaçlanan, taşıma ve depolama maliyetlerini en düşük düzeylerde tutarken, müşteri hizmet düzeyini yükseltmektir. Depo yeri seçiminde etkili olan etmenler, ürünlerin özellikleri, pazarın

büyüklüğü, talebin coğrafi dağılımı, sunulacak müşteri hizmetinin düzeyi ve müşteri beklentilerini kapsamaktadır. Depo yeri seçimi, özellikle depo mülkiyetini üzerinde bulunduran firmalar için sabit bir yatırım gerektirdiği için, hatalı bir kararın zararlarını önlemek için daha da fazla önem taşımaktadır (Birsal A., ve Cerit G., 2010).

4.1.2 Mikro ölçekte yer seçimi

Mikro perspektif, geniş coğrafi alanlarda spesifik yerlerin belirlenmesinde etkili faktörlerin incelenmesidir. Coğrafyalar içinde, depo veya dağıtım merkezlerinin kurulacağı yerel bölgelerin tespitine yönelik yapılan bu aşama daha ziyade taktiksel ve yapısal bir yaklaşım gerektirmektedir. Bölgelerin sosyo-ekonomik yapıları, belediye hizmetlerinin varlığı, ulaşım ağının niteliği, işgücü niceliği ve niteliği, arsa değerleri, sosyal imkânlar, mevsim gibi kriterlerin değerlendirilmeleri ile bu aşama sonuçlanmakta ve depo(ların) kurulacağı mekanlar belirlenmektedir. Bu arada “Mikro Analiz” in yapılmasında da kullanılan Depo Master Planı, revizyonlar sonucu en son halini almış ve depo planı hemen hemen en son şekline ulaşmıştır. (TÜBİTAK, 2006).

Bu yaklaşım tarzı ile ayrıntılı seçim kriterlerinin de incelenmesi gerektiğini savunulmaktadır. Eğer yeni bir özel deponun (kamu veya savunma amaçlı olmayan) yerinin tespit edilmesi sözkonusu ise aşağıdaki faktörler göz önünde bulundurulmalıdır;

- Nakliye modellerine (karayolu, demiryolu, havayolu – karayolu v.b. gibi) erişilebilirlik, kalitesi, çeşitliliği ve rekabet unsuru
- İnsan kaynağı kalitesi ve bulunurluk seviyesi
- İş potansiyeli,
- Endüstriyel alanın ve inşaatın maliyeti ve kalitesi,
- Genişleme potansiyeli, iş potansiyeli, vergi yapısı ve finansal yapı,
- Sismik arazi yapısı ve deprem bina kodu,
- Elektrik, telefon, su gibi altyapı unsurlarının bulunurluğu
- Hükümet vergi politikası ve teşvikler.

4.1.2.1 İmar durumu

Son yıllarda ülkemizde arazi fiyatlarının yükselme trendine girmesi ile birlikte birim alanlardan maksimum düzeyde faydalanmak gitgide daha fazla önem arz etmektedir. Bu nedenle diğer birçok parametre ile birlikte potansiyel arazilerin imar durumu da gözönünde bulundurulmalıdır.

İmar durumu incelenirken başlıca değerlendirilmesi gereken unsurlar aşağıdaki gibidir:

Taban Alanı Kat Sayısı (TAKS): Bir binanın taban alanının, bina arsası içinde en çok ne kadar yer kaplayabileceğini gösterir. Bir inşaatın maksimum taban alanı, imar planı üzerinde yazan TAKS değeri ile arsa metrekaresinin çarpımı ile bulunur.

Kat Alanı Kat Sayısı (KAKS): “Emsal” ile aynı anlamdadır. Bir binanın kat alanları toplamının, arsa alanına göre en çok ne kadar olabileceğini gösterir, bir arsaya yapılabilecek toplam net inşaat alanını belirler. Bir arsanın alanı ile imar planı üzerinde yer alan KAKS değerini çarparak o arsaya yapılabilecek maksimum net metrekare inşaat alanı hesaplanabilir. Emsal dışı olan alanlar KAKS hesabına dahil değildir.

Gabari: Bina yükseklik sınırı demektir. Yükseklik değerindeki 0,50metre çatı içindir. Tasarım yapılırken öncelikle bunun düşülmesi gerekmektedir. $H_{max} = \text{Serbest}$ ya da $H = \text{Serbest}$ olduğu durumda KAKS değerini aşmadan istenilen yüksekliğe çıkılabilir. Palet AS/RS sistemlerinde brüt 45 metre, koli&sepet otomatik depolama sistemlerinde 20 metre max yükseklikteki iki sistem üstüste değerlendirilerek 40 metre yüksekliğe çıkılabilmektedir.

Emsal Dışı Alanlar: Yangın merdivenleri, zorunlu otopark alanları, sığınak, asansör boşlukları, bacalar, şaftlar, ışıklıklar, ısı ve tesisat merkezi, su deposu, enerji odası, bekçi odaları ve kontrol kulübeleri, yakıt depoları ile silolar, trafolar, jeneratör, kojenerasyon ünitesi, eşanjör ve hidrofor bölümleri ortak alan niteliğindeki mescit ve ticari amaç içermeyen kreş ve çocuk bakım üniteleri vb. ortak alanlar belirli sınırlamalar dahilinde KASK hesaplamasından hariç tutulmuş emsal dışı alanlardır.

Kot Yapısı: Arazinin eğimli yapısının kotlu bir depo tasarımına uygun olması, farklı katlardan ya da kotlardan rampa erişimi sağlaması, arazinin maksimum düzeyde verimli kullanılabilmesi için önemli unsurlardandır. Bununla birlikte katlı bir deponun diğer avantajları:

- Ortak sosyal alanların sayısı ve m2'si azaltılabilir.
- Katlar arası transferler ile uygun maliyetli çözümler tasarlanabilir.
- Alt katlarda sağlanacak ısı avantajı ile sıcaklık kontrollü alan gereksinimlerine cevap verilebilir.
- Farklı katlarda operasyonel ayımlar net şekilde düzenlenebilir, yatırımcı farklı katları bağımsız birimler olarak değerlendirip farklı müşterilerin ayrı ayrı kullanımına sunabilir.
- Çatı alanının daralması ile çatı kaplama maliyeti ve su yalıtımında oluşabilecek problemlere karşı alınan risk düşürülebilir.
- Rampa alanı trafik akışı, toplam trafik sabit tutulduğunda, tek katlı yapılara göre daha düşük yoğunluklu tasarlanabilir.

Tüm bu avantajları ile birlikte katlı depoların tek katlı yapılara kıyasen dezavantajları da aşağıdaki gibidir:

- Katlı yapılarda ilave eklenen her kat bir alttaki katın inşaat maliyetini yaklaşık %25 oranında arttırmaktadır.
- Zemin taşıma kapasiteleri katlar yükseldikçe düşmektedir.
- Alt katlarda kolon sıklığı artmakta, farklı tipteki raf tasarımlarına dayanan çözüm üretimini kısıtladığı için operasyonel esnekliği azaltmaktadır.
- Deprem sonrası hasar riski artmaktadır.
- Sosyal alanların ortaklaştırılması bir avantaj olmakla birlikte sosyal alanlara erişim süresinin uzaması da dezavantaj olarak değerlendirilmelidir.
- Alt katlarda doğal aydınlatmadan faydalanma oranı düşmektedir.
- Katlar arası ekipmanların ortak kullanımı, ekipmanların taşınması maliyetli olduğundan oldukça zordur.
- Katlı depo inşaat sürelerini uzatır ve tamamlanan kısımların kademeli olarak kullanıma açılmasına olanak tanımaz.
- Kaliteli inşaat ve hassas proje yönetimi gereksinimini artırır.

4.1.2.2 İnsan kaynakları potansiyeli

Otomatik depolar, konvansiyonel depolama çözümlerine kıyasen çok düşük düzeyde personel kullanımıyla fark yaratan sistemler olması sebebiyle işgücü arzının düşük olduğu ya da işe alım rekabetinin yüksek olduğu bölgelerde avantaj sağlamaktadırlar. Bununlar birlikte kalifiye işgücüne duyulan gereksinim daha yüksek olmaktadır.

Depo yeri seçiminde endüstriyel bölgeler değerlendirilirken benzer sektörlerle bir arada bulunmaktan kaynaklı, sezonsallıklarının kesişmesi riski ve buna bağlı olarak dönemsel personel gereksiniminin karşılanma zorluğu; kırsal bölgelerde ise yaz dönemlerinde norm kadro personelin işe devamı ve dönemsel çalışan bulma zorluğu ile birlikte yetkin personel oranının düşmesi gözönüne alınmalıdır.

4.2 Ürün Ana Verisi

Ürün ana verisi (Master Data) ürünün fiziksel ölçülerini, ağırlık bilgilerini, adet-bağ(shrink)-koli-palet hiyerarşisine ait ayrıntılı bilgiler içermektedir.

4.2.1 Ürün ölçüleri

Ürünlerin kap ya da taşıyıcı birimlerine ait en, boy ve yükseklik bilgileridir. Ürünün kendine ait ölçülerini de içerebileceği gibi öncelikli olarak koli ve palet ölçülerinin yer alması beklenir.

Ürünlerin koli / palet ölçü çeşitliliği azaldıkça otomasyona uygunluk oranı yükselmektedir.

Koli hareketlerinin otomatize edilmek istendiği sistemlerde taşıyıcı konveyörler ve transfer ünitelerinin genişliği ve kullanılabilir yüksekliği; tüm SKU gruplarında en&boy ölçülerinden küçük olanının maksimumu ve yükseklik ölçüsünün maksimumu gözönüne alınarak tasarlanmalıdır. Dikey depolama sistemlerinde (Paternoster) ise yükseklik farklılıkları tepsi yüksekliğinin tasarımında öne çıkmaktadır.

Palet hareketlerinin otomatize edilmek istendiği sistemlerde ise koli hareketine benzer olarak palet transferini sağlayan palet konveyörleri, palet asansörleri, transfer üniteleri, shuttle car vb. ekipmanlar, stoklanacak raf derinlikleri ya da genişlikleri, taşıyıcı crane'in hareket koridoru, sevkiyat düşüşleri (Dispatch Chute) otomasyonda

stoklanması planlanan palet ölçülerinin tamamına karşılık verecek şekilde planlanmalıdır.

Askılı otomasyon sistemlerinde ise askı tipleri, barkod konumu ve tipi seçilecek otomasyon tipine göre ayrıca ele alınmalıdır ve genellikle düşük esnekliğe sahip, yüksek standardizasyon gerektiren sistemlerdir.

Tüm otomasyon tipleri için maksimum ölçülere göre tasarım, hem yatırım maliyetinin aşırı yükselmesine hem de düşük kullanım yüzdesine (utilisation) sebebiyet vererek otomasyonun yatırım yapılabilir olmaktan çıkmasına neden olacaktır.

Farklı ölçü tipleri gruplanarak, yapılacak tasarımın bu gruplara göre adapte edilmesi, yatırım maliyetini ve alan kullanımını düşürmekle birlikte otomasyonun toplam kapasitesinin tüm ürün grupları tarafından kullanılabilmesini kısıtlayarak darboğaz oluşturacaktır.

4.2.2 Ürün ağırlıkları

Ürün ağırlıkları ürün ana verisinde genellikle brüt ve net ağırlık olarak yer almaktadır. Otomasyon tasarımında ise ürünün koli ve palet ağırlıklarına gereksinim duyulmaktadır. Ürünün fiziksel ölçülerindeki tasarım kriterlerine benzer olarak maksimum ağırlığa göre tasarım yapmak, yatırım maliyetini ciddi ölçüde yükseltecektir. Bu nedenle en yüksek ağırlığa sahip ürün grubunun tüm operasyon içerisindeki miktarı gözönüne alınarak, yatırım maliyetini optimize etmek amacıyla ağır ürünler sistem dışı tutulabilir, özel bir alanda stoklanabilir ya da yüksek hacime sahiplerse yatırım maliyetine katlanarak tasarım tüm ürün gruplarına yanıt verecek biçimde sonuçlandırılabilir.

Yüksek ağırlığa sahip ürünler gibi çok düşük ağırlığa sahip ürünler de tasarımda gözönüne alınması gereken unsurlardandır. Çok hafif kolilerin konveyörler üzerinde ilerlemesi için ilave tedbirler alınması gerekebilmektedir. Benzer şekilde çok hafif kolilerin, palet üzerinde crane hareketi esnasında da devrilmesi sözkonusu olabileceğinden crane hızının belirlenmesinde önemli girdilerdendir.

4.3 Ürün Ambalajlama Standartları

Ürün ambalajlarının belli standartlar dahilinde olması otomasyonel çözümler için olmazsa olmaz kriterlerdendir. Ürünlerin kolilerinin ezik olmaması, stabil duruşunu

otomasyonel hareket esnasında koruyabilir olması, barkodunun okunabilir olması ve belirlenen bölgelerde yer alması, palet üzerinde iken istif limitinin aşılmaması, uygun şekilde streçlenmesi, palet üzerinden taşma olmaması ya da taşmanın tasarım toleranslarına dahil edilmesi, paletlerin belirlenen standartlarda olması, kırık ya da standart dışı malzemeden yapılmış olmaması gerekmektedir.

Kırık ya da standart dışı paletler, barkodsuz ya da barkodu silinmiş, okunamayacak durumda olan palet ya da koliler frekansı çok düşükte olsa gelebileceği için bu durumlara karşı hata düşüşleri, otomatik palet değıştirme & streçleme makineleri, barkod yenileme istasyonları gibi önlemler tasarım aşamasında planlanmalıdır.

4.4 SKU Yapısı

SKU yapısı ürünün mal kabulünden stoklanmasına ve siparişin toplanmasına kadar olan süreçlerin tamamına etki etmektedir. Mal kabul esnasında gelen koli ya da paletlerin tek SKU olarak mı karışık SKU olarak mı geleceği, tek SKU olan koliler dökme olarak geliyorsa ve paletlenecekse araçtaki toplam SKU sayısı, karışık SKU olarak gelen koli ya da paletlerin varolan durumuyla mı kalacağı, yoksa tek SKU’lu yapıya dönüştürmek için ekstra elleçlemeye mi gereksinim duyulacağına tasarım aşamasında karar verilmelidir. Bu karar verilirken sipariş toplama yöntemi ile bağlantılı olmalı; ABC analizi yapılarak SKU’lar sınıflandırılmalı, mal kabul sürecinde elleçleme gereksinimi, stok alanı kullanımı ve sipariş hazırlama sürecindeki kaynak gereksinimi bir potada değerlendirilerek optimum çözüm araştırılmalıdır.

Ulaşılan çözüm salt varolan aktif SKU sayısına odaklanmamalı, pasif SKU’lar ve gelecekte SKU sayısının artabileceği de gözönüne alınarak esneklik oluşturulmalıdır.

4.5 Stok Yapısı

Ürün ana verisi incelenirken ürünlerin stoklama birimlerinin fiziksel ölçüleri, ağırlıkları, ambalajlama standartları ve SKU yapıları aynı zamanda “Stok Yapısı” analizi için de girdi oluşturmaktadır. Bunlarla birlikte ürünlerin çıkış hareketlerinin hangi sıraya göre önceliklendirileceği bilinmelidir, yaygın olanları aşağıdaki gibidir:

İlk Giren İlk Çıkar (FIFO, First In First Out): Çok derinlikli raf sistemlerinde sipariş toplama esnasında atıl palet hareketini arttırmaktadır.

