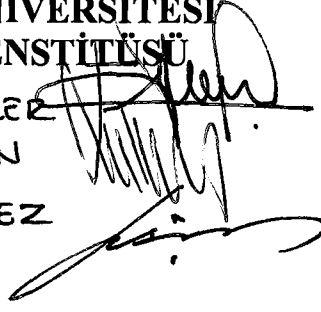


**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Doç. Dr. Mesut ÖZGÜRLER
Prof. Dr. Turay GÖKÇEN
Prof. Dr. Nisan SÖNMEZ



MALZEME İLETİM SİSTEMLERİ

106403

Mak.Müh. İbrahim YURDAKUL

F.B.E Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

106403

Tez Danışmanı

: Doç.Dr. Mesut ÖZGÜRLER

İSTANBUL, 2001

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANLASYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Malzeme Taşıma Kavramı	1
1.2 Malzeme Taşımanın Amaçları	1
1.3 Malzeme Taşıma Sisteminin Prensipleri	2
1.3.1 Prensiplerin Uyumunu	4
1.3.2 Prensiplerin Uygulanmasındaki Zorluklar	5
1.4 Malzeme Taşıma Araçları	5
1.4.1 Konveyörler	8
1.4.2 Vinçler ve Ceraskallar	9
1.4.3 Çekici Araçlar	10
1.5 Mekanizasyon Derecesi	11
1.6 Birim Yük Kavramı	12
1.7 Malzeme Taşıma Maliyeti	13
1.8 Malzeme Taşıma İle Fabrika Yerleşimi Arasındaki İlişki	14
1.9 Malzeme Taşıma Sistemi Tasarımı	16
1.10 Malzeme İletim Sistemleri Analizi	16
1.10.1 Malzeme ve Hareket Durumlarının Karşılaştırılması	16
1.10.2 Malzeme İletim Analiz Teknikleri	18
1.11 Malzeme İletiminin Kuralları	22
1.12 Analizcilerin Karşılaştığı Problemler	23
1.13 Tasarımın Özellikleri	24
1.14 Mevcut Bir Malzeme Taşıma Sisteminin Analizi	25
1.15 Verimlilik Oranları	29
1.16 Malzeme Taşımada Kullanılan Ekipmanlar	31
1.16.1 Ekipman Tipleri	31
1.16.2 Ekipman Tanımları	33
1.16.2.1 Yerçekimli Konveyörler	33
1.16.2.2 Bantlı Konveyörler	35
1.16.2.3 Rulolu Konveyör	36
1.16.2.4 Oluklu Konveyör	38
1.16.2.5 Levha Konveyör	39

1.16.2.6	Vidalı Konveyör.....	40
1.16.2.7	Zincirli Konveyör.....	40
1.16.2.8	Asma Tek Raylı Konveyör	42
1.16.2.9	Arabalı Konveyör.....	49
1.16.2.10	Tekerlek Konveyör.....	51
1.16.2.11	Çekici Konveyör	51
1.16.2.12	Kova Tipli Konveyör.....	52
1.16.2.13	Hatta ki Taşıyıcı Konveyör.....	52
1.16.2.14	Pnömatik Tüp Sistem	52
1.16.2.15	Tek Kollu Palet Konveyör	53
1.16.2.16	Tek Kollu “Crousel” Konveyör	54
1.16.2.17	Zemin Altı Çekme Hatlı Konveyör.....	54
1.16.2.18	Apron Konveyör.....	55
1.16.2.19	Hava Yatakları	55
1.16.2.20	Vinç Sistemleri.....	56
1.16.2.21	Asma Vinçler / Köprü Vinçler	57
1.16.2.22	Hidrolik Makas Kaldırma Elemanı	60
1.16.2.23	El Arabası / Yük Vagonu.....	60
1.16.2.24	Katlı Platform Vagonu.....	61
1.16.2.25	Palet Kaldıraç.....	61
1.16.2.26	Motorlu El Vagonu.....	62
1.16.2.27	Motorlu Platform Vagonu.....	62
1.16.2.28	Çatallı Vagon (Forklift)	63
1.16.2.29	Dar Koridor Vagonları.....	65
1.16.2.30	Traktör Römork Konvoyu	68
1.16.2.31	Malzeme Kaldırıcı.....	69
1.16.2.32	Silindir Tipli Vagon.....	69
1.16.2.33	Silindir Tipli Kaldıraç.....	69
1.16.2.34	İki Tekerlekli Yük Taşıyıcısı	70
1.16.2.35	AGV Sistemi	70
1.16.3	Yardımcı Malzeme Taşıma Elemanları.....	76
1.16.3.1	Palet.....	76
1.16.3.2	Kutu.....	77
1.16.3.3	Taşıma Sandığı.....	77
1.16.3.4	Takoz.....	77
1.16.3.5	Optik Kod Okuyucu	78
2.	MALZEME İLETİM SİSTEMİ DİZAYNI.....	79
2.1	Malzeme İletim Sistemi	79
2.2	Malzeme İletim Sistem Dizaynındaki Genel Karşılaştırmalar	79
2.3	Dizayn Dönüşümü.....	80
2.3.1	Teknik İş İhtiyaçlarının Belirlenmesi	80
2.3.1.1	Gelecek Üzerinde Düşünmek	80
2.3.1.2	Servisin Gerektirdikleri	81
2.3.1.3	Hacim İhtiyaçları.....	81
2.3.1.4	Ürün Karakteristikleri.....	82
2.3.1.5	İş Yapma Karakteristikleri.....	83
2.3.1.6	Maliyet İhtiyaçları	83
2.3.1.7	Proses Zorlamaları.....	84
2.3.2	Seçenekleri Belirlemek.....	84
2.3.2.1	Seçeneklerin Değerlendirilmesi için Genel Kurallar.....	84

2.3.2.2	Bilgilendirme Sistemleri Değerlendirilmesi	85
2.3.2.3	Ekipman Seçimi	86
2.3.2.4	Ekipmanla Prosesin Birbirini Tamamlaması	87
2.3.2.5	Esneklik	87
2.3.2.6	Ergonomik Önem	87
2.3.3	Seçeneklerin Değerlendirilmesi	87
2.3.4	Yatırımın Geri Dönüşünün Hesaplanması (Amortisman)	89
2.4	Konveyör Sistemlerinin Tasarımı	89
2.4.1	Rotalama ve Diğer Fonksiyonlar	89
2.4.2	Konveyör Sistemlerinin Nicel (kuantitatif) İlişkileri ve Analizi	90
2.4.3	Tek Yön Konveyörü	90
2.4.4	Sürekli (kapalı) Döngü Konveyörü	91
2.4.5	Dolaşmayan Konveyör	92
2.5	AGV Sistemlerinin Tasarımı	94
2.5.1	Araç Yönlendirme ve Rotalama	94
2.5.2	Trafik Kontrolü ve Güvenlik	96
2.5.3	Sistem Yönetimi	98
2.5.4	AGV Sistemlerinin Nicel Analizi	100
2.6	Örnek Malzeme İletim Sistemi Tasarımı	107
2.6.1	Veriler	107
2.6.2	Önerilen Çözüm	108
2.7	Örnek Malzeme İletim Sistemi Tasarımı	112
2.7.1	Veriler	112
2.7.2	Power & free Konveyör Uygulaması	113
2.7.3	Rulolu Konveyör Uygulaması	114
3.	İKİ SİSTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI VE SONUÇ	115
KAYNAKLAR		117
EKLER		119
Ek 1 Arka kapak kutusu		120
Ek 2 Ön kapak kutusu		121
Ek 3 Sistem		122
Ek 4 Power and free sistemi		123
Ek 5 Askı ve test kutusu		124
Ek 6 Rulolu konveyör sistemi		125
Ek 7 Rulolu konveyör ve test kutusu		126
ÖZGEÇMİŞ		127

SİMGE LİSTESİ

Eh	Malzeme iletim sisteminin verimi
Ft	Trafik faktörü
Le	Boş hareket mesafesi
Ld	Teslim mesafesi
n_c	Sistemdeki taşıyıcıların sayısı
n_p	Birim yükteki parça miktarı
p	Ekipman sayısı
q	Hareket sayısı
Rf	Parça akış oranı
Sc	Taşıyıcılar arası mesafe
Th	Yükleme ve boşaltma zamanları
T_L	Konveyör yükleme zamanı
TTW	Toplam transfer işi
Tu	Konveyör boşaltma zamanı
Tv	Konveyör teslimat zamanı
TW	Transfer işi

KISALTMA LİSTESİ

AGV	Otomatik Kılavuzlu Araç
ASP	Koridor Boşluğu Yüzdesi
AS/RS	Otomatik Depolama Sistemi
DL	Hasarlı Yük Oranı
EİS	Esnek İmalat Sistemleri
ER	Enerji Oranı
HEU	Taşıma Ekipman Kullanım Oranı
M/O	Hareket / İşlem Oranı
MCE	Üretim Döngüsü Etkinliği
MHI	Malzeme Taşıma Enstitüsü
MHL	Malzeme Taşıma – İşçi Oranı
MTS	Malzeme Taşıma Sistemi
SSU	Depo Yeri Kullanım Oranı
UV	Ültraviyole

Şekil 1.1	Şekilde farklı yükleme ve boşaltma istasyonları arasında malzeme iletimi.	20
Şekil 1.2	Bantlı konveyör (Robeson, 1994)	36
Şekil 1.3	Rulolu konveyörde bitmiş ürün sevki (Digitron AG.)	37
Şekil 1.4	Rulolu konveyörde barkod işleme (Digitron AG.)	37
Şekil 1.5	Rulolu Konveyör (Robeson, 1994)	38
Şekil 1.6	Levha konveyör (Digitron AG.).....	40
Şekil 1.7	Zincirli konveyör montaj hattında (http://www.schierholz.com)	41
Şekil 1.8	Zincirli konveyör ile rulolu konveyör arasında malzeme transferi (http://www.schierholz.com)	42
Şekil 1.9	Otomotiv sektöründe elektrikli asma konveyör hattı (http://www.schierholz.com)	43
Şekil 1.10	Otomotiv sektöründe elektrikli asma konveyör hattı (http://www.schierholz.com)	43
Şekil 1.11	Tekstil sektöründe elektrikli asma konveyör hattının liftli uygulaması (http://www.schierholz.com)	44
Şekil 1.12	Elektrikli asma konveyör hattının otomotiv montaj hattında kullanımı (http://www.schierholz.com)	44
Şekil 1.13	Power & free konveyör hattını ön depolamada (http://www.schierholz.com)	47
Şekil 1.14	Power & free hattının fabrika içinde akış planı (Sheth, 1995)	48
Şekil 1.15	Power and free asma konveyör hattı Arçelik Eskişehir (http://www.swisslog.com)	48
Şekil 1.17	Sprey boyamada kullanılan konveyör hattı (http://www.schierholz.com)	50
Şekil 1.18	Tekerlek konveyör (Robeson, 1994)	51
Şekil 1.19	Hatta ki konveyörün çalışma prensibi.	53
Şekil 1.20	Hava yastığı ağır yüklerin taşınmasında kullanılır. (Modern materials handling, Ekim 1993)	56
Şekil 1.21	Vinç sistemlerinin farklı tipleri (Sheth, 1995)	57
Şekil 1.22	Köprü vinç (Sheth, 1995)	58
Şekil 1.23	Tek ayaklı portatif yer vinci (Sheth , 1995)	59
Şekil 1.24	Jib vinç (Sheth, 1995)	60
Şekil 1.26	Palet kaldırıcı (Robeson, 1994)	62
Şekil 1.27	Karşı ağırlıkla dengelenmiş forklift (Sheth, 1995)	64
Şekil 1.28	Forkliftin ağırlık merkezi (Sheth, 1995)	64
Şekil 1.29	Yandan yüklemeli vagon (Robeson, 1994)	66
Şekil 1.30	Yandan yüklemeli vagon forklift'e göre alan karşılaştırması. (Sheth, 1995)	66
Şekil 1.31	Dar koridorlar için arkasız vagon (Sheth, 1995)	67
Şekil 1.32	Raf vagonu depolamada. (http://www.swisslog.com)	68
Şekil 1.33	Rulolu konveyörden malzeme transferi yapan AGV (Digitron AG.)	74
Şekil 1.34	Çatallı AGV'ler (Digitron AG.)	74
Şekil 1.35	Birim yük taşıyan AGV'ler (Digitron AG.)	75
Şekil 1.36	AGV'ler akülerini şarj ederken (Digitron AG.)	75
Şekil 1.37	Esnek imalat hücresinden malzeme transferi yapan AGV (Digitron AG.)	75
Şekil 1.38	AGV depodan malzeme alırken (Sheth, 1995)	76
Şekil 1.39	Barkod okuyucu (Robeson, 1994)	78
Şekil 2.1	Dizayn işlemi (Robeson, 1994)	80
Şekil 2.2	Tipik aktivite profili (Robeson, 1994)	82
Şekil 2.3	Seçeneklerin değerlendirilmesindeki dört anahtar bileşen (Robeson, 1994)	88
Şekil 2.4	Tek yön konveyörü	90

Şekil 2.5	Sürekli döngü konveyörü.....	91
Şekil 2.6	Kılavuz hat.....	95
Şekil 2.7	Bloklama yöntemi ile alan kontrolü	97
Şekil 2.8	AGV döngüsü	103
Şekil 2.9	AGV döngüsünün üretim sistemi planı	104
Şekil 2.10	AGV'ler trafikte (Digitron AG.).....	106
Şekil 2.11	AGV'lerin trafik sinyalleri ve sensörleri (Digitron AG.).....	106
Şekil 2.12	Power and free konveyör (http://www.schierholz.com).....	110
Şekil 2.13	Elektrikli asma konveyör kendinden liftli (http://www.schierholz.com).....	110
Şekil 2.14	Elektrikli asma konveyörün kutuları alıp bırakmasını sağlayan liftli taşıt (http://www..swisslog.com)	111



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1 Malzeme Taşıma Sisteminin Prensipleri (Singh, 1996).....	3
Çizelge 1.2 Malzeme iletim araçları tipleri (Kulwic,1985; Muther ve Haganas,1960; Tompkins ve White,1984).....	6
Çizelge 1.3 Malzeme iletim sisteminin sınıflandırılması	7
Çizelge 1.4 Malzemelerin karakteristikleri (Muther ve Haganas,1969).....	17
Çizelge 1.5 Araçların farklı istasyonlar arası teslimat sayıları.....	19
Çizelge 1.6 Farklı istasyonlar arası mesafeler.....	19
Çizelge 1.7 Malzeme Taşıma Sistemi Kontrol Listesi (Sheth,1995).....	28
Çizelge 2.1 Seçenekleri değerlendiren kurallar (Robeson,1994)	85
Çizelge 2.2 Bilgilendirme sisteminin özelliği (Robeson,1994)	86
Çizelge 2.3 İstasyonlar arası araçların teslimat sayıları.....	104
Çizelge 2.4 İstasyonlar arası mesafeler.....	105

ÖNSÖZ

Bu tezde malzeme iletim sistemleri ve bu sistemleri oluşturan iletim araçları anlatılmıştır. Malzeme iletim sistemi dizaynında izlenecek adımlar ve örnek dizaynlar anlatılmış olup. Malzeme iletim sistemlerinin avantajları ve dezavantajları belirtilmiştir. Örnek dizaynlar karşılaştırılmış ve uygun çözüm seçilmiştir.

Bu tezin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen tez hocam Doç. Dr. Mesut Özgürler'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Prof. Dr. Nişan Sönmez'e, Doç. Dr. H.İbrahim Erdem'e, örnek sistemlerin tasarlanmasında yardımcı olan Telectro Components GMBH'dan Yük.Mak. Müh. Süleyman Duman'a ve Beko Teknik A.Ş.'den End. Müh. Erkal Tansal'a teşekkür ederim.



ÖZET

Günümüzün üretim anlayışında verimliliği ve kaliteyi yükselten faktörlerin başında malzeme iletim sistemlerinin uygunluğu da sayılmaktadır. Bundan amaç; hammadenin, yarı mamul ve yarı mamul malzemenin en uygun biçimde, işlerin akışına (akış sırasına), depolama ve ürünün iş yerinden sevkını mümkün kılabilmeektir.

Bu çalışmada iki hedef gözetilmiştir; bunlardan birincisi , konvansiyonel taşıma sistemleriyle donatılmış üretim sahalarının revizyondan geçirilerek modern taşıma ilkelerine uygun hale dönüştürülmesi. İkincisi ise, kuruluşu planlanan bir üretim sahasının taşıma ve ileme teknolojisinin en son verilerine dayanarak bir iletim hattı ile donatılmasıdır.

Yukarıda sözü edilen her iki durumda da gözetilmesi gereken faktörler; iletimin minimum enerji yapılabilmesi, optimum bir hat üzerinde en kısa yoldan ve en kısa sürede yapılabilmesinin yanı sıra yardımcı insan gücüne en az ihtiyaç duyulması gibi faktörlerdir.

Revize edilmiş ya da yeni projelendirilmiş bir iletim sisteminin amaca uygunluğu ve verimliliği, yapılacak üretim konusunun özelliklerinin ayrıntılı biçimde etüdüne bağlıdır. Yapılacak ayrıntılı bir etütten elde edilmesi gereken sağlıklı verilerin başında üretim sahasının boyutsal özellikleri, kullanılmakta olan ya da kullanılacak olan makine parkının düzeni, ergonomiklik, iş ve işçi güvenliği, insan sağlığı ve çevre faktörleri gelmektedir. Üretim sahasında hacimden yapılacak tasarruflar bir yandan yatırım maliyetlerini, diğer yandan da işletmedeki sabit giderleri düşürmektedir.

Modern malzeme taşıma sistemlerinde giderek hakim olmaya başlayan başkaca bir prensip de, iletim hattının gereğinde imalat ve montaj hattı olarak da kullanılabilmesidir. Sistemdeki bu özellik, üretim sürecine esnek imalat üstünlüğünü getirdiğinden, ürün maliyetini ve iş gücü kullanımını önemli oranda düşürmektedir.

Sayılan bu faktörlerden bazıları zaman zaman birbiri ile çelişirler. Dolayısıyla bir taşıma sistemi projesinin başarı düzeyi, yukarıda özetle verilmiş olan faktörlerin uygun bir optimizasyonu ile ortaya çıkar. Bu ise, doğrudan bir maliyet sorununu ortaya çıkarır. Projelendirmenin son aşaması ise, tasarlanmış olan taşıma sisteminin bütünü, toplam kuruluş projesi içinde taşıma sistemi için ön görülmüş olan yatırım sınırları içinde yeniden ele almaktır.

Yapılan çalışmada, üretimini sürdürmekte olan bir kuruluşun mevcut konvansiyonel taşıma sisteminin modern taşıma sistemi anlayışına ve prensiplerine göre yeniden düzenlenmesi için, yukarıdaki ilkeler göz önünde tutularak ölçümler yapılmış, optimum maliyetle bir taslak geliştirilip sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Malzeme iletim sistemleri, sistem dizaynı, malzeme iletim araçları

ABSTRACT

Today's production comprehension heading factors that increasing productivity and quality including suitably of material handling systems. Purpose of this, sending raw materials, half products and half product materials in most suitable way by order flow from ware houses and working places.

In this work there are two targets. First one, revision of production areas equipped with conventional handling systems to modern handling principles. Second one, planning establishing production area with equipping material handling system using latest handling system using latest handling technology.

Factors that we must respect both situation that mentioned above. Factors like handling with minimum energy, handling in a shortest way and time on an optimum line, also using minimum assistant man power.

Revisioning or projecting new material handling systems suitably for purpose and productivity can be possible by detailed studying on production topic and features. After detailed study we must get healthy datas and heading of these datas, dimensions of production area, positions of used or going to be used machine groups, ergonomics, safety of work and workers, human health and surrounding factors. Savings in production area volume, reducing investment costs and fixed costs.

Another principle dominating modern material handling systems, if necessary handling line can be used as production and assembly line. This feature of system, provides flexible production superiority to production process and this reduces important ratio of product cost and occupation energy.

Some of the mentioned factors some times contradict with each other. So success level of handling system project becomes with optimization of suitable factors. This makes direct cost problem. Last step of project is, considering the whole handling system plan again in the limits of investment established by construction project.

In the study, establishment that still works on progress with conventional handling system and turning this conventional system to modern handling system with principles mentioned above. Measurements were adapted to these principles. Draft with optimum cost developed and presented.

Key Words: Material handling systems, system design, material handling vehicles

1. GİRİŞ

1.1 Malzeme Taşıma Kavramı

Endüstriyel devrim (18.yy. sonları ve 19.yy. başları) bu gün bizim bildiğimiz fabrikalardaki modern endüstriyi başlattı. Eski endüstri ile yenisi arasında ki fark, makinelerin işçilerin prodüktivitesini ve iş miktarını arttırmasında yatar. Fabrika sistemleri geliştikçe, imalatta ve dağıtımdaki operasyonlarda malzeme iletim sistemlerine olan ihtiyaç arttı ve çeşitlendi.

Malzeme iletim sisteminin genel bir tanımını yapmak kolay değildir. Malzeme iletim sistemini tanımlamakta malzemelerin iletimidir demek pek tatmin edici olmaz, çünkü Malzeme iletim sistemleri, hareket ettirme, paketlenme, depolama ve kontrol etme işlemlerini kapsar. Ayrıca malzemeler, posta sistemindeki mektuptan, bankadaki paraya kadar her şey olabilir.

Konuya mühendislik açısından baktığımızda, Malzeme Taşıma Enstitüsü (MHI) tarafından verilen tanım şöyledir”Malzeme taşıma, iş koluna ait yerleşim limitlerine göre ve makine veya ekipmanlar yardımıyla, yarı katı veya katı durumdaki hacimli veya paketlenmiş ürünlerin hareketlerine ait temel operasyonların tümünü kapsamaktadır.” Her sistem kullanılacağı yere ve ileteceği malzemeye göre dizayn edilmelidir.

Malzeme iletim sisteminin ürüne değer katmadığı açıktır, fakat malzeme iletim sisteminin doğru yapılmasının, üretimde kazançta etkin rolü vardır. Harrington (1973) belirttiğine göre, malzeme iletiminin toplam maliyetin %30 ile %75’ine karşılık gelir ve verimli bir malzeme iletimi işletmenin maliyetini %15 ile %30 arasında düşmesini sağlar. Malzeme iletim sistemleri endüstrisi 1977’de ki 20 milyar dolardan 1990’da 52 milyar dolara ulaşmıştır (Cleland, 1990).

1.2 Malzeme Taşımanın Amaçları

Malzeme iletim sisteminin amacı, ham maddeyi, prosesteki işi, biten parçaları, malzemeleri, ekipmanları bir yerden başka bir yere taşımak ve üretimdeki operasyonları beslemektir. Malzeme iletimi güvenli, ucuz, zamanında, doğru yerde, doğru miktarda ve iletilen malzemelere hasar vermeden yapılmalıdır.

Malzeme kontrolünde, malzeme iletim sistemindeki malzemelerin bilinmesi de önemlidir. Bir fabrikadaki operasyonlarda, malzemenin ilk bulunduğu yer, şu anki yeri ve gelecekteki yerinin bilinmesi önemlidir.

Bir malzeme taşıma sisteminin (MTS), doğru bir şekilde planlanması ve incelenmesi temelde iki faktöre bağlıdır. İlki, daha önce de belirtildiği gibi malzeme taşıma maliyetlerinin, üretim maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturmalarıdır. İkincisi ise, malzeme taşıma sisteminin, içinde bulunduğu tesisin tasarımını ve operasyonlarını etkilemesidir. Bu iki faktör, malzeme taşıma sisteminin temel amaçlarını ortaya çıkarmaktadır. Buna göre, malzeme taşıma sisteminin amaçları aşağıda verilmiştir:

- 1) Gerektiği yerde ve gerektiği zamanda malzemeleri temin ederek malzeme akış etkinliğini artırmak,
- 2) Malzeme taşıma maliyetini azaltmak,
- 3) Tesis kullanım oranını arttırmak,
- 4) İş güvenliği ve çalışma şartlarını geliştirmek,
- 5) Üretim proseslerini kolaylaştırmak,
- 6) Prodüktiviteyi arttırmak.
- 7) Yüksek esneklik sağlamak,
- 8) Malzeme ve bilgi akışı bütünlüğünü geliştirmek.

1.3 Malzeme Taşıma Sisteminin Prensipleri

Malzeme taşıma sisteminin denklemi aşağıdaki gibi formüle edilmiştir (Dorf ve Kusiak, 1994):

$$\text{Malzemeler} + \text{Hareketler} + \text{Metotlar} = \text{En iyi sistem} \quad (1.1)$$

Bir malzeme taşıma sisteminin tasarlanması ve işletimi, çok sayıda konunun göz önüne alınmasından dolayı oldukça karmaşık bir iştir. Başarılı bir malzeme taşımanın elde edilmesi için izlenecek kesin kurallar bulunmamaktadır. Ancak, sistem maliyetini azaltan ve etkinliği artıran bazı temel noktalar bulunmaktadır. Bu temel noktalar, malzeme taşıma sisteminin prensiplerini oluşturmaktadır. Malzeme taşıma sistemin 20 temel prensibi Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Buradaki prensipler, amaçların elde ediliş şekline göre farklı şekilde derlenmektedir. Örneğin, taşıma maliyetini azaltmak için, malzeme hareketlerini doğru planlayarak, malzemelerin ihtiyaç duyulan yerlere ilk seferde duraklamadan ileterek, forklift araçları, paletler, kasalar ve konveyörler gibi uygun malzeme taşıma ekipmanları kullanarak, eski ekipmanların yerine yeni ve daha etkin sistemleri kullanarak ve boş ağırlığın (palet, kasa vb.) yük ağırlığına olan oranı azaltılarak gereksiz taşımalar ortadan kaldırılabilir.

Ayrıca, ihtiyaç anında ham maddelerin ve alt montaj parçalarının dağıtımı ile tezgah operatörlerinin bekleme zamanı azaltılmakta ve operatörün hızına uygun sabit bir iş hareket hızı sağlanarak prodüktivite arttırılmaktadır.

Çizelge 1.1 Malzeme Taşıma Sisteminin Prensipleri (Singh, 1996)

Prensipler	Açıklamalar
1. Planlama	Bütün malzeme taşıma ve stoklama faaliyetleri maksimum çalışma verimliliğini sağlamak için planlanmalıdır.
2. Sistem Akışı	Satın alma, stoklama, üretim, muayene, paketlenme, son ürün stoklama, sevkiyat, taşıma ve müşteri faaliyetleri malzeme taşıma işlemleri açısından tek bir sistem içinde birleştirilmelidir.
3. Malzeme Akışı	Malzeme akışını optimize eden bir operasyon sırası ve ekipman yerleşimi sağlanmalıdır.
4. Basitleştirme	Gereksiz hareket ve/veya ekipmanları azaltarak, elimine ederek veya birleştirerek taşıma işlemi basitleştirilmelidir.
5. Yerçekimi	Uygulanabilir her yerde malzemenin taşınması için kendi ağırlığı veya yerçekiminden faydalanılmalıdır.
6. Alan Kullanımı	Bina alanı optimum olarak kullanılmalıdır.
7. Birim Boyut	Birim yüklerin veya akış hızının miktarı, boyutu veya ağırlığı arttırılmalıdır.
8. Mekanizasyon	Malzeme taşıma işlerinde makine kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
9. Otomasyon	Üretimde, taşımada ve depolama fonksiyonlarında otomasyona gidilmelidir.
10. Ekipman Seçimi	Taşıma ekipmanının seçiminde, taşınacak malzeme, hareket ve kullanılacak metot her yönüyle incelenmelidir.
11. Standardizasyon	Taşıma ekipmanlarının tip ve boyutlarıyla beraber malzeme taşıma metotlarının standartlaştırılması gerekir.
12. Adaptasyon	Özel amaçlı ekipmanlar faydalı olmadığında, birçok amaca ve uygulamaya yönelik metot ve ekipman kullanılmalıdır.
13. Boş Ağırlık	Malzeme taşıma ekipmanının boş ağırlığının taşınan yükün ağırlığına oranı azaltılmalıdır.
14. Kullanım	Malzeme taşıma ekipmanı ve insan gücünün optimum kullanımı için plan yapılmalıdır.
15. Bakım	Tüm taşıma ekipmanları için önleyici bakım ve çizelgelenmiş onarımların planlanması gerekir.
16. Modernleştirme	İşlemleri iyileştirebilecek daha etkili metot ve ekipmanların, modası geçmiş yöntem ve ekipmanlar ile yer değiştirilmesi gerekir.
17. Kontrol	Üretim, envanter kontrolünü ve siparişin geliştirilmesi için malzeme taşıma faaliyetleri kullanılmalıdır.
18. Kapasite	Arzulanan üretim kapasitesini elde etmek için taşıma ekipmanları kullanılmalıdır.
19. Performans	Birim yük için yapılan harcamalar cinsinden taşıma performansının etkinliği hesaplanmalıdır.
20. İş Güvenliği	Güvenli taşıma için uygun metot ve ekipmanlar kullanılmalıdır.

Doğru bir malzeme taşıma sistemiyle prodüktiv olmayan faaliyetleri elimine ederek, hatalı

parçaların iş istasyonuna gelmeden montaj hattından çıkartarak, standart dışı ve tek ekipman kullanmayarak ve tüm fabrikadaki malzeme hareketlerini koordine ederek, işletmedeki tüm çalışanlar daha prodüktif olabilmektedir.

Atölye alanında minimum miktarda stok gerektirecek malzeme taşıma ekipmanı ve üretim çizelgeleri kullanarak, malzemelerin üretimi engellemeyecek (örneğin malzemelerin, operatörün iş yapmasını engellememesi için tezgahlara çok yakın olarak toplanmaması) alanlarda toplanması ve istasyonlar arasında düzgün malzeme akışına izin veren tesis yerleştirmesi düzenleyerek atölye alanından tasarruf sağlanabilmektedir.

Malzemeleri mümkün olan yerlerde yerçekimi özelliğinden faydalanılarak taşınması ve ağır malzemelerin kaldırılması ve taşınması için uygun iş güvenliği özelliklerine sahip malzeme taşıma ekipmanlarının kullanılması ile iş kazaları büyük ölçüde azaltılabilir.

Yukarıda belirtilen prensiplerden bazılarının uygulanması oldukça basittir. Örneğin, yerçekimi prensibinin uygulanması, olukların kullanılmasıyla uygulanabilir. İş güvenliği prensibinin uygulanması ise, yaralanmalara neden olan manuel taşımaların azaltılması veya ortadan kaldırılmasıyla olmaktadır.

Alan kullanım prensibinde, malzemelerin üst üste istiflenmesi ve askılı tip ekipmanların kullanılması söz konusu olabilir. Birim boyut prensibine göre ise, malzeme gruplarını taşımak için konteynerler ve paletler kullanılabilir. Kullanım prensibini uygulamak için, ekipmanın boş kalmasını engelleyecek şekilde farklı alanlarda birçok taşıma işini yapabilen ekipmanlar seçilebilir.

1.3.1 Prensiplerin Uyumu

Malzeme taşıma prensipleri, hem malzeme taşıma amaçlarıyla hem de birbirleriyle uyum içinde olmalıdırlar. Bazı prensiplerin gerçekleşmesi, diğerlerinin elde edilmesine yardımcı olmaktadır.

Ekipman seçimi ve adaptasyon prensibi doğru uygulandığı takdirde, kullanım prensibi de uygulanmış olacaktır. Çünkü, bu durumda sadece gerekli ekipman kullanılacak ve ekipmanın boş kalma oranı çok düşük olacaktır.

Mekanizasyon prensibi, yaralanmaları azaltarak ve iş güvenliği prensibini sağlayarak manuel taşıma işlemlerini azaltacaktır. Birim boyut ve ekipman seçimi prensipleri, alan kullanım prensibini ortaya çıkaracaktır. Birim yük kullanımı, parçaların stoklanmasını azaltacak, bu da

gerekli atölye alanı kullanımını azaltacaktır. Ayrıca, askılı tip ekipmanın seçimi de diğer amaçlar için kullanılmak üzere ilave alan sağlayacaktır.

1.3.2 Prensiplerin Uygulanmasındaki Zorluklar

Malzeme taşıma sistemi tasarımcıları, yukarıda verilen prensipleri uygulamak zorundadırlar. Ancak bazı durumlarda, sermaye sınırlaması, binaların fiziksel özellikleri ve ekipmanların özellikleri gibi faktörlerden dolayı bu prensiplerin tam olarak uygulanması mümkün olmamaktadır.

Sermaye eksikliği, yüksek dereceli mekanizasyonun ve bakım prensibinin uygulanmasını engellemektedir. Tavan yüksekliği, kolonları yeri ve koridorları genişliği gibi bina karakteristikleri, alan kullanımı, malzeme akışı ve yerçekimi prensiplerini etkilemektedir. Ekipman tipi ve özellikleri, alan kullanımı, birim boyutlandırma ve kullanım prensiplerinin uygulanmasını etkilemektedir.

1.4 Malzeme Taşıma Araçları

Bir malzeme taşıma sisteminin temel elemanı, taşıma araçlarıdır. Günümüzde, birbirinden farklı karakteristiklere ve maliyetlere sahip çok çeşitli malzeme taşıma araçları bulunmaktadır. Bir çok malzeme iletim sistemi ekipmanı mevcuttur. Çizelge 1.2'de belirtildiği gibi altı kategoriye bölmek mümkündür. İlk üç kategori çoğunluklu manuel operasyon araçlarıdır. Kategori 4 ve 5 otomasyon sistemlerinin temel elemanıdır. Çünkü bunlar yüksek seviyede otomasyon ve mekanizasyon derecesine sahiptir. Çünkü otomasyonlu üretim (otomatik işletme) sistemlerinde kullanılırlar. Çizelge 1.2'de belirtildiği gibi konveyörler yer çekimi ile veya güç verilerek çalışırlar. Özellikle güç verilerek çalışan (motorlu) konveyörler malzeme iletimi ve depolanmasında çok kullanılırlar. Konveyör sistemleri daha çok yüksek miktarda üretim ve malzeme akışının belli bir doğrultuda aktığı yerlerde kullanılır.

AGV'ler (otomatik kılavuzlu araç) otomatik malzeme iletiminin daha esnek bir şeklidir. AGV'ler farklı malzemelerin, farklı yükleme ve boşaltma noktalarına iletilmesi için uygundur. İş merkezleri ve kısmi üretimler için malzeme iletim sistemi otomasyonu AGV ile yapılır.

Çizelge 1.2 Malzeme iletim araçları tipleri (Kulwic,1985; Muther ve Haganas,1960; Tompkins ve White,1984)

El arabası yük vagonu	Manuel hareket ettirilen ve birim yük taşıyan tekerlekli platformlardır.
Motorlu Vagon	Motorla hareket verilen ve insanlar tarafından sürülen birim yüklerin taşınmasında kullanılan gücünü motordan alan tekerlekli platformlardır.
Kreyler, mono raylar, makaralar	Ağır malzemeleri kaldırmak, indirmek ve taşımak için manuel olarak kullanılan araçlardır.
Konveyörler	Malzeme iletim araçlarının en geniş malzeme yelpazesine sahiptir. Belirlenmiş ve sabitlenmiş güzergahlarda, yüksek miktardaki malzemeyi iletmek için kullanılırlar.
AGV'ler	Aküyle çalışan ve otomatik olarak yönlendirilebilen önceden tanımlanmış güzergahlarda ilerleyen ve malzeme ileten, otomatik olarak yükleme ve boşaltma yapabilen malzeme iletim sistemleridir.
Diğer iletim elemanları	Bu kategori bir çok malzeme iletimi için kullanılan donanımı içerir. (Manipulatörler, asansörler, boru hatları, konteynerler, demir yolu trenleri, kargo uçakları vs.)

Malzeme iletim sistemlerinin başka bir sınıflandırması da Çizelge 1.3'de belirtilmiştir. Bu sınıflandırma, mobil ve sabitlenmiş, otomatik veya manuel olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1.3 Malzeme iletim sisteminin sınıflandırılması

Manuel ; (el arabası / yük vagonu)
Mekanize ; (motorlu forklift ve motorla çalışan konveyör)
Otomatik ve bilgisayar kontrollü (AGV)
Mobil (forklift)
Sabitlenmiş (konveyör, köprü kreyn)
Yere monte edilmiş (rulolu konveyör)
Asma (asma makara, asma konveyör)
Belirli rota (sabitlenmiş rota) (konveyör)
Programlanabilir rota (AGV)
Tek yönlü akış (motorla hareket ettirilen konveyör)
Bir çok yöne akış (bazı AGV sistemleri)
Ayrı (kesikli) Yükler (AGV, forklift)
Sürekli yükler (boru hattı, bantlı konveyör)
Taşıyıcı için birden çok malzeme (askılı konveyör, kutu kullanarak)
Taşıyıcı için bir tek malzeme (askılı konveyör sadece tek bir malzeme için)
Sadece taşıma yapan (AGV)
Hem taşıma, hem de depolama yapan sistemler (bazı konveyör sistemleri)
Tek alım ve bırakma noktalı sistemler
Birden çok yerden alım ve bırakma yapan sistemler
Aynı istasyondan alım ve bırakma işlemi yapan sistemler
Farklı istasyondan alım ve bırakma işlemi yapan sistemler
Eşit miktarda yükleme ve geri yükleme

Farklı miktarlarda yükleme ve geri yükleme
Malzeme iletim sisteminin üstüne malzemelerin yerleştirilmesi
Devamlı yerleştirme
Ara ara belli sabit aralıklarla yerleştirme
Ara ara sabit olmayan aralıklarla yerleştirme

Malzeme iletim ekipmanları sistemlerle monte edilir. Bu sistemler belli bir iş için spesifik olarak dizayn edilmiş olmalıdır. Sistemin dizaynı parçalara, malzemelere veya iletilecek ürünlere, iletilecek miktarlara, hareket mesafelerine, malzeme iletiminin hizmet edeceği üretim sistemi tipine, bütçeye ve diğer faktörlere göre dizayn edilmelidir.

