

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI



**ENDÜSTRİYEL BİR İŞLETMEDE TESİS
YERLEŞİM DÜZENİ VE MALZEME AKIŞ
AĞI TASARIMININ OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Lütfü ŞAĞBANŞUA

HAZIRLAYAN
Fethi ASLAN

ELAZIĞ-2016

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

**ENDÜSTRİYEL BİR İŞLETMEDE TESİS YERLEŞİM DÜZENİ VE
MALZEME AKIŞ AĞI TASARIMININ OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Lütfü ŞAĞBANŞUA

HAZIRLAYAN
Fethi ASLAN

Jürimiz, tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonunda bu yüksek lisans/
doktora tezini oy birliği/oy çokluğu ile başarılı saymıştır.

Jüri Üyeleri:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

F.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve
sayılı kararıyla bu tezin kabulü onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zahir KIZMAZ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

ÖZET**Yüksek Lisans Tezi****Endüstriyel Bir İşletmede Tesis Yerleşim Düzeni ve Malzeme Akış Ağı
Tasarımının Optimizasyonu****Fethi ASLAN****Fırat Üniversitesi****Sosyal Bilimler Enstitüsü****İşletme Anabilim Dalı****Elazığ-2016, Sayfa: XIII+91**

İşletmelerin kuruluş amacı, işletme karlılığını en üst düzeye çıkarmaktır. Karlılık için önemli etmenlerden biri işletme kaynaklarının verimli kullanılmasıdır. İşletme kaynaklarının verimli kullanılması işletmenin kuruluş faaliyetleri ile başlar ve yaşam döngüsü boyunca devam eder. İşletmelerin kuruluş aşamasında dikkat etmesi gereken temel önceliklerden biri de tesis yerleşim düzenlerinin işletme amaçlarına en uygun şekilde seçilmesi problemidir. Tasarlanacak yerleşim düzenlerinin belirli kriterler temelinde oluşturulması gerekir. Herhangi bir kriteri esas almayan yerleşim düzenlerinin oluşturulması malzeme taşıma maliyetlerinin artmasına neden olmakta, işletme karlılığını azaltmakta ve işletmenin değişen üretim ortamı şartlarına göre yeniden tasarlanması durumunda önemli kaynak israfına neden olmaktadır.

Bu çalışmada bir ısı yalıtım malzemesi üretim tesisinde, yerleşim düzeni, üretim süreci ve malzemelerin taşınması analiz edilmiş ve genel amaçlı yerleşim düzeni optimizasyon algoritma programı kullanılarak yerleşim düzeni ve malzeme akış ağı tasarımı üzerindeki iyileştirmeler ile tesis yerleşim düzeninin yeniden tasarlanması durumunda elde edilen sonuçlar değerlendirilerek alternatif tesis yerleşim düzenleri önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tesis Yerleşim Düzeni, Üretim Sistemleri, Malzeme Taşıma, Malzeme Akışı, Optimizasyon

ABSTRACT**Master Thesis****Optimization of Facility Layout and Material Flow Network Design in an
Industrial Company****Fethi ASLAN****Fırat University****Institute of Social Sciences****Department of Business Administration****Elazığ-2016, Page: XIII+91**

Main purpose of establishing an enterprise is to maximize profitability level. One of the most significant factors for profitability is the efficient use of enterprise resources. Efficient use of enterprise resources begins with organization facilities and continues with the life cycle of enterprise. One of the basic priorities that enterprises should take into account in establishment period is the problem of choosing the facility layout plans in accordance with the aims of the enterprise. Layout designs should be formed on a basis of specific criteria. Creating layout plans which is not based on any criterion causes an increase in material handling systems costs, decrease in business profitability and leads to a significant waste of resources in case enterprise needs a re-designation according to the changing production conditions.

In this research ; layout plan , production process and material handling in thermal insulation material production plant are analysed and by using a general purpose layout optimization algorithm programme with improvements on layout and material flow network design , alternative plant layouts are suggested by evaluating the results obtained in case of re-design of plant layout.

Key Words: Facility Layout, Production Systems, Material Handling, Material Flow, Optimization

İÇİNDEKİLER

ÖZET	II
ABSTRACT.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	X
RESİMLER LİSTESİ	XI
ÖNSÖZ	XII
KISALTMALAR	XIII
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ARAŞTIRMA PLANI	3
1.1. Problemin Tanımlanması	3
1.2. Araştırmanın Amacı	3
1.3. Araştırma Yaklaşımı	4