Süresi Önce Biten Önce Çıkar (FEFO, First Expired First Out): Son kullanma tarihi takibi yapılması gerekmektedir, “Depo Yönetimi Yazılımı (WMS)” bu takibi yapabilecek nitelikte olmalıdır. Çok derinlikli raf yapısı kullanımı bakımından FIFO’ya benzer olarak dezavantajlıdır.

Son Giren Önce Çıkar (LIFO, Last In First Out): Çok derinlikli raf sistemlerine en uygun yöntemlerden biridir.

Lot & Seri No Takibi: Ürünün hangi üretim Lot’unda üretildiği ya da hangi seri no’ya sahip olduğu takip edilmeli, WMS bu yetkinlikte olmalı, çıkışlarda LOT veya seri no bazında sipariş gelmektedir. Lot takibi özellikle sadece bir lot için yapılabildiği gibi, belirli zaman periyodu boyunca üretilmiş tüm lotların takibi şeklinde de yapılabilmektedir. “Batch window” olarakta adlandırılan bu uygulamada belirli periyot boyunca gelen ürünler arasında önce ve sonra ilişkisi aranmadan sipariş hazırlanabilmektedir.

Bunlara ek olarak SKU başı stok miktarları, sezonsallık, gelecek tahminlemeleri ve özel stoklama koşullarına tabi ürünlere dair detaylar da analiz edilmelidir.

4.5.1 SKU stok miktarları

SKU başına stok miktarları incelenirken varolan durum ya da anlık veriler yerine minimum bir yıllık geçmiş veriler incelenmeli ve geçmişten güncel zamana kadar değişim analiz edilmelidir.

SKU’lar stok miktarlarına göre ABC analizine benzer şekilde gruplandırılmalıdır. SKU başına stok miktarlarının yüksek olması otomasyonel çözümlerde çok derinlikli stok sistemleri kullanılarak stoklama ve yatırım maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlamaktadır.

FIFO, FEFO, lot takibi veya seri no takibi yapılan operasyonlarda SKU sayısının mal kabul tarihi, son kullanma tarihi, lot numarası veya seri no adedince çoklandığı dikkate alınmalıdır.

4.5.2 Sezonsallık

Sezonsallık, ürünlerin belirli dönemlerde stok ve çıkış adetlerinin ortalama miktarlardan önemli ölçüde yüksek ya da düşük seyretmesidir. Sezonsallık otomasyonel çözümlerde yatırım maliyetini arttıran ve kapasite kullanımını düşüren

etmenlerdendir. Çok kullanıcıli otomasyonel depolarda, sezonsal hareketleri belirli rutinde gerekleŖen sektörlere karŖıt ıkıŖ ve stok hareketi bulunan müşteriler ile dengeleme yapılabileceği gibi sezonsal dalgalanmaların belirli kısmı otomasyonel kapasite planlaması ile özölürken, belirlenen seviyenin üzerindeki zamanlar için konvansiyonel yapılardan destek alınabilir.

4.5.3 Gelecek tahminlemeleri

Gelecek tahminlemeleri otomasyonel kapasite planlaması, tasarımı ve yatırım miktarını belirlemede kilit unsurlardandır. Gelecek tahminlerinde her yıl yüksek büyüme öngörölen bir durumda ilk yatırım kapasitesinin hangi düzeyde olacağını belirlemek oldukça zordur. Böyle durumlarda otomasyonel ve konvansiyonel çözüm birarada düşünölerek, kapasite gereksinimi arttıkça otomasyonel deponun konvansiyonel depo yönünde büyümesi ya da ilk anda uzun yıllar kapasite gereksinimine yanıt verecek yatırım yapılarak, baŖlangıta atıl kalan kısmın, ilerleyen yıllarda kolayca depodan taşınabilecek farklı müşteriler ile değerlendirilmesi gibi özömlere baŖvurulabilmektedir.

Gelecek tahminleri salt stok veya ıkıŖ miktarlarındaki değişimler değil, aynı zamanda operasyonel süreçlerde meydana gelebilecek değişimleri de içermelidir. Bir operasyonun palet giriŖ & palet ıkıŖ şeklindeki süreçlerinin palet giriŖ & koli ve adet ıkıŖ şekline dönüŖebilme potansiyeli veya bunun tam tersi durum da çözüm tasarımının girdilerinden olmalıdır.

4.5.4 Özel stoklama durumu olan ürünler

Fiziksel özellikler ya da operasyonel süreçler bakımından standart dıŖı olan ürönlere dair stoklama biçimleri de farklılık göstermektedir.

Fiziksel ölçöleri ya da ağırlıkları standart stoklama ünitelerinin çok üzerinde olan ya da rafta stoklamaya uygun olmayan (uval, big bag, rulo vb.) ürünler genellikle otomasyon yerine konvansiyonel depo alanlarında stoklanmaktadır. Ancak kendi içerisinde belirli standartlara sahip iseler, otomasyonel sistemler içerisinde özel bir alan tasarlanarak uygun ekipmanlar vasıtasıyla otomasyonel özöme dahil edilebilirler.

İade, imha, karantina operasyonları gibi standart akıŖın dıŖında işleyen operasyonel süreçlere ait stoklar, genellikle konvansiyonel depolarda tutulmaktadır. İade

operasyonunda genellikle orijinal stoklama birimi hasar gördüğü içi otomasyonel uygunluk kaybedilmektedir. İmha ve karantina altına alınmış ürünlere dair stoklar tecrit edilmiş alanlarda genel stoktan ayrı bir şekilde tutulduğundan ve uzun süre hareket görmediğinden konvansiyonel depoların elleçlemeye en elverişsiz konumunda stoklanırlar.

Standart dışı operasyonlara ilave olarak sıcaklık kontrollü alan ve ADR'li alan gereksinimi bulunan ürünler gösterilebilir. Bu operasyonların özel gereksinimleri nedeniyle ilave yatırımlar gerekmektedir.

Sıcaklık kontrollü alan otomasyonel sistemler içerisinde sağlanabilir. Çok derinlikli raf yapısı ve dar ekipman koridorları nedeniyle konvansiyonel depolara kıyasen daha düşük hacimde (m3) stoklama yapılabildiği için iklimlendirme yatırım ve işletme maliyetleri daha düşük gerçekleşmektedir. ADR'li alanlar için kısıtlayıcı global yönetmelikler ve hacim kısıtlamaları nedeniyle otomasyonel çözümler yerine konvansiyonel alanlarda uygun alanlar oluşturma eğilimi daha fazladır. İstenildiği takdirde palet otomasyonları içerisinde, insan çalışmadığı için, düşük oksijenli yüksek azotlu ortam oluşturulabilmektedir. Oksijen emme, azot pompalama amaçlı ekipmanlar, hava kapanları kullanım gereksinimi nedeniyle işletme maliyetleri oldukça yüksektir.

4.6 Sipariş Yapısı

Ürünlerin depoda hangi sipariş hazırlama tipine göre, hangi yöntemlerle hareket edeceğinin ve sipariş yapısının geçmiş dönemlerdeki ve gelecek tahminlemelerindeki karakteristiğinin analiz edilmesi ve sonuçlarına göre tasarımın şekillendirilmesi gerekmektedir.

4.6.1 Araç yükleme ve boşaltma yapısı

Depoya gelen araçların hangi yöntemle boşaltılacağı, stoğa ya da elleçleme alanlarına nasıl aktarılacağı ve depodan çıkan siparişlerin hangi yöntemle yükleneceğinin analiz edilmesi ve kullanılacak yöntemlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Depoya gelen araçlar dökme, yarı dökme (araç zeminindeki paletlerin üzerine dökme yükleme), paletli, kafesli, çuvallı ya da askılı gelebilmektedir.

Dökme ve yarı dökme gelen araçların boşaltılması için teleskopik ya da flexi konveyörler kullanılabilir. Bu tarz konveyörler rampa alanının zeminine sabitlenmediği için kullanılmadığı zamanlar rampa bölgesinin farklı işler için değerlendirilebilmesine olanak tanımakta ve kapladığı alan minimize edilmektedir. Bu konveyörlerin bitiminde koliler paletlenecek ise otomatik paletleme ya da katmanlama makineleri ve entegre olarak otomatik/yarı otomatik streçleme otomasyonları kullanılarak kolilerin palet otomasyonuna hazır hale getirilmesi sağlanabilmektedir. Bir araçta birden fazla SKU'ya ait koliler var ve hazırlanacak her bir paletin tek SKU olması isteniyorsa koliler koli sorter vasıtasıyla ya da araçtaki SKU sayısınınca zemine hazırlanacak boş paletler üzerine manuel olarak dağıtılarak paletlenebilir.

Paletli gelen araçların boşaltılmasında araç zeminine gerekli ekipmanların monte edilmesi ile birlikte otomatik palet boşaltma sistemi kurulabilmekte ve paletlerin araç içinden palet ODBS'ye otomatik olarak adreslenmesine olanak tanımaktadır. Ancak yatırım maliyetinin yüksekliği ve operasyonel esneklik bakımından dezavantajlıdır. Öncelikli olarak tedarikçi ve depo arasında sabit olarak çalışan shuttle araçlarına uygulanması daha uygun bir tercih olacaktır. Otomatik paletli araç boşaltma sistemine alternatif olarak AGV (Otomatik Yönlendirmeli İnsansız Araçlar) ya da uzun çatallı otomatik boşaltma ekipmanları ile paletlerin araçlardan insansız olarak boşaltılıp ODBS'ne beslenmesi sağlanabilir.

Askılı araçlar teleskopik askılı konveyörler ile demet(bunch) olarak ya da tekli askılı trolleyler ile otomatik olarak boşaltılabilmektedir.

Otomasyonel sistemlerde ürünlerin depoya kabulü barkod ya da RFID üzerinden yapılmaktadır. Barkod okuyucular ya da RFID tünelleri tarafından tanınamayan ürünler hata hatları ile inceleme alanlarına yönlendirilmek üzere ayrıştırılmalıdır.

4.6.2 Sipariş tipi ve sipariş hazırlama yapısı

Ürünlerin sipariş tiplerine göre depo içindeki hareketleri elleçleme alanları, malzeme akışı ve operasyonel süreçlerin tasarımında önemli girdilerdendir. Bu aşamada varolan işleyiş analiz edilirken olası iyileştirme, gelişim ve değişiklik fırsatları da gözönünde bulundurulmalıdır. Çapraz sevkiyat (Crossdock), hızlı dağılım (Flowthrough), terminli hızlı dağılım operasyon tipinde hareket eden veya stoğa adreslenerek stoktan sipariş (putaway) ve stoktan besleme (replenishment) olarak hareket eden ancak

dönüştürülebilecek süreçler başlangıçta analiz edilmeli ve operasyonel olarak ayrıştırılmalıdır.

Çapraz sevkiyat ve hızlı dağılım operasyonları için elleçleme alanları ve ürün ya da koli sorter alternatifleri değerlendirilmelidir. Terminli hızlı dağılım operasyonu için ise siparişin hazırlanması sonrası sevkiyat aşamasına kadar bekleyeceği stok alanları tasarıma dahil edilmelidir.

Ürün çıkışlarında palet, koli, bağ, kutu, adet bazında ayrıştırma yapılmalı ve her bir çıkış tipine göre süreçler ve elleçleme alanları tasarlanmalıdır. Sipariş büyüklükleri, sipariş başı satır ve satır başı adet miktarları analiz edilmelidir.

Yıllık, aylık ve günlük bazda sipariş verileri incelenmelidir. Yıllık bazda veriler incelenirken gelecek yıllara dair büyüme öngörülerini dikkate alınmalı, tasarımın kaçınıcı yılın talebine karşılık vereceği, sonraki yıllara dair gereksinim duyulan kapasite için aşamalı olarak mı planlama yapılacağı kararları verilmelidir.

Aylık bazdaki veriler, sezonsallık davranışı ve zirve zamanlara ilişkin davranışlar için analiz edilmelidir. Yüksek sezonlarda kapasite gereksinimine yanıt verebilme olanağı, düşük sezonlarda atıl kalacak kapasitenin farklı amaçlarla kullanılma olasılığı araştırılmalıdır.

Günlük veriler incelenirken günlük ortalama ve günlük en yüksek değerlere bakılmalı, ilk en yüksek değerin, ortalamanın ne kadar üstünde olduğu incelenmeli, kapasite planlamasının kaçınıcı en yüksek değer düzeyinde gereksinime yanıt vereceğine karar verilmelidir. Günlük en yüksek çıkış yapılan sipariş noktası ve en yüksek çıkış yapılan SKU sayısı, sipariş hazırlama istasyonları tasarımında önemli bir girdidir.

4.6.3 Katma değerli hizmetler

Depoya gelen standart ürünlerin üzerinde yapılan değişiklikler katma değerli hizmetler başlığı altında değerlendirilmektedir. Etiketleme, etiket sökme, alarmlama, karma koli hazırlama, asortileme, bağ yapma (shrinkleme), streçleme, promosyon paketi hazırlama (kit yapma), garanti belgesi/broşür ekleme, 2D barkodlama, kılçıklama, ambalaj değişimi, görsel kontrol en yaygın yapılan işlemlerdir. Her bir işlem için varolan durumda talep edilen ve gelecekte yapılması planlanan hacimler gözönüne alınarak süreçlerin otomasyon kullanımı için yeterli hacme sahip olup olmadığı analiz edilmeli, tasarlanan süreçlerin işlem süreleri paralelinde hat dengelemesi yapılmalı,

elleçleme alanları peak zamanlar ve gelecekteki olası gereksinimler dikkate alınarak planlanmalıdır.

4.7 Malzeme Akışı

Analizler sonucu elde edilen verilerin depo içi alanlar ile otomasyon sistemleri bazında giriş ve çıkış adetlerinin bir malzeme akış çizelgesi üzerinde görselleştirilmesi ile saatlik ve günlük akış hacmi (throughput) yalın bir şekilde belirlenebilmektedir. Buradan elde edilecek saatlik kapasite gereksinimleri otomasyonun sistem hesaplamalarına girdi oluşturacaktır.



5. FMCG SEKTÖRÜNE YÖNELİK ÇOK KULLANICILI BİR ODBS İÇEREN DEPO TASARIMI

Bu bölümde bir önceki başlıkta konu edilen tasarım parametreleri takip edilerek hızlı tüketim malları (FMCG) sektörüne yönelik çok kullanıcı bir ODBS tasarımı uygulamasına yer verilecektir. Hızlı tüketim malları grubundaki ürünler genellikle adet – bağ – koli – palet hiyerarşisine sahiptirler ve paletli olarak stoklanırlar.

Tasarlanacak depoda firmaya ait aşağıda belirtilen farklı tiplerde operasyonlar yönetilecektir:

- Hammadde,
- İhracat,
- Antrepo,
- Transit ticaret,
- Bitmiş ürün,
- Katma değerli hizmetler,
- İade,
- Aerosol madde sınıfına giren ürünler,
- Tehlikeli madde sınıfına giren ürünler.