Aşağıda konveyörler, vinçler ve ceraskallar, çekici araçların avantajları ve dezavantajlarından bahsedilmektedir.

1.4.1 Konveyörler

Konveyörler, malzemelerin sabit bir yol üzerinde sürekli olarak taşınması için kullanılmaktadır. Konveyörlere örnek olarak, rulolu konveyör, bant konveyör ve oluklu konveyörler gösterilebilir.

Spesifik yerleşimler arası belirlenmiş rotada, çok miktarda malzeme iletmek için konveyörler kullanılır. Bir çok konveyör hareketini bir motor sayesinde yapar, diğerleri ise yer çekimini üst kademeden alt kademeye iletmek için kullanılır. Konveyörlerin karakteristikleri;

- Genellikle mekanizedir, bazen de otomatik
- Rotalara göre sabitlenmiştir
- Yerde veya havada gidebilirler
- Genellikle limitli ve bir yönde malzeme akışı vardır.
- Genellikle yükleri ayrı ayrı taşırlar, ama bazı tip konveyörler sürekli ve toplu yükleri taşır
- Sadece teslim için veya teslimat artı depolama için kullanılabilirler.

Konveyörlerin avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir:

1) *Konveyörlerin Avantajları*: Genel olarak konveyörlerin avantajları aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Yüksek kapasiteleri sayesinde çok sayıda parça taşınabilir,
- Hızları ayarlanabilir,
- Taşıma, proses ve muayene gibi diğer faaliyetlerle birleştirilebilir,
- Konveyörler çok yönlü olup, zeminde veya tavanda olabilir,
- İş istasyonları arasında geçici yük depolama (özellikle askılı tip konveyörlerde) mümkündür,
- Yük transferi otomatik olup, çok sayıda operatör yardımı gerektirmez,
- Yollar, doğrusal hat veya koridor şeklinde olmak zorunda değildir,
- Hacim (toplam çalışma alanı) kullanımı, askılı tip konveyörlerin kullanımına uygundur.

2) *Konveyörlerin Dezavantajları*: Konveyörlerin temel dezavantajları ise aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Konveyörler, sınırlı alanlarda sabit bir yörünge izlerler,
- Sistemde dar boğaz oluşabilir,
- Konveyörün herhangi bir bölümündeki arıza tüm hattı durdurur,
- Konveyörlerin pozisyonları sabit olduğundan, atölye üzerindeki mobil ekipmanların hareketini engeller.

1.4.2 Vinçler ve Ceraskallar

Vinçler ve ceraskallar, sınırlı bir alan içinde yüklerin kesikli olarak taşınması için kullanılan askılı tip ekipmanlardır. Köprü vinçler, jib vinçler, mono ray vinçler ve ceraskallar bu tip ekipmanlara örnek olarak gösterilebilir. Vinç ve ceraskalların avantajları ise şunlardır:

1) *Vinç ve Ceraskalların Avantajları*: Vinç ve ceraskalların avantajları aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Malzeme taşıma ve kaldırma mümkündür,

- Atölye düzeyindeki işlerin karışması minimize edilebilir,
- Atölyede zemininde taşıma ekipmanı kurulmadığı için, iş alanından tasarruf sağlanır,
- Bu ekipmanlarla ağır yükler taşınabilir,
- Bu ekipmanlar, malzemelerin yüklenmesi ve boşaltılması için kullanılabilir,

2) *Vinç ve Ceraskalların Dezavantajları*: Vinç ve ceraskalların avantajları aşağıda verilmiştir.

Bunlar;

- Oldukça yüksek yatırım gerektirirler (özellikle köprü vinçler),
- Sınırlı bir alanda çalışırlar,
- Bazı vinçler, düz bir hatta çalışır ve bu yüzden dönme hareketi yapamazlar,
- Vinçler, günlük çalışma periyodunda kısa bir süre kullanıldığından, kullanım oranı arzulanan seviyede olmamaktadır,
- Bazı tip vinçlerin kullanımı için (özellikle köprü vinçlerde) bir operatör gerekmektedir.

1.4.3 Çekici Araçlar

Manuel veya motorlu çekiciler, farklı yörüngeler üzerinde yük taşıyabilmektedirler. Bu çekicilere örnek olarak, kaldırıcı çekiciler, el çekicileri, çatalı çekiciler, treyler çekiciler ve otomatik kılavuzlu araçlar gösterilebilir. Çekici araçların temel avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir:

1) *Çekicilerin Avantajları*: Genel olarak çekicilerin avantajları aşağıdaki gibidir:

- Sabit bir hareket yörüngesine gerek olmadığı için atölye düzeyinde çalışma alanının izin verdiği her yerde kullanılabilir,
- Malzemenin taşınmasına ilave olarak, yükleme, boşaltma ve yukarı kaldırma işlemleri de yapılmaktadır.
- Farklı alanlarda çalışma olanağı sağlayan sınırsız taşınabilme özelliğinden dolayı, çekicilerin kullanım oranları oldukça yüksektir.

2) *Çekicilerin Dezavantajları*: Çekicilerin dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Çok ağır yükleri taşıyamazlar,

- Taşıma esnasında sınırlı bir kapasiteleri vardır,
- Atölye düzeyindeki işin engellenmemesi için koridorlar kullanılmalıdır,
- Çekicilerin çoğu bir operatör tarafından kullanılmaktadır.
- Diğer ekipmanlardan farklı olarak çekiciler, proses ve muayene ile bütünleşik işlerin yapılmasına izin vermezler.

1.5 Mekanizasyon Derecesi

Bir malzeme taşıma sistemi, tamamen manuel veya tam otomatik olabilir. Bu iki durum arasında farklı mekanizasyon dereceleri bulunmaktadır. Bir taşıma sisteminin mekanizasyon derecesine göre sınıflandırılması, taşıma güç kaynağına ve ekipmanların kullanımında insan ve makine katkı derecesine bağlıdır. Mekanizasyon derecesi aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- 1) *Manuel ve Fiziksel Güce Dayalı*: Bu düzey, el çekicileri gibi manuel olarak kontrol edilen ekipmanları kapsamaktadır.
- 2) *Mekanize*: Burada, ekipmanın kontrolü için, fiziksel güç yerine motor gücü kullanılmaktadır. Bazı çekiciler, konveyörler ve vinçler bu gruba girmektedir. Burada ekipmanları kullanmak için operatör gerekmektedir.
- 3) *Bilgisayarla Bütünleşik Mekanize (İkinci düzeyin uzantısı)*: Burada bilgisayar fonksiyonu, hareket ve operasyonları içeren dokümanları oluşturmaktadır.
- 4) *Otomatik*: Ekipmanların kullanımı ve kontrolü için minimum insan katılımı gerekmektedir ve bu fonksiyonların birçoğu bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu düzeye örnek olarak, konveyör, otomatik kavuzlu araçlar ve otomatik depolama-çekme sistemleri gösterilebilir. Buradaki ekipmanlar komutları, klavyeden, butonlardan, teyp veya kart okuyucularından almaktadır.
- 5) *Tam Otomatik*: Bu düzey, dördüncü düzeye bezmektedir, ancak bilgisayarlar insan katılımını ortadan kaldırarak on-line kontrol işlemlerini de gerçekleştirmektedirler.

Mekanizasyon derecesi arttıkça, sistem tasarımına ait maliyet ve zorluk da artmaktadır. Ancak, operasyon ve iş gücü tasarrufunda artış sağlanmaktadır. Mekanize ve daha yüksek düzeyli sistemlerin kullanımı, taşıma operasyonlarının hızını arttırmaktadır. Sonuçta, toplam üretim zamanı azalmakta, çalışanlar daha az yorulmakta, iş güvenliğinde artış sağlanmakta, malzeme akışının daha iyi kontrolü yapılmakta, iş gücü maliyetinde azalma ve malzeme

envanter kontrolünü göz önüne alarak daha iyi kayıt kontrolü sağlanmaktadır.

Mekanizasyon artışına bağlı olarak bazı dezavantajlar da ortaya çıkmaktadır. Örneğin mekanizasyon, yüksek yatırımın maliyeti, operatör ve bakım personelinin eğitimi ve esnekliği azaltan özel ekipman ve personel gerektirmektedir. Bu nedenle, hangi sistemin kullanılacağına karar vermeden önce avantajlara ve dezavantajlara ağırlık vermek gerekmektedir. Bir operasyon türünden başka bir türe geçiş, oldukça masraflı ve zaman alıcı bir yöntemdir.

Fabrikada kullanılan birim yükler, taşınacak parçaların tanımlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Mekanizasyon derecesi, birim yükü etkilemektedir. Ancak bunun aksine, tanımlanan birim yük elde edilebilir mekanizasyon derecesini etkilemektedir.

1.6 Birim Yük Kavramı

Birim yük kavramı, parçaların ve malzemelerin tek tek taşınması yerine bunların gruplar halinde taşınmasının daha ekonomik olduğu gerçeğine dayanmaktadır. Birim yük, tek bir parça olarak taşınacak şekilde düzenlenmiş çok sayıda parça şeklinde tanımlanmaktadır. Bu işlem, paletleme, birleştirme ve konteynır kullanımı ile olmaktadır.

Paletleme, parçaların bir çekici(iş makinası) veya vinç tarafından taşınabilmesi için bunların bir platform üzerinde toplanması ve birleştirilmesi işlemidir. Birleştirme işlemi de aslında parçaların bir araya getirilmesi anlamında olup, tek farkı bunların kompakt yük olarak oluşturulmasıdır. Paletlemeden farklı olarak, parçaların tek bir ünite olarak paketlenmesi ve bağlanması için ilave malzemeler kullanılmaktadır. Birim yük, parçanın boyutuna ve ağırlığına göre iş makineleri, konveyörler veya vinçler tarafından taşınmaktadır. Konteynır kullanımı ise, parçaların kutu veya kasalarda toplanması işlemidir. Özellikle küçük parçaların konteynır ile kullanımına çok uygundur.

Belirli durumlar için birim yük tipi oldukça elverişlidir. Örneğin, düzgün şekilde sahip benzer parçaların toplanması için palet kullanımı çok uygundur. Farklı şekil ve boyutlara sahip parçalar ise bir konteynır içinde gruplandırılabilir. Genel olarak birim yük tipini etkileyen faktörler, malzemenin boyutu, şekli ve ağırlığı; malzeme taşıma ekipmanı ile olan uyumluluğu; birim yükün maliyeti ve malzemenin toplanması ve korunması gibi birim yük için gereken ilave fonksiyonlardır.

Birim yük kullanımının avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Genel olarak avantajları şunlardır: Birim yük kullanımı, taşıma frekansını azaltan ve buna bağlı olarak taşıma

maliyetini de azaltan, büyük malzeme miktarının taşınmasına imkan vermektedir. Bu çeşit gruplama kolaylığı, daha iyi alan ve hacim kullanımı ve daha iyi bir atölye yönetimi sağlamaktadır. Yükleme ve boşaltma işlemleri daha hızlı olup, taşıma zamanından tasarruf sağlanır. Ayrıca, malzemenin zarar görmesi engellenmiş olur.

Birim yük kullanmanın dezavantajları ise şunlardır: Özellikle konteynırlar yeniden kullanılmadığında ve çok fazla miktar söz konusuysa, birim yük maliyetleri yüksek olmaktadır. Mevcut ekipmanlardan farklı yükleme ve boşaltma ekipmanları gerekebilir. Kullanıcılara sevkıyat esnasında, boş palet ve konteynırların yeniden kullanımı için geri iadelerde problem ortaya çıkmaktadır.

1.7 Malzeme Taşıma Maliyeti

Malzeme taşıma sisteminin tasarlanmasında ve işletilmesinde göz önüne alınan temel maliyetler aşağıda verilmiştir:

- Ekipman ve yardımcı parçaların satın alınmasını ve kurulumunu kapsayan ekipman maliyeti.
- Bakım, yakıt ve işçilik maliyetlerini içeren işletme maliyeti.
- Palet ve konteynırların satın alınmasıyla ilgili birim satın alma maliyeti.
- Paketleme ve hasarlı malzeme maliyeti.

Bu maliyetlerin düşürülmesi, bir taşıma sisteminin temel amaçlarından birini oluşturmaktadır. Bu amacın elde edilmesinin birçok yöntemi vardır. Örneğin, ekipman boş zamanının minimizasyonu ile bu maliyet azaltılabilir. Bununla beraber, yüksek ekipman kullanımı aynı zamanda ilave birim elde etme ihtiyacını ortadan kaldıracaktır. Malzemelerin yeniden taşınması ve geriye dönüş işlemleri minimize edilmektedir ve böylece işletme maliyeti azalmaktadır. Malzemelerin kısa mesafeler içinde taşınmasını sağlamak üzere departmanlar birbirlerine yakın olarak düzenlenebilir. Gelecek dönemlere ait bakım faaliyetlerinin planlanması ile aşırı tamir işlemleri ortadan kaldırılabilir. Malzeme hasarının azaltılabilmesi için, doğru ekipman kullanılmalı ve mümkün oldukça birim yükler kullanılmalıdır. İşletme maliyetlerini azaltması için mümkün olduğunca yerçekimi kuralı kullanılmalıdır. Ağır eşyaların kaldırılması gibi emniyetsiz işler azaltılmalıdır; bu sayede yaralanmalar da azalacaktır. Ekipman tipi çeşitliliği en aza indirilerek, çeşitli yedek parça stoku ve bununla ilişkili maliyetler azaltılabilir. Ekonomiklik sağlandığı ölçüde eskimiş ekipman, yeni ve daha

etkili ekipmanla değiştirilebilir.

1.8 Malzeme Taşıma İle Fabrika Yerleşimi Arasındaki İlişki

Bir üretim sisteminde, fabrika yerleşimi ile malzeme taşıma arasında olduğu kadar hiçbir iki faaliyet birbirini etkilememektedir. Aralarındaki ilişki, her bir faaliyetin tasarlanması için gerekli veriyi, ortak amaçları, boş yer ve akış modeli üzerindeki etkiyi içermektedir. Spesifik olarak fabrika yerleşimi problemleri, toplam malzeme taşıma maliyetini minimize edecek şekilde bölümlerin düzenlenmesi için işletme maliyeti bilgisine ihtiyaç duymaktadırlar. Aynı zamanda, bir malzeme taşıma sistemi tasarlarlarken, hareket uzunluğunu, hareket zamanını ve hareketin kaynağı ile yönünü içeren bilgilere sahip olabilmek için yerleşim hakkında bilgi sahibi olunmalıdır. Bu nedenden dolayı, çoğu tasarımcı, bu iki problemi ortak olarak çözme gereksinimi duyarlar. Ancak, fizibil çözüm, bir problemle işe başlamak, diğer problemin çözümü için ilkinin çözümlerini kullanmak ve daha sonra geriye gidip ikinciden elde edilen yeni bilgiye göre ilk problemi değiştirerek bunu tatmin edici bir tasarım elde edilinceye kadar uygulamaktır.

Fabrika yerleşimi ve malzeme taşıma, maliyet minimizasyonu şeklinde ortak bir amaca sahiptir. Birbirleriyle yakın ilişkili bölümlerin birbirlerine yakın bir şekilde düzenlenmesi ve bu sayede malzemenin kısa mesafe dolaşımının sağlanmasıyla malzeme taşıma maliyeti azaltılabilir.

Fabrika planının (yerleşimi) malzeme iletim sistemi dizaynında çok önemli bir faktördür. Fabrika yeni veya çalışan bir işletme olabilir. Yeni bir fabrikada malzeme iletim sistemi planının bir parçası olarak düşünülmektedir. Eğer bu yapılırsa fabrika için en uygun optimum malzeme iletim sistemi dizayn edilebilir. Eğer fabrika mevcut ve çalışıyorsa malzeme iletim sisteminin dizaynı daha zordur. Çünkü bina içinde en uygun akış yollarının bulunması gerekmektedir.

Fabrika yerleşimi (planı) malzeme iletim sistemi dizaynında şu bilgileri sağlar:

- Malzemelerin alınacağı yerler (yükleme istasyonları)
- Malzemelerin bırakılacağı yerler (boşaltma istasyonları)
- Bu yerler arası mümkün olan rotalar
- İletilecek malzemelerin alacağı yol mesafesi

- Akış şekilleri, teslimat kombinasyon şekilleri, sıkışıklık oluşabilecek yerler.
- Toplam iş alanı ve plandaki spesifik bölümlerin alanları
- Ekipmanların plandaki yerleşimi ve durumu.

Bu maddelerin her birinin seçilecek malzeme iletim sistemi tipinde ve kurulacak ekipmanların belirlenmesinde etkisi vardır. Fabrika yerleşimi şekilleri de malzeme iletim sisteminde etkilidir. (Sabitlenmiş yerleşim, proses yerleşimi, ürün akış yerleşimi.)

Sabitlenmiş yerleşimde, ürün büyük ve ağırdır, bu yüzden bütün üretim süreci boyunca bir yerde durur. Ağır komponentler ve yardımcı uygulamalar ürüne taşınır. Sabitlenmiş yerleşimde kullanılacak taşıma sistemleri büyük ve hareketlidir. Kreynler, kamyonlar bu taşıma için kullanılırlar.

Proses yerleşiminde, bir çok çeşit ürün vardır ve üretilen ürün miktarı orta ve küçük ölçeklidir. Malzeme iletim sistemi esnek ve programlanabilir olmalı ve çeşitli varyasyonları karşılamalıdır. Proses ön stokları bu tür üretimin bir parçasıdır, ve depolama ve iletim sistemi bu stoku bulundurabilmelidir. Forklift ve el arabaları, bu çeşit proseslerde çok kullanılır. İşlenecek parçalar en yakın planlanmış makinenin yakınındaki yerde stoklanır. Kapasiteleri ve programlanabilirlikleri AGV'lerin gelecekteki bir çok orta ve az miktarda ve fazla çeşitlilikle üretim yapan fabrikalarda kullanılacaktır.

Son olarak, ürün akış yerleşimi, çok miktarda standart ürünlerin üretildiği yerlerdir. İletim sistemi şunları içerir; sabitlenmiş sistem, sabit rota, mekanik veya otomatiktir. Bu daha çok taşıma ve depolamadır. Konveyör sistemleri ürünleri iletmek için ürün akış yerleşiminde kullanılır. Ek parçaların (taşınması) teslimi ve iş istasyonlarında stoklanması birim yük taşıyan araçlarla yapılır.

Bunlara ek olarak, boş yer ihtiyacı ve kullanımı konusunda da malzeme taşıma ve fabrika yerleşimi birbirlerini etkilemektedir. Yandan yüklenme özelliğine sahip, küçük ve üstü açık yük vagonları, geniş ara yollara ihtiyaç duymaz. Askılı ekipman da, atölye düzeyinde herhangi bir alan kaplamamaktadır. Uygun birim yük kullanarak, malzemeleri olabildiğince çok istiflemek, bu faaliyetler için ayrılan alanın azalmasına yardımcı olacak ve hacmin en iyi şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Yüksek seviyeye yük kaldırmaya olanaklı vagonlar da, hacmin kullanımına yardımcı olurlar. Bunlar ayrıca, asma kat ve yüksek seviyede depolama alanları kullanılarak da başarılabılır.

Sonuç olarak, ara yol genişliği, tavan yüksekliği ve kolonlar gibi yapının fiziksel özellikleri,

ekipman seçimini ve rotalanmasını etkileyecektir.

1.9 Malzeme Taşıma Sistemi Tasarımı

Üretim sisteminde, maliyetlere ve işlemlerin etkinliğine olan etkisi göz önüne alındığında bir MTS (Malzeme Taşıma Sistemi) geliştirme, tasarımcının karşılaşılabileceği en önemli ve zor görevlerden biridir. Sistem tasarımının genel prosedürleri uygulansa da, izlenebilir standart adımlar yoktur. Buradaki prosedür iterasyonel bir yapıya sahiptir. Analizci, tatmin edici bir tasarım elde edinceye ve uygulayıcaya kadar değişik adımlar arasında geri ve ileri hareketler yapmak zorundadır. Bu işlem süresince, deneyim ve doğru karar vermek gerekmektedir.

Malzeme taşıma sistemi geliştirme işlemi, malzeme taşıma ekipmanının seçimi, birim yükün seçimi, ekipmanın hareketler atanması ve rotaların belirlenmesini içerir. Tasarımın bu üç elemanı, malzeme taşıma denkleminde belirtilmiştir. Bu denklem, üç bileşen arasında birimsel olmayan bir ilişkidir ve şu şekilde gösterilmektedir :

$$\text{Malzeme} + \text{Hareketler} = \text{Metotlar} \quad (1.2)$$

Malzemeye yönelik sorular, malzeme tipi, büyüklüğü, biçimi, miktarı ve ağırlığını içermektedir. Hareketler, çıkış ve varış noktaları, uzunluk, hareket sıklığı ve hareket süresini içerir. (Tasarımın bu bölümü, fabrika yerleşimi ile yakından ilişkilidir.) Malzeme taşıma metotlarının belirlenmesi (ekipman ve birim yük), malzeme ve hareketlerin analizi sonucu elde edilen bilgiye dayanmaktadır.

Gerekli taşıma kapasitesinin belirlenmesi kullanılacak ekipman tiplerine dayanmaktadır. Konveyör sistemi uygulaması kreynlerden farklıdır. Önceki konularda bazı dizayn faktörlerini gördük.

1.10 Malzeme İletim Sistemleri Analizi

Malzeme iletim sistemini planlamak için iletilecek malzemeyi analiz etmek gerekmektedir.

1.10.1 Malzeme ve Hareket Durumlarının Karşılaştırılması

Malzeme iletimi sınıflandırmasının bir karakteristiği malzemenin fiziksel formudur: katı, sıvı, gaz. İkinci karakteristik ise iletilecek malzeme yığın halinde mi yoksa tek tek parçalar halinde mi. Üçüncü karakteristik ise malzeme konteynır ile mi hareket edecektir. (örnek olarak, gaz tankları, bazı katı parçalar vs.) Malzeme iletim sistemi dizaynını bu faktörler etkiler. Eğer

iletilecek malzeme sıvı ve yığınlar halinde uzun mesafede iletilecek ise bunu boru hattı yerine kazanlarla iletmek daha doğrudur. Bu yüzden malzeme iletimi aşağıdaki Çizelge 1.4’de belirtilen fiziksel karakteristiklerle sınıflandırılabilir.

Çizelge 1.4 Malzemelerin karakteristikleri (Muther ve Haganas,1969)

Kategori	Ölçüler veya Tanımlar
Fiziksel form	Katı, sıvı, gaz
Boyut	Uzunluk, genişlik ve yükseklik, hacim
Ağırlık	Parça başına olan ağırlık, birim hacim başına olan ağırlık
Şekil	Uzun ve geniş, yuvarlak, kare
Hasar riski	Kırılabilir, gevrek, dayanıklı, sağlam
Güvenlik riski	Patlayıcı, toksik, paslandırıcı
Durumu	Sıcak, ıslak, kirli, yapışkan

Bu karakteristiklere ek olarak, sistemin gerektirdiklerini analiz ederken başka faktörlerde vardır. Bu faktörler taşıma ve hareket konumlarına ve durumlarıyla alakalıdır. Bunlar şunları kapsar;

- İletilecek malzeme miktarı
- Gerekli akış oranı
- Hareketlerin planlanması
- Malzemelerin iletileceği rotalar
- Çeşitli faktörler

İletilecek malzeme miktarı kullanılacak malzeme iletim sisteminin tipini etkiler. Eğer çok miktarda malzeme iletilecekse, iletim sistemi sadece bunun için dizayn edilir, eğer az miktarda malzeme iletilecekse, malzeme iletim sistemi iletilecek diğer malzemelerle birlikte kullanılabilir. Miktarla birlikte malzeme akış oranı da etkilidir. Akış oranı saatteki parça

sayısı saatteki ton ve günde ki kübik feet miktarı ile ölçülür.

Planlama, malzeme iletim zamanlaması ile ilişkilidir. Malzemeler sürekli, gruplar halinde veya bir seferde hareket ettirilebilir buda kullanılacak malzeme iletim şeklinin belirlenmesinde etkindir. İletimin acilliği (acele işler) iletimin maliyetini etkiler. Sezonlarda bu kategoride bir faktördür. Eğer ürün sezonluksa ve senede 6 ay iletilecekse, otomatik iletim sistemi kullanmak zordur çünkü öbür 6 ay sistem boş duracaktır.

Rotalama faktörü ise hareketin uzunluğu ve mesafesi ve de rota üstündeki yol durumu ile ilgilidir. Verilen diğer veriler sabitse malzeme iletim sisteminin maliyeti hareket mesafesi ile direkt orantılıdır. Ne kadar uzun mesafede hareket, o kadar çok maliyet demektir. Rota üstündeki durumlara, nem ve sıcaklık da (iletilecek malzemeleri etkileyen) veya hareket dışarıda ise, yolun düzlüğü, içerdiği dönüşler, yükselmeler alçalmalar, yer trafiği, yer yüzeyi durumu ve rota üstünde insanların varlığı veya yokluğu dahildir.

Çeşitli faktörler, hükümet kurallarına uygunluk, parçaların birbirinden ayrı tutulması veya bilgi toplama (edinme) amaçlarını içermektedir. Bu faktörlere örnek olarak iletim binanın katları arası hareket gerektirmesi, yükleme ve boşaltma istasyonlarının sayısı ve manuel veya otomatik yükleme ve boşaltmanın sistemde kullanılmasıdır.

1.10.2 Malzeme İletim Analiz Teknikleri

Malzeme iletim sistemi dizaynı ve analizi için bir kaç yol vardır. Tablo ve grafik teknikleri hareketlerin görülmesinde yardımcıdır. Kuantative denemeler, malzeme akış oranlarının belirlenmesinde, operasyon zamanlarında ve diğer malzeme iletiminin performansını etkileyen faktörlerin belirlenmesinde yardımcıdır.

Malzeme iletim sisteminde malzeme akışı ile ilgili bilgileri görmenin bir yolu merkezden istasyona tablosudur. Çizelge 1.5 ve 1.6'da görüldüğü gibi merkezden istasyona yol haritasındaki mil tablosuna benzerdir.

Çizelge 1.5 Araçların farklı istasyonlar arası teslimat sayıları

İstasyon					
Merkez	1	2	3	4	5
1	0	9	5	6	0
2	0	0	0	0	9
3	0	0	0	2	3
4	0	0	0	0	8
5	0	0	0	0	0

Çizelge 1.6 Farklı istasyonlar arası mesafeler

İstasyon					
Merkez	1	2	3	4	5
1	0	200	400	700	YOK
2	YOK	0	YOK	YOK	300
3	YOK	YOK	0	300	600
4	YOK	YOK	YOK	0	300
5	100	YOK	YOK	YOK	0

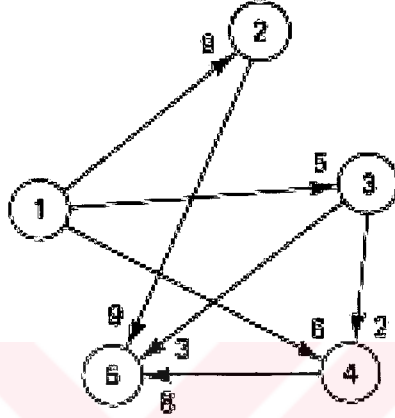
Çizelge 1.6’da görüldüğü gibi sol tarafta hareketin merkez noktası üst sırada ise istasyonlar görülmektedir. Çizelge 1.6’da yükleme ve boşaltma noktaları arasında her iki yönde mümkün olan malzeme akışını göstermektedir.

Merkezden istasyonu diyagramı çok yönlü olup malzeme akış probleminin belli parametrelerini gösterir. Bu parametreler noktalar arasında ki teslimat miktarını, noktalar arası mesafeyi ve hacmi veya ürünün hacim oranının akışını belirtir.

Muther ve Haganas’a göre (1969) hareketleri gösterecek bazı grafiksel teknikler, farklı akış diyagramları ve matematiksel çıktıları içerir. Akış diyagramını malzeme hareketleri ve

hareketlerin orijini ve teslimat noktalarını daire ile ve malzeme akışı daireler arası oklarla gösterilmektedir. Daireler malzemelerin iletilmesi gereken üretim departmanlarını temsil eder.

Şekil 1.1’de akış diyagramına örnek gösterilmektedir. Bu akış diyagramı merkez istasyon tablosundaki verilere göre yapılmıştır. Malzeme akış miktarını diyagramdaki okların miktarıyla görebiliriz. Daha iyi bilgi almak için renkli oklar veya daha kalın çizgilerle yoğunluklar gösterilebilir.



Şekil 1.1 Şekilde farklı yükleme ve boşaltma istasyonları arasında malzeme iletimi.

Malzeme iletim problemlerini analiz etmek için bir çok ölçüm ve denklem vardır. Önceden de değinildiği gibi malzeme akış oranı, aşağıdaki birimlerle gösterilebilir; saatteki parça, saatteki ton vs. R_f akış oranını belirtir. Bu akış oranı depodaki ve fabrikadaki L_d ile gösterilen belirli mesafedeki akışla ilgilidir. (L_d teslim mesafesi) Bu iki parametre Muther ve Haganas’a göre (1969) transfer iş ölçümünü verir (TW).

$$TW = R_f \times L_d \quad (1.3)$$

TW’nin birimleri akış oranı birimiyle uzunluk biriminin çarpımıdır. TW’nin birimi örnek olarak parça sayısı ft/h’dir.

Akış oranları ve uzunluk orijinle teslimat noktaları arası değişiktir. Biz bu teslimatları toplayarak toplam transfer işini bulabiliriz. TTW (toplam transfer işi).

$$TTW = \sum R_f \times L_d \quad (1.4)$$

TTW’e malzeme iletim sisteminin sağlaması gereken toplam ihtiyaçların ölçümünü sağlar. Malzeme iletim sistemi TTW için gerekli olan toplam transfer işini yapabilecek kapasitede olmalıdır.

Örnek 1:

Toplam transfer işinin değerini bulmak için merkez istasyon tablolarının verilerini kullanarak bulunur. TTW'e Çizelge 1.5'deki verilerin toplamı ile Çizelge 1.6'dakilerle çarpılarak bulunur.

$$TTW = 9 \times 200 + 5 \times 400 + 6 \times 700 + 2 \times 300 + 9 \times 300 + 3 \times 600 + 8 \times 300$$

$$TTW = 15.500 \text{ parça ft/h}$$

Kayıp zamanlar ve malzeme iletim sisteminin etkinlik derecesi (verimi) nedeniyle TTW'e ile hesaplanandan daha büyük bir değere sahip olmalıdır. Bu kayıpların sebebi, yükleme ve boşaltmadaki zaman kaybı, yüksüz geri dönüşler, sistemin bakım ve tamir süreleri, trafik, planlama problemleri ve diğerleri.

Bu kayıpların bir kısmı açıklamak için, tipik teslim hücrelerini açıklayalım. Teslimat malzeme iletim sisteminin malzemeyi başlangıç noktasından teslim noktasına kadar (L_d) olan hareketidir. Eğer V_c 'yi malzeme iletim sisteminin hızı olarak kabul edersek, teslim için geçen süreyi L_d/V_c ile bulabiliriz. Bu süre iletim sisteminin üretim zamanıdır. Bu teslimat zamanına ek olarak, her teslimat yükleme ve boşaltma operasyonu içerir ve bu operasyonlar için zaman gerekir. Yükleme ve boşaltma aktiviteleri T_h ile gösterelim (h iletim zamanını gösterir).

Teslimat tamamlandıktan sonra, taşıyıcı boşaltma istasyonundan boş hareket eder. Bir çok malzeme iletim sisteminde, taşıyıcı bir çok zaman yüksüz hareket eder buda malzeme iletim sisteminin verimini düşürür. Malzeme iletim sisteminin boş olarak hareket ettiği mesafeyi hesaplamak mümkündür. Örnek olarak bir kapalı dönüşümlü konveyör sisteminde, bir noktadan malzemeyi alıp başka bir noktaya bırakır; burada bırakma ve alma noktası arasındaki uzunluk konveyör sisteminin geri dönüş mesafesidir. Bundan da boş dolaşma mesafesi çıkartılabilir. Eğer boş hareket mesafesini L_e ile gösterirsek, boş dolaşma süresini L_e/V_c ile hesaplayabiliriz. Bu rota üstünde hiç durma olmaksızın hesaplanmıştır. Bu kayıplara ek olarak iletim sisteminin verimliliğini azaltan faktörler, trafik durumu, kötü planlama ve diğerleri. Bu verimliliğin azalması trafik faktörü terimiyle tanımlanır (Fitzgerald,1985). Bu trafik faktörünü F_t ile gösterebiliriz. Bu çeşit kaybı olan iletim sistemlerinin trafik faktörü değeri 1.0 alınabilir. Diğer sistemler için örnek olarak AGV'ler için trafik faktörü 0.85 veya daha az olabilir.

Bu faktörlerin sonucu olarak malzeme iletim sistemi %100 verimle çalışmaz. Bu kayıplar yüzünden malzeme iletim sisteminin verimliliği şu şekilde hesaplanabilir.

$$Eh = \frac{Ld/Vc}{Ld/Vc + Th + Le/Vc} \times Ft \quad (1.5)$$

Eh tüm sistemin verimliliğidir. Malzeme iletim sisteminin özelliğine göre bu eşitliğin bazı verileri eksik veya fazladan veriler olabilir.

Malzeme iletim sistemi bu verimlilik karşılaştırılmasına göre planlanmalıdır. Sistem taşınacak işin miktarını karşılayacak şekilde dizayn edilmelidir.

$$\text{Gerekli olan iletim kapasitesi} = TTW / Eh \quad (1.6)$$

Gerekli olan taşınacak miktar kapasitesi TTW ile aynıdır. Eh'nin gerçekçi ölçümü zordur. Eh'daki değerler sadece iletim sisteminin dizaynı değil, ayrıca sistemin yöneilmesi ile ilgilidir.

1.11 Malzeme İletiminin Kuralları

Malzeme iletim sistemi dizaynına kılavuzluk yapması için kesin kurallar geliştirilip yazılmıştır. En iyi bilinen kurallar 1966 Haziran'ında Malzeme İletim Sistemi Eğitim Endüstrisi ve Koleji tarafından belirlenen 20 maddeden oluşan kurallardır. Bu 20 kural malzeme iletim sisteminde standart referans olarak verilmektedir (Harrington,1973; The Material Handling Institute,1981; Tompkins ve White, 1984). Biz bunu otomatik iletim sistemi için uygularsak.

En önemli kurallardan biri birim yük kuralıdır. Birim yük kuralına göre, tek parçaları bir birim yüke dönüştürmek önemlidir, böylece birim yükle teslimat sayısı düşürülmüş olur. Her parçayı tek tek taşımak yerine daha az seferde aynı miktarı taşımak önemlidir. Yükler daha çok konteynırlarla (palet, kutu, sepet, vs.) taşınır ve iletim sistemi konteynırı taşıyacak şekilde dizayn edilir. Birim yükün etkisini örnekte yerine koyarak görebiliriz, np birim yükteki parça miktarı olsun. Bir çok malzeme iletim sistemi için bu taşıyıcının kapasitesine eşittir.

$$\text{Gerekli iletim kapasitesi} = TTW / (np \times Eh) \quad (1.7)$$

Bu eşitliğin birimi birim yük-ft/h'dır. Birim yük kuralı kullanılarak ve np olabildiğince büyük alınarak sistemin gerekli taşıma kapasitesi düşürülebilir. Diğer kurallarda önemlidir, fakat hiç birinin birim yük kuralı kadar sistem teslim kapasitesinde etkisi yoktur.

Malzeme iletim sistemi ekipman seçimi yapılmalı ve sonuçta çıkan sistem iletim probleminin gerektirdiklerini sağlamalıdır.

- Birim yük kuralı
- Parça yükleri önleme
- En kısa mesafe kuralı
- Düz hat akış kuralı
- Minimum terminal zamanı
- Yerçekimi kuralı
- Yükleri her iki yönde taşıma
- Mekanizasyon kuralı
- Sistem kuralı
- Sistem akış kuralı
- Parça yöneltme kuralı

1.12 Analizcilerin Karşılaştığı Problemler

Malzeme taşıma sisteminin tasarlanmasındaki, özellikle ekipman seçimindeki zorluklar çok fazla olup, subjektif analize ve/veya tasarıma analitik modellerin uygulamasına bağlıdır. Bu faktörler arasında en önemlileri şunlardır :

- 1) Malzeme taşıma sistemi ile fabrika yerleşimi arasındaki ilişki
- 2) Değerlendirme ve karşılaştırma yapmanın olanaksız olduğu değişik kapasite ve sınırlandırmalara sahip ekipman çeşitliliği. Bu durum, bazı iyi alternatiflerin de göz ardı dilmesine neden olacaktır.
- 3) Değişik ekipman tiplerinin karşılaştırılması veya bir analitik modelin uygulanması için ekipmanın bazı özelliklerinin belirlenmesi zordur. Örnek olarak ekipman esnekliğini veya malzemenin hareketi için gerekli manevraları gösterebiliriz.
- 4) Tasarımın en yaygın amacı, en az maliyetli sistemi sağlamak olmasının yanı sıra diğer amaçlar da göz önüne almaktır. Örnek olarak ekipmanın maksimum kullanımı ve ekipman tiplerinin çeşitliliğinin azaltılması ve işçilerin güvenliği gösterilebilir.
- 5) Tasarım problemine bir analitik modelin uygulanması, optimal sistem tasarımı garantisini

vermeksizin aşırı derecede hesaplamaları gerektirebilir. Örneğin, ekipman seçimi analitik yoldan gerçekleştirilirse, değerlendirilmesi gereken çok sayıda “ pq ” kombinasyonları olacaktır. (Burada p , ekipman tipi sayısını, q ise hareket sayısını göstermektedir)

- 6) Sistem o anda çalışıyor olmadığı sürece bir sistemin tasarlanabilmesi için gerekli bilgi (örneğin, hareket zamanı ve ekipman işletim maliyeti) tam olarak bilinmemektedir. Sonuç olarak, bu veri değerleri tahmin edilmelidir ve kötü tahminler de çok fazla sayıda sistem değişikliğine yol açmaktadır.