İKİNCİ BÖLÜM

2. TESİS YERLEŞİMİ DÜZENLENMESİNİN TEMELLERİ	5
2.1. Tesis Yerleşim Düzeni Prensipleri.....	5
2.1.1. İyi Bir Tesis Yerleşim Düzenin Özellikleri.....	6
2.1.2. Tesis Yerleşim Düzeni Planlama Süreci	7
2.2. Endüstriyel Sistemlerde Tesis Yerleşim Düzeni Tipleri.....	9
2.2.1. Geleneksel Tesis Yerleşim Düzeni Tiplerinin Sınıflandırılması.....	9
2.2.1.1. Sürece Göre Yerleşim Düzeni	9
2.2.1.2. Ürüne Göre Yerleşim Düzeni	12
2.2.1.3. Ürün ve Sürece Göre Yerleşim Düzeninin Karşılaştırılması.....	14
2.2.1.4.Sabit Konumlu Tesis Yerleşim Düzeni	15
2.2.1.5.Grup Teknolojisi Yerleşim Düzeni.....	16
2.2.1.6. Grup Teknolojisi Akış Hattı	18
2.2.1.7. Grup Teknolojisi Hücresi.....	19
2.2.1.8. Odak Grup Teknolojisi	19
2.2.1.9. Hibrit Yerleşim Düzeni.....	20

2.2.2. Geleneksel Olmayan Tesis Yerleşim Düzeni Tiplerinin Sınıflandırılması ...	22
2.2.2.1. Oransal Yerleşim Düzeni.....	22
2.2.2.2. Holonik Tesis Yerleşim Düzeni.....	22
2.2.2.3. Çok Kanallı Yerleşim Düzeni.....	23
2.2.2.4. Modüler Tesis Yerleşim Düzeni	23
2.4. Malzemenin Taşınma Türünü Temel Alan Tesis Yerleşim Tipleri	23
2.4.1. Tek Katlı Yerleşim Düzeni.....	24
2.4.1.1. Hat Tipi Tesis Yerleşim Planı.....	24
2.4.2. Döngü Tipi Yerleşim Düzeni	25
2.4.3. Açık Alan Tipi Yerleşim Düzeni.....	26
2.4.4. Çok Katlı Yerleşim Düzeni	26

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. MALZEME TAŞIMA SİSTEMLERİ	28
3.1. Malzeme Taşıma Prensipleri.....	28
3.2. Malzeme Taşıma Ekipmanları	29
3.2.1. Otomatik Kontrollü Araçlar(AGV)	30
3.2.1.1. AGV Tipleri.....	31
3.2.1.1.1. Forkliftler	31
3.2.2. Robotlar	32
3.2.2.1. Robotların Türleri	33
3.2.2.1.1. Kartezyen Tasarım	33
3.2.2.1.2. Silindirik Tasarım.....	33
3.2.2.1.3. Kutupsal Tasarım	33
3.2.2.1.4. Kol Eklemlili Tasarım	34
3.2.3. Konveyör	34
3.2.3.1. Konveyör Türleri	35
3.2.3.1.1. Döner Tekerlekli Konveyör	35
3.2.3.1.2. Bant Konveyör	35
3.2.3.1.3. Zincir Konveyör	36
3.2.3.1.4. Silindir Konveyör.....	36
3.2.3.1.5. Pnömatik Konveyör	36
3.2.4. Vinçler	37

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. GENEL AMAÇLI YERLEŞİM DÜZENİ OPTİMİZASYON ALGORİTMA PROGRAMI.....	38
4.1. Terminoloji.....	38
4.1.1. Modül	38
4.1.2. Modül Tipi.....	39
4.1.3. Modül Konumu	39
4.1.4. Modül Yönlendirme	39
4.1.5. Modül Çevreleme	40
4.1.6. Yükleme-Boşaltma Noktası.....	40
4.1.7. Yasak Bölge Modülü	40
4.1.8. Sınır Şekli	41
4.1.9. Çevrilmiş Yer	41
4.1.10. Akış Matrisi	41
4.1.11. Maliyet Matrisi	41
4.2. Mesafe Kuralları.....	42
4.2.1. Doğrusallık Kuralı	42
4.2.2. Öklid Kuralı.....	42
4.2.3. Karesi Alınmış Öklid Kuralı	42
4.3. Maliyet Fonksiyonu	42

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. ISI YALITIM FİRMASI TESİS YERLEŞİM DÜZENİ UYGULAMASI.....	44
5.1. EPS Üretim Aşamaları	44
5.1.1. Hammadde.....	45
5.1.2. Şişirme İşlemi	46
5.1.3. Dinlendirme İşlemi.....	46
5.1.4. Kalıplama İşlemi	47
5.1.5. Kesme İşlemi	47
5.1.6. Nihai Ürün ve Depolama İşlemi.....	47
5.1.7. Geri Dönüşüm İşlemi	48
5.2. Isı Yalıtım Fabrikası Üretim Bilgileri	48
5.3. Taşıma Maliyetinin Hesaplanması:.....	54
5.3.1. Malzeme Taşıma Maliyet Hesap Yöntemi:	54