5.1 Depo Yeri Seçimi

5.1.1 Makro ölçekte yer seçimi

Depo yer seçiminde, ürünlerin üretildiği fabrikada kullanılacak ham maddelerinde aynı depoda stoklanması gerekliliği ve üretilen ürünlerin depoya ulaştırılmasında ring sefer atacak araçlar için mesafeyi minimize etmek adına fabrikanın bulunduğu organize sanayi bölgesinde bir lokasyon seçilmiştir. Seçilen bölge yakınında çok sayıda depolama hizmeti sunan lojistik hizmet sağlayıcılara ait yerleşkeler de bulunmaktadır. Depo lokasyonu ürüne yakın olduğu gibi organize sanayi bölgesi ve lojistik depoların yoğun olduğu bir bölge olmasından kaynaklı olarak yurtiçi dağıtım ağlarını da içinde bulunduran bir mevkide bulunmaktadır.

5.1.2 Mikro ölçekte yer seçimi

Arazinin eğimli yapısı ve çevre alanlarda yapılacak dolgu çalışmaları deponun 4 farklı cephesinden farklı kotlarda rampa tasarımına olanak tanımaktadır. KAKS ve TAKS bilgileri aşağıdaki gibidir:

TAKS: Taban alanı kat sayısı 0,50'dır. Seçilen arazi 95.000m² ve inşaat yapılabilir taban alanı maksimum değeri $0,50 \times 95.000 = 47.500\text{m}^2$ 'dir.

KAKS: Kat alanı kat sayısı 1,50'dir. Seçilen arazi 95.000m² ve inşaat yapılabilir kat alanı maksimum değeri emsal dışı alanlar hariç $1,50 \times 95.000 = 142.500\text{m}^2$ 'dir.

Gabari: Yükseklik sınırı bulunmamaktadır.

Seçilen arazi çevresindeki insan kaynağı potansiyeli açısından incelendiğinde; çok yüksek istihdam olanaklarına sahip olmasıyla birlikte işsizliğin sıfıra yakın olduğu bir bölgededir. Otomasyonel bir depo tasarlanması personel gereksinimini enküçükleyeceğinden bu dezavantajın etkisi düşürülmektedir. Bölgede, çok sayıdaki taşeron personel tedariği hizmeti sunan ajanslar sayesinde, dönemsel insan kaynağı gereksiniminin karşılanabileceği öngörülmektedir.

5.2 Ürün Ana Verisi ve Ambalajlama Standartları

Ürün ana verisi analiz edildiğinde farklı operasyon tipleri için ürün stoklama tipleri ve ağırlıkları aşağıda Çizelge 5.1'deki gibi özetlenmiştir.

Çizelge 5.1 : Ürün ana verisi özeti.

Ürün Ana Verisi	Hammadde Euro	Hammadde Rulo	Bitmiş Ürün	Transit Ticaret ve İhracat	Aerosol Ürünler	Tehlikeli Ürünler
Stoklama Tipi	Euro Palet	Rulo	Euro Palet	Euro Palet	Euro Palet	Euro Palet
Genişlik (m)	0,80	1,20	0,80	0,80	0,80	0,80
Derinlik (m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Min Yükseklik (m)	0,90	0,40	0,90	1,05	0,90	0,90
Maks Yükseklik (m)	1,95	2,20	1,95	1,95	1,75	1,75
Ort. Yükseklik (m)	1,60	1,20	1,75	1,75	1,50	1,50
Maks Ağırlık (kg)	850	1.000	1.100	980	850	850
Ort. Ağırlık (kg)	550	400	550	370	550	550

Palet otomasyonuna uygunluk açısından incelendiğinde hammadde operasyonuna ait ruloların hem ölçüleri hemde dengeli olmayan ambalaj yapıları sebebiyle otomasyona uygun olmadığı değerlendirilmiştir. Üstüste 4 kat istiflenebilecekleri bilgisi ışığında zemin alanda üstüste ya da palet üzerine konarak konvansiyonel palet raflarında stoklanabilecekleri düşünülmüştür.

Rulolar haricinde kalan ürünlerin kolili olacağı, palet üstünde taşıma olmadan dizilmiş ve uygun biçimde streçlenmiş şekilde depoya ulaşacağı bilgisi firma tarafından teyit edilmiştir.

Maksimum yükseklik ve ağırlık değerlerinin analizi “Stok Yapısı” başlığı altında yapılacaktır.

5.3 SKU Yapısı

Firma tarafından paylaşılan bilgiler arasında, 10 yıllık bir projeksiyon olarak, varolan ve gelecekteki SKU sayılarına yer verilmektedir.

Aşağıda Çizelge 5.2’de görülebileceği üzere aktif SKU sayısı yıldan yıla artmaktadır. Dolayısıyla otomasyon tasarımında SKU sayısındaki artış gözönüne alınacaktır.

Tablodaki bilgilere ek olarak gelen tüm ürünlerin koli ve paletlerinin tek SKU olarak depoya teslim edileceği bilgisi de paylaşılmıştır.

Çizelge 5.2 : SKU sayıları.

SKU Sayıları	1. Yıl	2. Yıl	3. Yıl	4. Yıl	5. Yıl	6. Yıl	7. Yıl	8. Yıl	9. Yıl	10. Yıl
Aktif SKU	901	922	950	982	1.019	1.057	1.097	1.139	1.182	1.228
Toplam SKU	1.555	1.594	1.644	1.700	1.764	1.830	1.900	1.973	2.048	2.128

5.4 Stok Yapısı

Bu aşamaya kadar ürünlerin stoklama tiplerinin fiziksel ölçüleri ve ağırlıkları ile toplam SKU sayıları ve büyümeleri incelenmiştir.

Bu bilgiler stok yapısı kapsamında ele alındığında; fiziksel ölçüler bakımından Euro palet üzerinde gelen ve standart depolama koşullarında olan ürünlerin otomasyona uygun olduğu, ruloların, iadelerin, transit ticaret ve antreponun bir bölümünün, aerosol

ve tehlikeli madde sınıfında olan ürünlerin konvansiyonel depoda stoklanmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Ürünlerin stoktan çıkışını önceliklendirirken lot takibi bir aylık batch window yaklaşımıyla yapılacaktır. Aynı ay içerisinde gelen ürünlerden herhangi biri, sipariş hazırlanırken çıkış yapabilmektedir ancak; bir sonraki ay üretilen lotlardaki ürünler kullanılamamaktadır.

İlk yıl için gereksinim duyulan stok kapasitesine dair özet bilgiler aşağıda Çizelge 5.3'te görülebilir.

Çizelge 5.3 : Stok miktarı.

Stok Miktarı	Ort. Stok Seviyesi	Maks. Stok Seviyesi
Hammadde Euro	1.500	1.800
Hammadde Rulo	1.650	1.980
Bitmiş Ürün	51.000	61.200
İhracat	1.800	2.160
İade	500	600
Antrepo	500	600
Transit Ticaret	2.250	2.700
Aerosol Ürünler	400	480
Tehlikeli Ürünler	1.000	1.200
TOPLAM	60.600	72.720

Çizelge 5.1'de paylaşılan bilgiler arasında yer alan palet ve rulo maksimum ağırlıklarına dair SKU bazlı analiz yapıldığında, bitmiş ürün grubu için maksimum palet ağırlığının 1.100kg olduğu ancak; 850kg üzerinde sadece 6 SKU ve 29 palet stok bulunduğu görülmüştür. Bu nedenle otomasyon sistemi maksimum ağırlık değeri 850kg olarak kabul edilecektir. 850kg'ı aşan paletler konvansiyonel alan zemin palet rafı lokasyonlarında stoklanacaktır. Benzer şekilde hammadde rulo grubu için maksimum palet ağırlığının 1.000kg olduğu ancak; 750kg üzerinde sadece 2 SKU ve 20 palet stok bulunduğu görülmüştür. Ruloların zemin alanda üstüste istiflenmesi düşünüldüğünden ağırlık bakımından herhangi bir kısıtlamaya tabi olmamaktadır.

Yine Çizelge 5.1'de yer alan palet ve ruloların ortalama ve maksimum yüksekliklerine dair bilgiler ayrıntılı analiz edildiğinde 4 farklı yükseklik için stok dağılımı aşağıdaki gibi olmaktadır. Stok kapasitesine dair gelecek tahminlemelerine ve %20'lik kapasite dalgalanması öngörüsüne dair verilen bilgiler ışığında, raf yükseklik hacmini optimum

kullanabilmek ama aynı zamanda da esnekliği kaybetmemek adına raf yüksekliği kapasite dağılımı aşağıda Çizelge 5.4’te “Stok Miktarı Tasarımı” isimli sütunda görüldüğü şekilde planlanmıştır. Tasarlanacak ODBS çok kullanıcıli olacağı için minimum belirtilen sayılarda ilgili yüksekliklerde kapasite sağlanması gerekmektedir.

Çizelge 5.4 : Palet yükseklik dağılımı.

Palet Yüksekliği	Ortalama Stok Miktarı		Stoktaki Oran	Maksimum Stok Miktarı		Stok Miktarı Tasarımı
	1. Yıl	10. Yıl		1. Yıl	10. Yıl	
125	7.918	10.084	13,07%	9.502	12.101	9.000
155	14.469	18.427	23,88%	17.363	22.113	17.000
175	27.696	35.273	45,70%	33.235	42.327	50.000
195	10.517	13.395	17,36%	12.621	16.074	17.500
TOPLAM	60.600	77.179		72.720	92.615	93.500

5.4.1 SKU stok miktarları

Otomasyonel palet depolama sistemlerinin önemli avantajlarından biri çok derinlikli raf yapıları kullanılabilmesine ve böylece alan kullanım veriminin artırılmasına olanak sağlamasıdır.

Çizelge 5.5 SKU başı palet stoğu miktarlarını göstermektedir. Tüm stoğun ODBS uygun olduğu varsayılırsa;

- 0 – 3 palet = Tek Derinlik
- 3 – 7 palet = Çift Derinlik
- 7 – 15 palet = 5 Derinlik
- 15 ve üzeri palet = 10 derinlikli raf sistemlerinde stoklanabileceği sonucuna ulaşılabilir.

Aşağıda Çizelge 5.5 ve 5.6’dan görülebileceği üzere ürünlerin yaklaşık olarak %94’ü ve SKU’ların %29’u 10 derinlikli raf sisteminde stoklanabilir durumdadır ancak; derinlikli raf sistemi tasarımında tek bileşen SKU başına düşen stok miktarı değildir. Ürün giriş ve çıkışını ifade eden akış hacmi (throughput) de irdelenmeli, yeterli akış hacmi sağlanabiliyorsa derinlikli raf sistemi kullanılmalıdır. Bu analize “Sipariş Yapısı” başlığı altında yer verilecektir.

Çizelge 5.5 : SKU stok miktarları dağılımı.

Stoktaki Miktar		0-3 Palet	3-7 Palet	7-15 Palet	15> Palet	Toplam
Ocak	Palet Miktarı	497	824	1.468	56.638	59.427
	Oran	0,84%	1,39%	2,47%	95,31%	
Şubat	Palet Miktarı	521	851	1.994	46.787	50.153
	Oran	1,04%	1,70%	3,97%	93,29%	
Mart	Palet Miktarı	557	874	2.052	49.320	52.803
	Oran	1,06%	1,65%	3,89%	93,40%	
Nisan	Palet Miktarı	535	891	2.182	52.584	56.192
	Oran	0,95%	1,58%	3,88%	93,58%	
Mayıs	Palet Miktarı	601	1.007	2.436	50.464	54.508
	Oran	1,10%	1,85%	4,47%	92,58%	
Haziran	Palet Miktarı	578	875	2.294	55.106	58.852
	Oran	0,98%	1,49%	3,90%	93,63%	
Temmuz	Palet Miktarı	596	918	1.835	62.710	66.060
	Oran	0,90%	1,39%	2,78%	94,93%	
Ağustos	Palet Miktarı	610	967	1.968	64.563	68.107
	Oran	0,90%	1,42%	2,89%	94,80%	
Eylül	Palet Miktarı	602	1.037	2.287	64.413	68.340
	Oran	0,88%	1,52%	3,35%	94,25%	
Ekim	Palet Miktarı	617	1.148	2.403	61.147	65.315
	Oran	0,94%	1,76%	3,68%	93,62%	
Kasım	Palet Miktarı	719	1.152	2.173	57.232	61.275
	Oran	1,17%	1,88%	3,55%	93,40%	
Aralık	Palet Miktarı	585	958	2.099	56.520	60.167
	Oran	0,97%	1,59%	3,49%	93,95%	

Çizelge 5.6 : Stoktaki SKU miktarı dağılımı.

Stoktaki Miktar		0-3 Palet	3-7 Palet	7-15 Palet	15> Palet
Ocak	SKU Miktarı	1.163	141	117	514
	Oran	60,10%	7,29%	6,05%	26,56%
Şubat	SKU Miktarı	1.121	145	159	510
	Oran	57,93%	7,49%	8,22%	26,36%
Mart	SKU Miktarı	1.079	147	163	546
	Oran	55,76%	7,60%	8,42%	28,22%
Nisan	SKU Miktarı	1.039	154	181	561
	Oran	53,70%	7,96%	9,35%	28,99%
Mayıs	SKU Miktarı	1.016	169	195	555
	Oran	52,51%	8,73%	10,08%	28,68%
Haziran	SKU Miktarı	1.051	148	184	552
	Oran	54,32%	7,65%	9,51%	28,53%
Temmuz	SKU Miktarı	1.059	158	147	571
	Oran	54,73%	8,17%	7,60%	29,51%
Ağustos	SKU Miktarı	1.024	169	161	581
	Oran	52,92%	8,73%	8,32%	30,03%
Eylül	SKU Miktarı	963	181	184	607
	Oran	49,77%	9,35%	9,51%	31,37%
Ekim	SKU Miktarı	904	201	196	634
	Oran	46,72%	10,39%	10,13%	32,76%
Kasım	SKU Miktarı	982	197	176	580
	Oran	50,75%	10,18%	9,10%	29,97%
Aralık	SKU Miktarı	1.036	165	169	565
	Oran	53,56%	8,50%	8,75%	29,18%

5.4.2 Sezonallık

Ürünlerin yıl boyunca stok seviyelerindeki dalgalanma tasarım aşamasında karşılanması gereken bir unsurdur. Ortalamadan yüksek oranda sapma gösteren stok karakteristiği otomasyonel sistemlerde verimsizliğe neden olabilmekte ve karar aşamasında dezavantajlı bir etken olarak ele alınmaktadır.

Aşağıda Çizelge 5.7’de görülebileceği üzere stok ve ürün çıkış miktarının aylar arasındaki %20 bandının altında kalmaktadır ve düşük seviyede bir dalgalanma olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 5.7 : Stokta ve sipariş çıkışında sezonsallık.