1.13 Tasarımın Özellikleri

Yerleşimin önceden hazırlandığını varsayarsak, bir taşıma sisteminin tasarlanmasında aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

- 1) Taşıma sisteminin arzulanan fonksiyonunun belirlenmesi.(ambar için depolama, paketlenme, kontrol ve müşteriye teslimat olurken bir üretim sistemi için bu fonksiyon, malların veya kısmi montajların bir istasyondan diğerine aktarımı olabilir.)
- 2) Malzeme hakkında gerekli bilginin toplanması. (Örneğin, özellikleri ve içerdiği miktarlar)
- 3) Hareketlerin, bunların çıkış ve varış noktalarının, yörüngelerinin ve uzunluklarının belirlenmesi
- 4) Kullanılacak temel taşıma sisteminin ve istenilen mekanizasyon derecesinin belirlenmesi (Burada, amaca bir konveyörün mü, bir vagonun mu veya bir vincin mi uygun olduğunun belirlenmesi gerekmektedir.)
- 5) Uygun ekipmanların incelenmesi ve bunlar içinden aday ekipman grubunun oluşturulması. Aday ekipmanlar da, maliyet ve kullanım kriterlerine göre belirlenebilmektedir.
- 6) Uygun birim yük grubunun seçimi ve malzeme ve ekipman özellikleriyle karşılaştırılması.

Bu adımlar, izlenmesinden daha kolay bir şekilde belirlenebilir ve malzeme taşıma denklemindeki bileşenler arasındaki uyum sağlanana kadar bir çok kere tekrarlanmalıdır. Bu adımların her birinde, karar aşamasında tasarımcıyı etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Önemli faktörler aşağıda sıralanmıştır :

- Ekipman ve birim yük maliyetleri ve sermayenin kullanılabilirliği. Bu faktör, tasarımda gerçekleştirilen mekanizasyon derecesini etkileyecektir.

- Binanın ve kullanılabilir boş alanın fiziksel özellikleri. Ara yol genişliği ve sayısı, kullanılabilir boş alandan etkilenecektir ve bunun sonucunda hareketli ekipman kararlarını etkileyecektir. Tavan yüksekliği dikkate alınarak askılı ekipman için karar verilecektir.
- Yönetimin güvenlik ve işçi sağlığına verdiği önem, işçilerin elle taşımadaki katkı derecelerini etkileyecektir.
- Taşıma ve işlem arasındaki ilişkinin derecesi

Sistemin tasarımı sırasında, malzeme taşımanın amaçları ve kuralları göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlardan ne kadar çoğu başarılabirise, o kadar tatminkar ve etkin bir tasarım elde edilir. Tasarımın kalitesini ölçmeye yönelik hiçbir kıyaslama olmadığından, iyi bir malzeme taşıma tasarımı, aşağıda belirtilen özelliklere sahip olmalıdır :

- İyi planlanmış
- Mümkün olduğunca işlemlerle birleştirilmiş taşıma
- Mümkün olduğunca mekanik
- Minimum elle taşıma
- Üretim personelinin taşımada minimum kullanımı
- Güvenli
- Eldeki malzemelerin korunması
- Minimum ekipman tipi çeşitliliği
- Ekipmanın maksimum kullanımı
- Minimum geri dönme, taşıma veya transfer işlemleri
- Minimum tıkanma veya gecikme
- Ekonomiklik

1.14 Mevcut Bir Malzeme Taşıma Sisteminin Analizi

Mevcut bir malzeme taşıma sisteminin analizi, bu sistemin darboğaz veya fazla stok yaratmaksızın etkin bir şekilde çalışıp çalışmadığının ve malzemeleri istenen yere istendiği zaman nakledip etmediğinin belirlenmesidir. Aşağıda belirtilenlerden bir veya birkaçı

gözlendiğinde, varolan malzeme taşıma sistemindeki problemler de kolaylıkla belirlenebilir:

- Malzeme akış hattında geri iletim
- Akış içi engeller
- Dağınık ara yollar
- Yükleme yerindeki karışıklık
- Organize edilmemiş depolama
- Fazla hurda
- Her bir parçanın taşıma işlemlerinin fazlalığı
- Fazla iş gücü
- Fazla yürüme
- Yerçekimini kullanamama
- Parçalanmış operasyonlar
- Yüksek en direkt işçilik maliyetleri
- Boş tezgahlar
- Kalifiye işçinin etkin olmayan kullanımı
- Hacimsel depolama eksikliği
- Parça ve gereç eksikliği
- Uzun çekişler
- Malzeme yığınları
- Standardizasyonun olmayışı
- Aşırı sıkışıklık
- Yetersiz temizlik
- Düşük stok kontrolü

- Ürün hasarı
- Tekrarlı taşıma
- Uygun şekilde yerleştirilmemiş hizmet alanları
- Geciken veya sıkışan vagonlar
- Çift kişinin yapması gereken işler

Bunun yanı sıra, fabrikadaki tüm malzeme taşıma sistemini Çizelge 1.7'dekine benzer bir kontrol listesi kullanarak incelemek de yarar vardır.

Problem alanları belirlendikten sonra, olası geliştirmeler için bu alanlar yeniden incelenmelidir. Bir çalışma yürütülürken “Niçin?”, “Ne?”, “Nerede?”, “Ne zaman?”, “Nasıl?” ve “Kim?” gibi bazı temel sorular da sorulmalıdır.

“Bu faaliyet niçin burada yapılıyor?”. Örneğin, herhangi bir malzemeyi alımdan kontrole daha sonra yeniden alıma gönderme işlemi, son kontrolün üretici tarafından yapıp, üreticinin sağladığı bilgilere güvenilirse ortadan kaldırılabilir.

“Ne?” sorusu ise, taşınacak malzemenin tipini anlamakla ilişkilidir. Taşınacak malzeme ve sıklığı, ekipmanın tipini ve malzeme hareketi sırasında kullanılacak yardımcı araçları belirleyecektir. Örneğin, küçük ayırık parçalar konveyör tarafından veya bir araya getirilmek suretiyle bir forklift tarafından taşınabilirken, baskı kalıpları gibi büyük parçalar bir vince ihtiyaç duyabilir. Bu bilginin elde edilmesi için, parça ve malzeme listeleri ve üretim çizelgeleri kullanılmaktadır.

“Nerede?” sorusu , hareketle ilgili bilgileri tanımlar. Taşıma güzergahı, mesafesi ve herhangi fiziksel kısıtlar belirlenmelidir. İş çizelgeleri, akış diyagramları ve fabrikanın ölçek planları, bu bilginin elde edilmesine yönelik kaynaklardan birkaçıdır.

“Ne zaman?” sorusu , malzemeyi taşıma zamanını ve ne kadar sürede bu taşımanın gerçekleştirileceğini tanımlamaktadır. Bunlara verilecek cevaplar, malzeme taşıma sisteminin çalışması gereken hızı ve sıklığı verecektir.

“Nasıl?” sorusu, hareket metodunu belirler. Metodu analiz ederek, pahalı ve etkin olmayan durumlar ortadan kaldırılır. Bu analiz için, iş çizelgeleri ve zaman etüdü verilerinden faydalanılabilir.

“Kim?” sorusu, malzeme taşımadan sorumlu kişinin yanı sıra bu iş için gerekli işgücünü de

belirler. Etkin bir çalışma için, yeterli miktarda işgücü gerekmektedir ve işgücünü mekanizasyon derecesi belirlemesine rağmen, malzeme taşımadaki işçiler de fabrikadaki işleyiş içerisindeki önemlerini ve sorumluluklarını fark etmelidirler.

Malzeme taşıma sistemi ile ilgili özellikle problem alanlarına yönelik bu soruları sormak, tüm güçlüklerin kaynağını açığa çıkarmaktadır. Birçok durumda, verilen cevaplar, gelişme şekilleri önerecek ve/veya derinlemesine bir analizin nerede uygun olacağının tespitinde yol gösterecektir.

Çizelge 1.7 Malzeme Taşıma Sistemi Kontrol Listesi (Sheth, 1995)

-
- Malzeme taşıma ekipmanları 10 yıldan daha eski mi?
 - Yüksek yedek parça envanteri gerektiren markalar ve modeller kullanılıyor mu?
 - Bozulmalar, yetersiz önleyici bakımdan mı kaynaklanıyor?
 - Lifttrucklar bakım için uzak yerlere gidiyor mu?
 - Elle malzeme taşımadan dolayı iş kazaları oluşuyor mu?
 - 22.7 kg. dan ağır parçalar elle taşınıyor mu?
 - İki veya daha fazla işçi gerektiren taşıma işleri var mı?
 - Kalifiye eleman, taşıma işi yaparak zaman kaybediyor mu?
 - Malzemeler herhangi bir noktada sıkışıklı yaratıyor mu?
 - İş gecikmesi, hatalı çizelgelemeye ve hurdaya neden oluyor mu?
 - Çok büyük depolama alanı kullanılıyor mu?
 - Çok yüksek maliyetler oluşuyor mu?
 - Taşıma esnasında malzeme zarar görüyor mu?
 - Taşıyıcı araçlar, toplam zamanın %20' den fazla boş kalıyor mu?
 - Fabrikada çok fazla taşıma noktası var mı?
 - Kendi ağırlığı ile taşınacak işler için motorlu ekipmanlar mı kullanılıyor?

- Hareket sınırlamasından dolayı, çok fazla ekipman mı kullanılıyor ?
 - Çok fazla gereksiz taşıma operasyonu var mı?
 - Birim yük yerine tek parçalar taşınıyor mu?
 - Zemin ve rampalar, kirli veya tamir gerektiriyor mu?
 - Taşıma ekipmanları aşırı yükleniyor mu?
 - Bir konteynerden diğerine gereksiz malzeme transferi var mı?
 - Uygun olmayan depolama alanları etkin taşıma programını engelliyor mu?
 - Detaylı akış şeması olmadığından, sistemin analiz edilmesi zor mu?
 - En direkt iş gücü maliyetleri çok yüksek mi?
-

1.15 Verimlilik Oranları

Bir üretim yeriyle ilişkili her sistem, üretim maliyetini azaltmak ve rekabeti arttırmak amacıyla etkin çalışmalıdır. Sistem performansı göstergeleri olarak birçok verimlilik oranı kullanılmaktadır. Bu oranlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır. Ancak, bu liste ayrıntılı bir listedir ve herhangi bir organizasyon, ilgi alanına giren faktörleri açık bir şekilde ortaya koyan işletmeye özgü oranlar geliştirebilir. Bu oranlar, değerlerinin kabul edilebilir toleranslar içinde olup olmadığının analizi için periyodik olarak gözden geçirilir. Bir periyottan diğerine geçişte görülen yüksek bir dalgalanma, sistemin olağan bir şekilde çalışmadığının, inceleme ve kontrole ihtiyacı olduğunun açık bir göstergesidir. Bazı oranlar, doğrudan doğruya malzeme taşımayla ilişkili verimliliği göstermese de bütünlüğü oluşturmak açısından tüm göstergeler burada sıralanmıştır.

Malzeme Taşıma – İşçi Oranı (MHL)

$$\text{MHL} = \text{Malzeme taşımada yer alan personel sayısı} / \text{Toplam çalışan işçi sayısı} \quad (1.8)$$

Görevlendirilen personel, tam kadrolu personel veya harcama cinsinden hesaplanabilir. Eğer herhangi bir işçi malzeme taşıma işleminde tam kadrolu çalışmıyorsa, işçinin malzeme taşıma için harcadığı zaman yüzde cinsinden hesaplanarak yukarıdaki denklemde kullanılmalıdır. MHL oranı 1'den küçük olmalıdır ve fabrikada kabul edilebilir değer 0.30'un altında olmalıdır. Depo için ise, daha yüksek bir değer beklenebilir.

Taşıma Ekipman Kullanım Oranı (HEU)

$$\text{HEU} = \text{Saat başına taşınan malzeme veya yük} / \text{Teorik kapasite} \quad (1.9)$$

İdeal olarak bu oran 1'e yakın olmalıdır; ne var ki ekipman arızaları, hatalı çizelgeleme, yetersiz temizlik ve fabrikanın genel yapısı bu mal hareketini azaltabilir.

Depo Yeri Kullanım Oranı (SSU)

$$\text{SSU} = \text{Kullanılan Depo Yeri} / \text{Toplam Kullanılan Depo Yeri} \quad (1.10)$$

Eğer depo alanları (örneğin parmaklı raflar veya kutular) kısmen doluyorsa, kullanım oranı tahmin edilmeli ve hesaplamada bu tahmin edilen değer kullanılmalıdır. 1'e yakın değerler, depolama faaliyetleri için uygun alanların düzenlendiğini gösterir.

Koridor Boşluğu Yüzdesi (ASP)

$$\text{ASP} = \frac{\text{Koridor Alanları}}{\text{Toplam Alan}} \quad (1.11)$$

ASP değeri, 0.10 ile 0.15 arasında olmalıdır.

Hareket / İşlem Oranı (M/O)

$$\text{M/O} = \text{Hareket Sayısı} / \text{Verimli İşlem Sayısı} \quad (1.12)$$

Bu oran, gerçekleştirilen malzeme taşıma işlem miktarını gösterir. Ele alınan hareketler, alımdan gelen malzemeleri, depodan iş alanına götürülen ve tekrar depoya geri getirilen malzemeler ile benzeri malzemeleri içine alır. Bu oranın yüksek olması gelişimi göstermektedir.

Üretim Döngüsü Etkinliği (MCE)

$$MCE = \frac{\text{Gerçek Üretim İşlem Süresi}}{\text{Üretim Departmanında Harcanan Süre}} \quad (1.13)$$

Malzeme taşıma sırasındaki gecikmeler, hatalı çizelgeleme, makine hatası ve depo kısıtları yüzünden harcanan süre üretimde yer almayan süre olarak düşünülür. Makine kullanımını arttırmak amacıyla gecikmeler ortadan kaldırılmalı veya en azından minimize edilmelidir. Uyum süresinden sonra performans göstergesi de gözlenmelidir.

Hasarlı Yük Oranı (DL)

$$DL = \text{Hasarlı yük sayısı} / \text{Toplam yük sayısı} \quad (1.14)$$

Bu oran, malzeme taşıma işçisinin performans kalitesini ölçmek için kullanılır. Alımlar sırasındaki hasar, fabrika içi mal hareketleri ve sevkiyat minimize edilmelidir.

Enerji Oranı (ER)

$$ER = \frac{\text{Depodaki Toplam BTU}}{\text{Depo Alanı}} \quad (1.15)$$

Enerji oranı, ısıtma ve soğutma işlemlerinin etkinliğini ölçmede kullanılır. Deponun fazla uğranmayan bölümlerinin ısıtma ve soğutma işlemlerinin azaltılması, ışıkların gerek duyulmadığında kapatılması ve ışıklandırmanın yalnızca hareketli araçlarla sınırlandırılması sayesinde bu oran geliştirilebilir.

1.16 Malzeme Taşımada Kullanılan Ekipmanlar

Malzeme taşımada kullanılabilecek ekipmanlar çok çeşitlidir. Hangi şartlarda hangi ekipmanın kullanılacağına karar vermek, sorumlu kişinin makineler hakkındaki bilgisine ve vereceği karara ve de malzemenin taşınmasıyla ilişkili maliyetlere bağlıdır.

1.16.1 Ekipman Tipleri

Ekipmanlar, hizmet verdikleri alana göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilirler :

1) Sabit güzergah içerisinde sabit noktalar arasında

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| a. Yerçekimli konveyör | (Gravity conveyor) |
| b. Bant konveyör | (Belt conveyor) |
| c. Rulolu konveyör | (Roller conveyor) |
| d. Oluklu konveyör | (Chute conveyor) |
| e. Levha konveyör | (Slat conveyor) |
| f. Vidalı konveyör | (Screw conveyor) |
| g. Zincirli konveyör | (Chain conveyor) |
| h. Asma Monoray konveyör | (Overhead monorail conveyor) |
| i. Arabalı konveyör | (Trolley conveyor) |
| j. Tekerlek konveyör | (Wheel conveyor) |
| k. Çekici konveyör | (Tow conveyor) |
| l. Kova tipli konveyör | (Bucket conveyor) |
| m. Hatta ki konveyör | (Cart -on-track conveyor) |
| n. Pnömatik tüp konveyör | (Pneumatic tube conveyor) |
| o. Tek kollu palet konveyör | (Single strand pallet conveyor) |
| p. Tek kollu "crousel" konveyör | (Single strand crousel conveyor) |

2) Sınırlı alanlar içerisinde

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| a. Vinç Sistemler | (Hoists) |
| b. Asma vinçler | (Overhead cranes) |
| c. Hidrolik makas kaldırıcı | (Hydraulic scissors lift) |

3) Geniş alanlar içerisinde

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| a. El arabası / yük vagonu | (Handcart / truck) |
| b. Katlı platform vagonu | (Tier platform truck) |

c. Palet kaldıraç	(Hand lift truck / pallet jack)
d. Motorlu el vagonu	(Power-driven handtruck)
e. Motorlu platform vagonu	(Power-driven platform truck)
f. Forklift vagonu	(Forklift truck)
g. Dar koridor vagonu	(Narrow-aisle truck)
h. Traktör römork konvoyu	(Tractor-trailer train)
i. Malzeme kaldırıcı	(Material lift)
j. Silindir tipli vagon	(Drum truck)
k. Silindir tipli kaldırıcı	(Drum lifter)
l. İki tekerlekli yük konveyörü	(Dolly)
m. AGV sistemi	(AGV system)

1.16.2 Ekipman Tanımları

Yukarıda verilen ekipman tiplerinin her biri aşağıda detaylı olarak incelenmiştir. Burada, ekipmanların temel karakteristikleri ve/veya uygulamaları da verilmiştir.

1.16.2.1 Yerçekimli Konveyörler

Bu konveyörler yumuşak hatlı bir kayma yüzeyine sahip malzemelerin iletilmesinde kullanılırlar. Kısa mesafelerde malzeme iletimi için idealdirler. Yerçekimi hareketi sağlamak için kullanıldığından konveyör eğimli olmalıdır. Taşınan parçaya göre bu eğim ¼'den 3/4 inch/ft'e kadar değişmektedir.

Ürünün uzunluğu ve tipine göre rulolar arası mesafe belirlenir. Genellikle pratikte uygulanan yöntem en kısa ürünün altında minimum üç rulo bulunmasıdır. Yumuşak veya esnek bir malzeme, sert bir malzemeye göre daha dar rulo aralığı gerektirmektedir.

Genellikle yük taşıma kapasitesi 1 inch'lik rulo için 50 lb'den, 5 inch'lik rulo için 8000 lb'ye kadardır. Bu yük limitlerinde küçük rulolar düşük hızda, büyük rulolar ise yüksek hızda kullanılırlar. Farklı kavislerle dönüşler gerçekleştirilir. Kavislerde ruloların mesafeleri daralır. Böylece yan kılavuzlar kullanmaya gerek kalmaz.

Manuel ve güçle çalışan makaslar sayesinde bir konveyörü bir veya daha başka konveyör hattına bağlamak mümkündür. Bir yaklaşma bölümü sayesinde iki konveyör arasında iletim makassız sağlanabilir. Toplu transfer tablaları iki konveyörün basit geçişlerini sağlar, ve dönüşüm tablaları 90° ile kesişen konveyörlerin seçimli kullanılmasını sağlar. Liftli kapılar personelin rulolu veya tekerlekli konveyörlere çalışmasını sağlar.

Tekerlekli Konveyörler:

Yerçekimli konveyörlerin bir çeşididir, yumuşak alt yüzeye sahip malzemelerde kullanılır. Bazı avantajları esneklikleri, hafif ağırlığı, minimum eğimle çalışma ve düşük operasyon maliyetidir. Rulolu konveyörlerin bir çok modeli tekerlekli olarak da mevcuttur. Ana kullanım alanları güvertelerde ve depolarda hareketli konveyör olarak kullanılırlar. Akışlı raflarda malzeme depolamada kullanılırlar.

Kayışlı Konveyörler:

Kayışlı konveyörler açık yükler ve küçük parçalardan büyük parçalara, kutulara kadar birkaç yüz pound'luk yükleri taşıyabilirler. Konveyörler azalan veya artan, hareketli veya sabit olarak yapılabilirler. Çalışma hızları birkaç inçten dakikada birkaç yüz feet'e kadar olabilir. Kaygan yataklı modeller hafif yüklerin ve uzunluklarıyla kayışın çekişiyle limitlidir.

Karşılıklı çalışma alanları ve bölümlerin bu konveyörü elektronik hafif ve küçük ürünler için uygun olmasını sağlamaktadır. Rulo yataklı konveyörler daha düşük sürtünme katsayısına sahiptirler böylece daha uzun konveyör yapma olanağı vardır. Rulolu yataklı modelin maliyeti daha yüksektir. Tel ağı ve çelik kayışlar yıkama, kurulama, ısıtma ve diğer yüksek sıcaklıkta ıslak ve paslandırıcı uygulamalarda kullanılır.

Kayışlı Asansörler:

Bu ekipman malzemenin yatayda mümkün olan en kısa mesafede yer değiştirmesini sağlamak için kullanılır. Devamlı yerçekimi akışını sağlamak için gerekli olan yüksekliği asansörlerle sağlanmaktadır. Makine magazin operasyonlarında bu konveyörler küçük parçaları alttaki çıkma noktasından üstteki besleme noktasına çıkartmada kullanılır. Bu konveyörler genellikle malzemeye göre ve diğer şartlara göre 15 ila 45° açılı olarak kullanılır. Standart yüzeyli olanlar 15° üstündeki eğimlerde kullanılır. Malzemeye ve eğime göre kayışa bölgüler eklenerek malzemenin kayması engellenmiş olur. Bölgüler 45° üstü için her zaman gereklidir.

1.16.2.2 Bantlı Konveyörler

Bantlı konveyörler, sabit ve hareketli olmak üzere iki tipte imal edilirler. Sabit bantlı konveyörlerin bütün yapılış şekilleri, kullanılma müddetince sabit kalacak şekildedir. Bunlar öyle dizayn edilirler ki, diğer bir yerde tekrar monte edilebilmesi için, kolaylıkla sökülebilmeli ve taşınabilmelidirler. Ayrıca, rasyonel bir imalat için, konveyör imal eden fabrikalar geniş ölçüde norm yapı elemanları kullanılır.

İki ana formda daha çok bulunur; düz (yatay) bantlı konveyör daha çok paletler, parçalar ve birçok açıktaki malzeme için kullanılır. Oluklu olan bantlı konveyör ise açıktaki ve dökülebilecek malzemelerde kullanılır. Malzemeler bant üstüne konur ve iletilecek mesafe boyunca hareket eder. Bu bant devamlı döngüdedir bu yüzden uzunluğun yarısı iletilecek mesafedir, diğer yarısı da dönüş içindir. (genellikle boş)

Bant konveyör, bir ucunda veya her ikisinde de bulunan rulo veya silindir benzeri aletler tarafından çalıştırılan sınırsız bir kayıştır. Bu silindirler, ya düz taşıma bandı veya oluklu konveyörü oluşturur. Bant, taşınacak yüke göre lastik, tel, metal veya dokuma olabilir. Özel durumlarda, demirden yapılma metalleri taşımak veya demiri diğer metallerden ayırmak için bant, manyetik yatağa sahip olabilir. Montaj parçalarını beslemek, malzemeleri konumlandırmak veya küçük hacimli parçaları nakletmek için bant titreştirilebilir.

Özellikler ve uygulamalar:

- Bant, yatay düzlemde veya en fazla 30° yapacak şekilde çalışır.
- Düz yataklı bantlar montaj hatlarında hafif cisimleri taşımak için kullanılır.
- Rulolu bantlar; depodaki veya diğer depolama alanlarındaki ağır sandıkları, kutuları veya diğer kapları taşımak için kullanılır.
- Oluklu silindirler ; kömür veya ham malzemeleri taşımak için kullanılır.
- Bant hızı, dakika başına 2' den 300' e kadar ayarlanabilir.
- Bant genişliği, 12" den 36"ya kadar değişir ve bununla birlikte yük kapasitesi her yatay ayak başına 136.200kg ile 681kg arasında değişir.



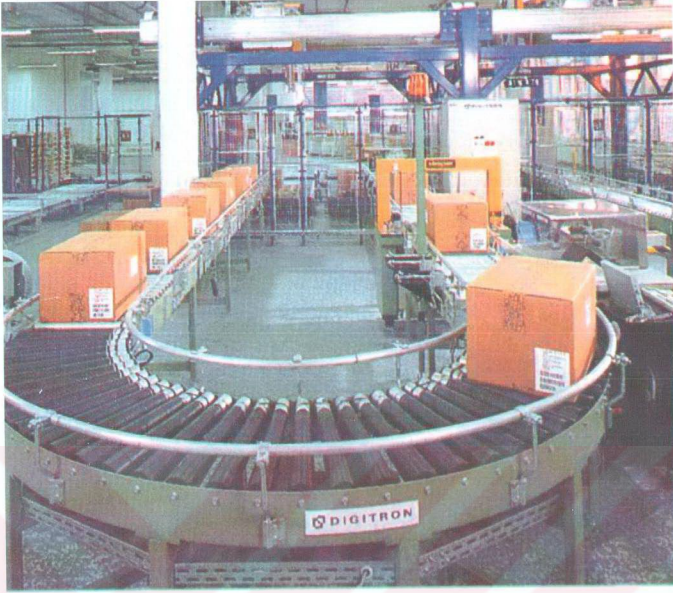
Şekil 1.2 Bantlı konveyör (Robeson,1994)

1.16.2.3 Rulolu Konveyör

En çok kullanılan konveyör sistemlerindendir. Konveyör hareketin istikametine dik olarak bulunan rulolarla yapılır. Rulolar sabitlenmiş bir çerçeve içinde yerden belli bir yükseklikte dönerler. Rulolar döndükçe düz yükler, paletler ileriye doğru hareket eder. Rulolu konveyörler yerçekimi veya motorla çalışırlar. Motorla çalışanlar daha çok kayış ve zincir mekanizmaları ile çalışırlar. Yer çekimi tiplerinde ise aşağı doğru sürtünme kuvvetini yenecek şekilde bir eğimle çalışırlar. Rulolu konveyörler yüklerin üretim operasyon noktalarına, depolamaya ve dağıtım uygulamalarında kullanılırlar. otomatik sistemli konveyörler operasyonların birleşmesinde ve araştırılmasında kullanışlıdır. Taşınan yüke göre rulo tipi (çelik, lastik veya tahta), şekli (rulo veya tekerlek) ve sahip olduğu boş alan değişiklik gösterir.

Özellikler ve uygulamalar:

- İş istasyonları arasında malzemeler hareket ettirilebilir.
- İş alanı seviyesine göre yükseklik ayarlanabilir.
- Yükler sert olmalıdır.
- Konveyör üzerine yerleştirilen paletler, kaplar veya kutular yardımıyla pürüzlü veya kırılğan malzemeler taşınabilir. Aşağıdaki şekilde paletlerin rulolu konveyör üzerinde taşınması görülmektedir.



Şekil 1.3 Rulolu konveyörde bitmiş ürün sevki (Digitron AG.)



Şekil 1.4 Rulolu konveyörde barkod işleme (Digitron AG.)



Şekil 1.5 Rulolu Konveyör (Robeson,1994)

1.16.2.4 Oluklu Konveyör

Oluklu konveyör , yüksekte bulunan bir iş istasyonundan daha düşük seviyede bulunan bir iş istasyonuna malzeme akışını sağlayan metalden yapılmış bir kaydıraktır. Yer kazanmak amacıyla oluk şekli, düz veya sarmal olabilir.

Özellikler ve uygulamalar:

- Yerçekimini kullanarak malzemeler kısa mesafeler arasında hareket ettirilebilir.
- Oluk , iş parçalarının akışını kontrol eden bir kapağa sahip olabilir.
- Ucuzdur ve değişik seviyelerdeki konveyörlerin birbirine bağlanmasında etkinlik sağlar.
- Eğer tasarım, nakledilen malzemelerin büyüklüğüne ve biçimine uygun değilse oluk, sıkıştırılabilir.

- Spiral çapı 18" ile 48" arasında olabilir ve yükseklik isteğe göre belirlenir.

1.16.2.5 Levha Konveyör

Levha konveyörlerde ayrı ayrı platformlar kullanılmaktadır. Bunlar levha olarak tanımlanır. Levhalar sürekli hareket eden zincirle birbirlerine bağlanmıştır. Çalıştırma sistemi motorlu zincir olmasına rağmen bant konveyör gibi çalışır. Yükler levhaların üstüne yerleştirilir ve levhaların üstünde iletilir. Düz hat akışında en çok levha konveyörler kullanılır. Devamlı olan zincir sayesinde, konveyör sisteminin sürekli döngü içinde rotanın ve rotaya göre dönüşler yapma imkanı vardır. Kapalı bir döngü oluşturmak için levhalar, rulolar üzerinde hareket eder.

Bu konveyör taşıma ve hareketli montaj için kullanılırlar. Bir çok parça ve paket yatayda taşınabilir ayrıca kayışlı, rulolu ve yerçekimli konveyörle bağlanması için en ideal konveyördür. Konveyör ağaç, metal veya kanal levhaları tek veya çift zincir hattına bağlıdır. Levhalar birbirlerine yakın olarak yerleştirilmiştir, zincir aralıkları ayarlanarak levha aralıkları ayarlanabilir.

Dönüş için levhalar hattaki açılı ile desteklenmelidirler. Bu konveyörler kısa mesafede yavaş hızlarda çalışırlar.

Tahta levhalar paketlenmiş ürünler için idealdir. Çelik levhalar ağır yükler veya özel şekiller ve dizaynların iletilmesi gerektiği zaman kullanılır.

Özellikler ve uygulamalar:

- Ağır ve pürüzlü yükler doğrudan levhalar üzerine yerleştirilebilir.
- İşlem, ya yatay düzlemde ya da en fazla 40 derecelik açı oluşturacak şekilde gerçekleştirilir.
- Montaj işlemlerinde bu konveyör platform serisi olarak kullanılabilir.
- Temizlik kolaylığından dolayı levha konveyörler daha çok şişeleme ve konserve hatlarını da kullanılır.

- Plastik levhalar için levha boyutu $3 \frac{1}{4}$ den $7 \frac{1}{2}$ ye kadar olabilir. Çelik levhalar için bu oran $3 \frac{1}{4}$ den 12 ye kadar değişebilir.



Şekil 1.6 Levha konveyör (Digitron AG.)

1.16.2.6 Vidalı Konveyör

Vidalı konveyör; tüp ya da oluk içinde bulunan vida veya büyük spiraldir. Vidanın döner hareketi, malzemeyi spiral içinde oluk veya tüp boyunca hareket ettirir.

Özellikler ve uygulamalar:

- Hem düz hem de eğik olarak kullanılabilir.
- Az yer kapladığı için dar bir alana sığabilir.

1.16.2.7 Zincirli Konveyör

Zincirli konveyörler iletilecek yolun sonunda bulunan ve zincir dişlisinin üstünden ve altından geçen sonsuz zincir döngüsüdür. Konveyörü oluşturmak için tek veya daha çok paralel çalışan zincir vardır. Zincirler oluklar içinde hareket ederek esnek zincir bölgeleri için destek sağlar. Olukların içinde zincir olduğu gibi rulolarda bulunabilir. Yükler genellikle zincirin üstünde ilerler, bazı durumlarda bir itici çubuk paralel iki zincir arasında bulunur ve malzemeyi iter veya çeker.

Zincirli konveyör hattı sanayide kullanılan en eski tavan taşıma sistemidir. Bu sistemin

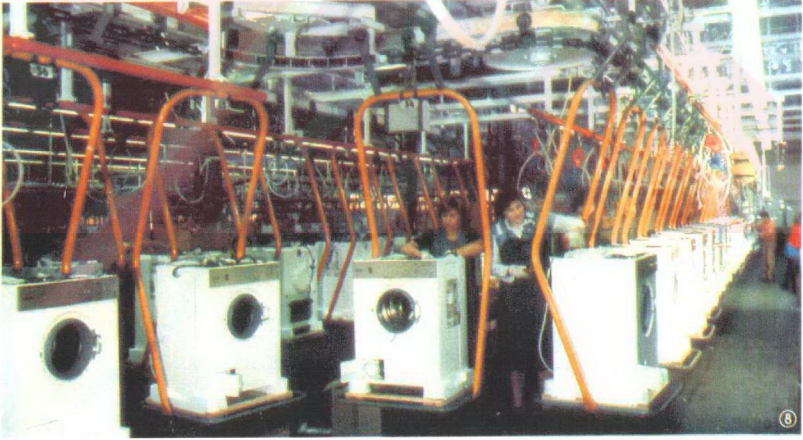
malzeme iletim hızı 3 m/dak. ile 5 m/dak. arasında değişmektedir. Malzeme iletiminde ise genellikle 3 m/dak. hızında kullanılmaktadır. (<http://www.schierholz.com>)

Özellikler ve Uygulamalar

- Taşıma kutularını ve paletleri taşımak için faydalıdır.
- Büyük hacimli malzemeleri bir oluk boyunca çekmek için kullanılır.
- Genelde boyu 10" ila 100" ve kapasitesi 136.2 kg ile 1362 kg/ft³'dir.

Dezavantajları

- Sistem sürekli çalışır, zincir devamlı dönmektedir. Sistemde bir arıza meydana geldiğinde tüm hareket durur ve malzeme iletimi sağlanamaz, veya işyerinde 10 dakikalık bir boşluk olduğu zaman malzeme iletim sistemi boşa çalışır.
- Diğer konveyör tiplerine (Asma Tek Raylı Konveyör çeşitleri) göre malzeme iletim hızı düşük olduğu için tampon stoklara ihtiyaç vardır. Ayrıca diğer konveyörlere göre daha çok yer kaplamaktadır.



Şekil 1.7 Zincirli konveyör montaj hattında (<http://www.schierholz.com>)



Şekil 1.8 Zincirli konveyör ile rulolu konveyör arasında malzeme transferi
(<http://www.schierholz.com>)

1.16.2.8 Asma Tek Raylı Konveyör

a) Elektrikli Asma Konveyör Hattı:

Elektrikli tahrikle donatılmış taşıtlar alüminyum ray üzerinde hareket ederler. Taşıtlar gerekli elektrik akımını alüminyum rayın içinde yerleştirilmiş akım rayından alırlar (<http://swisslog.com>).

Özellikler ve Uygulamalar

- Diğer üretim tesisleri ile kombine edilebilir.
- Kaldırma, döndürme, kavrama gibi ek fonksiyonlara sahiptir.
- Yükü gerektiği yere bırakıp alabilmektedir.
- Malzeme iletim hızı 20m/dak ile 60m/dak arasındadır.
- Yüksek malzeme iletim hızı sayesinde tampon stokların azaltılmasını sağlar.
- Gerektiği zaman çalıştırılabilme özelliğine sahiptir.
- Tesis içinde malzeme taşıma için gereken alanı azaltırlar.

Dezavantajları

- Çok ağır yükler taşınıyorsa konstrüksiyon gereği sık ayaklar konulabilir bu da tesis içini karartır.



Şekil 1.9 Otomotiv sektöründe elektrikli asma konveyör hattı (<http://www.schierholz.com>)



Şekil 1.10 Otomotiv sektöründe elektrikli asma konveyör hattı (<http://www.schierholz.com>)



Şekil 1.11 Tekstil sektöründe elektrikli asma konveyör hattının liftli uygulaması
(<http://www.schierholz.com>)



Şekil 1.12 Elektrikli asma konveyör hattının otomotiv montaj hattında kullanımı
(<http://www.schierholz.com>)

b) Power and Free Asma Konveyör Hattı:

Endüstriyel konveyörlerin bir gelişmiş modeli çift hatlı konveyör sistemi olan power & free konveyör diye adlandırılır. Sistem paralel iki hattan oluşur. Hattın biri güç zincirini ve diğer hatta yükü taşıyacak taşıyıcıları taşır. Güç zincirine mandal mekanizmaları takılmış olup. Boş hatta olan önceden mesafelerde bulunan taşıyıcılara mandalla bağlanarak sabit hatta ilerler. Taşıyıcı mandal mekanizmasını devreden çıkartacak bir kam mekanizması ile durdurulabilir. Power & free konveyörler asılı ve yerde ters olarak çalışabilirler. Bu konveyörlerde üç farklı şekilde malzemeler taşınır ve desteklenir; zemin üstünde, havada asılı ve zemin üstünde düz bir şekilde.

Havali asılı sistemde yük konveyörün askılarına asılır. Buda yukarıyla zemin arasında boş alan kalmasını sağlar. Konveyör daha yüksek bir seviyeye çıkabilir, böylece başka üretim işleri için zeminde yer açılır. Bu sayede alan kazanılır ve etrafta bir çok parça isteyen proseslerde kullanılması faydalıdır.