5.3.2. Malzeme Taşıma Ekipmanı İçin Taşıma Maliyeti Hesabı:	54
5.4. Tesis Yerleşim Düzeninin Tasarımı	55
5.4.1. Tesis Yerleşim Düzeni Optimizasyonlarının Değerlendirilmesi:.....	56
5.4.1.1. Mevcut Yerleşim Düzeninin Optimizasyonu (Optimizasyon-1):.....	56
5.4.1.2. Üretim Tesis ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve	61
Konumunun Sabit Olması Durumunda Elde Edilen Optimizasyon	61
(Optimizasyon-2):	61
5.4.1.3. Üretim Tesisinin Alanının Sabit Olması Durumunda Elde Edilen.....	65
Optimizasyon (Optimizasyon-3):	65
5.4.1.4. Yeni Bir Tesisin Yerleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Optimizasyon	
(Optimizasyon-4):	69
5.4.2. Elde Edilen Optimizasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması	73
5.5. Malzeme Akış Ağı Tasarımı	73
5.5.1. Mevcut Yerleşim Düzeni Optimizasyonunun Malzeme Akış Ağı Tasarımı	
Açısından Değerlendirilmesi (Optimizasyon-1):	75
5.5.2. Üretim Tesis ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun	
Sabit Olması Durumunda Elde Edilen Optimizasyonun Malzeme Akış Ağı	
Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi (Optimizasyon-2):	78
5.5.3. Üretim Tesisinin Alanının Sabit Olması Durumunda Elde Edilen	80
Optimizasyonun Malzeme Akış Ağı Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi	80
(Optimizasyon-3)	80
5.5.4. Yeni Bir Tesisin Kurulması Durumunda Elde Edilen Optimizasyonun	
Malzeme Akış Ağı Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi (Optimizasyon-4)	82
SONUÇ	84
KAYNAKLAR	86
EKLER	90
Ek 1. Orjinallik Raporu	90
ÖZGEÇMİŞ	91

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Yerleşim Düzeni Üretim Hacmi-Maliyet İlişkisi (http://www.mdcegypt.com)..	9
Şekil 2. Sürece Göre Yerleşim Düzeni	10
Şekil 3. Ürüne Göre Yerleşim Düzeni	13
Şekil 4. Sabit Konumlu Tesis Yerleşim Düzeni	15
Şekil 5. Grup Teknolojisi Yerleşim Düzeni	17
Şekil 6. Grup Teknolojisi Akış Hattı	19
Şekil 7. Grup Teknolojisi Hücresi	19
Şekil 8. Odak Grup Teknolojisi Hücresi	20
Şekil 9. GT Tabanlı Yerleşim Düzeni (Courtesy of John S. Usher.)	21
Şekil 11. Hat Tipi Yerleşim (Tek Hatlı)	24
Şekil 12. Hat Tipi Yerleşim (Çok Hatlı).....	25
Şekil 13. Döngü Tipi Yerleşim Düzeni	25
Şekil 14. Açık Alan Tipi Yerleşim Düzeni.....	26
Şekil 15. Çok Katlı Yerleşim Düzeni	27
Şekil 16. Modül	39
Şekil 17. Değişken Yönelim Modülü	39
Şekil 18. Modül Çevreleme	40
Şekil 19. Yükleme ve Boşaltma Noktası Koordinatları	40
Şekil 20. Bir Yerleşim Düzeni Modülünü Çevreleyen Sınırlayıcı Dikdörtgen.....	41
Şekil 21. EPS Üretim Akış Şeması.....	44
Şekil 22. Yükleme/Boşaltma Noktalarının Sayfa Düzlemine Göre Yerleşim Düzeni Üzerinde Gösterimi	51
Şekil 23. Mevcut Yerleşim Düzeni(1 grid=2 m)	58
Şekil 24. Üretim Tesisi ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun Sabit Olduğu Yerleşim Düzeni(1 grid=2 m).....	62
Şekil 25. Üretim Tesisi Alanının Sabit Olması Durumunda Elde Edilen Yerleşim Düzeni (1 grid=1 m).....	66
Şekil 26. Yeni Bir Tesisin Yerleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Yerleşim Düzeni(1 grid=1 m)	70
Şekil 27. Backtracking- Bypassing.....	74
Şekil 28. Congestion.....	74

Şekil 29. Sıralı Akış.....	75
Şekil 28. Mevcut Yerleşim Düzeninin Malzeme Akış Ağı Tasarımı.....	77
Şekil 29. Üretim Tesisini ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun Sabit Olması Durumunda Malzeme Akış Ağı Tasarımı	79
Şekil 30. Üretim Tesisinin Alanının Sabit Olması Durumunda Malzeme Akış Ağı Tasarımı	81
Şekil 31. Yeni Bir Tesisin Yerleştirilmesi Durumunda Malzeme Akış Ağı Tasarımı ...	83



TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1. Ürün ve Sürece Göre Yerleşim Düzeninin Karşılaştırılması.....	14
Tablo 2. Malzeme Taşıma Sistemleri.....	30
Tablo 3. Üretim Tesisi Bölüm Boyutları.....	49
Tablo 4. Bölümlerin Yükleme-Boşaltma Noktaları	51
Tablo 5. Bölüm Çiftleri Arası Akış Matrisi	53
Tablo 6. Malzeme Taşıma Ekipmanı Taşıma Maliyeti Hesabı.....	55
Tablo 7. Mevcut Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasında Katedilen Mesafe ve Harcanan Zaman.....	59
Tablo 8. Mevcut Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasındaki Taşıma Maliyeti ...	60
Tablo 9. Üretim Tesisi ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun Sabit Olduğu Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasında Katedilen Mesafe ve Harcanan Zaman	63
Tablo 10. Üretim Tesisi ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun Sabit Olduğu Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasındaki Taşıma Maliyeti	64
Tablo 11. Üretim Tesisinin Alanının Sabit Olduğu Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasında Katedilen Mesafe ve Harcanan Zaman	67
Tablo 12. Üretim Tesisinin Alanının Sabit Olduğu Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasındaki Taşıma Maliyeti	68
Tablo 13. Yeni Bir Tesisin Yerleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasında Katedilen Mesafe ve Harcanan Zaman	71
Tablo 14. Yeni Bir Tesisin Yerleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasındaki Taşıma Maliyeti	72
Tablo 15. Elde Edilen Optimizasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması	73

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Otomatik Kontrollü Araçlar(AGV).....	31
Resim 2. Forklift.....	32
Resim 3. Kartezyen Tasarım Robotlar	33
Resim 4. Silindirik Tasarım Robotlar.....	33
Resim 5. Kutupsal Tasarım Robotlar	34
Resim 6. Kol Eklemeli Tasarım Robotlar	34
Resim 7. Döner Tekerlekli Konveyör	35
Resim 8. Bant Konveyör	35
Resim 9. Zincir Konveyör	36
Resim 10. Silindir Konveyör.....	36
Resim 11. Köprü Vinç.....	37
Resim 12. Hammaddenin Taşınması.....	45
Resim 13. Şişirme Bölümü.....	46
Resim 14. Dinlendirme Bölümü.....	46
Resim 15. Kalıplama Bölümü	47
Resim 16. Kesme Bölümü.....	47
Resim 17. Nihai Ürün.....	48
Resim 18. Depolama Bölümü	48

ÖNSÖZ

Günümüzde iletişim ve bilgi teknolojilerinin yaygın olarak kullanılması işletmelerin değişen piyasa koşullarına uyum yeteneğini arttırması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu zorunluluğu temel sebepleri tüketicilerin hızla değişen talepleri, kalite beklentileri, bekleme sürelerindeki kısıtlar, ürünleri göreceli olarak daha ucuza alma isteği olarak sıralanabilir. Bu gereklilikleri karşılamak için yatırım maliyetlerinin yükselmemesi ve üretim verimliliğinin düşürülmemesi temel politika olarak belirlenmelidir. İşletmelerin bu değişikliklere kısa süre de uyum sağlama yeteneğine sahip olacak düzenlemelere işletmelerin hızla uyum sağlaması gerekir. İşletmeler için hayati önem taşıyan bu düzenlemelerden biride tesis yerleşim düzeni problemleridir.

Bu çalışma ile bir ısı yalıtım malzemesi üretim işletmesinin tesis yerleşim düzeninde, depolama, üretim süreci, malzemelerin taşınması ve mevcut lojistik süreçleri analiz edilmiş ve genel amaçlı yerleşim düzeni optimizasyon algoritma programı kullanılarak yerleşim düzeni yeniden oluşturulmuştur.

Bu çalışmada emeği geçen değerli akademisyenlere, Megaboard Isı Yalıtım Sistemleri firması Kalite Güvence ve Kontrol Müdürü Safiye MURAT'a, Üretim Müdürü Müjdat ÇELİK'e, desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Cem AYDEN'e, ayrıca bu çalışmada önemli katkıları olan ve değerli yönlendirmeleri ile çalışmamın oluşturulmasında emeği geçen danışman hocam Doç. Dr. Lütfü ŞAĞBANŞUA'ya teşekkürlerimi sunmak istiyorum.

KISALTMALAR

AGV	: Automatic Guided Vehicle (Otomatik Kontrollü Araç)
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
DFLP	: Dynamic Facility Layout (Dinamik Tesis Yerleşim Problemi)
EPS	: Expanded Polystren (Genişletilebilen Polistrenin)
EPSB	: Expanded Polystren Board
FLP	: Facility Layout Problem (Tesis Yerleşim Düzen Problemi)
GT	: Grup Teknolojisi
LULT	: Average Loading and Unloading Time Per Move (Akış Başına Ortalama Yükleme ve Boşaltma Süresi)
MHC	: Malzeme Taşıma Maliyeti (Material Handling Cost)
MHD	: Malzeme Taşıma Ekipmanı (Material Handling Device)
OP	: Operating Cost Per Minute (Dakika Başına İşgücü ve İşgücü Dışı Maliyetler)
SFLP	: Static Facility Layout (Statik Tesis Yerleşim Problemi)
TYD	: Tesis Yerleşim Düzeni