Sezonsallık	Stoktaki Miktar	Stok Değişim Oranı	Ürün Çıkışı Değişim Oranları					
			n-5. Yıl	n-4. Yıl	n-3. Yıl	n-2. Yıl	n-1. Yıl	Ortalama
Ocak	59.428	-1,12%	-5,88%	-10,09%	-19,19%	-9,98%	-8,20%	-10,67%
Şubat	50.153	-16,55%	-3,12%	8,16%	-2,18%	0,97%	-3,93%	-0,02%
Mart	52.803	-12,14%	4,75%	12,90%	-2,38%	9,31%	2,38%	5,39%
Nisan	56.192	-6,50%	1,44%	6,64%	4,39%	10,81%	15,31%	7,72%
Mayıs	54.508	-9,30%	1,83%	15,56%	5,89%	-1,37%	11,98%	6,78%
Haziran	58.853	-2,07%	-6,42%	-2,89%	7,47%	-1,23%	2,41%	-0,13%
Temmuz	66.060	9,92%	12,49%	3,14%	2,96%	2,97%	3,78%	5,07%
Ağustos	68.108	13,32%	10,88%	-8,25%	4,43%	0,76%	2,95%	2,15%
Eylül	68.338	13,71%	-0,94%	-4,97%	14,03%	-0,27%	0,64%	1,70%
Ekim	65.315	8,68%	-1,42%	-3,97%	-4,70%	-3,78%	-3,76%	-3,53%
Kasım	61.276	1,96%	-0,88%	-8,09%	-5,48%	2,51%	-9,36%	-4,26%
Aralık	60.167	0,11%	-12,73%	-8,13%	-5,24%	-10,70%	-14,20%	-10,20%

5.4.3 Gelecek tahminlemeleri

Tasarlanacak deponun çok kullanıcıli bir depo olması gereksinim duyulan kapasiteden fazlasının karşılanacağı anlamına gelse de aşamalı kapasite artışı opsiyonu, kapasitenin etkin kullanımı ve yatırım finansman gereksiniminin enküçüklenmesi bakımından değerlendirilmelidir.

Aşağıda Çizelge 5.8 ve 5.9' da görülebileceği üzere 10 yıllık periyotta stokta yaklaşık %30, ürün çıkış hacminde yaklaşık %20 büyüme beklenmektedir. Bu değerler nihai karar aşmasında kullanılacaktır.

Çizelge 5.8 : Geleceğe dönük stok tahminleri.

Stok Tahmini (Ort.)	Hammadde		Bitmiş Ürün	İhracat	İade	Antrepo	Transit Ticaret	Aerosol Ürünler	Tehlikeli Ürünler	Toplam
	Euro	Rulo								
1. Yıl	1.500	1.650	51.000	1.800	500	500	2.250	400	1.000	60.600
1. Yıl Maks	1.800	1.980	61.200	2.160	600	600	2.700	480	1.200	72.720
2. Yıl	1.530	1.683	51.346	1.836	510	510	2.295	408	1.020	61.138
3. Yıl	1.561	1.717	53.674	1.873	520	520	2.341	416	1.040	63.662
4. Yıl	1.592	1.751	53.432	1.910	531	531	2.388	424	1.061	63.620
5. Yıl	1.624	1.786	55.866	1.948	541	541	2.435	433	1.082	66.257
6. Yıl	1.656	1.822	58.593	1.987	552	552	2.484	442	1.104	69.192
7. Yıl	1.689	1.858	58.747	2.027	563	563	2.534	450	1.126	69.558
8. Yıl	1.723	1.895	61.710	2.068	574	574	2.585	459	1.149	72.737
9. Yıl	1.757	1.933	64.977	2.109	586	586	2.636	469	1.172	76.225
10. Yıl	1.793	1.972	65.706	2.151	598	598	2.689	478	1.195	77.179
10. Yıl Maks	2.151	2.366	78.847	2.581	717	717	3.227	574	1.434	92.615

Çizelge 5.9 : Geleceğe dönük sipariş çıkışı tahminlemeleri.

Ürün Çıkışı Tahmini	Palet Çıkışı (Yıllık)	Koli Çıkışı (Yıllık)	Palet Çıkışı Büyüme Oranı (Kümülatif)	Koli Çıkışı Büyüme Oranı (Kümülatif)
1. Yıl	776.063	11.317.521	0,00%	0,00%
2. Yıl	806.857	11.783.089	3,97%	4,11%
3. Yıl	802.500	11.697.751	3,41%	3,36%
4. Yıl	833.518	12.166.146	7,40%	7,50%
5. Yıl	866.262	12.661.239	11,62%	11,87%
6. Yıl	861.894	12.574.682	11,06%	11,11%
7. Yıl	896.365	13.096.088	15,50%	15,72%
8. Yıl	934.203	13.669.886	20,38%	20,79%
9. Yıl	935.146	13.665.401	20,50%	20,75%
10. Yıl	935.471	13.665.401	20,54%	20,75%

5.4.4 Özel stoklama durumuna tabi ürünler

Çalışma kapsamında yapılan analizlerde hammadde rulo stoğu, iade stoğu, aerosol ve tehlikeli madde grubuna giren ürünler için farklı stoklama alanları tasarlamak gerekmektedir.

Hammadde rulo stoğunun üstüste istiflenebilir olmasından ötürü konvamsiyonel alan zemininde stoklanması kararlaştırılmıştır. Ayrılan alanın yetersiz kalması durumunda

palet üzerine alınarak konvansiyonel palet raflarında stoklanabilme opsiyonu bulunmaktadır.

İade operasyonuna ait paletler hem ambalajlarının standartları korunamaması, hem ana operasyon stoğundan ayrı tutulması gerekliliği hem de palet ve kolilerinin tek SKU yapısının çoğunlukla bozulmasından ötürü konvansiyonel palet raflarında stoklanacaktır.

Aerosol ve tehlikeli madde grubuna giren ürünler için yangın dayanımını arttırıcı, yangın söndürücü önlemler, havalandırma ve tahliye sistemleri gibi yatırımlar gerektiren yangın duvarlarıyla ayrılmış alanlar inşa etmek gereklidir. Bu alanların gereksinimleri yerine getirilirken minimumda yerel yönetmeliklerin gereksinimleri karşılanmalı, firmaların kendi standartları yönetmeliklerin üzerinde bir talepte bulunuyorsa bunlar da ayrıca gözönüne alınmalıdır.

5.5 Sipariş Yapısı

Depoya gelen ürünlerle ilgili olarak ilk aşamada çapraz sevkiyat, hızlı dağılım ve terminli hızlı dağılım olanakları sorgulanmış ancak; varolan durumda operasyonun stoktan sipariş olarak devam edeceği, palet çapraz sevkiyatı olması durumunda otomasyon üzerinden mal kabul ve rotalara dağıtım işleminin kolaylıkla yapılabileceği değerlendirilmiştir.

Ürünler depoya büyük çoğunlukta tek SKU ve paletli olarak gelecektir, dökme gelecek hacim oranı aşağıda Çizelge 5.10'da belirtilmiştir. Bazı araçların çift sıra palet yüklü şekilde geleceği ancak miktarına dair bilgi verilemeyeceği iletilmiştir.

Depodan çıkışlar yine tam palet ve tam koli olarak yapılacaktır. Koli içi adet, kutu ya da bağ toplama işlemi varolan operasyon içerisinde bulunmamakla birlikte ileriye dönük olarak olması muhtemeldir. Bu nedenle bu operasyon için küçük bir alan ayrılacaktır.

Çizelge 5.10 : Araç kabul yapısı.

Araç Kabul	Bitmiş Ürün	Antrepo	Transit Ticaret
Paletli Araç Kabul	97,00%	70,00%	60,00%
Dökme Araç Kabul	3,00%	30,00%	40,00%

5.5.1 Araç yükleme ve boşaltma yapısı

Ürünlerin önemli bir kısmı, yukarıda Şekil 5.10’da görüldüğü üzere, paletli olarak gelmektedir. Paletli ürünler için otomatik araç yükleme ve boşaltma sistemleri veya otomatik yönlendirmeli insansız araçlar (AGV) alternatif olarak düşünülmüş ancak; çift sıra yüklenmiş olarak gelebilecek araçlar, yatırım maliyeti ve esnekliğin azalması sebeplerinden ötürü ilk aşamada manuel olarak elleçlenmesine karar verilmiştir. Otomasyonel alternatifler gelişim fırsatı olarak operasyonun başlangıcından sonra değerlendirilecektir.

Dökme olarak gelecek araçlar ODBS’ye uygun dahi olsalar, rampa ve besleme noktaları ya da sevkiyat düşüşleri arasındaki akışı aksatmamak adına konvansiyonel depo rampalarından kabul edileceklerdir. Dökme araçların boşaltılmasında teleskopik esnek konveyörler kullanılacaktır.

ODBS’de depolanacak ürünlerin %10’u, olası uzun süreli sistem aksamalarında iş sürekliliğini sağlamak ve istisnai yoğun zamanlarda otomasyon kapasitesine destek olmak amacıyla konvansiyonel alanda tutulacaktır.

Aşağıdaki Çizelge 5.11’deki veriler kullanılarak antrepo mal kabul rampa sayısı hesaplamasına Denklem 5.1’de yer verilmiştir. Çizelge 5.12’de görüleceği üzere antrepoda 3 rampa; depoda tek vardiya mal kabul yapılması durumunda 27 rampa, çift vardiya mal kabul yapılması durumunda 14 rampa gereksinimi bulunmaktadır.

Çizelge 5.11 : Araç kabul verileri.

Araç Kabul	Antrepo	Transit Ticaret Antrepo	Hammadde Euro Antrepo	Hammadde Rulo	Bitmiş Ürün	İhracat	Aerosol Ürünler	Tehlikeli Ürünler
Paletli Araç Kabul	70%	60%	100%	100%	97%	100%	100%	100%
Dökme Araç Kabul	30%	40%	0%	0%	3%	0%	0%	0%
Palet Sayısı/Yıl	928	10.404	72.522	8.058	1.141.025	40.800	15.000	30.000
Dökme Koli Sayısı/Yıl	39.780	693.600	0	0	3.528.943	0	0	0
Paletli Araç Sayısı/Yıl	24	267	1.860	207	29.257	1.046	385	769
Dökme Araç Sayısı/Yıl	8	139	0	0	706	0	0	0

Mal Kabul Rampa İhtiyacı :

"Paletli Gelen Araç Sayısı/Saat" =

("Paletli Araç Sayısı/Yıl" x Peak Faktör)÷(Vardiya Sayısı x Günlük Efektif Çalışma Süresi x Yılda Çalışılan Gün)

"Paletli Araç Boşaltma Süresi(sa.)" =

("Paletli Araç Boşaltma Süresi (dak.)" ÷ 60dak.)÷(Verimlilik)

"Paletli Araç Rampa İhtiyacı" =

"Paletli Gelen Araç Sayısı/Saat" ÷ "Paletli Araç Boşaltma Süresi(sa.)"

"Dökme Gelen Araç Sayısı/Saat" =

("Dökme Araç Sayısı/Yıl" x Peak Faktör)÷(Vardiya Sayısı x Günlük Efektif Çalışma Süresi x Yılda Çalışılan Gün)

"Dökme Araç Boşaltma Süresi(sa.)" =

("Dökme Araç Boşaltma Süresi (dak.) " ÷ 60dak.)÷(Verimlilik)

"Dökme Araç Rampa İhtiyacı"

=

"Dökme Gelen Araç Sayısı/Saat" ÷ "Dökme Araç Boşaltma Süresi(sa.)"

Toplam Mal Kabul Rampa İhtiyacı =

"Paletli Araç Rampa İhtiyacı" + "Dökme Araç Rampa İhtiyacı" (5.1)

Çizelge 5.12 : Mal kabul rampa ihtiyacı.

Mal Kabul Rampa İhtiyacı	Antrepo	Depo-1 Vardiya	Depo-2 Vardiya
Paletli Araç Sayısı/Yıl	2.150	31.664	31.664
Dökme Araç Sayısı/Yıl	147	706	706
Vardiya Sayısı	1	1	2
Efektif Çalışma Saati	6,20	6,20	6,20
Yılda Çalışılan Gün Sayısı	261	313	313
Paletli Araç Boşaltma Süresi (dak.)	58	58	58
Dökme Araç Boşaltma Süresi (dak.)	124	124	124
Verimlilik	75%	75%	75%
Peak Faktör	1,50	1,20	1,20
Rampa İhtiyacı	3	27	14

ODBS besleme noktası, palet asansörü, mono rail main loop ve sevkiyat düşüşlerine dair hesaplamalara son bölümde değinilecektir.

5.5.2 Sipariş tipi ve sipariş hazırlama yapısı

Bir önceki bölümde de irdelendiği üzere operasyonun akışı dökme ve paletli olarak mal kabul yapılarak ürünlerin ilgili stok tipinde stoklanması ve tam palet ve koli toplama şeklinde siparişlerin hazırlanması, hazırlanan paletlerin streçlenmesi ve bir bölümünün araca yüklenmeden yükseltilmesi (uplayering) şeklinde gerçekleşecektir.

SKU yapısı sipariş çıkışları gözönüne alınarak ABC analizi yapıldığında aşağıda Çizelge 5.13’de görüleceği üzere A tipi 499 SKU tüm ürün çıkışlarının %80’ini karşılamaktadır. B tipi 498 SKU ise ilaveten %15’lik ürün çıkışına karşılık gelmekte ve toplam kapsam %95’e ulaşmaktadır. Koli toplama alanının tasarımı Ave B tipi ürün grupları öncelikli olarak ele alınmıştır.

Çizelge 5.13 : ABC analizi - SKU çıkış dağılımı.

SKU Tipi	A	B	C
SKU Sayısı	499	997	1.935
SKU Oranı	25,79%	51,58%	100,00%
Ürün Çıkış Oranı	80,00%	95,00%	100,00%

Kolili sipariş hazırlama alanları rampa bölgesi üzerine inşa edilecek arakatlardan birinde tasarlanacaktır. A tipi SKU'lar için paletlerin ODBS'den otomatik olarak toplanıp palet asansörleri vasıtasıyla arakata beslenmesi ve sonrasında konveyörler vasıtasıyla 4'er derinlikli, eğimli toplama gözlerine düşürülmesi ve kolilerin bu lokasyonlardaki paletlerin üzerinden toplanması amaçlanmaktadır. İlgili SKU'ların paletleri azaldıkça sistem tarafından otomatik olarak besleme yapılacaktır. Hazırlanan siparişler yine arakatta bulunan streçleme makineleri vasıtasıyla streçlenecek ve palet asansörleri ile zemin kata yönlendirileceklerdir.

B tipi SKU'lar arakat zemininde manuel olarak beslenen palet lokasyonlarından toplanacaktır.

C tipi SKU'lar ilgili gün sipariş olması durumunda kata çağırılacak ve siparişler toplandıktan sonra alandan kaldırılarak ODBS'ye geri beslenecektir.

Sipariş, sipariş satırı, günlük peak faktörler, sevkiyat noktası sayısına dair detaylar, şu ana kadar analiz edilen mal kabul, stoklama, ve ürün çıkış miktarları ile birlikte Çizelge 5.15'te özetlenmiştir.

Çizelge 5.15'teki ürün çıkış verileri ışığında sevkiyat rampa hesaplamaları da mal kabul rampaları hesabına benzer şekilde yapılmış ve aşağıda Çizelge 5.14'de görüleceği üzere toplam olarak ilk yıl için 46 rampaya gereksinim duyulduğu sonucuna ulaşılmıştır. 10 yıllık gelecek tahmininde yaklaşık olarak elleçleme hacminin %20 büyüyeceği gözönüne alındığında tasarıma baz alınacak değer 55 rampa olarak değerlendirilecektir.