Ters çevrilmiş power & free sisteminde yük alttan desteklenmektedir, böylece yükün etrafında çalışmak mümkündür ve üstten içinekinde müdahale etme şansı vardır. Bu sistem daha çok manuel olarak kullanılan üretim hatlarında veya robotlarla ve otomatik ekipmanlarla kullanılır. Şekilde power & free konveyör hattının planı görülmektedir. Üretim mühendisi ihtiyaçlarını belirtir planı oluşturur buna göre konveyör üreticisi sistemi dizayn eder. Power & free sisteminin avantajları:

- Belirlenen yere anında malzeme akışını sağlarlar ve bunu sağlarken sistemdeki diğer taşıyıcıları engellemezler.
- Farklı üretim departmanları arası sürekli iletim bağlantısı sağlayan bir konveyör sistemi, manuel yükleme ve boşaltma maliyetlerini ortadan kaldırır. Bir sistemde malzeme alımından sevk etmeye kadar olan üretim proseslerinde iletimi sağlar.
- Konvasyonel konveyör sisteminden farklı olarak, power & fren konveyör sistemindeki ürün boş hat üstündedir. Bu da performansı arttırmak için sisteme anahtarlar, hattın doluluğunu hissedene araçlar, kaldırma ve boşaltma ve otomatik depolanan ürünün sayımını sağlayan gereçler eklenebilir.
- Konvasyonel konveyörden farklı olarak, konveyör hızı operasyonlara göre ayarlanabilir. Ayrıca birikme noktalarını, by pass, boş taşıyıcı depolama sağlar.

- Test etme, inceleme ve yeniden imal etme (tamirat) gibi fonksiyonları aynı konveyör sistemine bağlanan boş hatlar sayesinde destekler. Buda ekstra taşımayı önler ve yer ihtiyacını azaltır.
- Gelecekteki genişlemelerde hatlara ek yapılarak yeni bir bağımsız sistem kurmadan yapılabilir.

Power & free konveyör sistemleri daha çok üretim miktarı yüksek olan sanayilerde kullanılmaktadır. Bunu özel üretimler için kullanan bir çok üretici firma vardır. Konvasyonel konveyörlerden daha pahalı bir sistemdir, fakat sağladığı yararlar maliyet farkını karşılamaktadır. Daha çok otomobil, elektronik, elektriksel araçlar üreten fabrikalarda kullanılmaktadır.

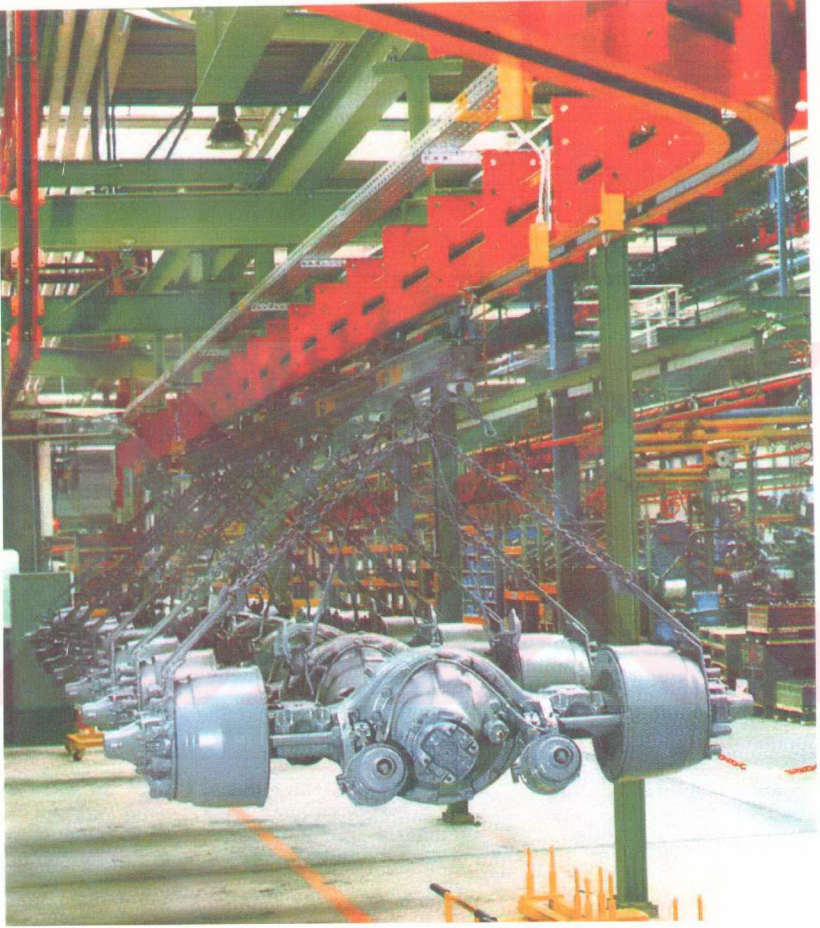
Zincirin sürekli hareket halinde olmasına rağmen, malzemeyi periyodik taşımak mümkündür. Sistemde yük alt raya kurulmuş taşıma takımına asılı olarak, ihtiyaca göre, zincir götürücüsü tarafından hareket ettirilir veya durdurulur. (<http://www.swisslog.com>)

Özellikler ve Uygulamalar

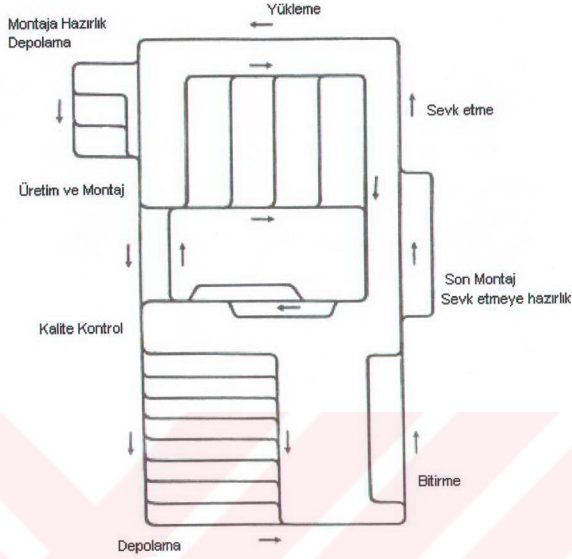
- Sistem çok küçük bir alana sığdırılabilir.
- Uygun bir yük kavrama noktası.
- 90°'ye kadar tırmanma özelliği sağlamaktadır.
- İşleme zamanları veya değişik bölümlere taşıma hızlarının farklı olması halinde, tasnif etmek, bir araya toplamak, depolamak ve dağıtmak gibi fonksiyonları tek başına gerçekleştirebilir.
- Malzeme iletim hızı 15m/dak ile 30m/dak arasında değişmektedir.

Dezavantajları

- Malzeme taşıma mesafesi uzun olursa, taşıma takımlarının sayısı artar, buda maliyetin artmasına neden olur.



Şekil 1.13 Power & free konveyör hattını ön depolamada (<http://www.schierholz.com>)



Şekil 1.14 Power & free hattının fabrika içinde akış planı (Sheth,1995)



Şekil 1.15 Power and free asma konveyör hattı Arçelik Eskişehir (<http://www.swisslog.com>)

1.16.2.9 Arabalı Konveyör

Arabalı malzeme iletimi, malzemelerin asılarak taşındığı asma rayının üzerinde arabanın ilerlediği bir sistemdir. Arabalı sistem eşit mesafede asma raya asılmış ve sonsuz zincir veya kablo ile hareket ettirilen arabadan ibarettir.

Arabalı konveyör genellikle I demirine asılı olan arabadan oluşur. Asılı olan arabalar askılarla gerekli olan yükü taşırlar. Malzeme iletim araçlarının en çok yönlü tiplerinden biridir, üç boyutta çalışabilir buda çeşitli doğrultularda gidebilmesini sağlar. Çeşitli boyutlardaki, ağırlıklardaki ve şekillerdeki bir sürekli hat üstünde iletir. Hattın uzunluğu proses depolaması için uzatılabilirler.

Konveyör aynı zamanda proses ekipmanı olarak görev alabilir örnek olarak yıkama, boyama, ve fırınlama operasyonlarında kullanılır. Yükseklik kolaylıkla değişebilir. Senkronize kullanılabilmesi sayesinde besleme hattında, üretim hattında istenen anda malzemenin yerinde olmasını sağlar.

Arabalı konveyörler düşük ilk maliyet, düşük bakım maliyeti ve yüksek hurda değeri, aynı zamanda sökülüp başka bir yere monte edilebilmesi avantajlarıdır. Parçaları standartlaştırılmıştır ve üreticinin stokunda bulundurması kolaydır.

Ortalama ve temiz koşullarda çekici zincir toplam hareket eden yükün $2/3$ 'ünü taşır. Konveyörün bir kattan diğer kata çıktığı durumlarda zincirin çekme gücüne yükün çıkması için gereken kuvvet eklenir. Buda taşınacak yükün pound/feet olan ağırlığı çıkılacak yükseklikle çarpılarak bulunur.

Bir çok çeşitte arabalı konveyör vardır bunlar bazıları, tekerlekli, zincirli ve kanallıdır. Varyasyonlar daha çok hafif işlerin sistemlerinde kullanılır. En çok kullanılan ise kanalların içinde rulmanlarla çalışan tiplerdir. Bir çok ek parçası vardır, kavisler, köşeler, çalıştırma motorları gibi.

Kablo veya zincir bir hareket verici teker veya çarkla sisteme güç iletimini yapmaktadır. İletilecek güzergah ray sisteminin konfigürasyonu ile belirlenmektedir. Sistemin yükseklik değişimleri, dönüşleri, ve sonsuz bir döngü (halka) yapma özellikleri vardır. Arabalardan yük taşımak için kancalar, kafesler, kutular asılmaktadır. Asma konveyörler daha çok fabrikalarda kullanılırlar. Hem iletim hem de stoklama için kullanılırlar.

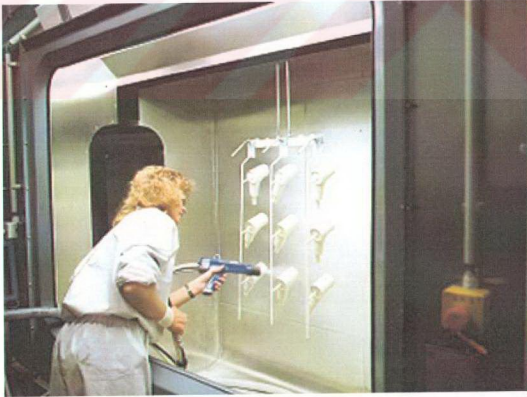
Özellikler ve Uygulamalar

- Yükler, yatay veya belirli bir eğimle hareket eder.

- Yerden tasarruf sağlamak için asma depo olarak kullanılır.
- Yağdan arındırma, spreyl boyama, montaj ve paketleme en yaygın kullanım alanlarıdır.



Şekil 1.16 Depolamada kullanılan Arabalı konveyör hattı (<http://www.schierholz.com>)



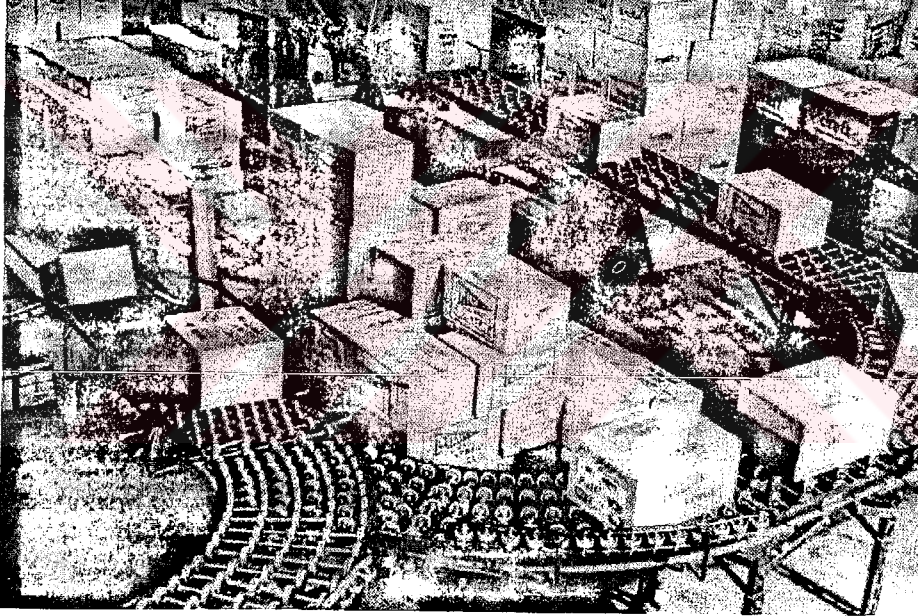
Şekil 1.17 Sprey boyamada kullanılan konveyör hattı (<http://www.schierholz.com>)

1.16.2.10 Tekerlek Konveyör

Rulolu konveyörlere benzer operasyondadırlar. Rulolar yerine şaftların üstünde dönen tekerlekler, şafta çerçeveye bağlıdır. Paletleri ve konteynırların yol boyunca ilerlemesi tekerlekler vasıtasıyla sağlanır. Rulolu konveyörlerle uygulamaları aynıdır tek farkı taşınacak yüklerin temas yüzeyleri daha küçük olmasından dolayı tekerlerin dönebilmesi için yüklerin daha hafif olması gerekmektedir.

Özellikler ve Uygulamalar

- Tekerlekler arasındaki mesafe nakledilecek yüke göre değişiklik gösterir.
- Tekerlek konveyörler rulolu konveyörlere göre daha ekonomiktir.
- Bu tip bir konveyör hafif yükler için kullanılır.



Şekil 1.18 Tekerlek konveyör (Robeson,1994)

1.16.2.11 Çekici Konveyör

Bu konveyörler tekerlekli arabaların yere monte edilmiş zincir veya kablo ile çekilmeleriyle olur. Zincir veya kabloya çekici hat adı verilir. Konveyör hatları hendek veya kablo sistemi ile tanımlanırlar. Hareket verilen rotalar üstündeki makaslar sayesinde sisteme esneklik kazandırılabilir. Arabalar alttan geçen zincire takılabilmek için pimler taşırlar. Pimler zincirden çıkmak için geri çekilir. Çekme hattı sistemleri fabrikalar ve ambarlarda birim yük iletmekte kullanılırlar.

Özellikler ve Uygulamalar

- Çekme hattı ya asma olabilir ya da yerde olabilir.
- Bir çekme hattından diğerine otomatik geçişi sağlayan hatlar yüklenebilir.
- Uzun mesafeler arasında yapılan sık taşımalarda kullanılır.

1.16.2.12 Kova Tipli Konveyör

Kova tipli konveyörde , belirli seviyeler arasında hareketli bir zincir üzerine kovalar yerleştirilmiştir. Kovalar , malzemeyi dökmek için otomatik olarak konveyörün üstünde veya altında yana yatarlar.

Özellikler ve Uygulamalar

- Bu taşıyıcı tipi hammaddeleri taşımak için kullanılır.
- Zincir dikey yada eğimli olabilir.

1.16.2.13 Hatta ki Taşıyıcı Konveyör

Bu konveyör sistemleri tek tek araçların çift raylı ve arabayı yerden bir kaç feet yukarıda taşıyan sistemden oluşur. Arabalar tek başına güçle iletim yapmamaktadır. Daha çok iki ray arasında bulunan kılavuz tüple hareket ederler. Hareket tüpü sayesinde kıvrılan tüp olarak da adlandırılırlar. Arabaya hareket tüpüne belli bir açıyla değen ve hareketi sağlayan sürme tekeri takılmıştır. Arabanın hızını sürme tekerinin tüpe olan temas açısını değiştirerek ayarlamak mümkündür. Sürme tekeri tüpe dikken araba hareket etmez. Açı 45°'ye doğru düşmeye başlayınca hızda artmaya başlar. Diğer konveyör sistemlerine göre hatta ki konveyör pozisyon almada yüksek yüzdeye sahiptirler. Buda üretim sırasında pozisyon almaları açısından önemlidir. hatta ki konveyör uygulamaları daha çok kaynak yapan robotlarla ve mekanik üretim sistemlerinde kullanılır.

Özellikler ve Uygulamalar

- El arabaları gerektiğinde bir araya toplanabilir.
- Her bir el arabası bağımsız olarak kontrol edilebilir.

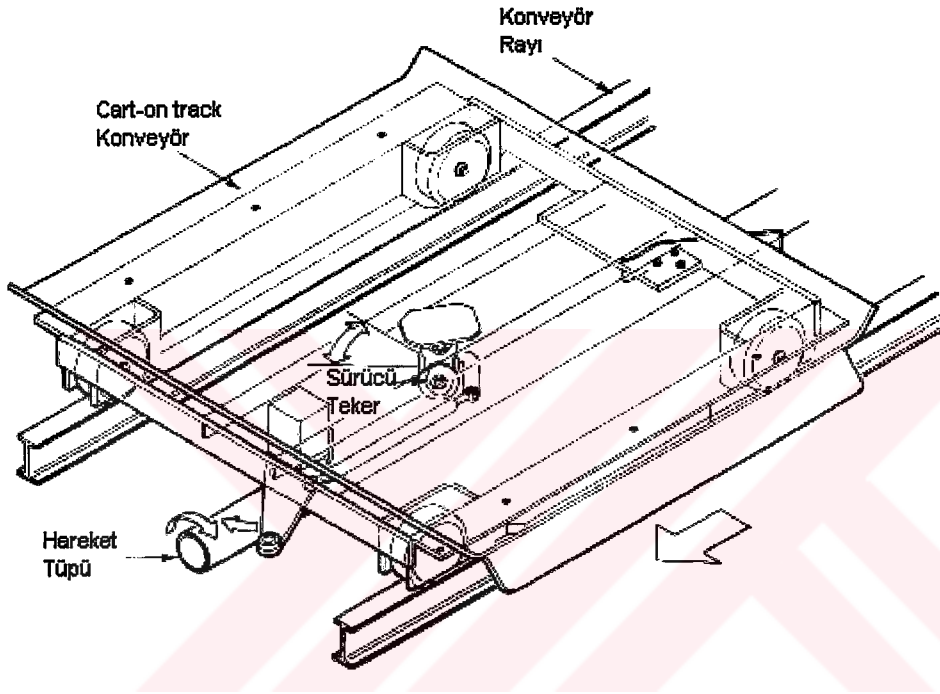
1.16.2.14 Pnömatik Tüp Sistem

Pnömatik tüp sistemi, sıkıştırılmış hava veya vakum yardımıyla küçük parçaların daha

önceden belirlenmiş bir güzergahta taşındığı bir silindirden oluşur.

Özellikler ve Uygulamalar

- Böyle bir sistem, hafif parçaların nakledilmesinde kullanılır.
- Birçok dallara ve istasyonlara sahip büyük ve karmaşık sistemlerin yüksek işlem ve bakım maliyetlerinden dolayı sabit basınç veya vakuma ihtiyaç duyulmuştur.



Şekil 1.19 Hatta ki konveyörün çalışma prensibi.

1.16.2.15 Tek Kollu Palet Konveyör

Bu konveyör daha çok metal endüstrisinde montajda, proste ve prosesler arası iletimde kullanılır. Birbirine bağlanmış palet serilerinden oluşur ve sonsuz zincir tarafından itilir. Zincir hareketi sağlar burada yükün hiçbir ağırlığını üstüne almaz. Paletler raylar üstünde kılavuzlanmıştır. Hızları genellikle düşüktür (60 ft/dak altında) böylece montaj ve proses operasyonları için gerekli zamanı sağlarlar. Şekilde tipik bir tipi görülmektedir. Yataydaki

zincir pimleri dikey esnekliğe imkan sağlamaktadır. Sabitlemeler ürüne, üretime, pozisyonlara, paletlere göre yapılmaktadır. Konveyör bulunduğu yerdeki işe göre gerekli yükseklikte ayarlanabilir. Bu konveyörlerin yanına yardımcı yol kazılarak ters dönüp geri dönmesi belli bir yükseklikle kazandırılır. Bu tipin bir dezavantajı geri dönerken ters gittiği için boş olması gerekmektedir, böylece bu pahalı konveyörün taşıyıcılarının yarısı kullanılabilir.

Bir başka varyasyonu ise zincir pimleri diktir. Buda yatayda esneklik sağlamaktadır. Böylece yatayda inişler çıkışlar ve diğer hatlara geçme olanağı doğmuştur. Böylece montajda ki bir ürün farklı noktalara iletebilmektedir.

1.16.2.16 Tek Kollu “Crousel” Konveyör

Bu konveyörler testte, montajda ve proseste çok kullanışlıdır, aynı zamanda zincir paletlere ve vagonlara bir ucundan bağlıdır. Bir ucundan geçmeli olarak kullanılırlar.

Paletin bir ucu zincire bağlıdır ve her bir eğim veya çarpanları için paletin boyunca mesafe gereklidir. Zincir sabitlenmiş bir hatta oval bir yolda ilerlemektedir. Paletlerin yanlarında onları hatta kılavuzlayan tekerlekler bulunmaktadır.

Bu konveyörün yapısı düz ilerlerken paletlerin birbirine yakın olarak sıralanmasını sağlar. Her zaman dik olmaları nedeniyle paletler her zaman yük bulundurabilirler. Yan yola ihtiyaç yoktur.

Paletler takılan ek parçalarla geniş bir uygulama alanına sahip olurlar. Paletler montaj hattında üstünde çalışabilecek şekilde dizayn edilebilirler. Diğer uygulamalarda da bu konveyörün kullanımı mümkündür.

1.16.2.17 Zemin Altı Çekme Hatlı Konveyör

Bu konveyörün tüm çekme sistemleri zeminin altındadır. İki tekerlekli arabalar veya vagonlar zemin üstünde çekme pimi ile çekilirler. Bu uygulama power and free konveyör sisteminin bütün çalışma şekillerini sağlar. Vagondaki sinyal verici ve ayarlayıcı sayesinde vagon başka rotalara geçebilmektedir. Zemin altı çekme hattının zinciri 3 inch derinliğinde 2 ¼ inch genişliğindedir.

Bu tip konveyörün geniş uygulama alanları vardır. Vagona monte edilen sabit yük sayesinde montaj konveyöründe olur. Parçaların prosesten prosese veya makine departmanlarından diğer departmanlara taşınmasında kullanılır. Depolarda ve sevk etme güvertelerinde siparişlerin

toplanmasında kullanılır. Bu durumda boş vagon hattın alınıp depoya gönderilip oradan yükü aldıktan sonra sevk güvertesine gider.

Genellikle vagonların yük limiti 3000 lb'dir, fakat dikkatli bir mühendislikle daha ağır yükler taşınabilir. Hızı ise mümkün olduğunca düşük olmalıdır, hafif yükler için 150 ft/dak hıza ulaşabilirler. Tek bir konveyör birkaç yüzden 1000 ft'e kadar uzunlukta olabilir.

1.16.2.18 Apron Konveyör

Bu konveyör hacimli, dağınık veya sıcak malzemelerin veya çok küçük parçaların, yatayda ve eğimde ilerleyen veya bunların kombinasyonu olan konveyördür. Hacimli malzemeler örnek olarak taş, kum ve küçük metal parçaların taşınmasında kullanılır. Apron konveyörler çift hatlı çelik rulolu zincirin belirlenmiş hatta, birbirine bağlanan veya üst üste binen kefeler oluşur. Kefeler birbirlerinin sonuna boncuk gibi dizilirler, böylece biri diğerinin üstüne biner ve sürekli bir yüzey oluştururlar. Üste binme konveyörün geçme noktasının üstünden geçer, malzemenin akmasını veya kefeye sıkışmasını önler. Her kefenin sonuna dizilen kefe öncekinden büyüktür.

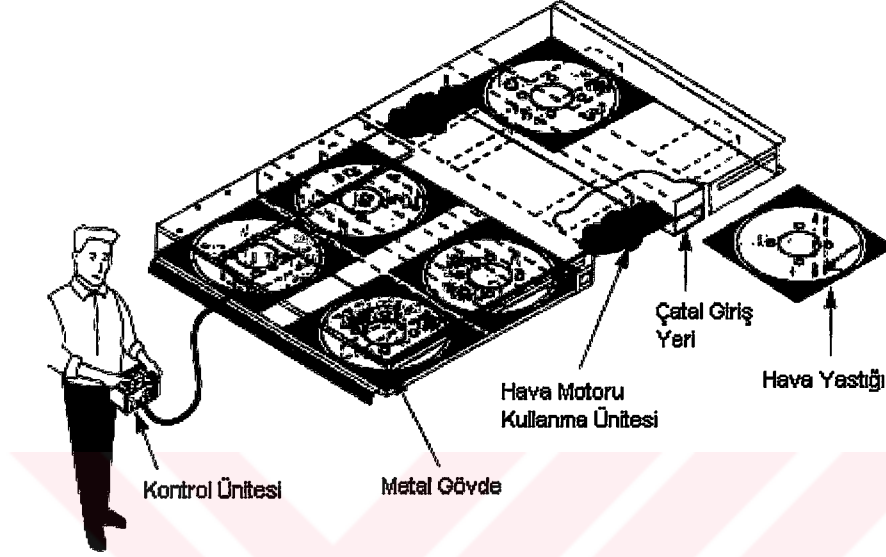
Geniş kefeler daha çok yatay ilerlemelerde ve hafif yükselmelerde kullanılır. Kefelere bazen yüklerin kaymasını önlemek için kauçuk bölgüler konulmaktadır. 22.5°'den daha dik eğimler için veya hacimli ve dağınık malzemeler için daha derin kefeler kullanılmalıdır. Daha düşük operasyon hızları tavsiye edilmektedir, hız aralığı 40 ila 100 feet/dak arasında iletilecek malzemeye göre belirlenmelidir. Malzemenin depolama kutularından alındığı zaman ve besleyici olarak kullanıldığı zaman 5 ila 20 feet/dak hızları arasında kullanılır. Destek kefeli apron konveyör daha çok sivri uçlu veya aşındırıcı malzemelerin örnek olarak çelik talaşlardır. Bunlar birbirine eklenmiş apron konveyörün birleşim noktalarına girerek orada sıkışmalara neden olmaktadır. Bu tip konveyör çelik artıkların taşınmasında kullanılır.

1.16.2.19 Hava Yatakları

Çok ağır parçaların çok az bir çaba sarf edilerek yüzeyde basınçlı hava sayesinde ilerlemesini sağlar. Daha çok 40.000 lb'ye kadar olan ağır malzemelerin operasyonlar arası taşınmasında kullanılırlar. Şekil 1.20'de bir hava yastığı görülmektedir. (metal gövde altında bulunan hava yastıklarından oluşmaktadır.) Hava yastıklarının boyutları ve basınçları taşıyacakları yüklere göre belirlenir. Taşınacak yükün ağırlığını ve yastık duvarlarında yeterli havayı yükleyip hava direnciyle malzemenin taşınması prensibine dayanır. Yük havada durur ve çok kolay bir şekilde hareket ettirilebilir. Gelişmiş modellerinde hareket vermek için motorlar kullanılır ve

joystick ile kontrol edilir.

Bu sistem daha çok vinçler tarafından fabrikada belli ekipmanların kurulmasında kullanılır. Basıncı hava hattının bulunduğu yerlerde hareket ettiğinden hareket alanı hava hattı ile sınırlıdır.



Şekil 1.20 Hava yastığı ağır yüklerin taşınmasında kullanılır. (Modern materials handling, Ekim 1993)

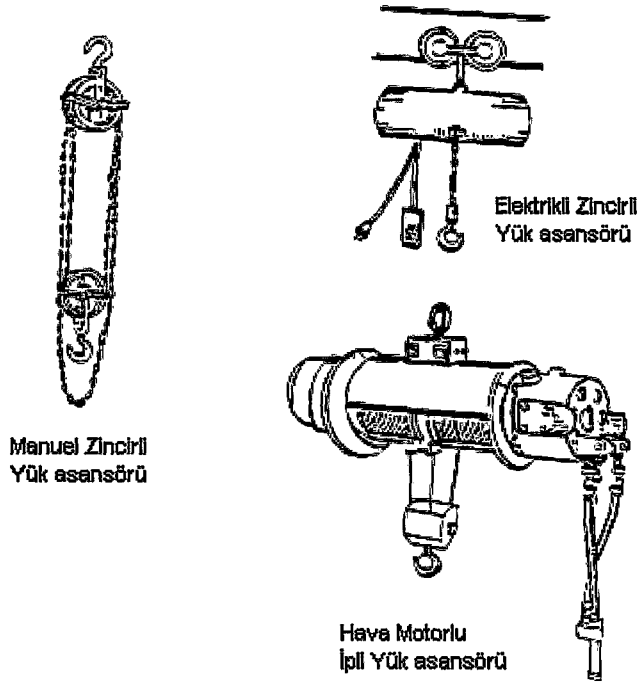
1.16.2.20 Vinç Sistemleri

Vinç sistemi, tek raylı sistemlere, vinçlere veya sabit noktalara takılan bir kaldırma araçlarıdır. Elle olduğu gibi elektrik veya pnömatik motor yardımıyla da çalıştırılabilir. Aslında vinçler bir kaldırma aracı olmasına rağmen, genel kullanımı yüzünden sıkça takıldığı vinç adıyla anılmaktadır. Üç ana çeşidi bulunmaktadır :

1. **Zincirli vinç:** Vincin altındaki sabit bir noktaya hizmet veren bir vinçtir. Elle çalışanı; 7" - 10" 'lik bir standart vinçle 113.5 kg.'dan 30 tona kadar bir kaldırma kapasitesine sahiptir. Elektrikli olanı ise 10"-35" 'lik bir vinçle 227 kg.'dan 50 tona kadar kaldırma kapasitesine sahiptir.

İp veya zincirle yükün aşağı yukarı hareketini sağlayan mekanik araçtır. Araç binaya bağlı kiriş üstünde hareket eden sisteme bağlıdır. Diğer vinçlerden çok basit bir şekildedir, hava, elektrik veya manuel olarak güç verilmektedir. Tek başına çalışan bir mekanizma olup, asma vincin bütünleyici bir parçasıdır. Genellikle sık olmayan malzeme iletiminin gerektiği

yerlerde kullanılır.



Şekil 1.21 Vinç sistemlerinin farklı tipleri (Sheth,1995)

2. *Mono ray vinç*: Rayın altındaki herhangi bir noktaya hizmet veren bir asma rayda serbestçe hareket eden bir vinçtir.

3. *Jib Vinç*: Bu vinç, 360 derecelik hareketiyle sınırlandırılmış bir alana hizmet verir. Yükseklik 4" den 30" a kadar ayarlanabilir.

Vincin ana görevi, ağır malzemeleri kısa mesafelere nakletmektir. Ayrıca vinçler, çeşitli işlemler yapılırken iş parçasını havada tutmak için kullanılır.

1.16.2.21 Asma Vinçler / Köprü Vinçler

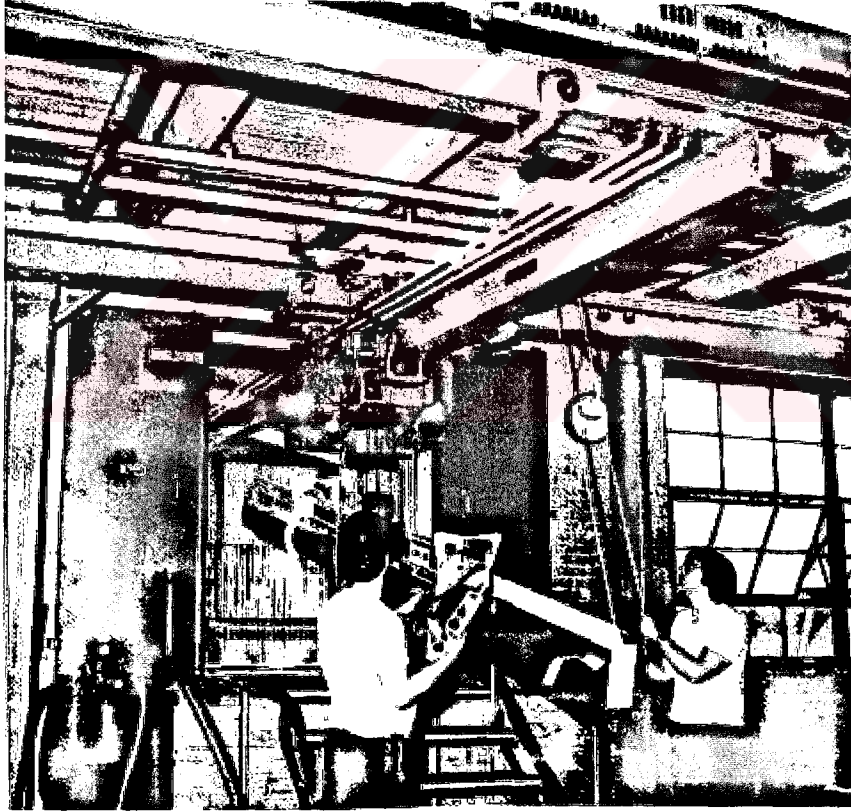
Raylar üstünde bulunan köprü üstüne monte edilmiş kaldırma aracıdır. Raylar binanın kolonları üstüne monte edilir ve köprü bu raylar üstünde ileriye ve geriye doğru hareket eder. Hizmet alanı köprü genişliği ve rayların uzunluğu ile sınırlıdır. Ağır malzemelerin iletilmesinde genellikle köprü vinçler kullanılır.

Özellikler ve Uygulamalar

- Böyle bir vinç , hareket ettiği yerlerde dikdörtgen içerisinde kalan her yeri kapsar. Üç

boyutlu bir kapsama sağlar.

- Ağır ve hacimli yüklerin iletilmesinde kullanılan en etkin yoldur. Daha çok pres odalarında, türbinlerde ve uçak üretim hatlarında vs. yerlerde kullanılmaktadır. Yüzlerce ton ağırlığındaki yükler kolay ve güvenli bir şekilde taşınır.
- Binada yüksek çıkma gerektirmektedir.
- Köprüye bağlı olan kontrol ünitesiyle kontrol edilebilir.
- Bir çok kaldırma aracını kullanabilirler, bunlar mıknatıslar, vakumla kaldırma, kancalar vs.
- Ayrıca bina dışında, metal alanlarında, üretim departmanlarında ve rıhtımlarda kullanabilirler.



Şekil 1.22 Köprü vinç (Sheth, 1995)

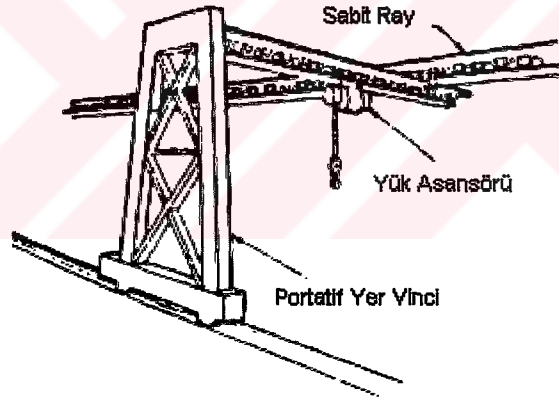
Köprü vinçlerinin çeşitleri şunlardır :

1. *Rafli Vinç*: Jib vinç yerine çatallara sahip platformları kullanan vinçlerdir. Yüklerin depolanması ve boşaltılmasında kullanılır.

2. *Kule Vinç*: Büyük yapım projelerinde kullanılan vinçlerdir. Düşey bir desteğin bir ucuna eklenmiş yatay bir vinç kolu üzerinde hareket eden bir vinç sisteminden oluşur. Vinç kolunun diğer ucu desteğin üstünde bulunan halat yardımıyla desteklenmektedir. Vinç kolu 360 dereceye dönebilmektedir.

3. *Portatif Yer Vinci*: Paralel raylar üzerinde hareket eden kuleler veya yan çerçeveler tarafından desteklenen büyük bir vinçtir. Daha çok dışarıda yapılan yükleme ve boşaltmalarda kullanılır.

- Binanın yapısı köprü vince uygun olmadığı zaman kullanılan bir vinçtir.
- Kısa mesafelerde yükleme ve boşaltma için kullanılır.
- Köprü vinçten montajı daha basit ve ucuzdur.
- Küçük alanlar için idealdir.
- Bir ucu hareket ederken diğer ucu desteklenmelidir.



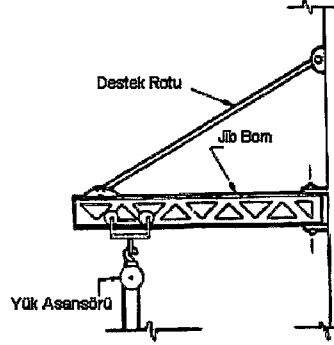
Şekil 1.23 Tek ayaklı portatif yer vinci (Sheth ,1995)

4. *Jib Vinci*: Direk veya kolon üzerine konumlandırılmış yatay bir vinç kolu üzerinde hareket eden vinçtir. Direk yere veya çatıya bağlanabilir veya vinç kolu duvara veya duvar üzerindeki raylara bağlanabilir. Jib vinçler, 360 derece dönebilir; ucuzdur ve birbirinden ayrı iş istasyonlarında yükleme ve boşaltma işleri yapabilirler.

Jib vinciin karakteristikleri

- Araçların ve malzemelerin yüklenmesi ve boşaltılmasında kullanılır.