GİRİŞ

Bir üretim sisteminin fiziksel organizasyonunun belirlenmesi tesis yerleşim düzeni problemi olarak tanımlanır. Tesis yerleşim düzeni problemi, matematikçiler, operasyon yönetim araştırmacıları, mimarlar, bilgisayar bilimciler, ekonomistler, yönetim bilimciler, ulaşım sistemi tasarımcıları, mühendisler ve şehir plancılarına kadar birçok bilim dalını yakından ilgilendiren disiplinler arası bir çalışmadır. (Pasandideh, Niaki, 2009:177) Bu birleşimsel optimizasyon problemi hizmet ve iletişim ağını da içeren üretim süreçlerinin çeşitliliğinden ortaya çıkmaktadır. (Meller ve Gau,1996:351)

Tesis yerleşimi ve yerleşim düzeni problemleri sanayi devriminden beri üzerinde durulan bir konudur. Tesis yerleşim probleminin hala cazip bir konu olmasının sebebi işletmelere ekonomik değer katmasından kaynaklanmaktadır. Yanlış bir karar uzun vadeli kaynak israfını yol açtığından, tesis yerleşim düzeni planı stratejik bir karar olarak karşımıza çıkar. Karar vericiler, karlılığı korumak ve değişen koşullara uyum sağlamak için en uygun tesis yerleşim düzenini belirlemesi gerekir. (Pasandideh, 2011:331)

Tesis yerleşim düzeni üretim ve hizmet işletmeleri için hayati önem taşımaktadır. İster hizmet işletmeleri olsun, ister üretim işletmeleri olsun tesis yerleşim düzeni ile ilgili amaçlar benzerdir. Tüm işletmeler için giderek artan piyasa rekabeti göz önüne alındığında, zaman ve üretim maliyeti açısından imalat maliyetini ve süresini azaltmayı sağlayacak önlemler alınması işletmeler için giderek daha da önem kazanmaktadır. Bir işletmenin kuruluş amaçlarından en önemlisi işletmenin karlılığını en üst düzeye çıkarmaktır. İşletme karlılığı, işletme kaynaklarının verimli kullanılması ile yakından ilişkilidir. Değişen koşullara uyum sağlama ve tesis içi malzeme taşıma maliyetleri iyi bir tesis yerleşim düzeninin önemli özellikleri olarak kabul edilir ve işletme verimliliği ile yakından ilişkilidir. Tesis yerleşim düzeni problemleri (FLP), kuruluş, genişleme, yenileme, yeni ürünlerin üretilmesi, varolan mevcut ürünlerin değiştirilmesi, üretim sürecindeki değişiklikler gibi pek çok durum için işletme verimliliğini arttırmaya yönelik faaliyetlerin bir sonucudur.

Bu çalışma ile endüstriyel bir işletmenin yerleşim düzeni, malzemelerin taşıma maliyeti, taşıma zamanı ve alınan yol açısından analiz edilmiş, alternatif yerleşim düzenleri önerilmiş ve beş bölümden oluşmuştur.

Birinci bölümde, tezin araştırma planı açıklanmıştır.

İkinci bölümde, tesis yerleşim düzenin prensipleri, planlama süreci ve iyi bir tesis yerleşimin karakteristik özellikleri, endüstriyel sistemlerde kullanılan yerleşim düzeni tipleri ve malzeme taşıma türüne göre tesis yerleşim düzenleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, malzeme taşıma sistemleri ele alınmış, malzeme taşıma prensipleri ve malzeme taşıma ekipmanları incelenmiştir.

Dördüncü bölümde, genel amaçlı yerleşim düzeni optimizasyon algoritması programının özellikleri, terminolojisi, mesafe kuralları, maliyet fonksiyonu incelenmiştir.

Beşinci bölümde, bir ısı yalıtım malzemesi üreten işletmenin tesis yerleşim düzeninin optimizasyonu incelenmiştir.



BİRİNCİ BÖLÜM

1. ARAŞTIRMA PLANI

1.1. Problemin Tanımlanması

Megaboard Isı Yalıtım Firması 14.000 m²'si kapalı, 16.000 m²'si açık olmak üzere toplam 30.000 m² alana sahiptir. 2015 yılında 220.000 m³ üretim gerçekleştirmiştir. Tesis alanında öncü firmalar için üretim yapmakla birlikte kendi markasıyla da üretim yapmaktadır. Üretim miktarı yıllık olarak planlanmaktadır. Üretim tesisinde istenilen yoğunluğa ve istenilen kenar-yüzey şekline göre her türlü ısı yalıtım ihtiyacına cevap verebilecek ısı yalıtım levhaları üretilmektedir.