Çizelge 5.14 : Toplam rampa ihtiyacı.

Rampa İhtiyacı	Mal Kabul		Sevkiyat		TOPLA M
	Antrepo	Depo	Antrepo	Depo	
Paletli Araç Sayısı/Yıl	2.150	31.664	2.247	31.944	
Dökme Araç Sayısı/Yıl	147	706	0	0	
Vardiya Sayısı	1	2	1	2	
Efektif Çalışma Saati	6,20	6,20	6,20	6,20	
Yılda Çalışılan Gün Sayısı	261	313	261	313	
Paletli Araç Elleçleme Süresi (dak.)	58	58	58	58	
Dökme Araç Elleçleme Süresi (dak.)	124	124	124	124	
Verimlilik	75%	75%	60%	60%	
Peak Faktör	2,00	1,50	2,00	1,50	
Rampa İhtiyacı	4	17	5	20	46

Çizelge 5.15 : Özet analiz.

Analiz	ODBS				Konvansiyonel							
	Antrepo	Transit Ticaret Antrepo	Bitmiş Ürün	Katma Değerli Hizmetler	Antrepo	Transit Ticaret Antrepo	Hammadde Euro Antrepo	Hammadde Rulo	Bitmiş Ürün	İhracat	Aerosol Ürünler	Tehlikeli Ürünler
Vardiya Sayısı	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2
Efektif Çalışma Saati	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20
Yılda Çalışılan Gün Sayısı	261	261	313	313	261	261	261	313	313	313	313	313
Hacim Dağılımı	90%	90%	90%	100%	10%	10%	100%	100%	10%	100%	100%	100%
Maks. Stok Miktarı	540	2.430	55.080	-	60	270	1.800	1.980	6.120	2.160	480	1.200
Paletli Araç Kabul	70%	60%	97%	-	70%	60%	100%	100%	97%	100%	100%	100%
Dökme Araç Kabul	30%	40%	3%	-	30%	40%	0%	0%	3%	0%	0%	0%
Palet Giriş Sayısı/Yıl	835	9.364	1.026.922	137.039	93	1.040	72.522	8.058	114.102	40.800	15.000	30.000
Dökme Koli Giriş Sayısı/Yıl	35.802	624.240	3.176.049	0	3.978	69.360	0	0	352.894	0	0	0
Paletli Araç Sayısı/Yıl	21	240	26.331	0	2	27	1.860	207	2.926	1.046	385	769
Dökme Araç Sayısı/Yıl	7	125	635	0	1	14	0	0	71	0	0	0
Giriş Peak Faktör	2,00	2,00	1,50	1,50	2,00	2,00	2,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Maks. Palet Giriş Sayısı/Saat	1	19	409	53	0	2	90	3	45	16	6	12
Sevkiyat Noktası		3	335			3			335	8		
Sipariş Satırı		8	12			8			12	5		
Palet Yükseltme		90%	20%			90%			20%	25%		
Palet Çıkış Miktarı/Yıl		15.606	610.210	123.335	133	1.734	72.522	8.058	67.801	30.000	15.000	30.000
Koli Çıkış Miktarı/Yıl			10.185.769						1.131.752			
Çıkış Peak Faktör	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Toplam Palet Çıkış Miktarı/Saat	0	19	367	64	0	2	90	4	41	15	8	15
Koli Çıkış Miktarı/Saat	0	0	5.249	0	0	0	0	0	583	0	0	0

5.6 Malzeme Akışı

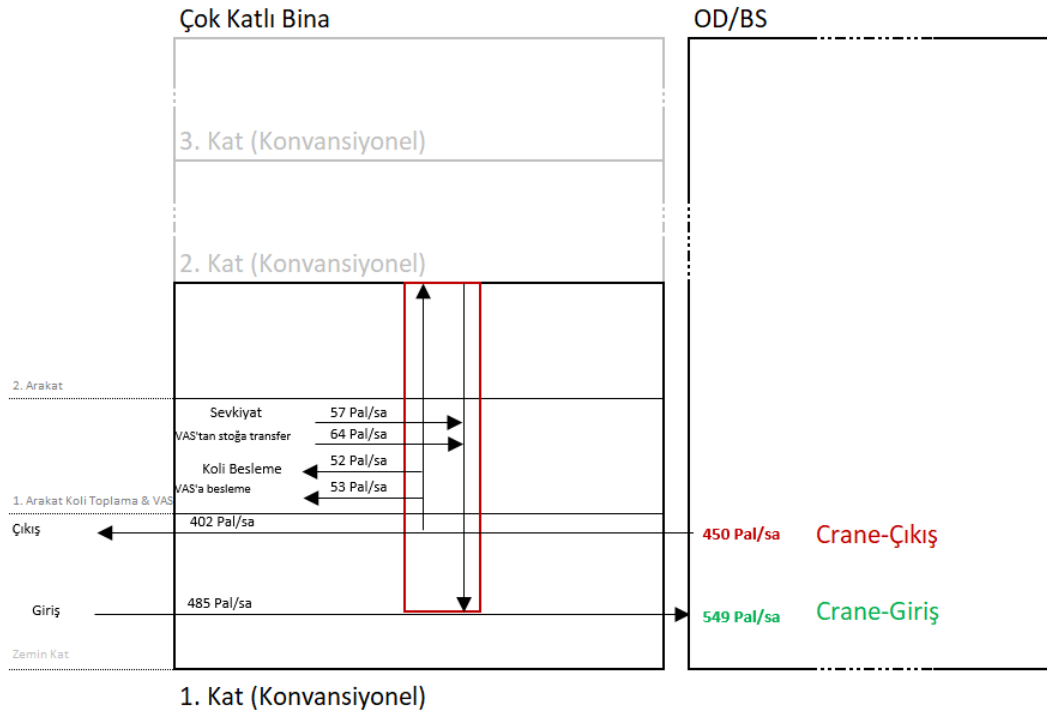
Çizelge 5.15'te görülebileceği üzere ODSB'ye konu olacak ilk yıl hacmi için saatlik gereksinim duyulan kapasite yaklaşık olarak;

- 500 palet/saat sisteme giriş,
- 450 palet/saat sistemden çıkış şeklindedir. Buna karşılık stok gereksinimi 58.000 palet düzeyindedir.

Çalışmanın önceki kısımlarında SKU başı stok miktarları incelenmiş ve stok karakteristiğinin çok derinlikli stoklamaya uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak saatlik akış hacmi incelendiğinde ilk yıl için toplamda 950 palet/saat hareketin ancak çift palet taşıyıcılı crane sistemi ve yüksek çift çevrim (double cycle) gerçekleşmesiyle tecrübi hesaplara saatlik 80-95 palet hareketi temin edilerek dahi 11-13 koridor gereksinimi olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu çok derinlikli stok sistemi kullanılmasının önündeki önemli engellerden biridir.

Bu durumun haricinde inşa edilecek depo 3. Parti lojistik hizmeti sağlayan bir firmaya ait olacağı ve çok kullanıcılı olarak değerlendirileceğinden, uzun vadeli stratejik planlamada, olası yol ayrımında benzer karakteristikte ürünlere sahip müşteri bulmak kolay olmayacağından çok derinlikli yapı yerine çift derinlikli stok yapısı yeğlenecektir.

İlk yıl hacimlerinin malzeme akışı aşağıda Şekil 5.1'de görüldüğü gibidir. 10 yıllık süreçte hacmin %20 dolaylarında artacağı ve çok kullanıcılı bir ODBS tasarlandığı için bu hacimlerin yaklaşık 2 katı kapasitede bir sistem tasarlanması öngörülmüştür.



Şekil 5.1 : Malzeme akışı.

5.7 Sistem Hesaplamaları

Çok kullanıcılı ODSB için seçilen araziyle ilgili unsurların değerlendirilmesi sonucu konsept tasarımı yapılan depo aşağıda Şekil 5.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.2 : Depo genel görünüşü.

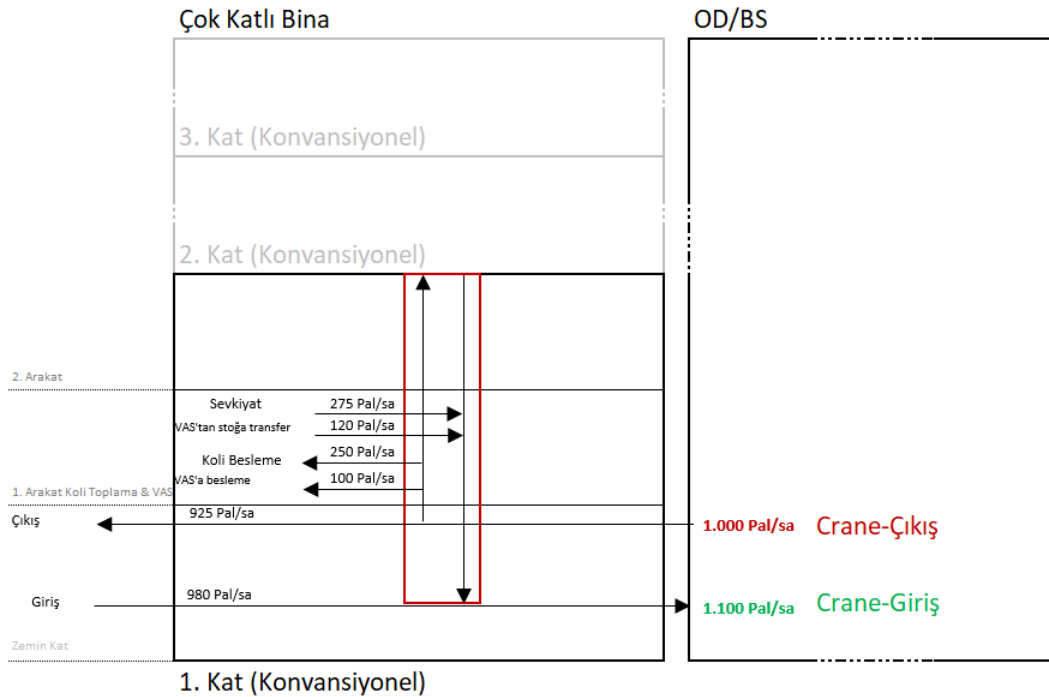
A Blok; OD/BS stoklama ve crane'ler aracılığı ile depolama ve geri çağırma yapılabilen kısımdır. 25 çift derinlikli koridor öngörülmektedir. Bina yüksekliği yaklaşık olarak 40m planlanmaktadır.

B Blok; üç katlı her biri 14m brüt depolama yüksekliğine sahip olan bloktur. Bu bloğun 1. Yüksek kısmı üç arakata bölünmüştür. Zemin kat OD/BS giriş ve çıkış katıdır. 1. Arakata ise sipariş toplama ve katma değerli hizmet katlarıdır. Zemin kattan başlayan palet asansörü ile bu katlara erişim sağlanacaktır.

Diğer iki katta 14m yüksekliğinde ve tamamen konvansiyonel depolardır. Otomasyonla bir bağı olmayacaktır.

C Blok; 3 Katlı her biri 14m brüt depolama yüksekliğine sahip bloktur. Tamamen konvansiyonel depolama ve elleçleme işlemleri yapılacaktır. İlk kat çalışma kapsamındaki konvansiyonel depo olarak değerlendirilecektir.

Aşağıda Şekil 5.3'te tasarlanması planlanan depo hacimlerine dair malzeme akışına yer verilmiştir. Bu hacimlere ait taşıyıcı crane ve koridor sayısı hesaplamaları Çizelge 5.16'daki gibidir.



Şekil 5.3 : Malzeme akışı tüm kapasite.

Çizelge 5.16 : Sistem kapasite hesaplamaları.

ODBS Giriş	1.100 palet	Stoklama Yüksekliği	39,75 m
ODBS Çıkış	1.000 palet	Ortalama Palet Ölçüleri	
1. Arakata Besleme	350 palet	Derinlik (m)	1,20
1. Arakattan İndirme	395 palet	Genişlik (m)	0,80
		Yükseklik (m)	1,75
Hız (x-ekseni)	1,65 m/s		
Hız (y-ekseni)	0,65 m/s		
Yükleme/boşaltma süresi	6,00 s	Raf Ölçüleri	
Tek Çevrim Süresi	77,45 s	Derinlik (m)	1,40
Çift Çevrim Süresi	127,87 s	Travers Genişliği (m)	2,05
Asansör Yukarı Pozisyonlama	7,50 s	Yükseklik (m)	2,25
Asansör Aşağı Pozisyonlama	7,50 s	Koridor Ölçüleri	
Çift Çevrim Oranı	60%	Derinlik (m)	7,50
Mekanik Verimlilik	90%	Genişlik (m)	108
Palet Taşıyıcı (LHD)	2,00 palet	Ön & arka Boşluklar	15,00
		Yükseklik (m)	39,75
Çevrim Sayısı		Al Boşluklar (m)	0,75
Çift Çevrim	150	Üst Boşluklar (m)	0,75
Tek Çevrim	750	Palet Kat Sayısı	17,00
Çevrim Süresi		Faydalanma Verimliliği	90%
Çift Çevrim	127,87 s		
Tek Çevrim	77,45 s	Koridor Kapasitesi	5.508 palet
İhtiyaç Duyulan Crane Sayısı	24,00	Brüt Kapasite	132.192 palet
		Koridor Sayısı	24,00 koridor

Yukarıda Çizelge 5.16'daki hesaplamalarda görülebileceği üzere iki yönde saatlik toplam 2.100 palet hareket ancak 24 crane ile mümkün olabilmekte ve crane başına saatlik kapasite 87,5 palet olmaktadır. Çalışma kapsamında ilk yıl gereksinim duyulan akış kapasitesi olan 950 palet/saati 87,5'e böldüğümüzde 11 crane'e gereksinim duyulduğu hesaplanmaktadır. Crane koridoru başına hesaplanan stok kapasitesi olan 5.508 palet 11 crane ile çarpıldığında 60.588 paletlik bir stok kapasitesine ulaşılmaktadır ve bu kapasite 58.050 paletlik ilk yıl stok kapasitesini %4,37'lik bir bollukla karşılamaktadır.