- 360° dönebilecek şekilde monte edilir.
- Dairesel bir alana hizmet vermektedir.
- Hareket edebilen raylara monte edilmiş tipleri dışarıda da hizmet verebilmesini sağlar.
- Bom uzunluğu genellikle 20 ft'e kadar olup. 3 tonun altındaki yükler için kullanılmaktadırlar.



Şekil 1.24 Jib vinç (Sheth,1995)

1.16.2.22 Hidrolik Makas Kaldırma Elemanı

Hidrolik makas kaldırma ekipmanı, makas ayaklarından ve platforma sahip hidrolik silindirden oluşur ve zeminden düşey doğrultuda yaklaşık 10° hareket eder.

Özellikler ve Uygulamalar

- Bu ekipman, yükleme ve boşaltma sırasında ağır yüklerin yükseltilip alçaltılmasında ve desteklenmesinde kullanılır.
- Kısmen konumlandırılabilir fakat kısa mesafelere de hareket ettirilebilir.
- Nakil işlemlerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

1.16.2.23 El Arabası / Yük Vagonu

Üzerinde manuel olarak çekme ve itme işlemlerinin yapılabileceği saplar bulunan tekerlek üzerine oturtulmuş bir platformdur.

Özellikler ve Uygulamalar

- Bir yükün naklinde kullanılabilecek en basit ve en ucuz yoldur.
- Yükleme ve boşaltma işlemleri için sık duruşlar içeren kısa mesafeli malzeme hareketleri için kullanılır.
- İşlemler arasında malzeme depolanması amacıyla kullanılır.
- Düz zeminlere ihtiyaç duyar.
- 90.8kg'dan 4540kg'a kadar değişen bir kapasiteye sahiptir.

1.16.2.24 Katlı Platform Vagonu

Bir önceki türün düşey olarak bir veya daha fazla platforma sahip olanıdır.

Özellikler ve Uygulamalar

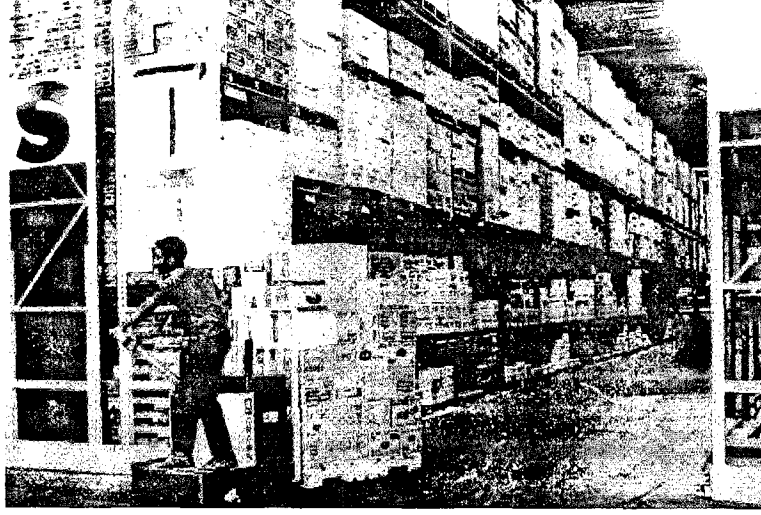
- Çok büyük miktarlardaki hafif malzeme veya parçaların taşınmasında kullanılır.
- Ek platformlar, depolama ve taşıma kapasitesini artırır.
- 68.1 kg'dan 817.2 kg'a kadar değişen kapasitelerde 1 - 5 adet kadar tabla içerir.

1.16.2.25 Palet Kaldıraç

Palet kaldıraç, yükleri belirlenen yerlere nakletmeden önce zemini temizlemek amacıyla mekanik veya hidrolik olarak yükleri kaldırmaya yarayan el kumandalı vagondur.

Özellikler ve Uygulamalar

- Operatörler ağır nesneleri daha kolay nakledebilirler.
- Katlı platform vagonuna veya el arabası/yük vagonuna benzer uygulamalarda kullanılır.
- Paletler veya kayma kızağı yardımıyla malzemelerin depo alanlarına giriş ve çıkışlarında kullanılır.



Şekil 1.26 Palet kaldıraç (Robeson,1994)

1.16.2.26 Motorlu El Vagonu

Pille çalışan elektrik motoru dışında palet kaldıraca benzerdir.

Özellikler ve Uygulamalar

- Palet kaldıraçların alabileceğinden daha uzun mesafeler için kullanılır.
- Çok az eğimli yüzeylerde kullanılır.
- Palet kaldıraçlara göre verimliliği daha fazladır.
- Operatör , vagonun arkasında yürür.
- 227 ile 2724 kg. arasında değişen bir kapasiteye sahiptir. Kaldırma, 0" ile -54" arasında , hızı ise 4-6 mil /saat arasında değişir. 12 V veya 24 V piller kullanılır.

1.16.2.27 Motorlu Platform Vagonu

Motorlu el vagonuna göre daha büyük bir cihazdır. Hem yükü hem de operatörü taşır. Gerekli güç , dizel veya benzin motorundan veya elektrik motorundan sağlanır.

Özellikler ve Uygulamalar

- Uzun mesafeler için daha ağır yükleri taşıyabilir. (Normal uygulama 400" den 500" e kadardır.)
- Bakım ve ağır depo işlerinde kullanılır.

- 908 ile 9080 kg. arasında değişen yük kapasitesine sahiptir.

1.16.2.28 Çatallı Vagon (Forklift)

Çatallı vagon; bir operatör tarafından yönlendirilen, motorlu ve önünde ağır yüklerin taşınabilmesi

Karşı ağırlıklarla dengelenmiş forklift

Adında anlaşılacağı gibi arka aksına bağlanan ağırlıklarla yüklenen yük dengelenmektedir. Denge merkezi ön tekerin arkasındadır, her zaman bir kısım yük direksiyon tarafından kontrol edilen arka tekerlere biner. Eğer yük merkezi genişlerse veya çatalların tam olarak üstüne yük oturmayıp çatalın ucunda kalırsa veya 48 inç'ten uzun yük yüklenirse arka tekerlerin yerle olan teması kesilir ve direksiyon kontrolü ortadan kalkar. Aynı durumla çok ağır bir yükün uca doğru gitmesiyle çatal yüksek bir seviyedeysen karşılaşılabılır.

Bu forkliftlerin oturarak veya ayakta kullanılan tipleri mevcuttur. Kapasiteleri 2000, 3000, 4000 lb veya daha fazla ise 24 inç'lik yük merkezli modelleri kullanılır. Uzun yükler için 48 inç'lik yük merkezli modelleri kullanılır. Standart kapasiteleri inch-pound tork dengeleme formülü ile yapılır, ve ön tekerlerin merkezi denge merkezidir.

24 inç'in dışında yük merkezine sahip yükler için kullanılan method şudur;

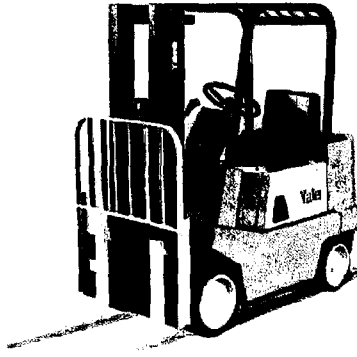
Çatalların sonu ile ön tekerlerin merkezi arası mesafesini 14 inç kabul edelim. Bunu yük merkezine 24 inç ekleyerek toplam mesafeyi 38 inç buluruz. Aynı kasanın hem 4000 lb hem de 5000 lb lifte kullanıldığını kabul edelim; böylece tork kapasiteleri:

$$4000 \text{ lb} \times 38 \text{ in} = 152.000 \text{ in-lb}$$

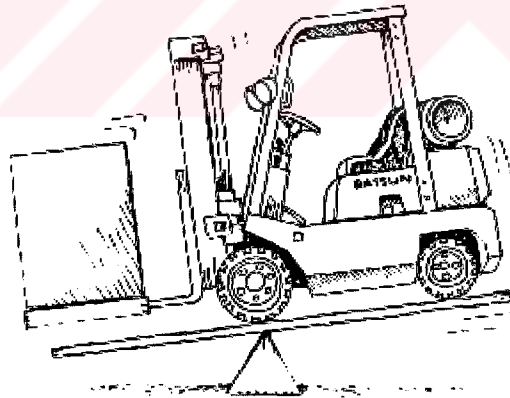
$$5000 \text{ lb} \times 38 \text{ in} = 190.000 \text{ in-lb}$$

Eğer forklift 4250 lb'lik 20 inç'lik merkezli bir yük taşıyacaksa verilen yükteki tork 4250 x (20+14) = 144.500 in-lb olacaktır. 4000 lb'lik liftin torkundan daha az olduğu için 4000 lb'lik lift rahatlıkla kullanılabilir. Ek olarak yükler varil kaldırıcıları ile, kutularla kullanılıyorsa bu aracın merkezinin öne doğru kaymasına yol açar, bu da aracın kapasitesini düşürür.

Lift çataltın yukarı aşağı hareket etmesini sağlar. Böylece yk istenen yükseklikteki yere konulabilir. Lift farklı yüksekliklerdeki limitleri ile yükün yukarıda bir yere konmasına olanak sağlar (simpleks, dubleks, tripleks, vs.). Lift elik ve teleskobik -bir yapıdır. Hareketini hidrolik silindirlerden alır. Tek direkli liftte her yükselme yükün 2" yükselmesi demektir. Tripleks için bu oran 1'e 3'tür.için çatallar bulunan vagondur.



şekil 1.27 Karşı ağrılıkla dengelenmiş forklift (Sheth,1995)



şekil 1.28 Forkliftin ağrılık merkezi (Sheth,1995)

zellikler ve Uygulamalar

- Vagonların yüklenip boşaltılmasında kullanılır.
- 10" ile 12" arasında değişen koridor genişliğine ihtiyaç duyar.
- Benzin veya elektrik kullanır.

1.16.2.29 Dar Koridor Vagonları

Bunlar, endüstriyel vagonların çeşitlerinden biridir ve normal endüstriyel vagonların çalışabilmesi için çok dar olan koridorlar için tasarlanmıştır.

Özellikler ve Uygulamalar

- Daha az koridor boşluğuna ihtiyaç vardır.
- Manevra kabiliyetleri daha yüksektir.
- Elektrik veya gaz kullanırlar.
- 454 kg ile 45.400 kg. arasında değişen bir kapasiteye sahiptir.

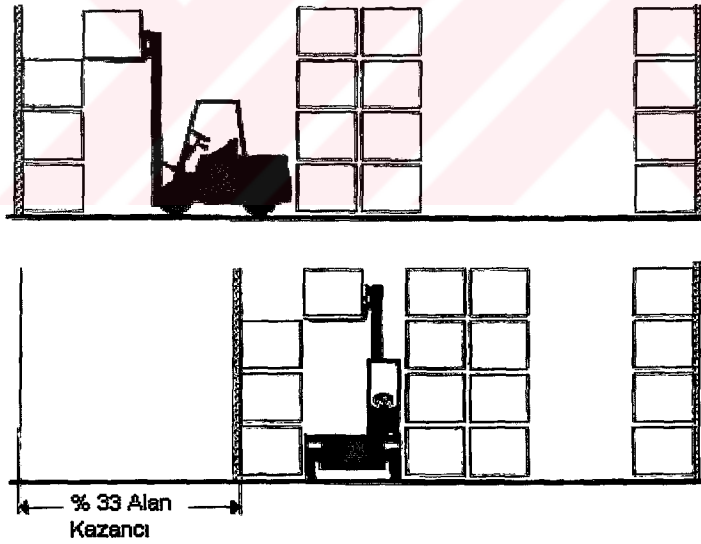
Dar koridor vagonlarının çeşitleri şunlardır :

1. *Yandan yüklemeli vagon*: Dört tekerlekli bir vagon olup yükleri yan tarafından boşaltıp yüklemektedir. Taşıma sırasında yükler yan tarafta çatalların üstünde bulunur. Bu vagon uzun yüklerin (kereste, halı, borular, ekstrüzyon ürünleri, vs.) taşınmasında kullanılmaktadır.

Böylece dar koridorlarda yandan yük alabilmesi sayesinde aracın hareket etmesi kolaydır. Karşı yüklü forkliftlerden farklı olarak doksan derece dönüp yükü alması ve bırakması gerekmediği için daha az bir alana ihtiyaç duyar. Örnek olarak gemilere konteynır yüklemek için bu aracı kullanabiliriz. Cephane depolamada depo alanında yerden kazanmak için yandan yükleyicili vagon kullanılması faydalıdır. Bir başka yararı ise sürücünün yükü görmesidir, böylece boşaltma ve yükleme sırasında herhangi bir yere çarpma, dökme, kırma gibi sorunlarla karşılaşmaz.



Şekil 1.29 Yandan yüklemeli vagon (Robeson, 1994)

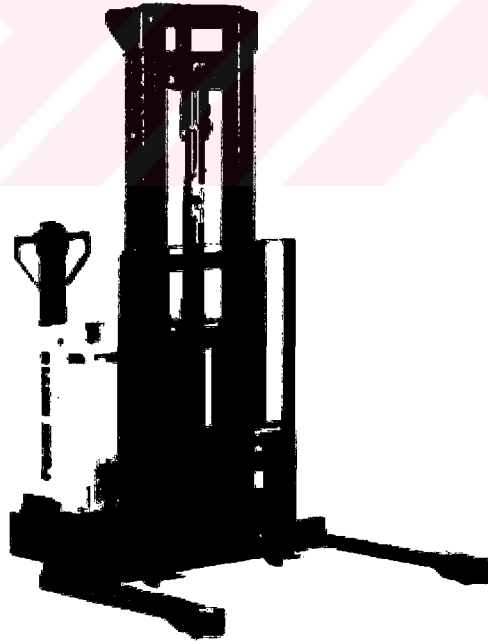


Şekil 1.30 Yandan yüklemeli vagon forklift'e göre alan karşılaştırması. (Sheth, 1995)

2. *Arası açık olan vagonlar*: Yüklenmiş vagonları dengelemek için avara demiri bulunan çatallı vagondur.

3. *Ulaşabilir vagon*: Arka taraftaki yüklere erişmek için teleskobik çatallara sahiptir.

3. *Ulaşabilir vagon*: Arka taraftaki yüklere erişmek için teleskobik çatallara sahiptir.
 4. *Sipariş alan vagon*: Operatörü istediği yükü seçebileceği istediği seviyeye kaldıran bir platforma sahiptir.
 5. *Kule vagon*: Vagonun dönmesine gerek kalmaksızın çatalların sağa ve sola dönebilmekte ve yük alımı veya yerleştirilmesi yapılmaktadır.
 6. *Arkasız vagon*: Bu forklift çeşidi aynı zamanda dar koridor lifti olarak da bilinir. Öndeki yükü dengelemek için önde destekleri vardır. Böylece arka aksa dengeleyici yük koymaya gerek yoktur. Bu araçlar daha çok sürücüsü ayakta modellere sahiptir, böylece daha az yer kullanılmış olur. Bu da aracın boyunu küçültür böylece depolarda raflar arasında ve dar koridorlu yerlerde kullanılmasına olanak sağlar. Diğer forkliftlerden farklı olarak yükü tekerlek hizasında taşır. Bazı modellerinde uzayabilen çerçeveli çatallara sahiptir, buda derin raflara malzeme koymaya yarar.
- Büyük depolarda koridor genişliklerini düşürmek mümkündür böylece depolama için daha büyük bir alan kullanılmış olur.



Şekil 1.31 Dar koridorlar için arkasız vagon (Sheth,1995)

7. Raf vagonu: Asma vinç sistemi tarafından desteklenen dikey bir yapıya bağlanmış forklift aracıdır. Forklift eklenmesi sayesinde rafları yükleyip boşaltma özelliğine sahiptir. Depolar, bitmiş ürünleri depolamak için kullanışlıdır. Dar koridorlarda uzun yüklerin taşınmasına olanak sağlar. Dar koridorları olan depolama sistemlerinde kullanışlıdır.



Şekil 1.32 Raf vagonu depolamada. (<http://www.swisslog.com>)

1.16.2.30 Traktör Römork Konvoyu

Bir traktör tarafından çekilen el arabası konvoyudur.

Özellikler ve Uygulamalar

- Uzun mesafeler için kullanılır.
- Çok çeşitli hareketlere olanak verir.
- Birden fazla römork bir traktörle çekilebilir.
- Kısmen ağır yüklerin taşınmasında kullanılır.
- Değişik yerlerden yükleri alıp değişik güzergahlara göndermek için kullanılır.

1.16.2.31 Malzeme Kaldırıcı

Kısmen küçük malzemeleri taşımak için kullanılan, vinç veya hidrolik kaldırma mekanizmasına sahip el vagonudur.

Özellikler ve Uygulamalar

- Manuel olarak yönetilir.
- Malzemelerin kaldırıldığı ve bir yerden bir yere taşındığı durumlar için kullanılır.
- Manevra kabiliyeti yüksektir.
- Küçük parçaların toplanmasında kullanılabilir.

1.16.2.32 Silindir Tipli Vagon

Özellikle silindirler için tasarlanmış büyük hacimli malzemelerin taşınmasında kullanılan bir vagon çeşididir. İki veya dört tekerlekli dikdörtgensel, dikey ve açık tipli bir çerçeveye sahiptir. Silindirlerin altına yerleştirilmek üzere altta burun uçları bulunmaktadır.

Özellikler ve Uygulamalar

- Manuel kontrollüdür.
- Dolu bir silindiri bir kişi kolaylıkla taşıyabilir.
- Düzgün yüzeylerde kullanılır.
- Yüklü veya yüksüz durumda destek olmaksızın durmasını sağlayan dört tekerlek bulunmaktadır.
- Silindirleri paletlere yükler veya paletlerden alır.
- Silindiri kaldırmak için vinç veya hidrolik kaldırıcı bulunmaktadır.

1.16.2.33 Silindir Tipli Kaldıraç

Yakalayıcılara sahip bir silindir taşıma birimidir.

Özellikler ve Uygulamalar

- Operatöre yerinden kalkmadan yükleme , nakil ve depolama olanağı sağlar.

1.16.2.34 İki Tekerlekli Yük Taşıyıcısı

Altında tekerleklerin bulunduğu yatay bir platformdur. Kısmen hafif malzemelerin kısa mesafelerde taşınmasında kullanılır.

Özellikler ve Uygulamalar

- Manuel kontrollüdür.
- Yer seviyesinde kullanılır.
- Manevra kabiliyeti yüksektir.
- Çok çeşitli işler için çeşitli şekil ve büyüklüklerde taşıyıcılar vardır.
- Ağır malzemelerin kaldırılması için tasarlanabilir.
- Ucuzdur.
- Malzemelerin taşınmasında bir kişinin çalışmasına olanak verir.
- Dayanıklısıdır.

1.16.2.35 AGV Sistemi

AGV sistemi, serbestçe yönetilen, belirlenmiş yollarda tek başına sürücüsüz ilerleyen malzeme iletim sistemidir. Araçlar üstlerinde bulunan akülerle (yaklaşık ömrü 8 ile 11 saat) hareket ederler. Güzergahların (rotaların) tanımlanması daha çok yere döşenmiş kablo veya yüzeye şerit halinde sürülen fosforlu boyalarla yapılır. Araçta bulunan algılayıcılar yerde bulunan boyayı veya kabloyu algılayarak rotada ilerler.

Bilgisayar kontrollerinin alanı malzeme taşıma görevlerine kadar genişlemiştir. Bir istasyonda bulunan sistem operatörü, araçların daha önceden belirlenen güzergahta hareket ederek belirli işleri yapmalarını kontrol edebilir. Böyle bir durum, AGV sistemi olarak adlandırılmaktadır.

Kılavuzlu araç; iki tekerlekli yük taşıyıcısından paletli vagonlara, otomatik forkliftlere veya robot kollarına kadar çeşitlilik gösteren çok değişik şekillerde bulunabilir. Bu makineler, kendileri yükleme işini yapıp belirlenen güzergahta ilerler ; boşaltma işleminden sonra başlangıçtaki konumuna veya herhangi başka bir yere dönebilirler. Örneğin palet kaldırıp, depo alanındaki herhangi bir paleti almak , yükleme alanına getirmek ve diğer yükü almak için geri dönmek üzere programlanabilir. İnsan etkileşimini minimumda tutularak işçilik maliyetleri, insandan kaynaklanan hatalar ve yaralanmalar azaltılır.

10 ton kapasiteli AGV sistemi günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra çok yeni geliştirilmiş bir sistem olan hava yastıklı olanlar 35 tona kadar yük taşıyabilmektedirler. Sürtünmesiz tasarım, malzemelerin pürüzlü yüzeylerde hareketini sağlayarak vinç veya köprü benzeri ekipmanların kullanımını ortadan kaldırır. Bu araçlar manuel olarak yönlendirilebilirler.

Temel olarak iki çeşit AGV vardır. Bunlar “Sessiz” ve “Akıllı” AGV’lerdir. Bu sınıflandırma, aracın kendisinde ve araç dışındaki elemanlarda bulunan kontrol mekanizmasına göre yapılmaktadır.

Araç dışında bir kontrole sahip bir sistem alan düzenlemesine göre tasarlanmıştır. Rotalar alanlara bölünmüştür ve bir araç, geçmek istediği alanda trafik olmadığı takdirde bu alana girebilmektedir. “Akıllı” AGV’lerde ise mikroişlemciler ve radyo vericileri bulunmaktadır. Araçlar ile dış kontrol arasında değişik seviyelerde iletişim geliştirilebilir. Örneğin, güzergah, mikroişlemciye yüklenir ve bu sayede aracın belirli bir rotada ilerlemesi sağlanır. Bu sırada herhangi bir çarpışmayı önlemek amacıyla radyo aracılığıyla araç diğer araçlarla iletişim halindedir. Daha karmaşık bir sistemde ise tüm araçların hareketlerini kontrol eden bir ana bilgisayar bulunabilir. Bilgisayar, ilk olarak harekete karar verir; daha sonra iş alanına en yakın uygun aracı seçer ve araca işi gerçekleştirmesi için emir verir. Sonuçta iyi bir araç iletişimi ve kullanımının yanı sıra malzeme hareketlerinin de iyi bir kaydı tutulur.

AGV sisteminin yararlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

1. **Malzeme kontrolü:** Malzemenin daha güvenilir bir şekilde kullanımı ve nakli mümkündür çünkü malzeme, tasarlanmış noktalar arasında nakledilir ve bu da malzeme taşımada çalışan personel sayısını ve aralarındaki gerekli koordinasyonu azaltacaktır.
2. **Personelin daha etkin kullanımı:** AGV ile yapılan yükleme ve boşaltmaların birbirinden bağımsız olması sonucundan her operatörün kendi alanında çalışmasına izin verilmekte ve operatörlerin aracın hızını sınırlandırmasına gerek kalmamaktadır.
3. **Etkin iş çevresi:** AGV ile yapılan yükleme ve boşaltmaların birbirinden bağımsız olması sonucunda her operatörün kendi alanında çalışmasına izin verilmekte ve operatörlerin aracın hızını sınırlandırmalarına gerek kalmamaktadır.
4. **Esneklik:** Rotalar değiştirilebilir ve yeni rotalar da çok daha kolay bir şekilde düzenlenebilir.
5. **Zeminin daha etkin kullanımı:** Kılavuz hatları zeminin içine gömülü olduğundan zemin

yüzeyinde herhangi bir yer kaplamaz.

6. **Otomasyona adaptasyon:** AGV'ler; robotlar,otomatik yükleme ve boşaltma sistemleri, taşıyıcılar vb.. bilgisayar destekli sistemlerle birlikte etkin bir şekilde çalıştırılabilir.
7. **Fabrika içi entegrasyon:** AGV'ler, birbirinden farklı otomasyon hücreleri arasında ilişki sağlayarak işlemin bütünü entegre eder.
8. **Mevcut faaliyetlere adaptasyon:** Yeni bir AGV sistemi, minimum yapısal değişikliklerle fabrikada kullanıma başlanabilir.

Bir çok farklı tipte AGV vardır. Bunlar;

Sürücüsüz Vagonlar

Bu tipte çekici araç (AGV) bir veya daha fazla vagonu çeker. Bunlar ilk çıkan AGV'lerdir ve halen daha kullanılmaktadırlar. Ağır yüklerin fabrikalarda ve depolarda uzun mesafelerde ve rota üstünde bulunan orta miktardaki yükleme ve boşaltma noktalarından oluşan sistemler için uygundur.

AGV Palet Taşıyıcıları

AGV palet taşıyıcılar paletlenmiş yükleri önceden tanımlanmış doğrultularda taşırlar. Tipik uygulamada bir işçi paletleri yükler ve taşıyıcıyı kullanan kişi malzemeyi gideceği yere götürür. AGV palet taşıyıcının yük kapasitesi 6000 lb'ye kadardır. Bazıları bir yerine iki palet taşıma kapasitesine sahiptir. Diğer bir adı ise forklift AGV'dir. Bu araç çatallarını yukarı aşağı kaldırarak malzemenin yukarıdaki raflara yerleştirilmesine imkan tanır.

AGV Birim Yük Taşıyıcıları

Bu tip AGV aracı birim yükleri bir istasyondan diğer istasyona götürmek için kullanılır. Bu araçlar genellikle hareketli kayışlar, mekanize edilmiş lift platformları, ve diğer araçlarla donatılmıştır. Birim yük taşıyıcı AGV'nin varyasyonları hafif yük AGV'si ve üretim hattı AGV'sidir. Hafif yük AGV araçları adından da anlaşıldığı gibi düşük kapasitesinden dolayı (yaklaşık 500 lb veya azı) küçük araçtır. Konvasyonel AGV gibi aynı geniş koridor eni gerektirmez. Hafif yük araçları küçük yükleri taşımak için dizayn edilmişlerdir (tek parçalar, küçük kefler vs.). Hafif üretimli fabrikalarda kullanılmaktadırlar. Üretim hattı AGV'leri tam bitmemiş ara ürünleri üretim iş istasyonları arası taşırlar.

AGV'lerin teknolojileri gün geçtikçe gelişmektedir ve sürekli yeni sistemler geliştirmek için çalışılmaktadır. Yeni bir AGV uygulaması ise AGV'nin üstüne kompleks iletim işleri robot

kol (manipülâtör) konulmasıdır. Bu araçlar daha çok yarı iletkenlerin üretildiği temiz odalarda kullanılmaktadırlar.

Uygulamalar

AGV sistemlerinin uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır. Aşağıda belirtilen uygulamalar paralelinde ilerlemektedir. Uygulamaları beş kategoride toplamaktayız;

- **Sürücüsüz Vagon Operasyonları:** Bu uygulamalar çok miktarda yükün uzun mesafelerde iletilmesinden oluşur. Örnek olarak büyük depolar arası veya fabrika binaları arası hareketlerde ve 5'ten 10'a kadar olan vagonlu hareketlerde en etkin yöntemdir.
- **Depolama ve Dağıtım Sistemleri:** Birim yük taşıyıcıları ve palet taşıyıcılar bu uygulamalarda kullanılırlar. Bu depolama ve dağıtım operasyonları birim yüklerin belirlenmiş yerlere iletilmesini veya hareket etmesinde kullanılır. Bu uygulamalarda AGV'lerle birlikte AS/RS otomatik depolama sistemiyle birlikte çalışırlar. AGV'ler gelen parçaları veya birim yükleri AS/RS'lerin alım güvertelerine getirir ve AS/RS'lerde bunu depolar, aynı zamanda AS/RS'den birim yükleri, paletleri alıp yüklenecek noktaya götürürler. Gelen ve giden yüklerin oranları eşit olduğunda AGV'lerin her iki yönde yük taşımaya olanak sağlar. Bu iletim sisteminin verimini artırır. Bu tip deki depolama ve dağıtım operasyonları hafif üretim ve montaj operasyonlarında işte kullanılacak malzemelerin merkezi depolama alanında depolanıp ve buradan montaj veya proses için ayrı ayrı iş istasyonlarına dağıtılmasında kullanılır. Bileşenler depolama alanında sınıflandırılıp fabrikadaki montaj hatlarına tablalar üstünde AGV'lerle iletilir. Bu uygulamalarda hafif yük AGV'leri kullanılır.
- **Montaj Hattı Operasyonları:** Avrupa'da başlayan bir akımla montaj hatlarında AGV kullanılması artmıştır. Bu uygulamalarda üretim oranı düşüktür (hatta ki istasyon başına 4 ila 10 dak) ve üretim hattında farklı modeller vardır. Montaj operasyonları için araçların üstüne yerleştirilen ve montaj istasyonlarından sonraki montaj hattına iletilir. İş istasyonları genellikle paralel olarak dizilir buda hattın esnekliğini artırır. Birim yük taşıyan ve hafif yük AGV'leri montaj hatlarında kullanılan AGV tipleridir.
- **Esnek İmalat Sistemleri:** Bir başka gelişen AGV kullanım alanı da EİS'dir. Bu uygulamada EİS'in malzeme iletim sistemini AGV'ler oluşturur. Burada AGV'ler için başlangıç noktasından malzemeyi alıp işlenecek istasyonlara getirirler. Araçlar ayrıca işleri istasyonlar arası taşırlar. İş istasyonunda, iş aracın üstündeki platformdan

istasyonun çalışma alanına taşınır. İşlemin tamamlanmasından sonra araç geri dönüp yapılan işi (ürünü) alıp yeni iş alanına götürür. AGV sistemleri EİS sistemleri için çok yönlü malzeme iletim sistemini sağlar. Buda EİS'in esnekliğinin tamamlanmasını sağlar.

- **Çeşitli Uygulamalar:** AGV'lerin diğer uygulamaları üretim ve depolamanın dışındadır, örnek olarak ofis binalarının posta dağıtımı ve hastanelerde malzeme iletimi gibi. Hastane AGV'leri yemek tepsilerini, çarşafı, medikal ve laboratuvar malzemelerini ve hasta hanenin diğer departmanları arasında iletimi sağlar. Bu uygulamalar daha çok hasta hanenin farklı katlarında araçların hareket etmesini gerektirir. Hasta hane AGV sistemlerinin bunu yapabilmesi için asansörü çağırıp kullanabilme yeteneğine sahip olmalıdır.



Şekil 1.33Rulolu konveyörden malzeme transferi yapan AGV (Digitron AG.)



Şekil 1.34 Çatalılı AGV'ler (Digitron AG.)



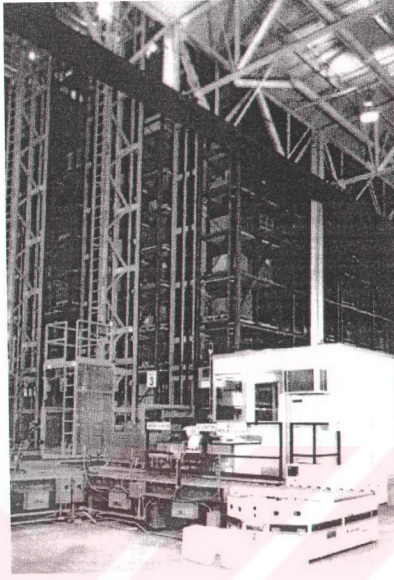
Şekil 1.35 Birim yük taşıyan AGV'ler (Digitron AG.)



Şekil 1.36 AGV'ler akülerini şarj ederken (Digitron AG.)



Şekil 1.37 Esnek imalat hücresinden malzeme transferi yapan AGV (Digitron AG.)



Şekil 1.38 AGV depodan malzeme alırken (Sheth,1995)

1.16.3 Yardımcı Malzeme Taşıma Elemanları

Malzeme taşıma işlemlerinin kolaylaştırmak için çok çeşitli yardımcı donanımlar kullanılmaktadır. Bu yardımcı donanımlara yapılan yatırımlar oldukça fazla olmaktadır. Bu nedenle, belirli bir tipe karar vermeden önce her potansiyel satın alma faaliyeti dikkatli bir şekilde analiz edilmelidir. Bu yardımcı elemanlarından bazıları aşağıda incelenmiştir.

1.16.3.1 Palet

Palet taşınabilen ve üstüne malzeme dizilen tahta ve başka materyalden yapılan kasalardır. Genellikle paletler aynı boyutta belli miktarda üst üste dizilerek depolamada kullanılırlar. Bu da mobilitayı ve de depolama alanını efektif kullanılmasını sağlar. Paletler kullanılmadıkları zaman üst üste depolanarak minimum alan kullanımını sağlar.

Paletler, tahta, plastik, metal veya her üçünün bir kombinasyonu şeklinde olup, çok çeşitli büyüklükte dirler. Seçilen boyutlar, birim yükün ağırlığına ve boyutuna, paletlerin taşınmasında kullanılan donanıma, koridor ve kapı boyutlarına, palet maliyetine ve paletin

tekrar kullanılıp kullanılmayacağına bağlıdır.

Paletler, forkliftin çatalları palete iki veya dört yandan girecek şekilde yapılırlar.

Palet çeşitleri aşağıda sıralanmıştır :

1. **Tek yüzlü paletler:** Üst rafı oluşturan üç veya daha fazla tahtaya bağlı iki veya daha fazla tutucudan oluşan paletlerdir.

2. **Çift yüzlü paletler:** Üst ve alt raflara bağlanmış iki veya daha fazla tutucudan oluşur.

Bu paletler çift taraflıdır ve kullanım dışı kaldıklarında fazla bakım gerektirmezler.

3. **Kutu paletler:** Kutu biçimi veren bir çerçeveye sahip tek veya çift yüzlü paletlerdir.

1.16.3.2 Kutu

Malzemelerin veya parçaların birim üniteler şeklinde depolanabildiği taşınabilir konteynırdır. Kutular, tahta, plastik veya metalden yapılma ve çeşitli büyüklüklerde olabilirler. Bazıları, kolay depolama için katlanabilmektedir. Kutular, küçük parça veya malzemeleri hasarsız veya eksiksiz bir şekilde depolayabilir ve taşıyabilir. Kutular ya elle ya da motorlu taşıtlarla hareket ettirilir. Boyutları $11 \frac{1}{2}'' \times 2 \frac{3}{4}'' \times 2 \frac{3}{4}''$ den $71'' \times 18'' \times 19''$ a kadar değişebilir.

1.16.3.3 Taşıma Sandığı

Kutudan küçük taşınabilir konteynırdır. Küçük parçaların taşınmasında kullanılır. Plastik, metal veya tahta olabilirler ve küçük parçaların bir istasyondan diğerine naklinde kullanılırlar. İşin gerektirdiği ihtiyaca göre boyutları değişebilir. Elle yönlendirilen veya motorlu araçlar vasıtasıyla hareket ettirilirler. Boyutları $16 \frac{3}{4}'' \times 10 \frac{3}{4}'' \times 3$ den $46'' \times 34'' \times 33''$ e kadar değişebilir.

1.16.3.4 Takoz

Takozların üst üste depolanmasına izin vermeyen yapısı dışında paletle benzer. Metal veya sert tahtadan yapılır ve ağır malzemelerin taşınmasında kullanılır. Elle ya da motorlu taşıtlarla hareket ettirilir ve uçlardan birisine iki tekerlek ekleyip diğer tarafa da iki tekerlekli bir yük aracı bağlandığı takdirde istenilen yere taşınabilir.

1.16.3.5 Optik Kod Okuyucu

Bir ürün veya taşıma aracını tanımlayan optik kodu okuyan elde taşınabilir donanıma verilen addır. Optik kod okuyucuları küçüktür ve iş istasyonları arasında taşınabilir. İstasyonlar arasında taşınan ürünleri veya stokları takip etmek için kullanılır. Örneğin, bir operatör malzeme kabulünü, malzeme üzerindeki optik kodu okuyabilen elektro kalem kullanarak gerçekleştirir ve bu işlemi kendisinin gerçekleştirdiğini de ya kendi personel kodunu basarak veya elektro kaleme okutarak belirtir. Böylelikle malzeme, operatör ve malzeme kabul saati belirlenmiş olur. Aynı işlemler, malzeme üzerindeki işlemlerin bitip malzemenin bir sonraki istasyona geçişi sırasında da yapılır.

Tarayıcı olarak tabanca, çubuk, kalem veya manyetik sarkaç kullanılır. Işık kaynağı bir lazer, LED, kızılötesi LED veya akkor olabilir. Tarama hızı, saniye başına 100 taramaya kadardır. Alan derinliği 0" dan 25" e kadar değişebilir. Tarama yüksekliği ise 0" dan 12" ye kadardır. Işık kaynağının ömrü, 3000 -100000 saat arasındır. Hafıza kapasitesi ise 2K dan 512 K ya kadardır.



Şekil 1.39 Barkod okuyucu (Robeson,1994)

2. MALZEME İLETİM SİSTEMİ DİZAYNI

2.1 Malzeme İletim Sistemi

Maksimum performansı elde etmek için her parçanın birbiriyle uyum içinde çalışması gerekir. Bu da sistem kelimesinin anlamıdır.

Amaç ihtiyaçları bir çok şekilde fark etmektir: ürünler, müşteri, kaynaklar ve her zaman fazla mesai. Bazı varyasyonlar birbirine eş alternatifler yaratabilir: bir dizayn bir grup ihtiyaçlar için çok iyiysen, bir başka grup için çözüm olmayabilir ve bütün ihtiyaçları çözecek bir çözüm gerekebilir. Bir firma bütün bu ihtiyaçları çözecek bir sistem isteyebilir veya önerebilir.

Bu ihtiyaçları ayarlamak ve dengeyi sağlamak komplike malzeme iletim sistemleri ile olabilir buda önemli bir malzeme iletim sistemi maliyet artışı yaratır. Bu demektir ki en iyi çözüm bazı ihtiyaçları daha genel kapsamlı bir sistemle çözmek gerekebilir. Doğru sistem dizaynını bulmak için bütün önemli gereksinimleri birleştirmek gerekir. Gereken bilgiler: kapasite sınırları, maliyet, aynı pozisyondaki başka firmalar için çalışıp çalışmadığı.