Tesis, üretim sürecinde kullanılan 10 bölüm ile üretim sürecini etkilemeyen yardımcı bölümlerden oluşmuştur. Tesis 9548 m² üretim alanı ve 2000 m² depodan oluşmaktadır. Tesis kuruluşundan itibaren üretimin artmasına bağlı olarak üretim alanını sürekli büyütmektedir. Bu durum mevcut tesis yerleşim düzeni belirlenirken herhangi bir plana bağlı olmadan ve işletmenin gelecekteki durumu öngörülmeden yapılmaktadır.

Mevcut ısı yalıtım firması tesis yerleşim düzeninde, üretim süreci, malzemelerin taşınması ve mevcut lojistik süreçleri yeterli verimlilikte değildir. Akış yollarında istenmeyen durumlar mevcuttur, bu durum alınan yolun, hareket zamanının ve maliyetin artmasına neden olmaktadır. Hammaddenin işlenmesinden nihai ürünün depolanmasına kadar gerçekleşen tüm üretim sürecinin yeniden tasarlanmasına ve tesis yerleşim düzeninin analiz edilmesine ihtiyaç vardır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada tesis yerleşim düzeni planlarının malzeme akış ağı üzerindeki etkisi incelenmiş ve mevcut yerleşim düzeni planı, malzeme akış ağı tasarımı ve alternatif yerleşim düzenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca taşıma faaliyetlerinin en aza indirilmesi, akışın en kısa yoldan ve zamanın en etkin biçimde kullanılmasını sağlayacak şekilde bölümleri birbirine bağlayan malzeme akış ağı tasarımına yönelik analizler, iyileştirmeler ve alternatif tasarımlar yapılması amaçlanmıştır.

1.3. Araştırma Yaklaşımı

Öncelikle mevcut tesisin alan ve boyutları ile tesisin bölümlerinin birbirlerine göre konumları ve bölümler arası malzeme akış sayısı, akış zamanı, alınan yol ve oluşan maliyetler analiz edilmiştir.

Gerekli veriler elde edildikten sonra genel amaçlı yerleşim düzeni optimizasyon algoritması programı ile alternatif tesis yerleşim düzenleri elde edilmiştir.

Bu amaçla VIP-PLANOPT programı kullanılmıştır. Bu program eşit olmayan alanlara sahip modüllerden oluşan büyük, orta, küçük boyutlu yerleşim düzeni problemleri için optimum çözüm sunar. Mevcut yerleşim düzeni yazılım paketlerinin çoğunluğu sadece CAD tabanlı dökümantasyon ve çizim amaçlı kullanılmaktadır, VIP-PLANOPT programı, dayanıklı hibrit optimizasyon algoritmasıdır. Program kullanıcı tarafından belirtilen yükleme ve boşlatma noktalarını dikkate alan yerleşim düzenlerini optimize etme özelliğine sahiptir. Program, bölüm (departman) sayısı N olmak üzere $2N$ sayıda alternatif yerleşim düzeni oluşturmaktadır.

Mevcut tesiste kullanılan bölüm boyutlarına bağlı kalarak alternatif tesis yerleşim planları belirlenmiş, 0'dan bölüm sayısının iki katı kadar sayıda alternatif yerleşim düzeni oluşturulmuştur. Mevcut tesisimiz 10 bölümden oluştuğu için program her bir durum için 20 alternatif yerleşim düzeni oluşturmuştur. Mevcut yerleşim düzeni dahil olmak üzere toplam 4 farklı durum için tesis yerleşim düzeni analiz edilmiştir.

Mevcut tesis yerleşim düzeni dışındaki 3 farklı durum için elde edilen 60 alternatif yerleşim düzeni değerlendirilerek maliyet açısından en uygun 3 alternatif yerleşim düzeni belirlenmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. TESİS YERLEŞİMİ DÜZENLENMESİNİN TEMELLERİ

2.1. Tesis Yerleşim Düzeni Prensipleri

Mümkün olan en kısa sürede, mümkün olan en kısa mesafeyi kullanarak üretim sürecinin akışına izin verilmesi olarak tanımlanan tesis yerleşim düzeni aşağıdaki prensiplere sahip olmalıdır:

- 1- Tüm Faktörlerin Birleştirilmesi Prensibi:** İyi bir tesis yerleşiminde, insanlar, malzemeler, makineler, diğer destek hizmetleri de dahil olmak üzere üretim ve hizmet sektörünün ideale en yakın şekilde hizmet vermesini sağlayan tüm temel kaynaklar birbiriyle entegre edilmiş olmalıdır.
- 2- Minimum Hareket Prensibi:** İnsan, makine ve malzemelerin daha az hareketi, daha az üretim maliyetine neden olacaktır. Bu kaynakların minimum hareketi maliyet etkinliğini sağlayacaktır.
- 3- Tek Yönlü Akış Prensibi:** Tüm malzemeler ve üretim elemanları aynı yönde ürün ve hizmetin tamamlanma aşamasına doğru hareket etmelidir.
- 4- Kübik Uzay Kullanımı Prensibi:** İyi bir tesis yerleşim düzeni, hem yatay alanı hem de dikey alanı kullanabilmelidir. Sadece taban alanı en uygun şekilde kullanmak yeterli değildir, yüksekliğin de etkin kullanılması gerekir.
- 5- Verimli Alan Kullanım Prensibi:** Tesis yerleşimi sırasında kullanılan alan artacağı için maliyette artacaktır. Malzemeler alan verimliliğini korumak için uygun ve belirlenen sıraya uygun yığınlar halinde organize edilmelidir.
- 6- Emniyet, Güvenlik ve Memnuniyet Prensibi:** İyi bir tesis yerleşim düzeninde üretim ve hizmet süreçleri işçilerin güvenliği ve memnuniyeti ile yangın, hırsızlık, vb. durumları dikkate alacak şekilde tasarlanmalıdır. Stratejik olarak yerleştirilmiş yangın söndürücüler ve yangın çıkışları olmalıdır. Zehirli kimyasallar ve çevreye temas minimum olmalıdır.
- 7- Maksimum Gözlem Kapasitesi Prensibi:** Tesis yerleşim düzeninde, kaynakların ve işgücünün her zaman tüm noktalardan gözlenebilir ve değerlendirilebilir olması gerekir. Bu şekilde işin daha iyi denetlenmesi sağlanır, etkinliğin ve güvenliğin artırılmasına yardımcı olur.

- 8- Maksimum Erişilebilirlik Prensibi:** Tesis yerleşim düzeninde tüm kaynaklara herhangi bir gecikme olmadan erişilebilirliğin sağlanması gerekir. Koridorlar engellerden arındırılmış olmalıdır. Üretim ve hizmet araçları mümkün olduğunca ilgili birimlere yakın yerleştirilmelidir.
- 9- Aşgari Taşıma Prensibi:** Malzemelerin etkisiz taşınması maliyetlerin yükselmesine yol açar. Malzeme yığınlar halinde taşınmalı ve tek seferde transfer edilmelidir. Aynı yönde iki kez bir malzemenin taşınmasından kaçınılmalıdır.
- 10- Maksimum Esneklik Prensibi:** Tesis yerleşim düzeni sabit olmamalı ve değiştirilebilme esnekliğine sahip olmalıdır. İyi bir tesis yerleşim düzeninde, mevcut yerleşim düzeni tasarımı gelecekteki ihtiyaçları dikkate almalıdır, ihtiyacın ortaya çıkması durumunda, tesis yerleşimi düzeni çok maliyetli olmadan ve kısa zamanda değiştirmeye müsait olmalıdır.
- 11- Sıralama Prensibi:** İş akışı mantıksal bir sıraya göre yapılmalıdır. İşlem süreçleri ardışık ya da sırasıyla gerçekleşmelidir.
- 12- Sermaye Yatırımı Prensibi:** Gereksiz sermaye yatırımdan kaçınılmalıdır. (<http://www.indiastudychannel.com>, Hiregoudar, Reddy, 2007:19, Sharma, 1999:898,)

2.1.1. İyi Bir Tesis Yerleşim Düzenin Özellikleri

- 1-** Üretim ve servis merkezleri için uygun alanlar tahsis edilmiştir.
- 2-** Malzeme taşıma ve nakliye en aza indirilmiştir ve verimli bir şekilde kontrol edilmektedir.
- 3-** İş istasyonları uygun ve düzgün tasarlanmıştır. İş istasyonları arasında hareket ve departmanlarda üretim döngüsü kısadır.
- 4-** Hammadde ve yarı mamul malların bir iş istasyonundan diğerine hızlı hareketi için dar boğazlar ve sıkışıklık noktaları elimine edilir.
- 5-** Yarı mamul ürünlerin bekleme süresi azaltılarak, yarı mamullerin maliyeti en aza indirilir.
- 6-** Ürünün seyahat uzunluğu ve buna bağlı olarak ürünün imalatına yönelik toplam süre kısadır.
- 7-** İşçiler tarafından yapılan hareket ve taşıma işleri en aza indirilmiştir, maksimum verimlilikte çalışma sağlanmalıdır.