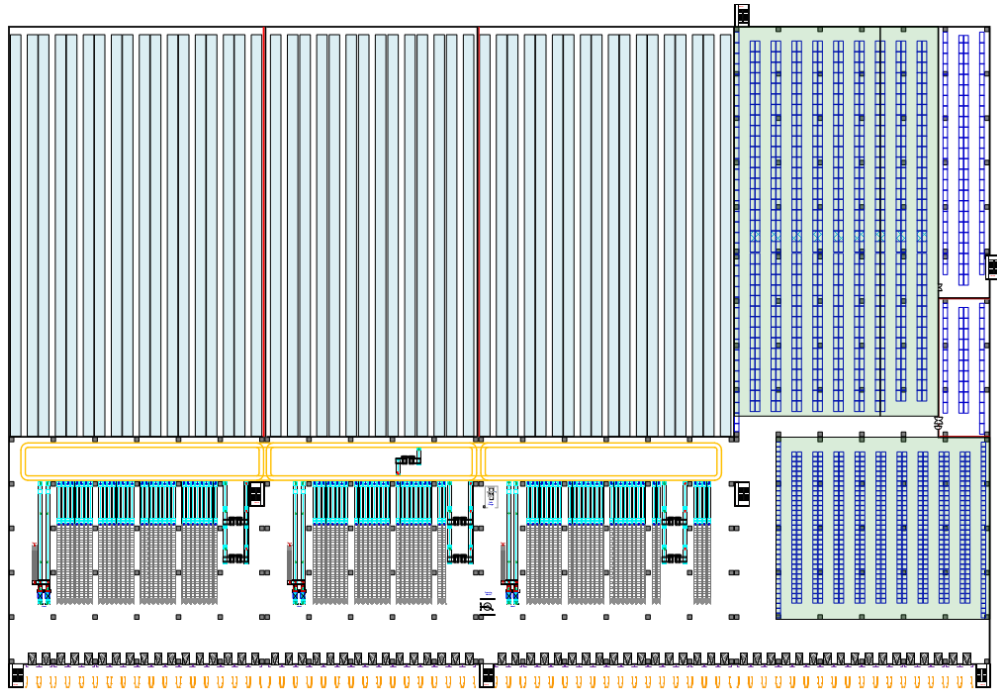
Çalışma kapsamında besleme üniteleri, palet asansörleri, mono rail loop taşıyıcı ünite sayıları hesaplamaları için entegratör bir firmadan destek alınmış ve gereksinim duyulan kapasite bilgileri kendileri tarafından hesaplanıp maliyetlendirilerek sonuçları iletilmiştir.

Talep edilen akış hacminin karşılanması için;

- 6 palet besleme noktası ile sisteme palet girişi yapılacak,

- 3 hata düşüşü ile sorunlu paletler sisteme girmeden ayrıştırılacak ve sorunları giderildikten sonra mümkün olursa tekrar sisteme alınacak, değil ise konvansiyonel alana aktarılacak,
- 6 palet asansörü ile katlar arası transfer sağlanacak,
- 81 taşıyıcı araca sahip 3 mono rail loop sayesinde palet besleme noktaları, ODBS sistem yanaşma noktaları, palet asansörleri ve sevkiyat düşüşleri arasındadi transfer sağlanacaktır.
- Tasarlanan rampa alanında 88 adet 25 derinlikli sevkiyat düşüşü planlanmıştır. 25 derinlikli tasarlanmasının sebebi paletlerin bir bölümünün araca yüklenmeden hemen önce palet yükseltme operasyonuna tabi tutulması ve bu şekilde 33 Euro paletlik bir tıra 50 Euro palet yüklenebilmesidir. Bu sayede 2 düşüş bir araca denk gelecek ve en az 44 araçlık sipariş alanda hazır bekleyebilecektir. İlk 8 derinlik motor tahrikli, kalan 17 derinlik yerçekimi etkili çalışmaktadır.

Aşağıda Şekil 5.4’de görülebileceği üzere ODBS sistemi yangın duvarları ile ayrılarak monorail loop, sevkiyat düşüşleri ve asansörler olarak 3 parçaya bölünmüş durumdadır. Hepsi birarada kullanılabileceği gibi 3 faz şeklinde devreye alınması da olanaklıdır.



Şekil 5.4 : Depo zemin kat yerleşimi – 1.

ODBS depo bölümü;

- 20.920m² ve yaklaşık 42,00m yüksekliğindedir.
- Yaklaşık 132.000 çift derinlikli Euro palet kapasiteye sahiptir.
- Kapasitenin tümü hem depo hem antrepo olarak kullanılabilir, antrepoya giriş yapmış ürünler fiziksel olarak hareket etmeden bulundukları lokasyonda millileşeceklerdir.
- 24 koridor ve 24 crane bulunmaktadır.

Rampa bölümü;

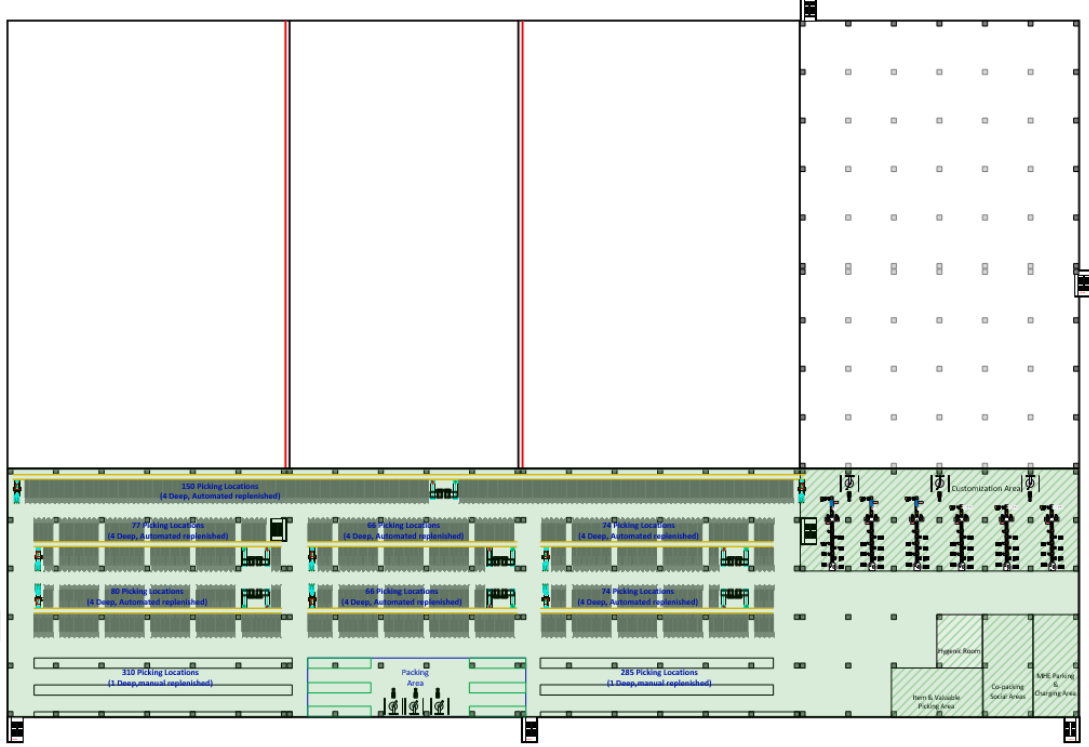
- 11.600m² ve yaklaşık 3,50m yüksekliğindedir.
- 88 adet 25 derinlikli sevkiyat düşüşü bulunmaktadır.
- 2.100m² yükleme, boşaltma ve palet yükseltme operasyonları için elleçleme alanı ayrılmıştır.
- 6 adet ölçüm kontrollü palet besleme noktası, 3 hata düşüşü, 6 palet asansörü vardır.

Konvansiyonel depo bölümü;

- 11.400m² toplam alana ve 14,00m brüt yüksekliği sahiptir.
- 1.300m²'si 3,50m yükseklikte operasyonel alan olarak ayrılmıştır.
- Paletli alan 13.500 Euro palet kapasitesine sahiptir.
- 2.750m²'sinde 1.250 adet rulo 2 sıra istifli olarak stoklanacaktır, yükseklik 3,50m'dir.

Aşağıda Şekil 5.5 birinci arakatın yerleşimini göstermektedir. Koli toplama ve katma değerli hizmetler operasyonun yapılacağı bu kata paletler 6 adet palet asansörü vasıtasıyla otomatik olarak çağrılacak ve gönderilecektir.

- A tipi ürünler için 4 palet derinlikli, otomatik beslemeli 587 adet toplama lokasyonu bulunmaktadır.
- B tipi ürünler için tek palet derinlikli, manuel beslemeli, 598 adet zemin alan toplama lokasyonu bulunmaktadır.



Şekil 5.5 : 1. Arakat yerleşimi.

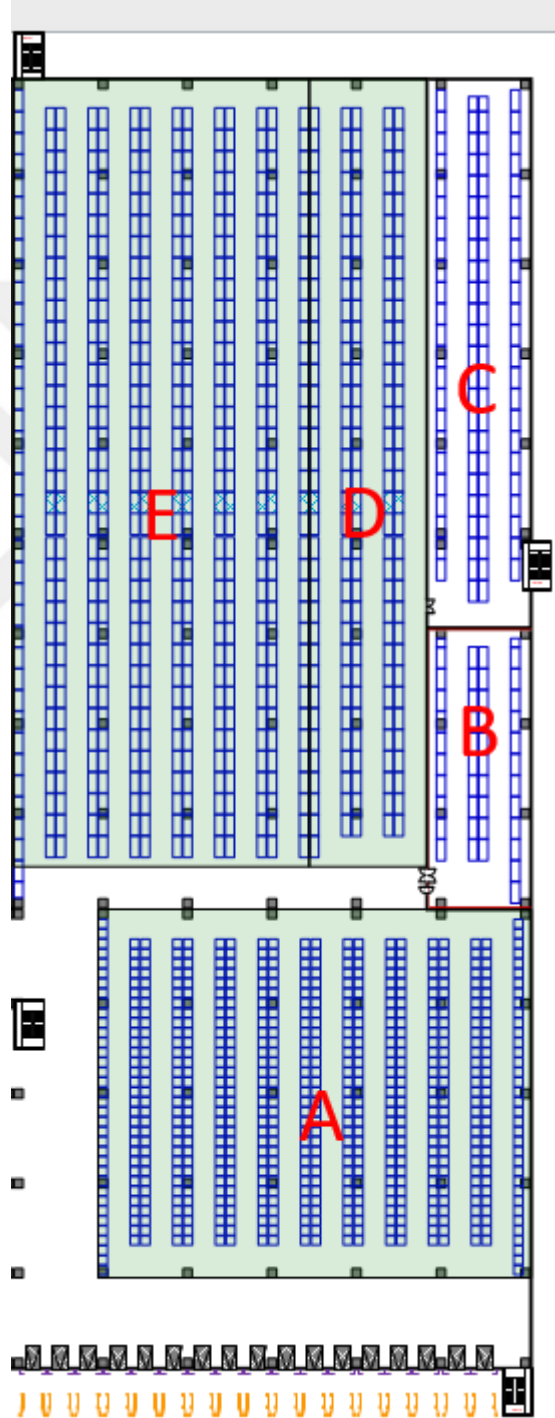
- 1.700m², 6 istasyonluk katma değerli hizmetler alanı ayrılmıştır. Bu alanda 3 ısı tüneli, L-kesim makinası, 3 adet palet streçleme makinası, 6 adet inkjet püskürtmeli yazıcı, koli etiketleme ve koli kapatma makinaları bulunmaktadır.
- 2.400m²'lik alan ofis, sosyal alan, değerli ürün ve koli içi ünite elleçleme alanları, varolan operasyonların gereksinim durumunda büyüyebilmeleri için genişleme alanı olarak ayrılmıştır.

3 adet yarı otomatik palet streçleme makinası bulunmaktadır. Aşağıda Şekil 5.6'da görülen C blok konvansiyonel depoda;

- A bölgesi; 2 sıra üstüste istiflenecek rulolara aittir, 1.250 rulo kapasiteli ve 2.750m²'dir.
- B bölgesi; 600 Euro palet kapasiteli 500m²'lik Aerosol stoklama alanıdır, yönetmeliklere ve firmanın beklentilerine uygun olarak inşa edilmiştir.
- C bölgesi; 1.500 Euro palet kapasiteli 1.000m²'lik "Tehlikeli Ürün" sınıfına giren ürünlerin stoklama alanıdır, yönetmeliklere ve firmanın beklentilerine uygun olarak inşa edilmiştir.
- D bölgesi; 3.000 Euro palet kapasiteli çok kullanıcıli antrepo alanıdır.

- E bölgesi; 8.000 Euro palet kapasiteli 4.000m²'lik serbest depo stoklama alanıdır.
- 1.300m²'si 3,50m yükseklikte operasyonel alan olarak ayrılmıştır, 17 rampa bulunmaktadır.

Otomasyonel alanlara ait 3boyutlu simülasyon görselleri ekler kısmında paylaşılmıştır.



Şekil 5.6 : C Blok konvansiyonel depo.

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

6.1 Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında hızlı tüketim malları sektöründe faaliyet gösteren bir firma için en uygun çözümü sunmak ve otomasyon sistemlerinin esneklik ve kapasite yönetimi bakımından dezavantajlı olabilecek yönlerini en aza indirmek amaçlı olarak çok kullanıcıli otomasyonel ve konvansiyonel karma bir depo tasarımı üzerine yoğunlaşmıştır. Arazi fiyatlarının son dönemdeki hızlı yükselişi sonrası seçilen araziden maksimum verimde faydalanabilmek için ODBS sistemi yaklaşık 42,00m olarak tasarlanmış, konvansiyonel bölgeler de 14,00m'lik 3 kat tasarlanarak yükseklik eşitlenmiş ve maksimum fayda amaçlanmıştır.

Otomasyonel yapının 3 fazlı şekilde tasarlanması, 3. fazın ileriki yıllarda inşa edilerek kullanıma sunulabilmesine olanak tanımaktadır.

Yapılan çalışma tamamen konvansiyonel olan bir modelle maliyet ve performans bakımından kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuç, otomasyonel çözümün tek haneli bir oranda daha maliyetli çıktığını göstermektedir.

6.2 Değerlendirme

Çalışma kapsamındaki tek beklenti maliyet avantajı sağlamak olmamakla birlikte, yüksek elleçleme hacmi nedeniyle personel tedariği ve sürekliliği kritik öneme sahip olmaktadır. Otomasyonel çözüm konvansiyonele kıyasla 2,20 kat daha az personel kullanımı ile sonuçlanmıştır. Seçilen bölgenin personel tedariği ve sürekliliği açısından sorunlu bir bölge olması otomasyonel çözümü bu değerlendirme kriteri bakımından ön plana çıkarmaktadır.

Maliyet dezavantajı otomasyonel tasarımlarda genellikle beklenen bir durum olmamakla birlikte bu şekilde sonuçlanmasının en önemli sebebi, ülkemizde son dönemde yaşanan döviz kurlarında ani yükseliş sonucu personel maliyetlerinin döviz bazında düşmesi ve manuel operasyon yürütmenin tekrardan daha az maliyetli hale gelmesidir. Buna ek olarak otomasyonel bileşenlerin demir, çelik vb. metal malzemelerinin döviz bazında zamlanması da otomasyonel çözümler adına dezavantajlı bir durum oluşturmaktadır.

6.3 Gelecek Araştırmalar için öneriler

Çok kullanıcılı otomasyonel depolar operasyonel esneklikler, daha yüksek kapasite kullanımları ve birarada bulunmanın getirdiği sinerji sonucu verimlilik artışları gibi avantajlar sunmakla beraber, bu avantajı kullanmayı sağlayacak uygun karakterde firmaları biraraya getirmek her zaman çok mümkün olmayabilmektedir veya belirli bir zaman aldığından atıl kapasite sorunuyla karşılaşılabilmektedir. Bu durum konvansiyonel depolar için de geçerlidir, nitekim çalışma kapsamında tasarlanan ekstra konvansiyonel katlarda henüz bir operasyon planlanmamış ve belki de işa edilmeyeceklerdir.