2.2 Malzeme İletim Sistem Dizaynındaki Genel Karşılaştırmalar

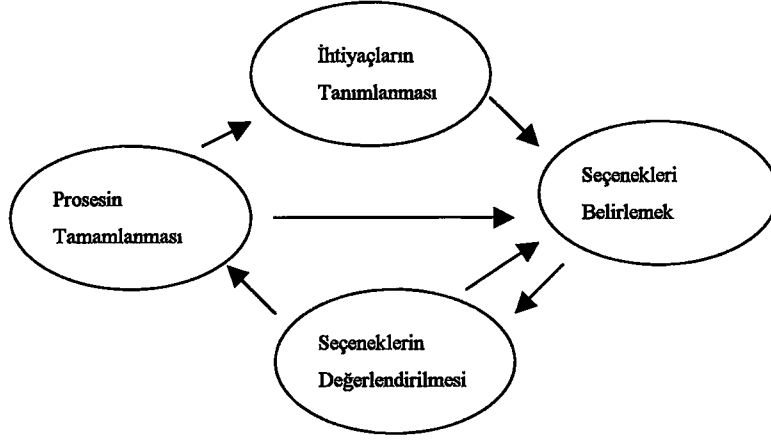
Müşterilerin değişken ihtiyaçlarını karşılayabilmek için değişen ürünler ve değişen teknoloji ile mekaniksel otomasyona desteği azaltıp değişen teknolojiye desteği arttırmak gerekir. Bir firma yeni malzeme iletim sisteminin bilgi aktarma sistemi ve desteği var mı yok mu diye dikkat etmiyorsa, yaptığı yatırımı ciddi düşünmüyor demektir. Bilgi aktarma sistemi ve desteği var mı yok mu diye dikkat etmiyorsa, yaptığı yatırımı ciddi olarak düşünmüyor demektir. Bilgi aktarma sistemi sayesinde operasyonlar basitleşir, malzeme seçimini ve eliminasyonunu kolaylaştırır. Barkodlama veya radyo frekansı ile iletişim yöntemleri artık uluslar arası kullanılan bilgi aktarma sistemleridir.

Bir çok depolama sistemleri, lokal küçük bilgisayarlarla donatılmıştır. Buda malzeme iletim sistemi ve başka teknolojilerin birleşmesini kolaylaştırmıştır. Bu sistemler ayrıca serverlara da bağlanabilmekte olup kullanıcının sistemi düzenlemesine yardımcı olmaktadır.

AS/RS'lerin esnek olmaması bugünlerde tercih edilmemelerinin en büyük nedenidir. Bunun yerine en çok kullanılan yöntem ise bilinen ekipmanların (konveyör, forklift vb.) yaratıcı bir şekilde kullanılarak yüksek performans elde edilmesini sağlamaktır.

2.3 Dizayn Dönüşümü

Malzeme iletim sisteminin dizayn prosesini aşağıdaki şekilde görülmekte olan dönüşüm ile açıklamak kolaydır.



Şekil 2.1 Dizayn işlemi (Robeson, 1994)

2.3.1 Teknik İş İhtiyaçlarının Belirlenmesi

Malzeme iletim sisteminin dizaynı, ihtiyaçları tamamıyla karşılamalıdır. Bu ihtiyaçların düzenli bir şekilde belirlenmesi sistemin ömrünü uzatır ve etkin olmasını sağlar.

2.3.1.1 Gelecek Üzerinde Düşünmek

Bu günün ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde dizayn yapmak yeterli değildir. Buradan çıkan sonuçlar; malzeme iletim sistemi gelecekteki ihtiyaçları karşılamalı ve uzun sürede rekabette avantaj sağlamalıdır.

Tasarımın gelecekte ne kadar etkili olacağını hesaplamak zordur. Bunun için şu sorulara cevap vermek gerekir. İş ne kadar sabittir?, Ürünler hızlı ve kısa sürede değişiyor mu?, Bu iş ne zamandır var?, Malzeme iletimini ve lojistiği etkileyen dış faktörler nelerdir?, Bu faktörler değişiyor mu?.

Sistemin on senede bir yenileceğini düşünmek bugün için uygundur. Sistemin gerektirdikleri;

1. Servis
2. Ürün karakteristikleri
3. İşlem karakteristikleri

4. Hacimler
5. Maliyetler
6. Kısıtlamalar

2.3.1.2 Servisin Gerektirdikleri

Servis ihtiyaçları dört ana kriterde toplanabilir;

- Dönüşüm Zamanları
- Zaman Kısıtlamaları
- Tam ve Kalite
- Değer Ekleyen Servisler

Dönüşüm Zamanları: Her adımın tamamlanması için geçen süreye denir. Dönüşüm zamanı kısa süren ve daha başarılı olan daha iyidir.

Zaman Kısıtlamaları: Zaman kısıtlamaları günün belli saatlerini veya haftanın belli günlerini belirli olaylar yapıldıktan sonra veya önce temsil eder. Zaman kısıtlamaları malzeme taşıma sistemleri için önemlidir. Çünkü dönüşüm zamanıyla birlikte kritik yolu oluştururlar.

Tam ve Kalite: Tamlık sistemin dizaynında daha çok kontrol edilebilir. Kalite hareket planı ve bu planın tamamlanmasını gösterir.

Değer Ekleyen Servisler: Barkodlama, elektronik data iletimi, özel birim yükler, fiyat işaretleme ve benzeri servisler geçmişte ve şimdi popüler olarak kullanılmaktadırlar. Bu servisler müşterinin ne istediğini, maliyetini, ürünün durumunu belirten ek sistemlerdir. Ürünün üretilme sürecini bu sistemlerle izlemek daha kolaydır.

2.3.1.3 Hacim İhtiyaçları

Malzeme iletim sistemi dizaynında ele alınacak en temel bilgi prosesteki ürünün tam olarak hesaplanmasıdır. Bu bilgi şu üç işlem için önemlidir, sipariş, eldeki malzeme, sevkiyat. Malzeme iletim sistemi ekipmanları operasyon üzerinde bazı kapasite zorlamasını eninde sonunda yapacaktır. Dizaynın kapasitesini geçmeye çalışmak demek eldeki işlerin artması demektir. Dönüşüm zamanları ve de servis büyük ihtimalle aksar.

Eldeki işin aşılması demek yetersiz depolamaya veya trafik akışı içinde sıkışmalar meydana

gelmesi demektir. Servis ihtiyaçlarını sağlamak için, malzeme iletim sistemi bütün beklenmeyen hacimleri uygun maliyetle iletebilecek kapasitede olmalıdır.

2.3.1.4 Ürün Karakteristikleri

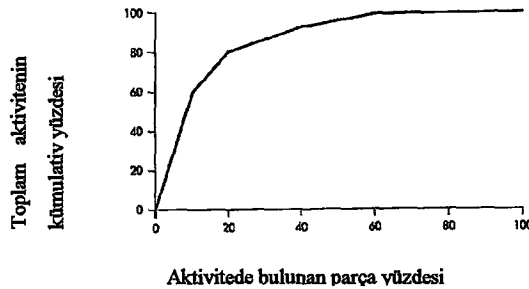
Ürünlerle en çok lazım olan bilgi elde ne kadar, hangi çeşitten ürünün bulundurulması gerektiğidir. Ön stok olarak bulundurulacak ürünlerin miktarları, gelecekteki depolama ihtiyaçları, yükleme ve boşaltma methotlarının belirlenmesi gerekir.

Uygun ve sürekli ürün karakteristik kategorileri malzeme iletim sisteminin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu uygun kategorileri belirlerken gerekli olan orijinal boyutlarıdır. En çok kullanılan teknik boyutlara göre kategorize edip, gelecekteki gelişmelere göre dizayn etmek gerekir.

Malzeme iletim şekilleri proseslere göre değişir. Ürünler karışık olarak silolara depolanabilir. Depolanan ürün burada gruplanarak paletlenip birim yük olabilir. Malzeme iletim sistemi dizaynında fiziksel karakteristiklerde önemli rol oynar. Bazı spesifik bilgilerin iletilecek tipteki ürünler için bilinmesi gerekir.

- Depolama alanın büyüklüğü
- Boyutlar
- Miktar oranları
- Birim ünite boyutları

Bazı ürünlerin özel karakteristik malzeme iletim sisteminin dizaynında belirleyici rol üstlenir. En önemli ürün kategorilerinin belirlenmesini sağlayan kural; daha çok 80-20 kuralı olarak bilinir, malzeme iletim sistemi dizaynında çok büyük bir etkisi vardır. Bu kural küçük miktarlardaki ürünlere gereğinden fazla dikkat edilip edilmediğini belirler. Genellikle şekilde belirtildiği gibi devamlı dağıtım aktivitesi vardır.



Şekil 2.2 Tipik aktivite profili (Robeson, 1994)

2.3.1.5 İş Yapma Karakteristikleri

Yapılan işlemlerde yapılan ölçümlere göre dizayn edilir. Yükleme aktivitelerinden örnek verirse. Yükleme prosesinden sonra gönderme prosesi vardır. Gönderme müşterinin siparişinin bir sevkıyatta veya daha çok sevkıyatta gönderilmesidir. Bütün yükleme aktiviteleri gönderilecek malzemelerin aynı zamanda ve aynı yerde bulunmasını sağlamak için yönlendirilir ve yönetilir. Göndermenin belirli karakteristik özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Gönderme metodu ve şekli
- Fiziksel iletim birimleri, paletler, kasalar veya yüklenen ürünler
- Karmaşık ölçümleri, özel malzeme iletim şekillerinin sıklık oranları (frekansları)
- Fiziksel boyutlar ve ağırlık ölçümleri

Bu karakteristik özelliklerin her biri sevkıyatın gruplara bölünmesinde kullanılabilir.

Bir operasyon içinde bulunan bütün iş tipleri benzer yolla dizayn edilebilir. Malzeme iletim sisteminin içereceği başlıca işlemler;

- Alma
- Ürün paletleme ve hazırlama işlemleri
- Kolaylaştıran ana hareketler ve yeniden yükleme
- Sevkiyat için paketleme
- Geri dönme ve ters proses akışı
- İlişkili aktivitelerin malzeme iletim prosesine olan etkisi

Malzeme iletim sistemi dizaynını yapan kişi için bir kaç ana raporlama sisteminden elde edilen bilgi ile malzeme iletim sistemi dizaynını tamamlamak mümkün değildir.

2.3.1.6 Maliyet İhtiyaçları

İşletmelerde operasyon maliyetleri, iletim maliyetleri diğer maliyetlere göre daha büyük bir orana sahiptir. Optimizasyonun belirli aşamalarında, servisle maliyet birbirine ters olarak çalışır. Bu daha çok servis için maliyetin artması demek değildir. Bu bir kısım mal veya eşya üretim işlerinde yüksek maliyetler karın düşmesine veya fiyatların artıp satışların düşmesine neden olabilir.

Malzeme iletim sistemlerinde sabitlenmiş maliyetler, otomasyon teknolojisinde yapılan yatırımlardan dolayı artar. Yüksek sabitlenmiş maliyetler maliyetin hacime göre daha hassas olmasını sağlar. Eğer işlerin durgunlaşması gibi bir olasılık varsa yüksek sabitlenmiş maliyetler riski artırır. Aynı şekilde özel işlem malzemelerinde bu sorunla karşı karşıyadır. İşteki değişimler dizayn prosessinin başlangıcında fark edilirse bu riskler sağlanacak faydalarla dengeye getirilebilir. Son zorlama prosessin yatırımının amortismanındadır.

2.3.1.7 Proses Zorlamaları

Bir çok potansiyel faktör malzeme iletim sistemi dizaynının çözümlerini sınırlar. Bu faktörlerden üç tanesi bu sınırlamayı ve zorlamayı daha çok yapar. Bunlar;

- Politikalar: Bir firmanın yönetimi çözüm limitlerini etkileyebilecek bazı politikaları destekleyebilirler. Şirketler çevreci politikaları desteklemek isterler bu yüzden şirketin çevre politikasına göre sistem dizayn edilirken bu politikalar göz önüne alınır.
- Kurallara uygunluk: Kurallara uygunluk endüstrideki üretime ve derecelere göre değişmektedir. Malzeme iletim sistemi bina planı, yangın güvenliği, ortama verilen ses gibi kurallara uygun olması gerekmektedir.
- Taşınacak ürünlerin değeri: Elmas iletecek bir sistemle çelik plaka taşıyacak sistem arasında fark vardır. Değerli eşyalar, yüksek derecede kontrol ve denge gerektirmektedir.

2.3.2 Seçenekleri Belirlemek

Malzeme iletim sisteminin ana kuralları detaylı analizi ve seçimi için sınırlı sayıda ki özel opsiyonları tanımlaması gerekir. Bu kurallar ve deneyimleri kullanarak, uygulanması zor olan seçenekler üstüne zaman harcanmayıp daha yapılabilir çözümler için harcanabilir. Verimli ve tam araştırmayı dengelemek için deneysel yaratıcılık gerekmektedir.

2.3.2.1 Seçeneklerin Değerlendirilmesi için Genel Kurallar

Yedi ana genel kural aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Aralarında harmonik değillerdir, fakat birbirlerini dengelerler. Bu kurallar opsiyonların tanımlanması için kullanışlı bir çatı oluşturur (Robeson,1994).

Çizelge 2.1 Seçenekleri değerlendiren kurallar (Robeson, 1994)

En büyük birim yük	Ürünün her hareketi, yapılabilecek en büyük kapasitede olmalıdır.
En kısa yol	Ürünler ve aktiviteler olabilecek en kısa yolda hareket etmelidir.
En az alan	Sistemin kapladığı alan en küçük alan olmalıdır.
En kısa zaman	Herhangi bir aktivite veya gecikme için gerekli olan süre mümkün olduğunca kısa olmalıdır.
Minimum taşıma	Ürünler mümkün olduğunca az taşınmalıdır.
Gruplama ve toplama	Birbirinin aynısı işlemler ve ürünler birlikte yapılmalıdır.
Hat dengeleme	

2.3.2.2 Bilgilendirme Sistemleri Değerlendirilmesi

Malzeme iletim sistemlerini destekleyen beş önemli fikir vardır.

- Malzeme iletim sistemleri bir işlemten diğerine geçerken bir miktar bilgi aktarır, buda bilginin kağıda aktarılıp, işlem başlamadan çalışanların bu bilgilere bakıp işlemi yönlendirmesi gerekir. Bunun yerine bilgilendirme sistemleri bir kere bilgiyi almak için uğraşır ve gerektiği zaman dağıtır.
- Bir operasyon hakkında optimum kararı vermek için gerekli olan bilgi miktarı insanların kısa bir sürede hesaplayıp, yönetmesi için çoktur. Ama bilgisayarlar bu kompleks ve karmaşık problemleri kolayca çözebilirler.
- Malzeme iletiminde insanların yaratıcılığı ve geliştirme özelliği gerekmektedir, bir çok karmaşık kararlar iyi planlanarak alınabilir. Bilgisayarlar bu işlemleri insanlar için aynı yolla yapıp kesin sonuçları kısa bir sürede verebilirler.
- Malzeme iletim sistemleri zaman içinde hızlı bir şekilde gelişmektedir. Bilgisayarlar operasyonlar arasındaki uyumu sağlar.
- Bilgilendirme sisteminin fiyatları devamlı olarak düşmektedir.

Çizelge 2.2 Bilgilendirme sisteminin özelliği (Robeson, 1994)

Bilgilendirme Sisteminin Özelliği	Görülebilir Özellikler
Tam zamanında oryantasyon	Her zaman elde edilebilir. Detaylı durum bilgisi.
Uygulanabilir zeka	Gerçek dünya bilgisi. Yönlendirme ve doğrulama. Detaylı fiziksel data. Detaylı proses bilgisi. Kurallara dayanan mantık.
Tamamlanmış performans ölçümü	Ölçüm standartları. Anahtar performans kriterleri. Yapılan işlemleri sayabilme. İş (yönetim) maliyeti.
Otomatik tanımlama teknolojileri	Endüstrideki barkod standartları. Ana data iletim araçları.
Radyo frekanslı iletişim	Kağıtsız iletişim. Mobil iletişim.

2.3.2.3 Ekipman Seçimi

Son on sene içinde malzeme iletim sistemlerinde ki değişiklikler çok azdır. Teknik yönden ve maliyet yönünden gelişmeler vardır. Bu nedenle firmaların yaratıcı çözümler ortaya çıkarmasını sınırlamaktadır. Ana fark bugün uzun süren dizaynlar daha kısa sürede yapılmakta, bunu da daha çok bilgi elde edilmesi ve daha iyi karar verme araçlarının bulunmasıdır.

2.3.2.4 Ekipmanla Prosesin Birbirini Tamamlaması

Prosesi destekleyen ekipmanla ve proses arasında önemli bir ilişki vardır. Proses ne çeşit malzemenin taşınacağını belirler, öteki taraftan bir ekipman, yapılması zor olan bir prosesin yapılmasını sağlar.

2.3.2.5 Esneklik

Malzeme iletim sistemleri muhasebede aktif varlıklardadır. Genel kural olarak malzeme iletim sistemlerinin hurda değeri yoktur. Bu demektir ki düşük seviyedeki bir ekipmana yatırım bugünkü hızla gelişen iş dünyasında, büyük oranda düşüş riskini ortaya çıkarmaktadır.

Malzeme iletim sistemi elemanlarının her birinin bir amacı ve görevi vardır. Bazı fonksiyonlar geneldir, örnek olarak forkliftin paleti depoya taşınması gibi. Diğerleri de spesifiktir. Eğer gelecekte depo yeri veya rafların kullanım şekli değişirse forklift halen daha kullanılabilme özelliğine sahiptir.

Eğer şirket konveyör sisteminin yerini değiştirmeye kalkarsa, bu ona ek bir maliyet getirir. Eğer bu çeşit bir malzeme iletim sisteminde gelecekte değişiklik yapılacaksa maliyeti ve servis tutarını karşılaştırmak gerekir. Tahmin edilemeyen dinamik bir ortamda genel çözümler daha çok esneklik sağlar.

2.3.2.6 Ergonomik Önem

Çalışan bayan işçi sayısının artmasıyla, sigorta ve tazminat tutarlarında hızlı bir şekilde artış oldu, böylece ergonomi malzeme iletim sistemi dizaynında önemli bir yer tutmaya başladı. İşin verimliliği için dikkatlice dizayn edilmiş ergonomi önemlidir. Bugün iyi bir malzeme iletim sistemi dizaynı ergonomiye önem vermelidir.

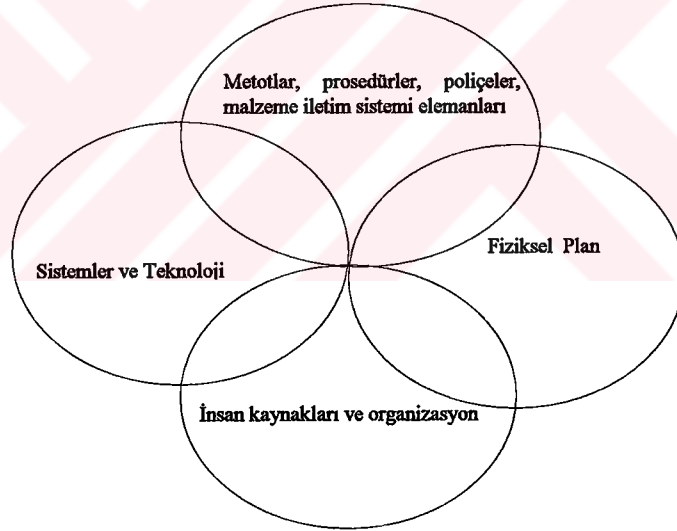
2.3.3 Seçeneklerin Değerlendirilmesi

Optimal malzeme iletim sistemi dizaynı dağıtım operasyonlarını destekleyen finanssal analizdir. Bu analiz, aynı anda göz önüne alınamayan faktörlerin alana göre analizi, işçilik, ana yatırımdan bahseder. Bu üç eleman, otomasyonun doğru dengesinin bulunması için dikkatlice analiz edilmelidir. Bu birim alana düşen maliyeti veya işçilik maliyetlerinin düşmesini sağlar. Bu ekonomik ölçümleri değerlendirirken şirket en doğru dengeyi seçmelidir.

Doğru karışımı geliştirirken, şekil 2.3’de gösterilen dört anahtar bileşen dağıtım merkezinin ve malzeme iletim dizaynının analizinde kullanılır.

Malzeme iletim sistemi dizaynında doğru metotların ve prosedürlerin tanımlanması en önemlidir. Doğru ve tam analiz aşağıdaki maddelerin birlikte kullanılmasıyla olur.

- Bina birim alanına düşen maliyet.
- Malzeme iletim ekipmanlarının yatırımı
- Bilgisayar malzemesi ve yazılım yatırımı
- Binanın genel giderleri
- İşçilik maliyetleri
- Yönetim giderleri
- Alternatif toplam harcamalar



Şekil 2.3 Seçeneklerin değerlendirilmesindeki dört anahtar bileşen (Robeson, 1994)

Her alternatifin maliyetlerini ayırıp, alt grupların maliyetlerini bularak, her alternatifin alt gruplarını belirlemek mümkündür. Böylece en uygun alt grupları seçerek sistemi optimize etmek mümkündür.

Alt gruplar ürün karakteristiği ve hareketine göre seçilerek, doğru malzeme iletim sisteminin seçilmesi sağlanır. Buda optimal üretimi sağlar.

2.3.4 Yatırımın Geri Dönüşünün Hesaplanması (Amortisman)

Amortisman bir kaç şekilde hesaplanabilir. Yeni bir malzeme iletim sistemini dizayn etmek uzun dönemli stratejik bir karardır. Kısa sürede kendini amorti eden sistem, sistemi alan için daha kazançlıdır. Bu bir önemli tercih edilme sebebidir.

2.4 Konveyör Sistemlerinin Tasarımı

2.4.1 Rotalama ve Diğer Fonksiyonlar

Konveyör sistem ilerleme hatları (yolları) tek yönde veya kapalı döngüde iki yönde akış olarak dizayn edilirler. Tek yönlü konveyör sistemleri yükü ana noktadan, teslim edilecek noktaya taşımakta kullanılır. Bu sistemler paketi veya kefeyi yükleme istasyonuna getirmek gerekmediği zaman kullanışlıdır. Tek yönlü konveyör sistemine örnek olarak rulolu, kayış, tekerlekli, zincirli ve tüm yerçekimi ile çalışan konveyörlerdir. Sürekli döngü konveyör sistemleri çift yönlü akışın ve boş paletlerin, kefelerin yükleme istasyonuna dönmesi gerektiği sistemlerde kullanılır.

Döngülü konveyörler üretim sistemlerinde ön depolamada kullanılır. Bu sistemin konveyörleri hatta ki, asma arabalı, çekme hatlı konveyörlerdir.

Konveyör hattına, kollar, yan yollar, cepler yapmak mümkündür. Konveyör hattına değişkenlik sağlanmalıdır. Bu farklı yüklerin farklı doğrultularda ilerlemesini sistem için sağlar.

Bütün konveyör sistemlerinde, hatta değişkenlik sağlamak için tüpler, anahtarlar, makaslar ve diğer mekanizmalar kullanılmaktadır. Buna örnek olarak çekme hatlı ve asma konveyör hatlarını gösterebiliriz. Bazı sistemlerde yükün eski hattan yeni hatta sapmasını sağlamak için itme ve çekme mekanizması veya başka bir araç gerekmektedir. Buna örnek konveyör sistemleri rulolu ve kayışlı konveyör sistemleridir.

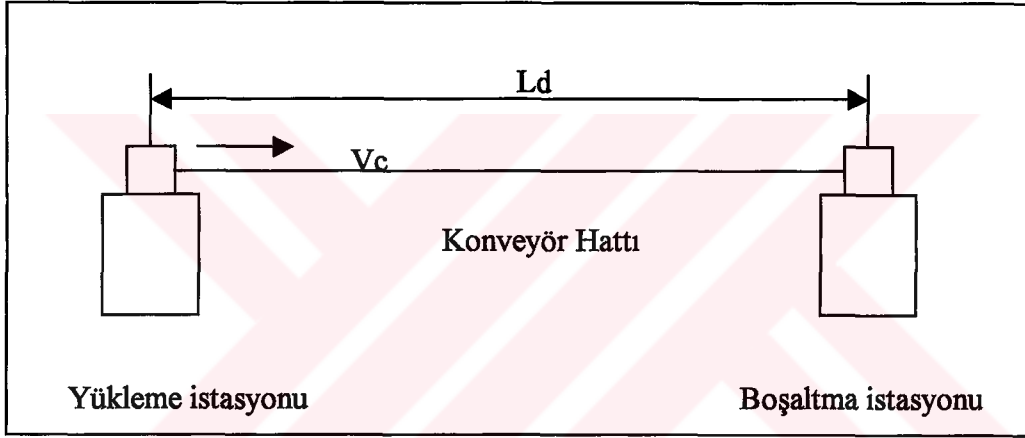
Bazı konveyörler eş zamanlı çalışmazlar veya “power and free” sistemleri. Eş zamanlı çalışmama her arabanın veya paletin bağımsız hareket etmesini sağlar. Eş zamanlı çalışmayan konveyör kullanma sebepleri, birikmiş yükler, tampon stoklar, bitişik üretim alanlarında farklı üretim oranları sağlamak içindir. Üretim zamanları farklı iş istasyonlarının üretim yapmasını kolaylaştırır. Konveyör hattında farklı hızlarla çalışabilirler.

2.4.2 Konveyör Sistemlerinin Nicel (kuantativ) İlişkileri ve Analizi

Kesin temel nicel ölçümler ve denklemleri konveyör sistemlerinin operasyonlarını yönetir. Bu denklemlerin bir çoğu zaman, mesafe ve hızla olan fiziksel ilişkiye bağlıdır. Daha önce V_c konveyör hızı (ft/dak), R_f rotada hareket eden parça akış oranı (parça/h) ve E_h iletim sistemi verimidir.

2.4.3 Tek Yön Konveyörü

Tek yön konveyörünü basit bir örnekle açıklayalım. L_d uzunluğunda bir arada bir üst yükleme noktası ve bir alt boşaltma istasyonundan oluşan sistem aşağıda görülmektedir.



Şekil 2.4 Tek yön konveyörü

Paletler veya kefler bir uçtan yüklenip diğer uçtan boşaltılır. Yükleme istasyonundan boşaltma istasyonuna keflerin hareket zamanını L_d/V_c ile hesaplayabiliriz. Konveyör için taşıyıcı (kefe) akış oranı, konveyörün yükleme zamanı T_L ile limitlidir.

Taşıyıcı palet akış oranı yükleme oranının karşılığından büyük olamaz. Sınırlama şu şekilde gösterilebilir;

$$\frac{V_c}{S_c} \leq \frac{1}{T_L} \quad (2.1)$$

S_c taşıyıcılar arası mesafedir. Konveyörü boşaltma zamanı T_u yükleme zamanına eşit veya az olmalıdır. Eğer boşaltma zamanı yükleme zamanından büyük olursa, konveyör hızı düşürülmelidir veya hareket etmemiş yükler hattın alt kısmında yere boşaltılmalıdır.

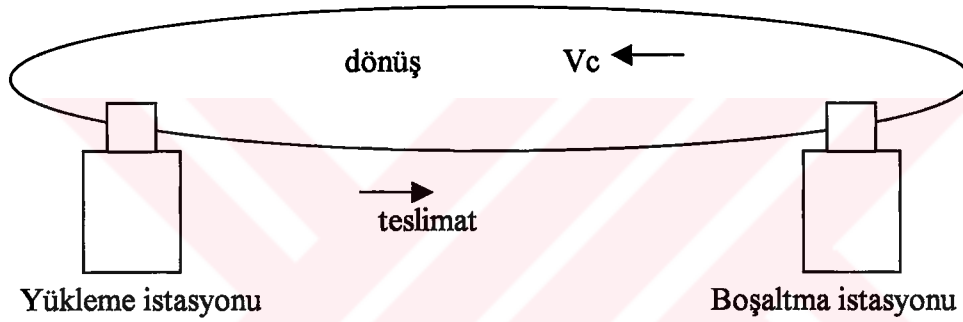
Eğer taşıyıcının taşıyacağı parça sayısı n_p ise konveyör sistemindeki parça akış oranı;

$$Rf = \frac{n_p Vc}{Sc} \leq \frac{n_p}{T_L} \quad (2.2)$$

iletim sistemi verimi tanımımıza göre sistemde trafik sıkışması olmadığı sürece bu sistem yüksek verimle çalışır. (Boş olarak dönüş yapan taşıyıcı ve konveyör yükleme ve boşaltma için durmazsa.)

2.4.4 Sürekli (kapalı) Döngü Konveyörü

Kapalı döngü sistemi ikiye bölünmüştür; teslimat döngüsü (ileri) ve dönüş döngüsü, şekilde görüldüğü gibi;



Şekil 2.5 Sürekli döngü konveyörü

Taşıyıcıların, keferlerin eşit mesafede yerleştirildiğini ve mesafenin Sc olduğunu ve konveyörün sabitlendiğini var sayalım. Her taşıyıcı n_p sayıda parçayı teslimat döngüsünde taşıyıp dönüşte boş olarak dönmektedir. Teslimat döngüsünün mesafesini Ld ve boş olarak dönüş mesafesi Le 'dir. Döngünün toplam uzunluğu $Ld+Le$ 'dir. Döngüyü tamamlamak için gerekli olan süre ise $(Ld+Le)/Vc$ ile hesaplanır. n_c sistemdeki taşıyıcıların sayısı olsun;

$$n_c = \frac{Ld + Le}{Sc} \quad (2.3)$$

ile aynı olmalıdır.

Teslimat döngüsünü de göz önüne alırsak;

$$\text{Toplam sistemde ki parça sayısı} = \frac{n_p Ld}{Sc} = \frac{n_p n_c Ld}{Ld + Le} \quad (2.4)$$

Sistemin parça besleme oranı;

$$Rf = \frac{n_p Vc}{Sc} \quad (2.5)$$

2.4.5 Dolaşmayan Konveyör

Bu konveyör sisteminde parçalar yükleme ucunda yüklenip öbür uçta boşaltılmaktadır. Dönüş sisteminde hiçbir parça bulunamaz. Dönüş döngüsünün amacı sadece boş paletleri yüklemeye göndermektedir. Bu operasyon metodu kapalı döngü konveyör sisteminin önemli bir bölümüdür; malzeme tesliminin yanı sıra parça depolamaya da yardımcı olur. Depolama fonksiyonunda, parçaların birikmesini sağlayarak parça yükleme ve boşaltma oranlarını düzenler. Bu oranlar farklı üretim bölümlerinin üretim oranlarını temsil eder. Bu tür konveyör sistemlerinde karşılaşılabilecek problemler; (1) yükleme istasyonuna ihtiyaç anında hemen boş palet getirmek mümkün değildir. (2) yüklü taşıyıcılardan hiç birini hemen boşaltma noktasına götürmek mümkün değildir.

Bu konveyör tipinin tanımı (Kwo,1958,1960; Mayer, 1960; Muth, 1972,1975) tarafından analiz edilmiştir. Kwo'nun sonuçları aşağıdaki paragraflarda özetlersek;

Kwo'nun analizlerine göre (1958,1960) kapalı döngü dizaynında üç ana kural vardır. Bu kurallar;

1. Hız kuralı: Bu kural konveyörün çalışacağı hızın müsaade edilebilir bir aralıkta olması gerektiğini belirtir. Birim zamanda taşınan taşıyıcı sayısına göre hız belirlenir (Vc/Sc). Hız sınırının alt limiti boşaltma ve yükleme noktalarının oranlarına göre hangisi büyükse ona göre belirlenmelidir. Hız sınırının üst limiti malzeme iletim sisteminin kapasitesi ile taşınacak malzemenin yükleme ve boşaltma (T_L ve T_u) kapasitesi ve konveyör dizaynı ile olan teknolojik limitlerdir.
2. Kapasite Sınırlaması: Konveyör sisteminin kapasitesi en az akış oranı gereksinimi kadar olmalıdır. Akış oranı gereksiniminden daha fazla olmalıdır çünkü rezerve stok bulundurma, yükleme ve boşaltma noktaları arasında teslimat mesafesine göre geçen zamanları da göz önüne almak gerekir. Eğer L toplam döngü mesafesi olursa konveyör kapasitesini hesaplayabiliriz.

$$\text{konveyör kapasitesi} = \frac{n_c n_p Vc}{L} = \frac{n_p Vc}{Sc} \quad (2.6)$$

3. Muntazamlık Kuralı: Bu kural konveyöre yüklerin belli bir şekilde muntazaman yüklenmesi gerektiğini belirtir. Bu da demektir ki konveyörün taşıyıcılarının bir kısmı dolu iken bir kısmı boş olamaz. Bu kural yükleme ve boşaltma noktalarında ki boş veya dolu taşıyıcı bekleme zamanlarını önlemek içindir.

Örnek:

Bir dönüşümlü olmayan sisteminin toplam uzunluğu 500 ft. Hızı 100 ft/dak ve taşıyıcılar arası mesafesi 25 ft. Her taşıyıcı iki adet parça taşıyabilir. Yükleme ve boşaltma için robotlar kullanılmaktadır. Parça yükleme için gerekli olan zaman 0.20 dakika ve boşaltma süresi de aynıdır. İstenilen yükleme ve boşaltma oranı 1.0 parça/dakika'dır.

- Konveyör sistemindeki mümkün olan maksimum parça akış oranı nedir?
- Her taşıyıcı tam dolu olursa konveyör sisteminde kaç adet parça bulunur?
- Konveyörün tam bir döngü yapması için ne kadar süre gereklidir?
- Kwo'ya göre (1958,1960) konveyör sistem dizaynını değerlendir?

Çözüm

- Maksimum akış oranı tüm taşıyıcılar dolu iken.
- Toplam taşıyıcı sayısı = (500 ft) / (25 ft/taşıyıcı) = 20 adet taşıyıcı
Toplam parça sayısı = 20 taşıyıcı x 2 parça/taşıyıcı = 40 parça
- Verilen hızda konveyörün döngüyü tamamlama süresi = (500 ft) / (100 ft/dak) = 5.0 dak
- Hız kuralı; hız limitinin alt sınırı yükleme ve boşaltma oranıyla belirlenir bu da 1parça/dak. Üst sınırdaki yükleme ve boşaltmayı yapabilmek için gerekli olan zamanla belirlenir. Aktivite süreleri eşit olup 0.20 dak ve buda 5 taşıyıcı/dak oranına eşittir. Konveyör hızı = $Vc/Sc = (100 \text{ ft/dak}) / (25 \text{ ft/taşıyıcı}) = 4 \text{ taşıyıcı/dak}$. Bu değer de hız kuralı ile verilen limitin içindedir.
 - Kapasite sınırlaması; konveyör kapasitesi akış oranına eşittir. Bölüm (a)'da

belirtildiği gibi 8 parça/dak. Gerekli teslimat oranı olan 1 parça/dak'dan bu değer büyük olduğu için yeterlidir. Akış oranı gereksinimlerini Kwo'da (1958,1960) ana hatlarını gösterir. Konveyöre yüklenecek parça miktarı 400 adettir ((b)'deki cevaba göre). Bu konveyör sistem kapasitesinin alternatif ölçümüdür.

- Muntazamlık kuralı; konveyörü muntazamca yüklemek için yükleme ve boşaltma oranları eşit ve akış oranı kapasitesi önemli şekilde yükleme boşaltma oranından fazla olmalıdır. Kwo (1958,1960) muntazamlık kuralı prensiplerinin durumlarını tanımlar ve okuyucuda orijinal belgelerle yönlendirilir.