Her zaman maksimum verimi minimum maliyet ve kayıpla sağlayacak çözüm arandığından çok kullanıcılı depoların tasarımına başlamadan önce stoklama, elleçleme ve hatta ulusal ve uluslararası taşıma operasyonları bakımından karakteristikleri birbirleri için fayda sağlayacak firmaları biraraya getirmek hem atıl kapasite kalmasının önleyecek hem de çözüme dahil olan tüm alanların özel olarak dizayn edilerek daha verimli olmasını sağlayabileceklerdir.

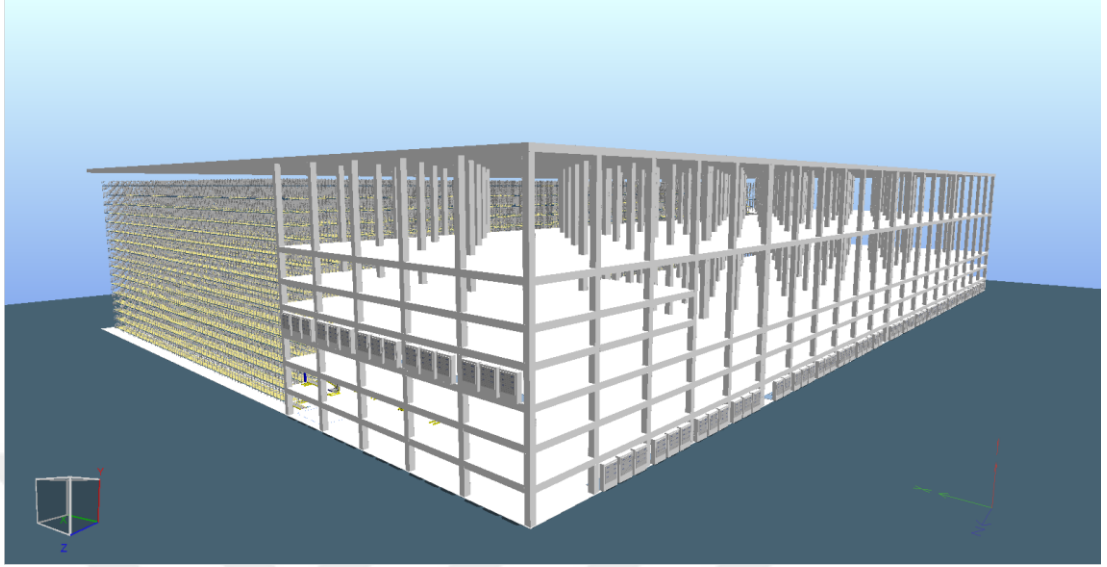
KAYNAKLAR

- Baker, P.** (2010). *The Principles of Warehouse Design*. Chartered Institute of Logistics and Transport in the UK, İngiltere
- Baker, P. ve Canessa, M.** (2009). *Warehouse Design: a structured approach*. European Journal of Operational Research, 193, 425-436.
- Bartholdi, J. J. ve Hackman, S. T.** (2002). *Warehouse & Distribution Science*. Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA
- Baskak, M.** (2019) . *Depolama Sistemleri ve Depo Yönetimi Basılmamış Ders Noları*
- Birsel A., ve Cerit G.,** 2010. *Lojistik İşletmelerin Kuruluş Yeri Seçiminde Arazi Faktörü*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik İşletmeleri Anabilim Dalı, İzmir.
- Çaka, E.** (2012) *Tedarik Zinciri Yönetiminde Choquet Yöntemiyle Depo Yeri Seçimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- De Koster R., Le-Duc T. ve Roodbergen K.J.** (2007) *Design and Control of Warehouse Order Picking: A Literature Review*, European Journal of Operational Research, 182, 481–501.
- Dinçer, F.** (2018) *Bir İlaç Deposunun Birliktelik Analizi Kullanılarak Yerleştirilmesi ve Sipariş Toplama Sürecinin İyileştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli
- Durmuş, A.** (2010) *Lojistikte Depo Yer Seçimine Etki Eden Faktörlerin Modellenmesi: İstanbul Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Ekol Lojistik** (2019). *Ekol Lojistik Basılmamış Eğitim Dokümanı, Fasikül 3-6*
- Eldrandaly K., Eldin N., Sui D.,** (2003) *A COM-based spatial decision support system for industrial site selection*, Journal of Geographic Information and Decision Analysis, 7, 72-92, Texas A&M University, Texas, Amerika
- Erdal M. ve Çancı.** (2003) *M., Lojistik Yönetimi Freight Forwarder El Kitabı 1, 1.* Basım Utikad Yayını, Erler Matbaası, İstanbul, 2003
- Frazelle E.H., Apple J.M.** (1994), *Warehouse Operations in the Distribution Management Handbook*, 2nd ed., McGraw Hill, New York
- Gray, A. E., Karmakar, U. S. ve Seidmann, A.** (1992). Design and Operation of an Order-Consolidation Warehouse: Models and Application. European Journal of Operational Research, 58, 14-36
- Gu, J., Goetschalckx ve M., McGinnis, L. F.** (2007). Research on Warehouse Operation: A Comprehensive Review. European Journal of Operational Research, 177, 1-21.

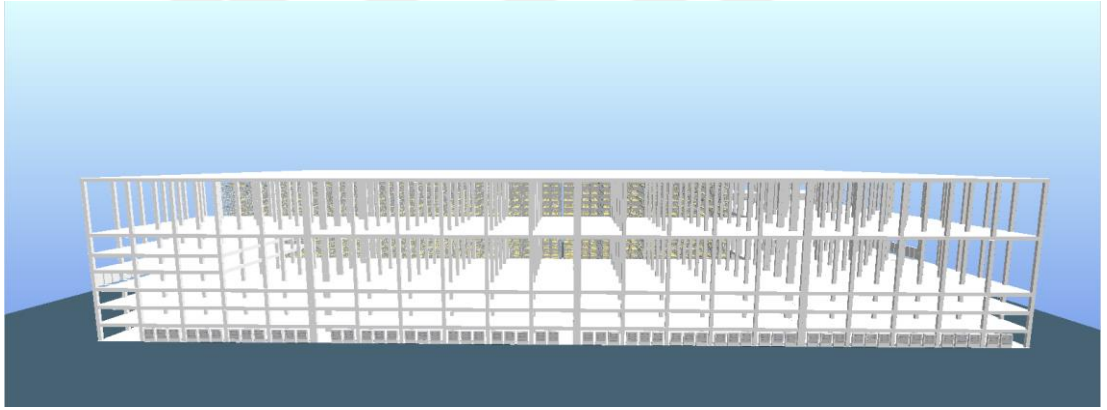
- Gürdal, S. (1984).** Fiziksel Dağıtım İşlevi Olarak Depolama ve Depo Yeri Seçimi ve Türk İçki Sanayinde Uygulama. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Karakış, İ. (2014)** *Dağıtım Merkezi Depolarına İlişkin Hiyerarşik Depo Tasarım Metodolojisi Konvansiyonel/Otomatik Depo Karar Problemine İlişkin Analitik Bir Model*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G. J., Mantel, R. J., Zijm, W. H. M. (2000).** *Warehouse Design and Control: A Framework and Literature Review*. European Journal of Operational Research, 122, 515-533.
- Tanyaş, M., Baskak M. (2012).** *Farklı Açılardan Depoların Sınıflandırılması, Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, Konya, Türkiye 10-12 Mayıs 2012.
- TÜBİTAK (2006).** *Lojistik Araştırma Raporu, Proje no:35*, Tübitak & Ulaştırma Bakanlığı, 28-30 Nisan 2006, Ankara.
- Yıldıztekin A. (2004).** *Ambar Dergisi*, 2004, 9, 20–26.

EKLER

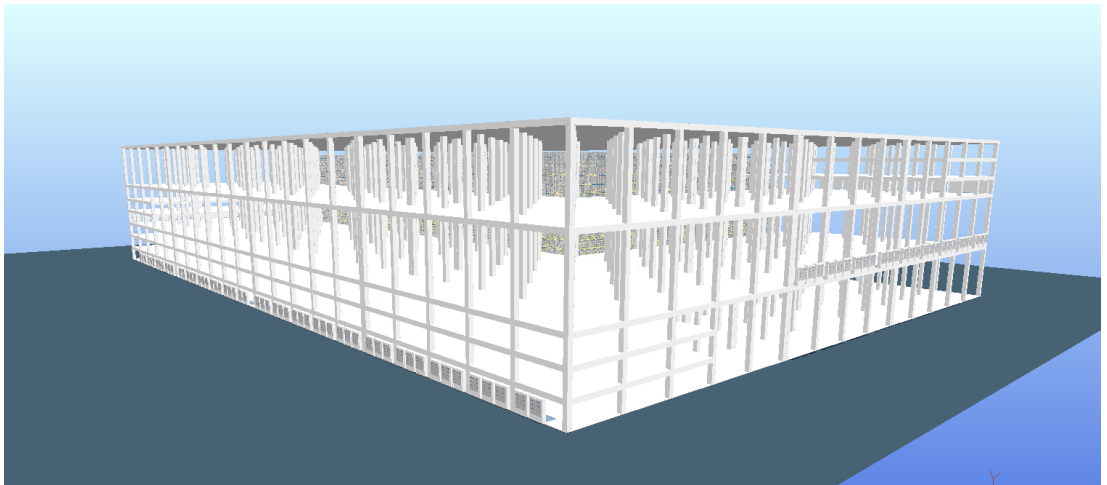
EK A



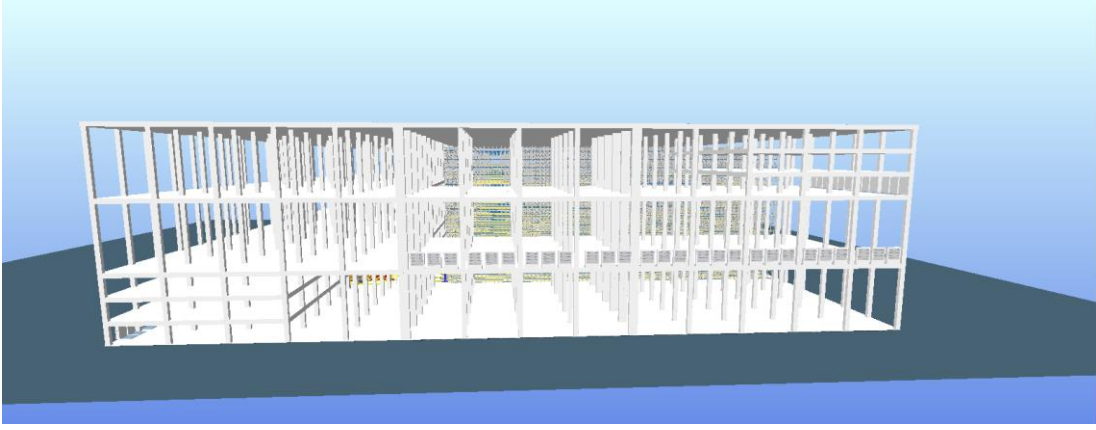
Şekil A.1 : Sol çapraz görünüş.



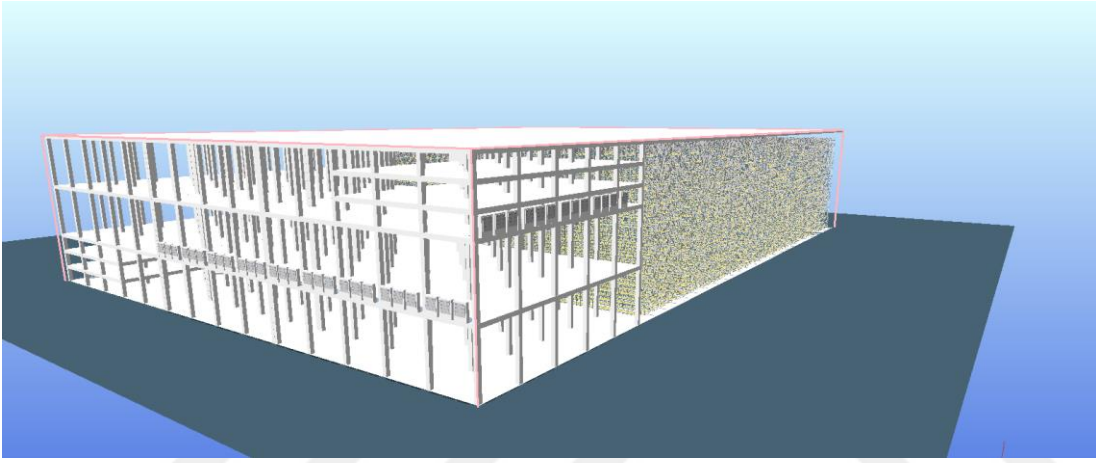
Şekil A.2 : Ön görünüş.



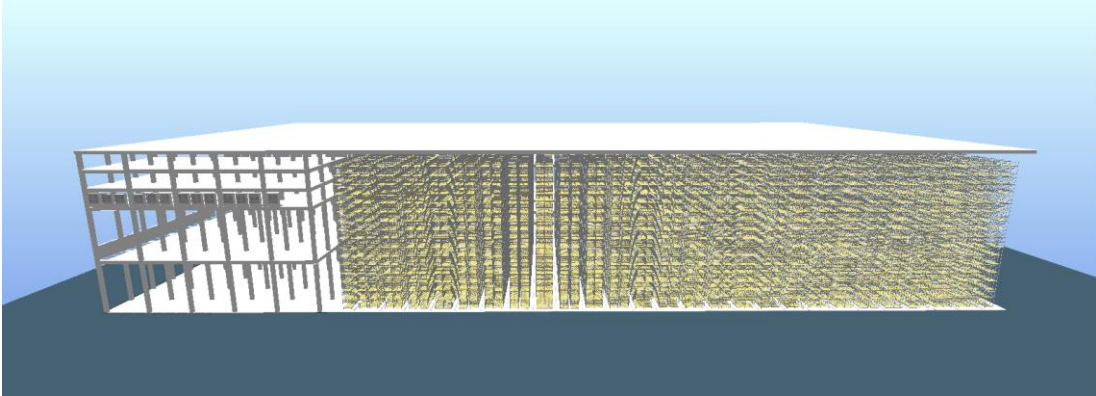
Şekil A.3 : Sağ çapraz görünüş.



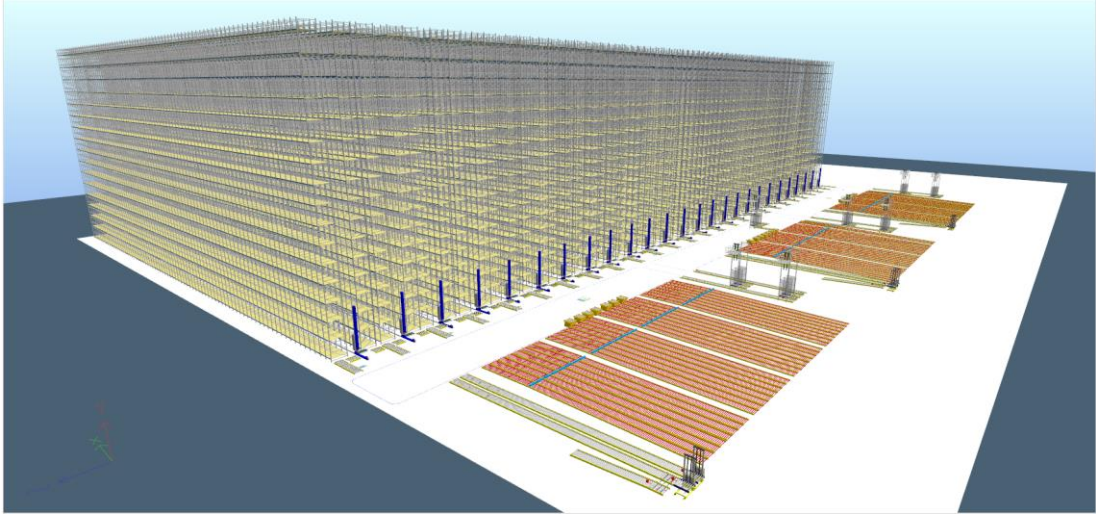
Şekil A.4 : Sağ yan görünüş.



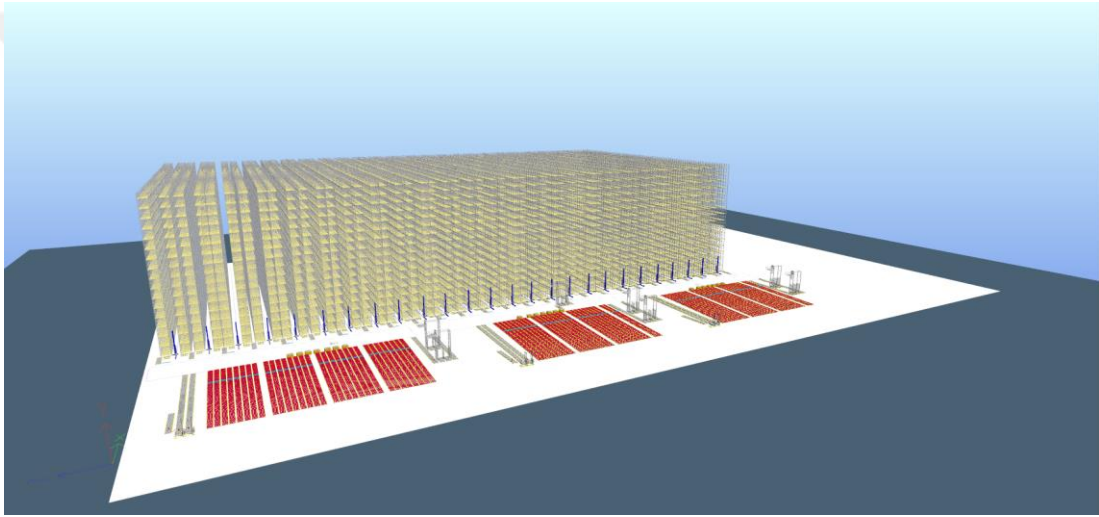
Şekil A.5 : Arka çapraz görünüş.



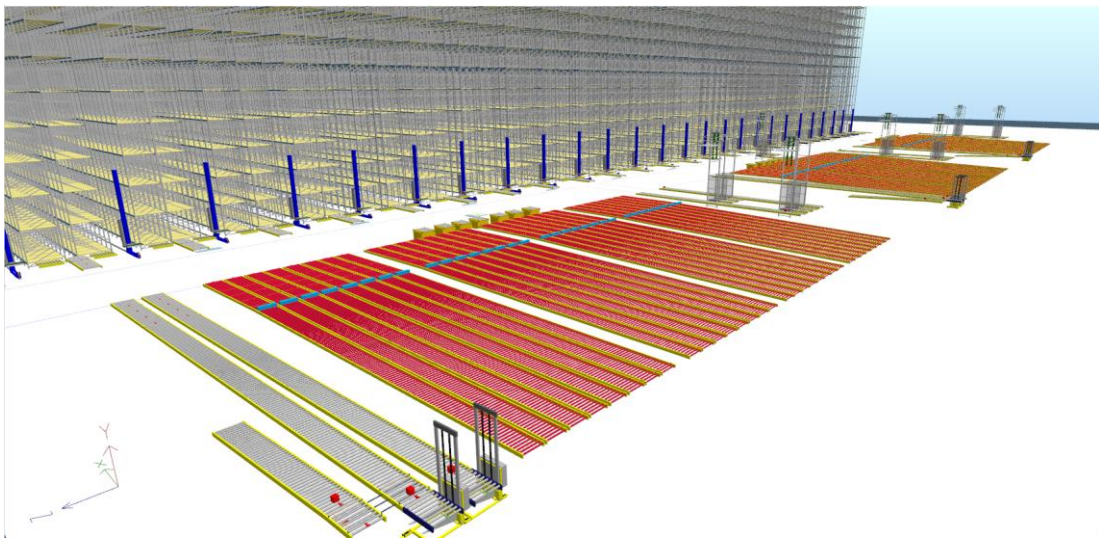
Şekil A.6 : Arka görünüş.



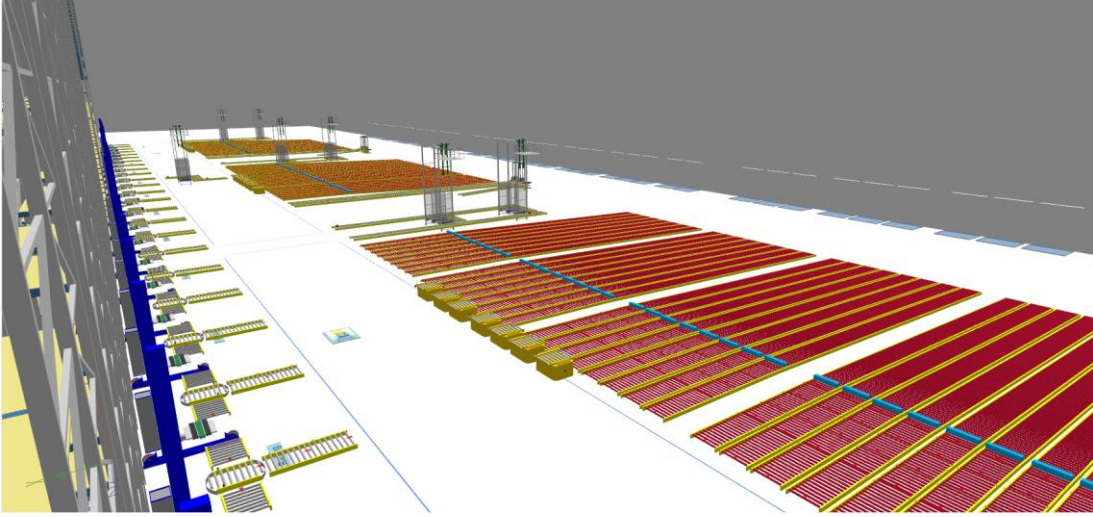
Şekil A.7 : Rampa alanı -1.



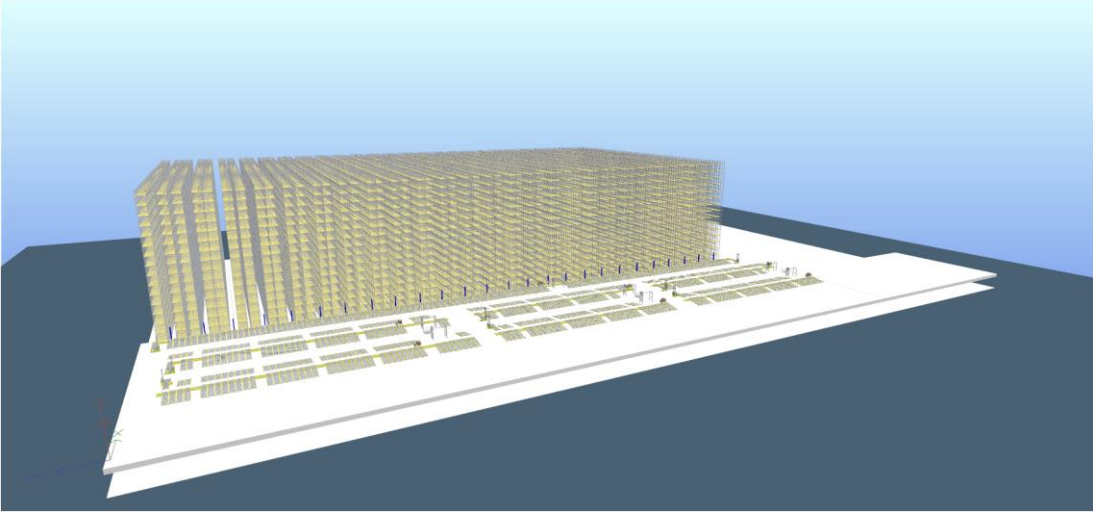
Şekil A.8 : Rampa alanı -2.



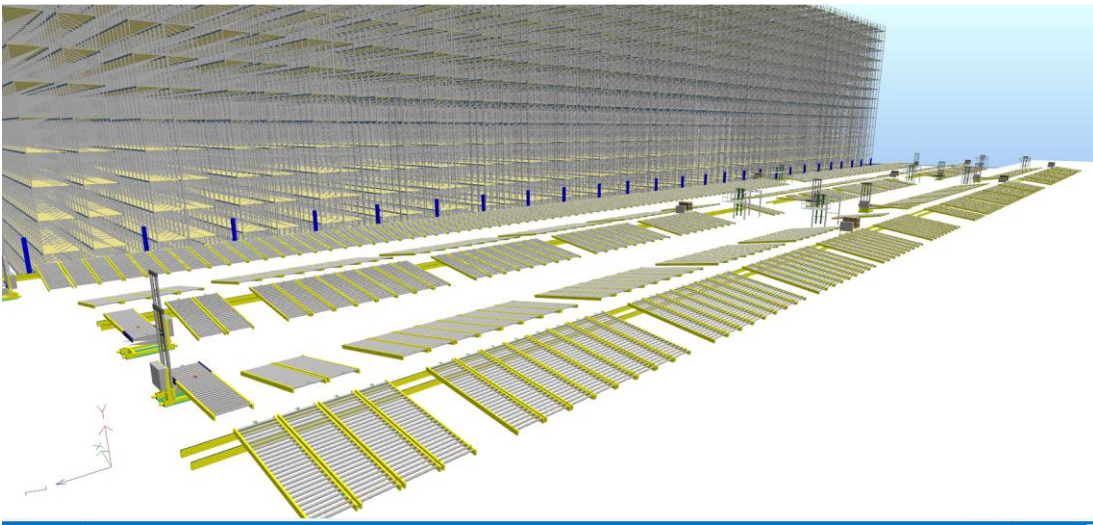
Şekil A.9 : Rampa alanı -3.



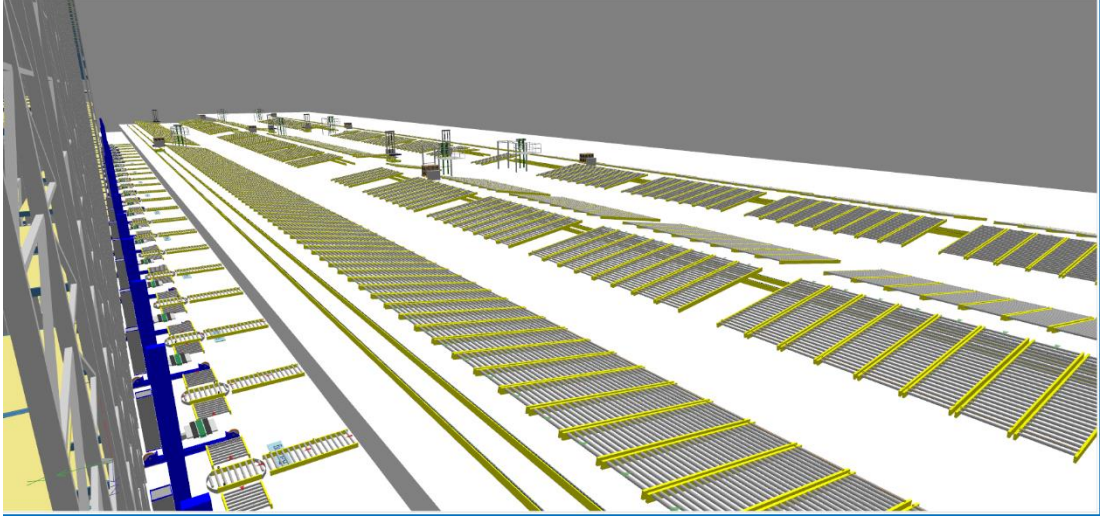
Şekil A.10 : Rampa alanı -4.



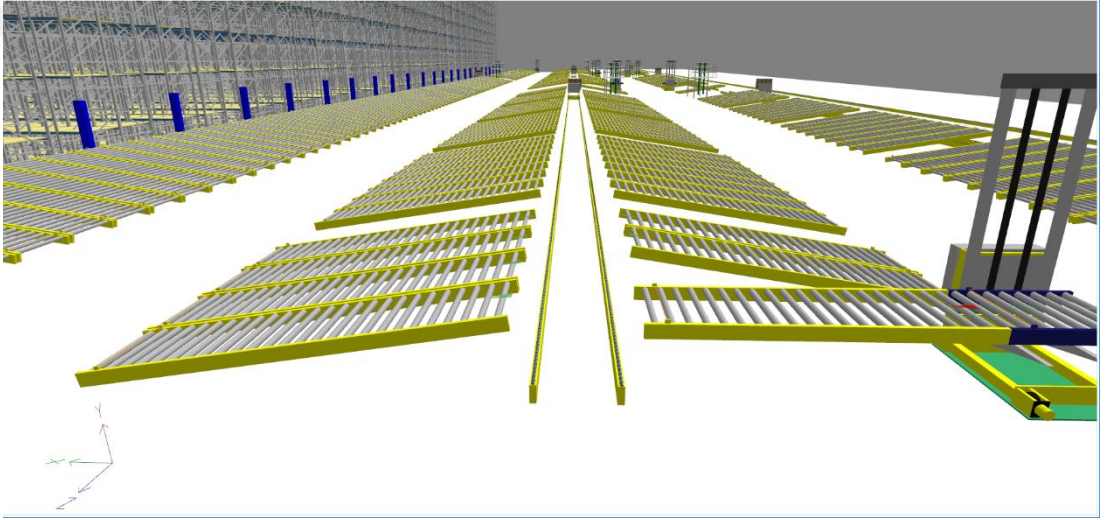
Şekil A.11 : Arakat -1.



Şekil A.12 : Arakat -2.



Şekil A.13 : Arakat -3.



Şekil A.14 : Arakat -4.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Yasin Emre Buran
Doğum Tarihi ve Yeri : 08.12.1987 Nevşehir
E-posta : emreburan@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : Halen, İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Mühendislik Yönetimi Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Bosch Siemens Ev Aletleri (BSH)'nde Haziran 2008 – Aralık 2009 tarihleri arasında yarı zamanlı SAP projesi personeli olarak görev yapmıştır.
- Ekol Lojistik'te Kasım 2012'den itibaren Kontrat Lojistiği İş Geliştirme Departmanı'nda görev almakta, 2018 yılından itibaren Tasarım Mühendisliği Sorumlusu pozisyonunda bulunmaktadır.
- 2011 yılında İTÜ İMK Sanal İşletme Oyunu'nu ekip arkadaşlarıyla birlikte kazanmıştır.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