2.5 AGV Sistemlerinin Tasarımı

2.5.1 Araç Yönlendirme ve Rotalama

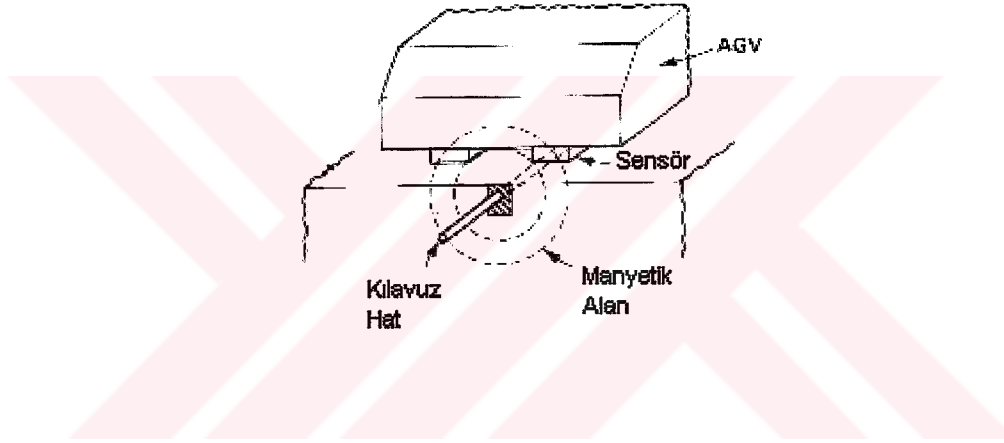
AGV sisteminin başarılı bir şekilde yönetilmesi için bazı fonksiyonların yapılması gerekmektedir. Bu fonksiyonlar;

1. Araç yönlendirme ve rotalama
2. Trafik kontrolü ve güvenliği
3. Sistem yönetimi

Yönlendirme sistemi AGV'lerin rotalarının ve bu doğrultularda aracın kontrol sisteminin tanımlanmasıdır. Daha öncede belirtildiği gibi fabrika zeminindeki rotayı tanımlamak için iki ana yöntem kullanılır. Bunlar kılavuz kabloların döşenmesi veya boyalı şeritlerdir. Bu iki yöntemden kılavuz kablo sistemi depo ve fabrika uygulamalarında kullanılır. Kılavuz kablo sisteminde zeminde yüzeye yakın açılan kanal içinde kablo bulunmaktadır. Kanal genellikle 1/8 inch genişliğinde ve 1/2 inch derinliktedir. Kablolar çekildikten sonra yer yüzeyinin bütünlüğünü sağlamak için kanal boşluğu doldurulur. Az kullanılan bir alternatif ise yere bant şeklinde kablo çekmektir. Kablodaki kılavuzluk sinyali bir frekans üretici ile sağlanır. Sinyal daha çok düşük voltajlı (40 V'dan düşük), düşük akımlı (400 mA'den düşük) ve 1'den 15 kHz frekans aralığında bulunur. Bu sinyal rota üstünde bir manyetik alan oluşturur ve bu manyetik alanı araçlar takip ederek rota üstünde giderler. Kılavuz kablonun her iki tarafında bulunacak şekilde araçta iki adet sensör bulunur. Araç rotada ilerlerken, kılavuz kablo iki sensörün arasındadır. Sensörler tarafından ölçülen manyetik alan eşit olmalıdır. Hatta

dönüşler ve virajlar olduğu zaman sensörler farklı manyetik alan ölçerler. Bu fark yönlendirme motorunun kontrolünde kullanılır, manyetik alan dengelemeyle gerekli olan rotada ilerleme sağlanır.

Boyalı bantlar (şeritler) rotayı tanımlamak için kullanıldığında araç bir optik sensörle boyayı takip ederek rotada ilerler. Şeritler zemine spreyle, bantla veya boyanarak konur. Bir sistem 1 inch genişliğinde boyalı banttı içinde araçtaki ultraviyole (UV) ışık kaynağını yansıtan fosforlu parçalar vardır. Araçta bulunan bir sensör yansıyan ışıkla direksiyon mekanizmasını kontrol ederek rotayı izler. Boyalı rotalamada yere kılavuz kablo koymak mümkün değilken veya ortamda elektriksel alan çoksa kullanılır. Boyalı bantlarda bantların kirlenmemesine dikkat edilmelidir.



Şekil 2.6 Kılavuz hat.

Kılavuzlama sistemlerinde kullanılan güvenlik önlemi kılavuz rotada otomatik durma yani (2 ila 6 inch) belli bir mesafe kala yavaşlayarak durur. Bu otomatik durma fabrika içinde araçların hızlı ve tehlikeli bir biçimde dolaşmasını önler. Eğer araç rota üstünde değilse ve rotaya belli bir mesafe yakında ise rotaya girmesi mümkündür. Bu mesafede aracın rotayı yakalama mesafesidir.

Araçlarda bulunan mikroişlemcili kontroller “ölüm sayımı” denilen özelliğin gelişmesini sağlar. Bu terim aracın yerde tanımlanmış bir rotada ilerleme özelliğidir. Mikroişlemci rota ilerlemek için gerekli olan tekerlek dönüşlerini ve direksiyon motorunun operasyonlarını yönlendirir. Ölüm sayımı fabrika zemininde sac plakaların üstünde (kablo döşenemeyecek yerlerde) veya belirlenmiş yükleme ve boşaltma istasyonu arasında hareket eder. Ölüm

sayımının tamamlanmasından sonra araç yakalama mesafesinde bulunan rotaya girerek normal kontrole geçer.

AGV'lerin rotalarının belirlenmesi teslimat noktasına olan alternatif yollardan uygun olanın seçilmesiyle olur. Tipik AGV rotalama planında, bir çok virajlar, dönüşler, yan yollar, kollar, yükleme boşaltma noktaları bulunmaktadır. Sistemdeki araçlar gidecekleri yolları tespit etmelidir.

Araç yolun kesişme noktasına geldiğinde, aracın hangi yolu izleyeceğine dair karar verilmesi gerekmektedir. Bu bazen araç için karar verme noktasıdır. AGV'nin bu seçimi yapması için kullanılan iki yol vardır.

1. Frekans seçim metodu
2. Yol seçimi metodu

Frekans seçimi metodunda, kılavuz kablolar kesişme noktasında farklı frekanslarda iki ayrı kola ayrılır. Araç karar verme noktasına geldiğinde zemindeki ayırt edici kodu okuyarak kendi istikametini belirler. Programlanmış rotasına göre araç gideceği yolda frekansı seçerek gideceği yere gider. Bu metotta her frekans için bir frekans için bir frekans üretici gerektirmektedir. Frekans seçimi metodu için zemine ek kanallar açılmalıdır. Bu kanallara by-pass kanalı denilir ve aracın gitmesi gereken rotaya girmesini sağlar.

Yol seçimi metodu tek bir frekans kullanır. Aracın gideceği istikametteki rotada frekans mevcuttur kesişim noktalarındaki diğer yollarda frekans bulunmaz. Burada frekans kontrolünü ve rotalamayı sağlamak için yollar bloklara bölünmeli ve trafikteki sinyalizasyon gibi yolların frekansları sinyalizasyona benzer şekilde kontrol edilmelidir. Bloklardaki kontrol üniteleri araç karar noktasına geldiğinde gideceği yöndeki yola frekansı verip aracın rotada ilerlemesini sağlar.

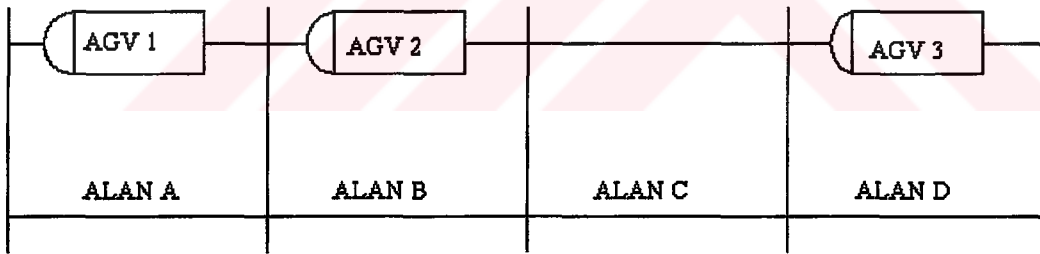
2.5.2 Trafik Kontrolü ve Güvenlik

AGV'lerdeki trafik kontrolünün amacı hareket eden araçların birbirleriyle çarpışmalarını önlemektir. Bu da daha çok bloklama sistemi ile sağlanır. Bloklama teriminin anlamı rotasında hareket eden aracın önündeki başka bir araca çarpmasını önlemektir. AGV'lerde bloklamayı sağlayacak bir kaç yöntem vardır. Bunlar;

1. Araç üstünde ki sensörler
2. Alan Bloklama

Araç üstü sensörler ve bloklama tam bir bloklama sistemi için birlikte kullanılırlar. Araç üstü sensörler, aynı hat üstündeki önünde bulunan araçların bir sensör sistemi tarafından belirlenmesi demektir. Araçlarda kullanılan sensörler optik ve ultrasonik sistemlerdir. Sensör önünde bir araç tespit ettiği zaman aracı durdurur. Önündeki nesne (araç) gittiğinde araç hareket eder. Sensör sisteminin yüzde yüz verimli olduğunu varsayarsak araçlar arası çarpışmalar olmaz ve araçlar kontrol edilmiş olur. Fakat sensörlerle algılamının verimliliği kullanılan sistemin öndeki aracı tespit kapasitesiyle sınırlıdır. Önündeki aracı tespit etmede sensörler etkili olduğundan daha çok düz hatlarda kullanılmaktadırlar. Sensörler dönüşlerin olduğu hatlarda önlerindeki araçları virajlarda göremediklerinden verimleri düşüktür.

Alan kontrolünün konsepti basittir. AGV hattı belli alanlara ayrılır ve kural olarak eğer bir alanda bir araç varsa başka bir araç o alana giremez. Alanın kapsadığı hat bir aracı, o aracın güvenlik mesafesini ve diğer şartları sağlayacak uzunlukta olmalıdır. Bu diğer şartlar sistemdeki diğer araçları, boyutları, sistemin karmaşıklığını ve bir araç kullanıldığında bu alana başka bir aracın girmesi yasaktır. Alandaki aracın başka bir alana girmesiyle bu alana araç girişi mümkündür. Aynı alanlardaki araçların ileriye hareketleri kontrol edilerek çarpışmalar önlenir ve tüm sistemdeki trafik kontrol edilmiş olur. Bunu aşağıda ki sistemde görebiliriz.



Şekil 2.7 Bloklama yöntemi ile alan kontrolü

Daha karmaşık alan kontrolü planlarında iki aracı bir blok alanla ayrılması ile kullanılır.

Araçlarla alan kontrolünün bir anlamı da her alan için ayrı kontrol üniteleri kullanılmaktadır. Bu kontroller kılavuz hatta monte edilip araç alana girdiğinde çalışır. Araç verilen alana girdiği zaman önceki alandaki bloğu çalıştırır ve herhangi bir aracın buraya girmesini önler böylece herhangi bir çarpışma olmaz. Alandaki araç diğer alana geçtiğinde çıkılan alanı trafiğe açar ve bir sonrakini trafiğe kapatır. Böylece trafik kontrolünü sağlamak için alanlar

açılıp kapatılır.

Araçların çarpışmalarını önlemeye ek olarak, sistemdeki araçların rotaları üzerinde bulunabilecek çalışanların güvenliğini sağlamakta önemlidir. Bu güvenliğini sağlamak için AGV'lerde bazı araçlar kullanılmaktadır. Bunlardan biri aracın önüne takılmış olan engel tanımlama sensörüdür.

Bu aynı araç üstü sensörüdür, bloklama sistemindeki öndeki aracı tanıyıp aracı durdurduğu gibi önünde bulunan insanları ve rota üstündeki diğer nesneleri belirleyerek çarpışmayı önler. Bu sensörler daha çok optiktirler, kızıl ötesi ve ultrasonik sensörlerdir. Araçlar önlerinde bir cisim olduğunu algıladığında ya dururlar yada yavaşlarlar. Yavaşlamanın sebebi tespit edilen nesnenin aracın rotasından çekilmesi veya kılavuz hatta aracın başka bir istikamete dönmesini sağlamak içindir. Bu iki durumda da araç nesneyi geçinceye kadar veya dönüşünü tamamlayıncaya kadar güvenli bir hızda ilerler.

Bir başka güvenlik önlemi ise bütün AGV'lerde bulunan güvenlik tamponudur. Bu tampon herhangi bir nesne ile temas ettiğinde araç ani fren yapmaya programlanmıştır. Aracın hızına, yük durumuna ve diğer şartlara göre fren mesafesi değişir. Bir çok araç güvenlik tamponuna bir cisim çarptığında manuel olarak çalıştırılır.

Araçtaki diğer güvenlik önlemleri, uyarı ışıkları veya uyarı zilleridir. Bu önlemler aracın geldiğine dair uyarırlar.

Son olarak araçların hatlardan çıkmalarını önleyen bir güvenlik önlemi de eğer araç hattından bir kaç inch çıkarsa araç durmaya programlanmıştır.

2.5.3 Sistem Yönetimi

AGV'lerin operasyon yönetiminde genellikle uğraşılan problem araçların sistem içindeki gerekli noktalara zamanında verimli olarak sevk edilmesidir. Sistem yönetimi aynı zamanda kılavuzlama, rotalama, trafik kontrolünü yönetir. AGV sistemlerinde araç sevk etmenin bir kaç yöntemi vardır. Bu yöntemler sistemin verimini ve cevap verme hızını arttırmak için kullanılır. Sevk etme yöntemleri şunları içerir;

- Panel üstü kontrol paneli
- Kumandalı çağırma istasyonu
- Merkezi bilgisayar kontrolü

Her AGV aracı manuel araç kontrolünü araç programlamasını ve diğer fonksiyonları sağlamak için, belli bir kontrol paneline sevk edilme kapasitesine sahiptir. Panel üstü kontrol sistemi diğer sevk etme yöntemlerine göre en az karmaşık olanıdır. Bu kontrol sisteminin avantajı esneklik ve taşıma sisteminde değişen ihtiyaçlara cevap vermesidir. Dezavantajı ise manuel olarak kullanılmasıdır.

Kumandalı çağırma istasyonu da AGV'ye sistemin değişen ihtiyaçlarına cevap vermesine olanak sağlar. Çağırma istasyonunun en basit şekli boşaltma ve yükleme istasyonunda bulunan bir butonla aracın çağırılmasıdır. Bu istasyona en yakın geçen aracın çağırılıp istasyonda gerekli olan yük transferinin yapılmasını sağlamasıdır. İstasyondan yüklendikten sonra panel üstü kontrol ile gerekli olan yere gönderilir.

Daha karmaşık çağırma istasyonları planda bulunan belli istasyonların yakınına monte edilmiş kontrol panellerinden oluşmaktadır. Bu metotta araç sinyal verilen istasyonda durup daha sonra gideceği istasyona uzaktan kumandalı çağırma paneliyle programlanır. Bu otomatik sevk etme işlemidir ve otomatik yükleme ve boşaltma sistemine sahip AGV sistemleri ile kullanılması kullanışlıdır.

Bütün çağırma istasyonu metotları AGV'lerin yükleme ve boşaltma istasyonlarında insana ihtiyacı vardır. Çağırma fonksiyonunu otomatik yükleme ve boşaltma istasyonunda otomatikleştirmek mümkündür.

Büyük depolarda ve fabrikalarda yüksek seviyede otomasyonun kullanıldığı yerde görev yapan AGV'lerde yüksek seviyede otomasyona sahip olmalıdır. Merkezi bilgisayar kontrolü önceden planlanmış teslimat ve yüklemeleri, otomatik olarak araçları sevk ederek yönetir. Bu sevk etme metodunda, merkezi bilgisayar araçların yapacakları işleri ve rotaları belirler. Sevk etme işlemini yapabilmek için merkezi bilgisayar sisteminin her aracın her an nerede olduğunu bilmesi gerekir, böylece hangi aracı sevk edeceğine karar verir ve işlemi gerçekleştirir. Araçlarla merkezi bilgisayar arasında sürekli bir iletişim bulunması gerekir böylece aracın nerede olduğu merkezi bilgisayar tarafından bilinir.

Merkezi bilgisayar sistemlerinin sevk etme operasyonlarında farklılıklar vardır. Bu farklılardan biri, merkezi kontroller ve tek araçlarla (bağımsız) dağıtım kararı vermedir. Son karar olarak merkezi bilgisayar araçların rotaları ve diğer fonksiyonlarla ilgili tüm kararları verir. Merkezi bilgisayar her araç için rotayı planlar ve kılavuz hatların alanlarını ve diğer fonksiyonların işlemlerini kontrol eder. Bunun tersi karar olarak, her bağımsız araç kendi karar verme mekanizmasını kullanır, kendi operasyonlarını kontrol eder ve kendi rotasını kendisi seçer.

Bütün planlamayı kontrol etmek ve sistemde hangi aracın hangi noktaya gideceğini planlamak için merkezi bilgisayara ihtiyaç vardır. Kendi rotalarını belirleyen ve kendi transfer işlerini yürüten araçlar, akıllı araçlar olarak tanımlanır.

Sistem yönetimini yapmak için AGV'lerin tüm hareketlerini grafiksel bir ekranda görmek yardımcı olmaktadır. Merkezi bilgisayar kontrolü yöneticilerin bütün sistem operasyonlarını, problemleri ve genel durumu görmelerini sağlar. Bunun için modern AGV'lerde renkli CRT monitörleri kullanılmaktadır.

Bir başka faydalı sistem yönetimi ise AGV'nin her işlemindeki performans raporlarıdır. Bu periyodik sistem performansı raporları yükleme, boşaltma zamanları, yapılan işlem miktarını, sistemdeki her araç ve istasyon ile detaylı bilgi elde edilmesini sağlar. Bu raporların çıktıları ile sistem yöneticileri operasyonları yüklemekten yüklemeye, aydan aya ve tüm sistemin performansını görebilirler.

2.5.4 AGV Sistemlerinin Nicel Analizi

AGV sistemini yönetecek denklemleri tanımlamak mümkündür. V_c AGV'nin hızı olsun. Aracın operasyonu sırasında sabit hızda ilerlediğini varsayarsak, ve yavaşlamaları, ivmelenmeleri ve diğer hız değişimlerini (taşınan yükten ve faktörleri) göz önüne almazsak. AGV'nin tipik bir teslimatı için gerekli zaman (1) yükleme istasyonunda alma ve boşaltma istasyonunda bırakma zamanı (T_h yükleme iletim zamanı) (2) bırakma istasyonuna olan yolculuk zamanı (L_d/V_c) (3) teslimatlar arası boş ilerleme zamanı (L_e/V_c). Trafik sıkışmasını göz önüne alırsak araç başına toplam teslimat zamanı;

$$T_v = \frac{L_d}{V_c} + T_h + \frac{L_e}{V_c} \quad (2.7)$$

Eğer trafik sıkışıklığı olmazsa bir saatte yapılan teslimatların sayısı T_v 'nin karşılığı bulunarak hesaplanabilir.

Trafik kayıpları AGV sisteminin performansında gözle görülebilir bir etkiye sahiptir. Daha önce tanımlanmış trafik faktörü F_t , sistem performansında ki kayıpları bulmaya yarar. AGV'lerin verimini düşüren faktörler, trafik faktörü, araçların bloklanması, kesişim noktalarında beklemeler, hatta bekleyen araçlar, kötü planlama, araçların verimsiz rotalanması, kılavuz hattın kötü olmasıdır. Bloklama, kesişim noktasında bekleme, hatta bekleyen araçlar sistem boyutu ve sistemdeki araç sayısı ile ilgilidir. Örnek olarak sistemde bir araç varsa, bloklama olmaz ve sistemin trafik faktörü 1'e çok yakın olur. Daha çok sayıda

araç içeren sistemlerde trafik faktörü değeri düşer. Trafik faktörünü etkileyen diğer faktörler trafik sıkışıklığı, rotalama, planlama ve AGV'lerin planıdır. Merkezi bilgisayar kontrolü, optimum planlama algoritması ile programlanması, panel üstü ve kumandalı çağırma ile yapılan rotalama ve planlamadan daha verimlidir. AGV'lerin genelde olan trafik faktörü değeri 0.85 ve 1.0 arasındadır (Fitzgerald,1985).

Bir aracın bir saatte yapacağı teslimat sayısını bulmak için; Tv'nin dakika cinsinden ve trafik faktörünün ondalık sayı olduğunu kabul edersek;

$$\text{Saatte bir aracın yaptığı teslimat} = \frac{60 \times Ft}{Tv} \quad (2.8)$$

Alternatif olarak iletim sisteminin verimini de kullanırsak;

$$\text{Saatte bir aracın yaptığı teslimat} = \frac{60 \times Eh}{Ld/Vc} \quad (2.9)$$

Ld/Vc aracın direkt yolculuk zamanı olup hiç bir kayıp zamanı veya erteleme yoktur.

Malzeme iletim sisteminin verimi olan Eh AGV'lerin planından kaynaklanan araçların hedef noktalarına ulaşmaları için gereğinden fazla dolaşmalarını gerektiren yolları göz önüne alamaz.

Sistem için gerekli AGV sayısını bulmak için;

$$\text{AGV'lerin sayısı} = \text{saate gereken teslimat sayısı} / \text{saatte bir aracın yaptığı teslimat} \quad (2.10)$$

Eğer saatten saate teslimat sayısı ile farklı değerler elde ediliyorsa, denklemde maksimum gerekli olan sayı kullanılır.

Örnek:

Bir sisteme kaç adet AGV gerektiğini bulmak için; sistem saatte 40 adet teslimat yapabilmeli.

Aşağıdaki veriler sistemin karakteristiğini belirler;

Araç hızı = 150 ft/dak

Her teslimat için ortalama seyahat mesafesi = 450 ft

Yükleme zamanı = 45sn. (0.75 dak)

Bırakma zamanı = 45 sn (0.75 dak)

Boş olarak ortalama seyahat mesafesi = 300 ft

Trafik faktörü = 0.90

Eh'da göz önüne alınacaktır.

Çözüm:

Araç başına teslimat için verilen zaman;

$$Tv = \frac{450}{150} + 0.75 + 0.75 + \frac{300}{150}$$

$$Tv = 3.0 + 1.5 + 2.0$$

$$Tv = 6.5 \text{ dak}$$

Trafik faktörüne göre araç başına saatteki teslimatın sayısı;

$$\frac{60 \times (0.90)}{6.5} = 8.3077 \text{ teslimat h / araç}$$

Buradan istenen araç sayısı;

$$\frac{40}{8.3077} = 4.81 \text{ araç bu değer 5'e yuvarlanmalıdır.}$$

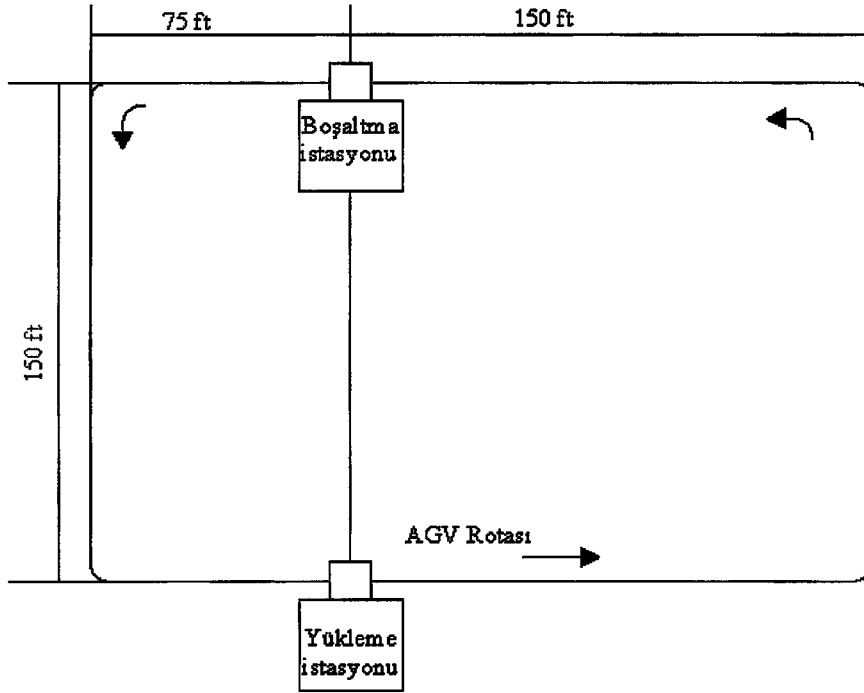
İletim sisteminin verimi $Eh = \frac{3.0 \times (0.90)}{6.5} = 0.4154$ bu değeri kullanarak araç başına saatteki teslimatı hesaplırsak;

$$\frac{60 \times (0.4154)}{3.0} = 8.31 \text{ teslimat h / araç}$$

Bu şekilde olan basit döngülerde Ld ve Le'yi hesaplamak kolaydır, sistem daha karmaşık bir hal aldığında bunu hesaplamak zorlaşır

Örnek:

Aşağıda verilen sistem şeklinde yükleme ve boşaltma otomatiktir. Le ve Ld değerini hesaplayınız.



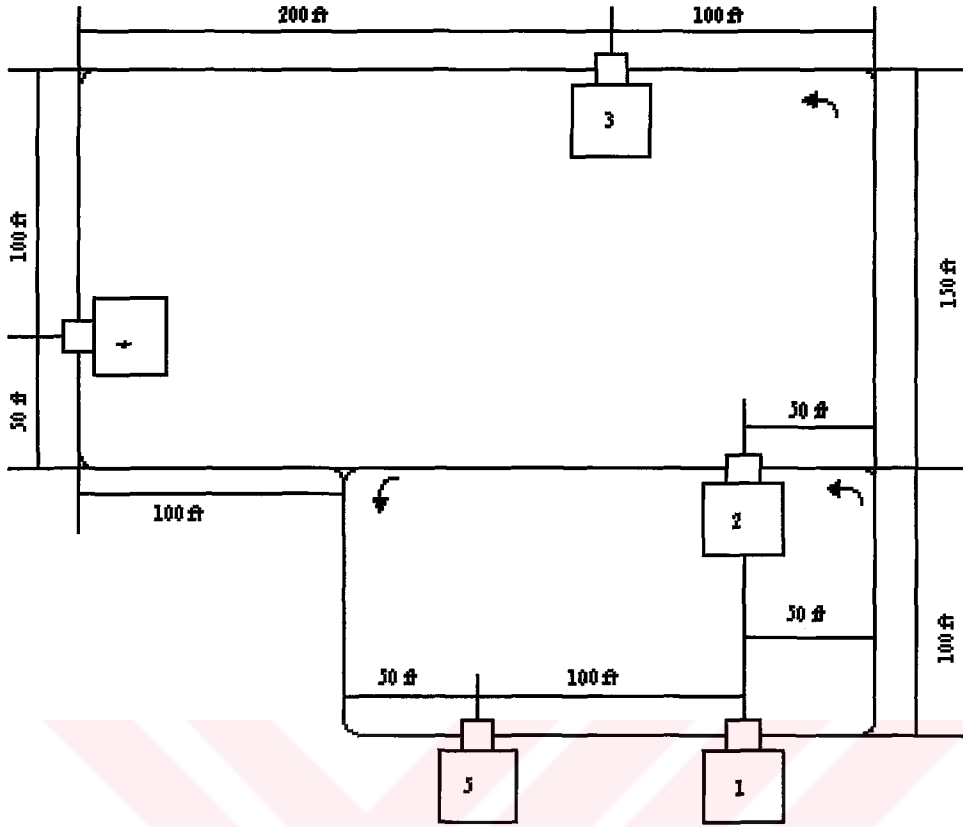
Şekil 2.8 AGV döngüsü

$$L_d = 150 + 150 + 150 = 450 \text{ ft}$$

$$L_e = 75 + 75 + 150 = 300 \text{ ft}$$

Örnek:

Bu örnek aşağıdaki tabloları kullanmaktadır. Şekilde AGV'nin rotası ve uğradığı yerler görülmektedir. Sisteme ham madde girişinin olduğu yükleme istasyonu (1) ve herhangi üç üretim istasyonuna gider (istasyonlar 2,3 ve 4). Bitmiş parçaların alındığı 5 no'lu istasyonda işlem tamamlanmış olur. Yükleme ve boşaltma istasyonlarının (1 ve 5'in) yükleme süreleri 0.5 dakikadır. Üretim oranları Çizelge 2.3'de belirtilmiştir. Sistemi tamamlayan bir faktörde 2 ve 3 no'lu istasyonlar arası parça iletimi vardır. Teslimat için ortalama mesafeyi L_d 'yi hesaplayınız?



Şekil 2.9 AGV döngüsünün üretim sistemi planı

Çizelge 2.3 İstasyonlar arası araçların teslimat sayıları

İstasyon					
Merkez	1	2	3	4	5
1	0	9	5	6	0
2	0	0	0	0	9
3	0	0	0	2	3
4	0	0	0	0	8
5	0	0	0	0	0

Çizelge 2.4 İstasyonlar arası mesafeler

İstasyon					
Merkez	1	2	3	4	5
1	0	200	400	700	YOK
2	YOK	0	YOK	YOK	300
3	YOK	YOK	0	300	600
4	YOK	YOK	YOK	0	300
5	100	YOK	YOK	YOK	0

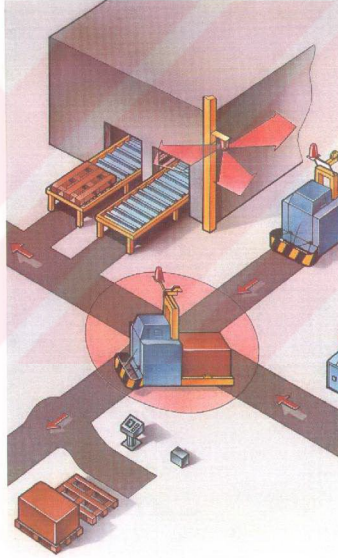
$$L_d = \frac{9 \times 200 + 5 \times 400 + 6 \times 700 + 2 \times 300 + 9 \times 300 + 3 \times 600 + 8 \times 300}{42}$$

$$L_d = \frac{15500}{42} = 369 \text{ ft}$$

Le'nin belirlenmesi için her teslimat için aracın boş gideceği mesafeyi bilmek gerekir, buda çok komplikedir. Teslimat ve planlama metoduna göre aracın yükü bırakıp almaya nereye gideceğine karar verilmesi gerekir. Eğer her üretim istasyonundan (istasyonlar 2,3,4) her araç başlangıç noktasına geri dönecekse (istasyonlar 1 ve 5) her aracın yük alma için kat edeceği mesafe çok uzun olacaktır. Le'nin değeri Ld'den büyük olacaktır, ve sistemin verimi düşük olacaktır. Bundan da görüleceği gibi aracın boş olarak gezmesi sistemin veriminde etkilidir. Eğer araç aynı anda hammadde ve işlenmiş parçayı aynı anda taşıyabilirse boş dolaşma zamanı ve mesafesi minimize edilir.



Şekil 2.10 AGV'ler trafikte (Digitron AG.)



Şekil 2.11 AGV'lerin trafik sinyalleri ve sensörleri (Digitron AG.)

2.6 Örnek Malzeme İletim Sistemi Tasarımı

Televizyon montaj fabrikasında malzeme iletimi. Enjeksiyondan çıkan mamuller manuel olarak stoklanır, bu stoklardan boyahane için gerekli olan malzeme manuel olarak asma tek raylı zincirli konveyöre yüklenerek boyahaneye sevk edilir. Boyahanede manuel olarak boyanan ön kapaklar kurutulmak için fırına giden asma tek raylı konveyöre yüklenip oradan da aynı konveyörle montaj hattına gitmektedir. Arka kapaklar ise boyandıktan sonra arka kapak konveyörüne geri konularak fırınlanmadan montaj hattına gitmektedir. Bu durumda arka kapak kurumadan montaja gidebilmekte veya en çok karşılaşılan problem arka kapağın boyası yaş olduğu için üzerine toz yapışmakta ve buda açık renklerde kirli olarak gözükmeştir. Burada arka kapağın fırınlarak montaj hattına gönderilmesini sağlamak ana problemdir.

2.6.1 Veriler

Vardiya Sayıları;

Montaj hattı	2 vardiya	4 Bant
Enjeksiyon hattı	3 vardiya	22 adet makine
Boya hattı	2 vardiya	8 Manuel Boya Kabini

Dönüşüm hızları;

Montaj hattı 24sn.

Boya hattı 48sn. İki boya kabini bir montaj hattını beslemektedir.

Konveyör Hızları;

Ön Çerçeve yükleme konveyörü 9 m/dak

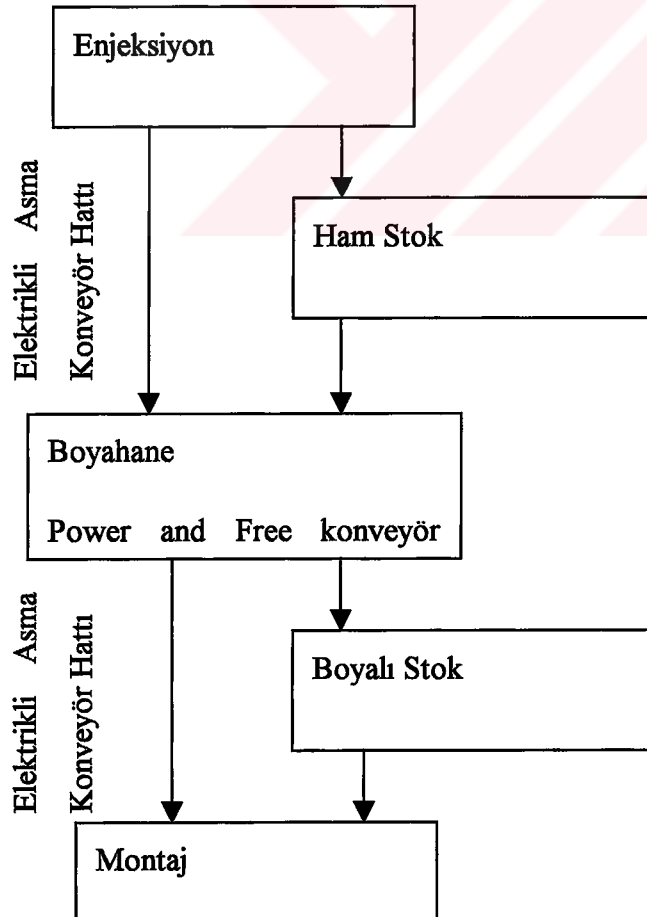
Son montaj konveyörü 8 m/dak

Arka kapak konveyörü 9 m/dak

Boyutlar;

	Arka Kapak			Ön Kapak		
	En (cm)	Boy (cm)	Derinlik (cm)	En (cm)	Boy (cm)	Derinlik(cm)
14"	36.2	34	23.5	36.2	34	23.5
25"	56	44.5	38.5	56	44.5	34.5
28"	60	45	25	60	45	30
32"	72	51.5	28	72	51.5	28
33"	76	53	28	76	53	30

2.6.2 Önerilen Çözüm



Enjeksiyon;

3 vardiya 72 vardiya / ay

$$250000 / 72 = 3472$$

3500 adet / vardiya

$$3500 / 430 \text{ dak} = 8 \text{ adet/dak}$$

$$8 / 60 = 0.133 \text{ adet/sn}$$

7.5 sn üretim hızı

Saatte 480 adet, 22 adet enjeksiyon makinesi olduğu için, her makineden 2.75 dak/adet çıkmaktadır.

Kapakları taşımak için Elektrikli asma konveyör hattında kutu ile taşıma yapılması düşünülmüştür.

Arka kapak için 12 adet'lik kutu kullanılması düşünülmektedir.

Ön kapak için 18 adetlik kutu kullanılması düşünülmektedir.

Ham Stok;

2 vardiya 48 vardiya / ay

$$250000 / 48 = 5210$$

5200 adet / vardiya

$$5200 / 430 \text{ dak} = 12.11 \text{ adet/dak}$$

$$12.11 / 60 = 0.21 \text{ adet/sn}$$

4.76 sn üretim hızı

Saatte 727 adet

9 adet Boya kabini ile 0.75 dak/adet hızda 4 saatlik stok 2500 adet ön kapak 140 adet kutu, 2500 adet arka kapak 210 adet kutu gerektirir.

Boyalı Stok;

2 saatlik stok $250000/48 = 5210$

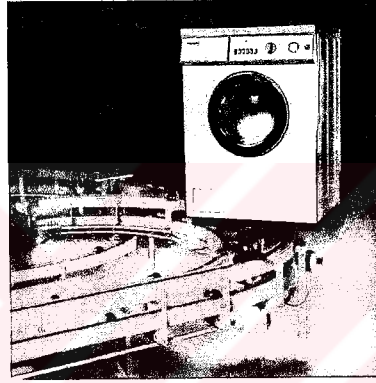
2400 adet $5210/430 = 12.11$ adet / dak

1200 adet ön kapak 67 adet ön kapak kutusu

1200 adet arka kapak 100 adet arka kapak kutusu gerekmektedir.

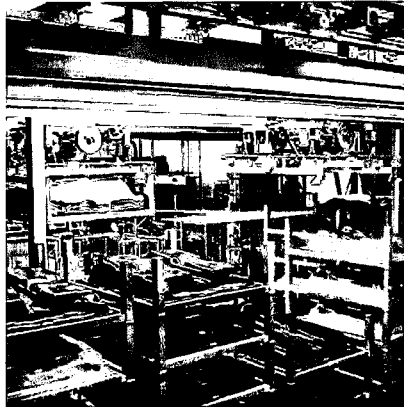
Kutuların çizimleri ekte sunulmuştur.

Sistemde Boyama ve fırınlama kısmında çizimde yeşil renkteki hat Power and free konveyör olup 24 mt/dak hızla çalışmaktadır.

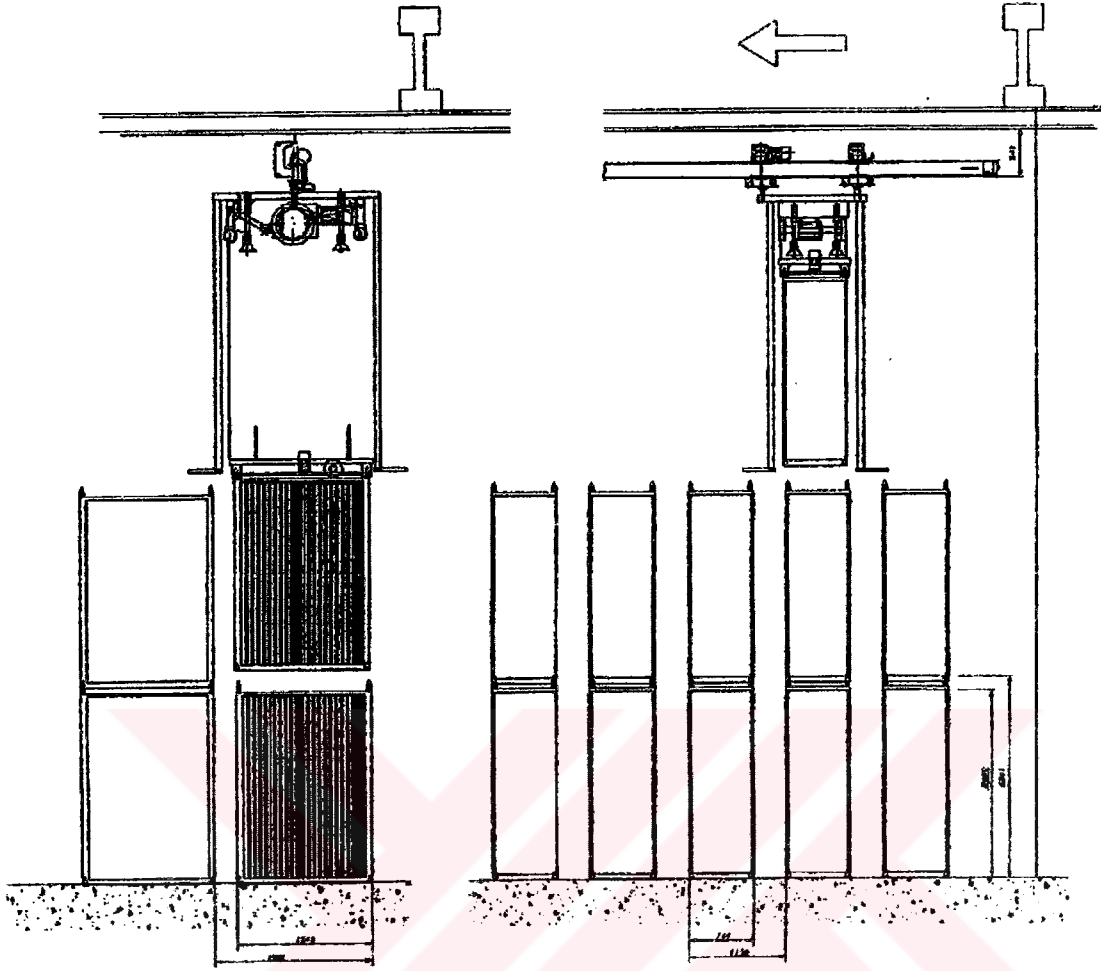


Şekil 2.12 Power and free konveyör (<http://www.schierholz.com>)

Elektrikli asma konveyör hattı çizimde mavi renkle gösterilmiştir. Bu konveyörün hızı 2 – 80 mt/dak hıza sahiptir.



Şekil 2.13 Elektrikli asma konveyör kendinden liftli (<http://www.schierholz.com>)



Şekil 2.14 Elektrikli asma konveyörün kutuları alıp bırakmasını sağlayan liftli taşıt
(<http://www..swisslog.com>)

Sistemin maliyeti;

Elektrikli asma konveyör:

Sistem boyu: 800 mt

Makas Sayısı: 32 ad

Yatay kavis, 45 derece: 32 ad

Yatay kavis, 90 derece: 28 ad

Dikey kavis, 45 derece: 4 ad

Liftli taşıt: 10 ad Toplam tutarı 2600000 DEM

Power and free konveyör;

P+F toplam boyu: 300 mt

Zincir boyu: 450 mt

Yatay kavis, 90 derece: 34 ad

Çıkış makası: 6 ad

Giriş makası: 6 ad

Stoper: 18 ad

Tahrik: 1 ad

Gergi istasyonu: 1 ad

İki akslı trolley: 150 ad

Toplam tutar: 645000 DEM

2.7 Örnek Malzeme İletim Sistemi Tasarımı

No frost Buzdolabı Performans Testi

Buz dolaplarına güç ve sıcaklık ölçüm testleri yapılmaktadır ve test süresi 60 dakikadır. Dakikada bir kez testteki sıcaklık ve güç ölçümleri yapılmaktadır. Askıda bulunan test kutusu bu testi yapmakta olup test için gerekli olan yazılımı buzdolabının askıya yüklendiği noktada bulunan merkezi bilgisayara bağlı olan infrared transfer kutusundan alır. Test süresince toplanan veriler askıdan geri üretim bandına verildiği noktada bulunan ve gene merkezi bilgisayara bağlı olan infrared transfer kutusuna test verilerini verir. Bu veriler her buzdolabı için merkezi bilgisayarda her dakika için performans eğrileri çizilir, geçti veya kaldı diye çıktı alınır. Geçen buzdolapları paketlemeye doğru üretim bandında devam ederken, kalanlar hemen tamir bandına alınır tamirden sonra gene aynı teste tabi tutulur. Merkezi bilgisayardaki buzdolapları için çizilen eğriler her buzdolabı için çıktı alınır ve saklanır. Böylece ileride buzdolabının aleyhine bir dava açıldığında testten geçtiğine dair kanıt elde bulunmuş olur.

2.7.1 Veriler

Üretim hızı 50 sn/ adettir.

Test süresi her buzdolabı için 60 dakika'dır.

Test süresince gerekli olan askı sayısı = $(60 \times 60) / 50 = 72$ adet

Aynı miktarda test kutusu gereklidir. Test kutusu sayısı = 72 adet

2.7.2 Power & free Konveyör Uygulaması

Test için askı stoklama mesafesi 1,1 metredir.

Power & free konveyör hattının hızı $V_c = 12$ mt/dak'dır.

Toplam konveyör hattı uzunluğu ise $L = 126,6$ mt'dir.

Bu mesafeyi kat etmesi için gerekli süre L / V_c ile hesaplanır.

$126,6 / 12 = 10,55$ dakika'dır.

Test süresi 60 dakika olduğuna göre 72 adet test kutusu ve askıya ek olarak konveyörün döngüyü tamamlama süresine göre hazırda beklemesi gereken kutu ve buzdolabı miktarı .

$60 / 10,55 = 5,68$ adet yani 6 adettir.

Böylece toplamda 78 adet askı ve test kutusu bulunması gerekmektedir.

Sistem için gerekli ekipmanlar ve maliyeti

Stoper : 9 adet

Ray : 126,6 mt.

Zincir boyu : 126,6 mt

Kavis 90° : 8 adet

Kavis 45° : 2 adet

Askı : 78 adet

Test Kutusu : 78 adet

Tahrik : 1 adet

Gergi : 1 adet

Sistemin maliyeti : 243.080 EURO

2.7.3 Rulolu Konveyör Uygulaması

Test için buzdolabı başına gerekli olan mesafe 1,0 metredir.

Rulolu konveyörün hızı $V_c = 10$ m/dak'dır.

25 metre uzunluğundaki bir rulolu konveyöre $25 / 1,0 = 25$ adet buzdolabı konabilir, 72 adet buzdolabı için 3 adet 25 metre uzunluğunda rulolu konveyör hattına gerek vardır.

Bir rulolu konveyör hattının üstündeki ürünleri boşaltma süresi L_d / V_c ile bulunabilir.

Konveyör uzunluğu $L_d = 25$ metre.

$25 / 10 = 2,5$ dakika'da bir konveyör boşalmaktadır. Bundan dolayı $60 / 2,5 = 24$ adet buzdolabının hazırda beklemesi gerekmektedir. Bu yüzden gene 25 metre uzunluğunda üstünde 25 adet buzdolabı bulunan bir banda daha ihtiyaç vardır.

Böylelikle 4 adet 25 metre uzunluğunda rulolu konveyör gerekmektedir. Ayrıca dört test bandı için 100 adet test kutusu bulunması gerekmektedir.

Buradaki test kutuları bilgisayar direkt bağlı olup yazılımlarını buradan alıp, verileri geri direkt bilgisayara göndermektedir.

Sistem için gerekli ekipmanlar ve maliyeti

Friksiyon rulolu konveyör : 2 adet (800 x 1650)

Salıncak stoper : 6 adet

Dik stoper : 9 adet

Transfer ünitesi : 12 adet

Serbest rulolu konveyör : 1 adet (800 x 28600)

Friksiyon rulolu konveyör : 1 adet (800 x 30600)

Friksiyon rulolu konveyör : 2 adet (800 x 2000)

Friksiyon rulolu konveyör : 2 adet (800 x 3150)

Friksiyon rulolu konveyör : 3 adet (800 x 25000)

Sistemin maliyeti : 235.500 EURO

3. İKİ SİSTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI VE SONUÇ

Power and free ile rulolu konveyörü karşılaştırdığımız zaman iki sistemin maliyetlerine test kutuları dahil değildir.

- Bu yüzden power and free konveyörde 78 adet test kutusu gerekirken rulolu konveyörde bu rakam 100 adettir. 22 adet test kutusu power and free sisteminde daha azdır. 22 adet test kutusunun maliyeti ise 55.000 DM'dır, buda 27.500 EURO'ya eşittir.
- Rulolu konveyör sisteminde bulunan transfer ünitelerinin (6nolu parça) arıza yapma olasılığı yüksektir.
- Power and free sistemi sayesinde fabrika zeminin alan kazanılmaktadır. Böylece bu alan başka bir işlem yapılması için uygundur.
- Power and free sistemi ayrıca ileride fabrika içine kurulabilecek diğer power and free hatlarına kolaylıkla bağlanabilir.
- Power and free sisteminin merkezi bilgisayara bağlanabilmesi sayesinde ne kadar, hangi tipte dolabın test edildiğini öğrenmek mümkündür.

İki sistemi karşılaştırdığımız zaman power and free konveyör sisteminin rulolu konveyör sistemine göre daha kullanışlı ve avantajlı olduğunu görmekteyiz. Bu yüzden power and free sisteminin seçilmesi daha uygundur.

Malzeme hareketi, üretimin gerçekleştirilmesinde kullanılan hammadde ve malzemelerin, işletme içinde iletim işlerinin en iyi şekilde düzenlenmesidir.

Fabrikada üretim öncesi hammaddenin, yarı mamulün hareketi geniş ölçüde önemlidir. Bütün bu hareketlerin belli bir maliyeti olduğundan mamulün pahalı veya ucuz olmasında, rekabet edilebilmesinde, malzeme hareketinin önemi büyüktür.

Malzeme ve mamullerin en düşük masrafla iletilmesi, stoklanması uygun çözümlerin ve araçların kullanılması mümkündür. Bu da malzeme iletiminin bilimsel olarak yapılmasını gerektirir.

Günümüzde malzeme iletim sistemleri, gelişen iletişim teknolojisiyle birlikte kullanılmaktadır. Böylece üretim tesislerinde malzemenin nerede, üretimin hangi aşamasında olduğunu ve üretilen ürünün test verilerini iletecek teknolojiye sahiptirler. Ayrıca barkod

sistemleri sayesinde sistemdeki her ürün tanınabilmekte ve gideceği yere hemen sevk edilmektedir.

Bilgisayarla birlikte çalışmaları sayesinde sistemden herhangi bir ürün talep edildiğinde depodaki doğru ürünü alıp sevk noktasına getirebilme yeteneğine sahiptirler. En gelişmiş malzeme iletim sistemi AGV'lerdir. AGV'ler sürücüsüz olarak sistemde belirlenmiş doğrultularda bilgisayar kontrolünde malzeme iletimini yapmaktadırlar.

Malzeme iletim sistemlerinin bundan sonraki hedefi, gelişen teknoloji ile birlikte akıllı sistemler olarak üretim ve depolama sistemleriyle birlikte çalışmaktır. Böylece verim artışı ve ideal malzeme iletimi sağlanabilmesiyle mamulün iletim miktarını yükseltmek, maliyeti düşürmek suretiyle müşteriye daha iyi hizmet sağlamak ve işletmeye yüksek kar temin etmek mümkün olacaktır.



KAYNAKLAR

Allegri, T.H., (1984), "Materials Handling: Principles and Practice", Van Nostrand Reinhold Co., Inc., New York

Apple, J.M., (1972), "Material Handling System Design", Ronald Press, New York

Cleland, D. I., ve Bidanda B.,(1990), "The Automated Factory Handbook Technology and Management", TAB Professional and Reference Books, PA, 628-631

Dallas, D.B., (1976), "Tool and Manufacturing Engineers Handbook", McGraw-Hill Company, New York

Digitron AG. , Erlenstrasse 32, CH-2555 Brugg – Biel

Dorf, R.C. ve Kusiak, A., (1994), "Handbook of Design, Manufacturing and Automation", John Wiley & Sons, Inc., New York, 314-328

Eastman, R.M., (1987), "Materials Handling", Marcel Dekker, New York, 301-318

Fitzgerald, K.R., (Ekim 1985), "How to Estimate the Number of AGV's You Need", Modern Materials Handling

Harrington, J.,(1973), "Computer Integrated Manufacturing", Industrial Press, Inc., New York, Chapter 7

<http://www.schierholz.com>

<http://www.swisslog.com>

Kulwiec, R.A. Editor, (1985), "Materials Handling Handbook", 2.nd Editioin, John Wiley and Sons, Inc., New York

Kwo, T.T., (1958), " A Theory of Conveyors", Management Science Vol.5, No.1, 51-71

Kwo, T.T., (1960), " A Method for Desinging Irreversible Overhead Loop Conveyors", Journal Industrial Engineering, Vol.11, No.6, 459-466

Lindkvist, R.G.T., (1985), "Handbook of Material Handling", Ellis Horwood, Chichester, England, 186-191

Maxwell, W.L., (1981), "Solving Material Handling Design Problem with OR.", Industrial Engineering, 13(4):58-69

Mayer, H.E., (1960), " An Introduction to Conveyor Theory", Western Electric Engineer, Vol.4, 42-47

Modern Materials Handling 46(7), 7 (Haziran 1991)

Modern Materials Handling, (Ekim 1993), Cahners Publishing Company

Muth, E.J., (1972), "Analysis of Closed-Loop Conveyor Systems", AIIE Transactions, Vol.4, No.2, 134-143

Muth, E.J., (1975), "Modelling and System Analysis of Multistation Closed-Loop Conveyor", International Journal of Production Research, Vol.13, No.6, 559-566

Muther, R. ve Haganas, K.,(1969),”Systematic Handling Analysis”, Management and Industrial Research Publications, Kansas City, Mo.

Robeson, J.F.ve Copacino W.C., (1994), “The Logistics Handbook”, Macmillan Inc., 519-603

Salvendy, G., (1992), “Handbook of Industrial Engineering”, John Wiley & Sons, Inc., New York

Sheth, V.S., (1995), “Facilities Planning and Materials Handling Methods and Requirements”, Marcel Dekker, Inc., New York, 1-337

Singh, N., (1996), “Systems Approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing”, John Wiley & Sons, Inc., New York, 257-299

The Metarial Handling Institute, (Nisan 1981), “Basics of material handling”, Pittsburgh, Pennsylvania,

Tompkins, J.A. ve White, J.A., (1984), “Facilities Planning”, John Wiley & Sons, Inc., New York, 187-189

White, J.A., (1987), “Production Handbook”, John Wiley & Sons, Inc., New York



EKLER

Ek 1 Arka kapak kutusu

Ek 2 Ön kapak kutusu

Ek 3 Sistem

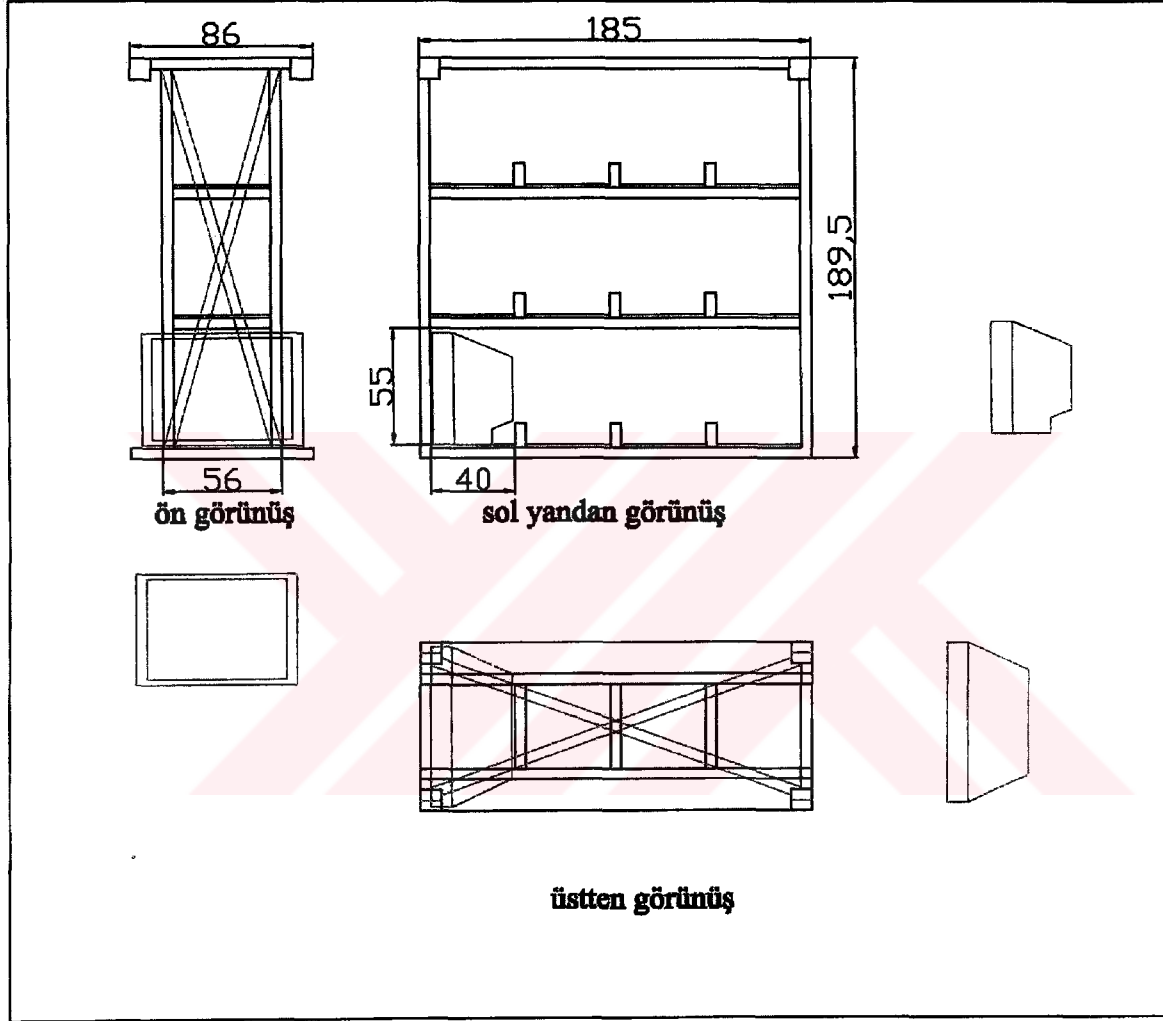
Ek 4 Power and free sistemi

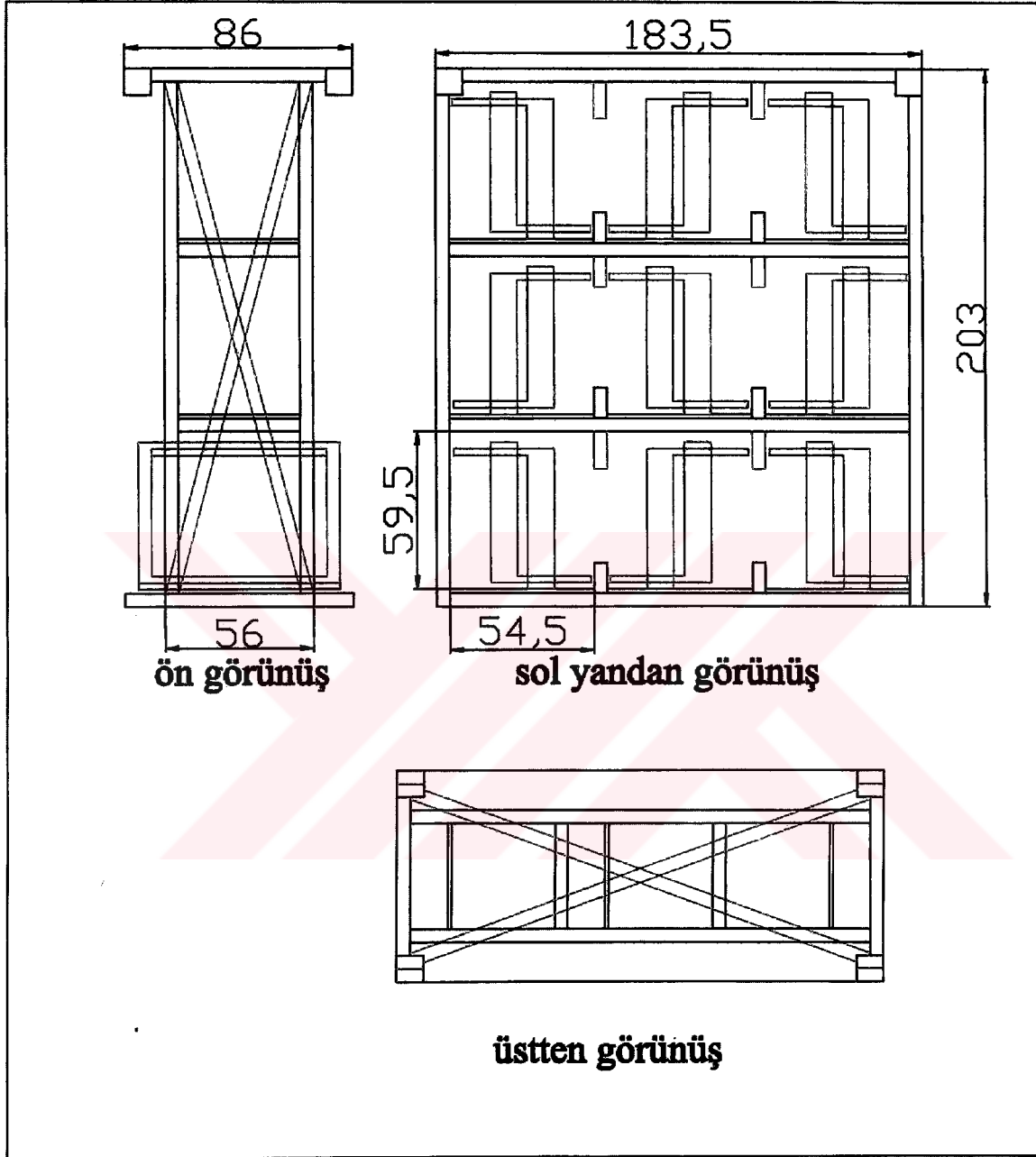
Ek 5 Askı ve test kutusu

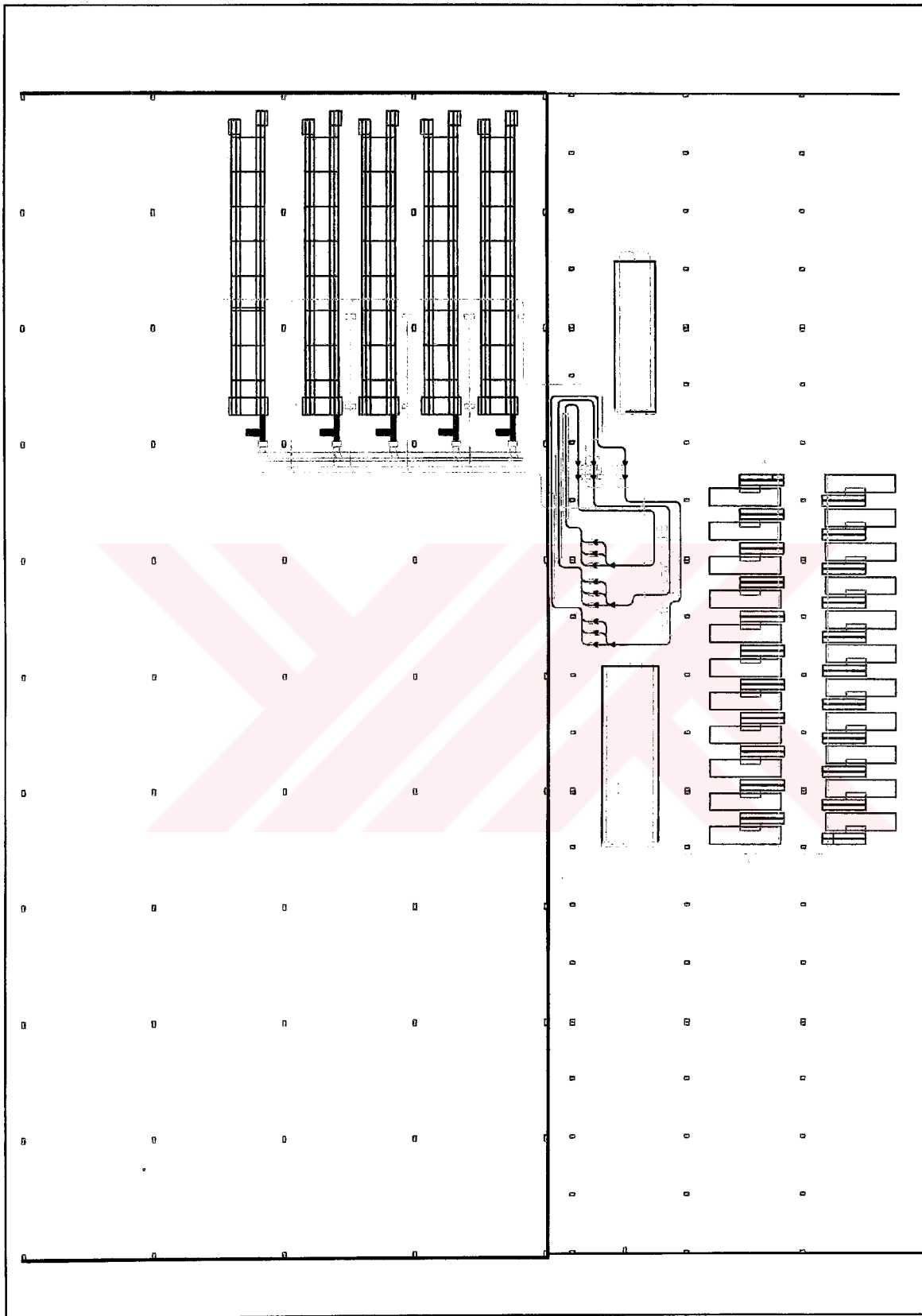
Ek 6 Rulolu konveyör sistemi

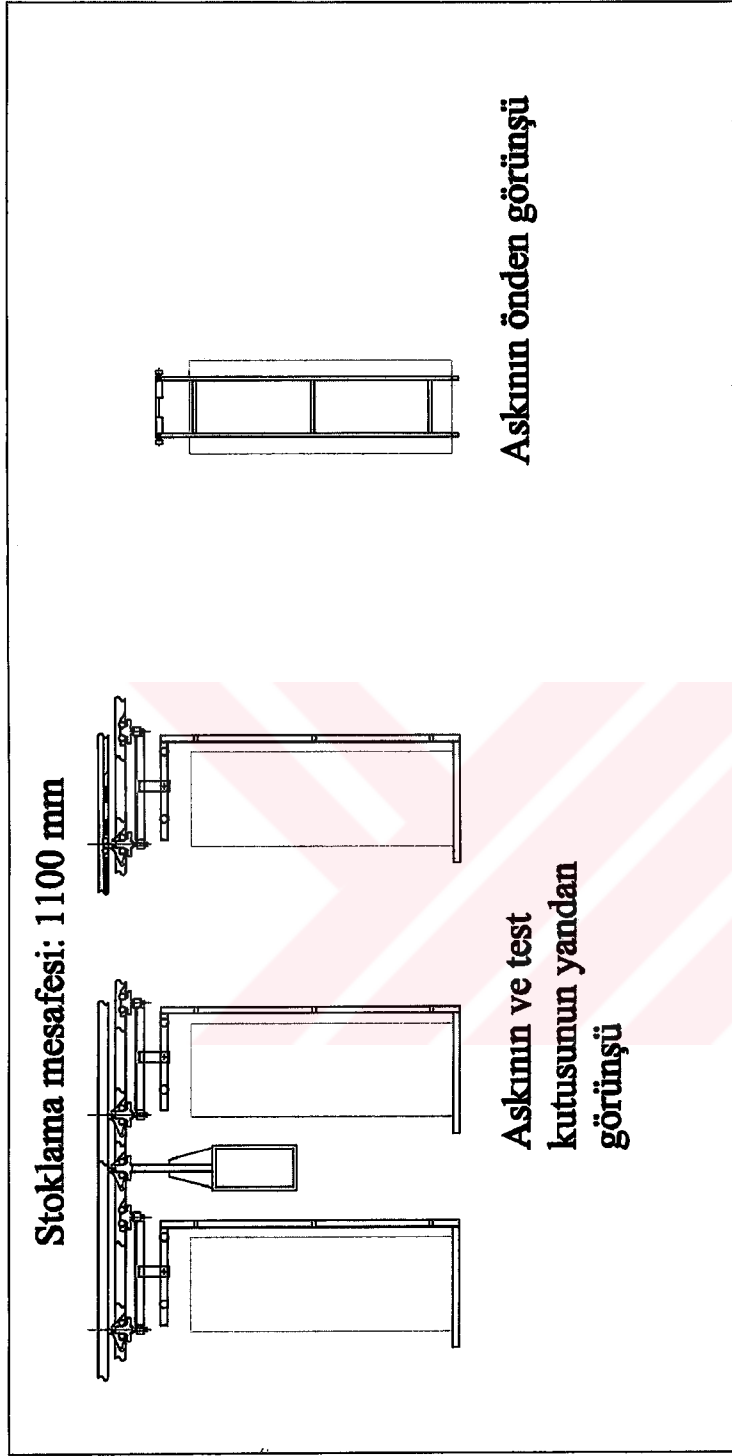
Ek 7 Rulolu konveyör ve test kutusu



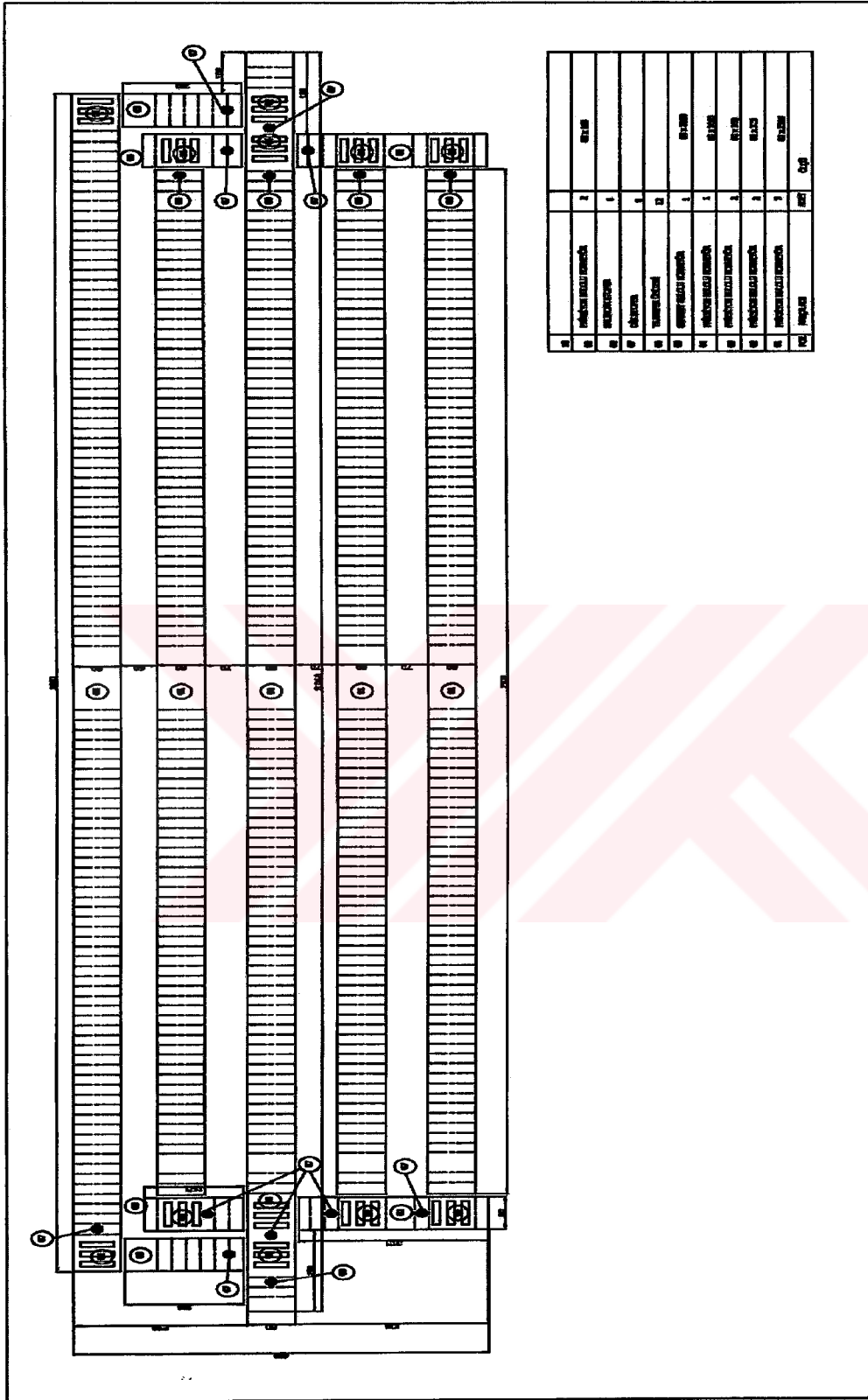
Ek 1 Arka kapak kutusu

Ek 2 Ön kapak kutusu

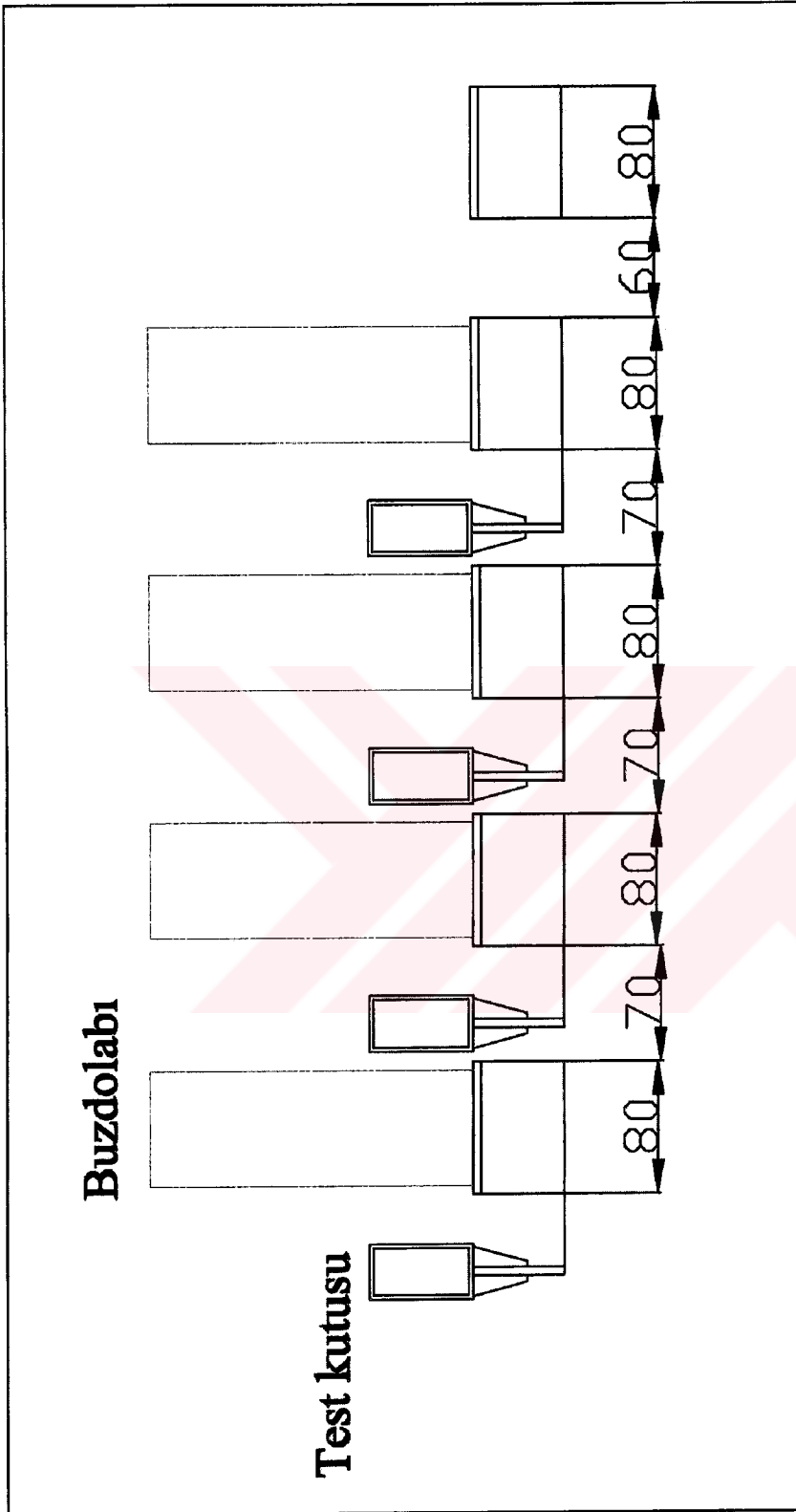
Ek 3 Sistem

Ek 5 Askı ve test kutusu

Ek 6 Rulolu konveyör sistemi



Ek 7 Rulolu konveyör ve test kutusu



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 19.11.1976

Doğum yeri İstanbul

Lise 1987-1994 Özel Kültür Lisesi

Lisans 1994-1998 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurum(lar)

1998-2001 Mitaş Mühendisler İnşaat Endüstrisi San. ve Tic. A.Ş