- 8- İşlemler arasında kayıp zamana neden olan hareket ve seyahatler azaltılmıştır.
- 9- Çalışma koşulları daha iyi, daha güvenli ve gelişmiştir.
- 10- Ürün tasarımında meydana gelecek değişiklikler ve gelecekteki genişleme için artan bir esneklik sunmalıdır.
- 11- Geliştirilmiş iş yöntemleri ve azaltılmış üretim döngü süreleri mevcuttur.
- 12- Fabrika yerleşim düzeni basitleştirilmiştir, bunu sonucu olarak tesislerin bakımı kolaydır.
- 13- Kişi başına çıktı yüksektir, verimlilikte artışı ve düşük sermaye maliyeti ile daha iyi ürün kalitesi vardır.
- 14- İyi bir tesis düzeni düşük maliyetle ve istenilen hızda malzemelerin hareketine izin verir.
- 15- Hammadde israfını azaltır, sipariş, sevkiyat ve teslimatı kolaylaştırarak, yeterli ve uygun depolama tesisleri sunar.
- 16- Mümkün olan en yüksek çıktıya izin verir.(Hiregoudar, Reddy, 2007:20-21, Tompkins, White, Bozer ve Tanchoco, 2010:13).

2.1.2. Tesis Yerleşim Düzeni Planlama Süreci

Tesis planlama sürecini tesis yaşam döngüsünden bağımsız olarak düşünmek doğru bir yaklaşım olarak değerlendirilemez. Bir tesis sadece bir kez planlamasına rağmen sıklıkla ve sürekli değişen tesis hedeflerine uygun olarak yeniden planlama yapılmasına gereksinim duyar. Tesislerin planlama süreçlerinin sürekli iyileştirilmesi tesislerin planlama döngüsü ile bağlantılıdır. Bu süreç işletmenin yaşam döngüsünün sona ermesine kadar devam eder. Değişen hedefleri karşılamak için tesisin sürekli geliştirilmesi gerekir.

Geleneksel mühendislik tasarım süreci tesis planlamaya aşağıdaki şekilde uygulanabilir:

1- Problemin Tanımlanması

İster yeni bir tesis olsun isterse varolan bir tesisin iyileştirilmesi sürecinin planlaması olsun, üretilecek olan ürünler veya sağlanacak hizmetler niceliksel olarak belirtilmelidir. Hacim veya faaliyet düzeyi tespit edilmelidir. Tedarik zinciri içindeki tesislerin rolünün de tanımlanmış olması gerekir.

Hedefleri yerine getirmek için operasyon, ekipman, personel ve malzeme akışları açısından gerçekleştirilecek birincil faaliyetler ve destek faaliyetlerinin gereksinimleri belirtilmelidir. Destek faaliyetleri, birincil faaliyetlerin en az gecikmeyle ve kesintisiz olarak çalışmasını sağlamalıdır.

2- Problemin Analiz Edilmesi

Tüm faaliyetler arasındaki ilişkiler belirlenmelidir. Faaliyetlerin nasıl etkileşim içinde olduğunu ya da birbirini nasıl destekleyeceğine yönelik yapılan çalışmalar tesis sınırlamaları kapsamında belirlenmelidir.

Tüm faaliyetler için alan gereksinimleri belirlenmelidir. Her bir faaliyet için alan gereksinimlerini hesaplarken tüm ekipman, malzeme ve personel ihtiyacı dikkate alınmalıdır.

3- Alternatif Tasarımın Oluşturulması

Alternatif tesis yerleşim planı oluşturulmalıdır. Alternatif tesis planları hem alternatif tesis konumlarını hem de tesisler için alternatif tasarımları içermelidir. Tesis yerleşim düzeni tasarım alternatifleri, alternatif yerleşim düzeni tasarımlarını, yapısal tasarımları, malzeme taşıma sistemi tasarımlarını, hizmet işletmelerinde bilgi ve belge akış sistemini içerecek şekilde tasarlanmalıdır. Durumun özelliğine bağlı olarak, tesis konumlandırma kararı ve tesis yerleşim düzeni tasarım kararı birbirinden ayrı olacak şekilde değerlendirilmelidir.

4- Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Alternatif yerleşim planları değerlendirilir. Kabul edilen kriterler temelinde, belirtilen planlar sıralanır. Her bir kriter için öznel faktörlerin etkileri belirlenir ve bu faktörlerin tesisi ya da tesisin çalışmasını nasıl etkilediği değerlendirilir.

5- Tercih Edilen Tasarımın Seçimi

Tesis yerleşim planı seçilir. Planda herhangi bir problem varsa tespit edilir. Bir tesis yerleşim planı değerlendirilirken çoğu zaman maliyet en önemli faktör olarak dikkate alınmaz. Organizasyonun amaç ve hedeflerini karşılayacak olan en tatmin edici plan belirlenir.

6- Tesis Yerleşim Planının Uygulanması ve Bakımı

Ortaya çıkacak yeni gereksinimlerin tesis tarafından karşılanabilmesi için, tesis yerleşim planlarının bu gereksinimleri karşılayacak şekilde değiştirilmeye uygun olması gerekir. Bu önlemler ekipmanların taşınması ve servisi hizmeti gereksinimlerinin karşılanmasını için kullanılacak enerji tasarrufu önlemlerini de yansıtmalıdır.

Ürün tasarımı, ürün karması ve hizmet sunumunda meydana gelen değişiklikler ekipman, malzeme ve akış modellerinde değişiklikler yapılmasını gerektirir.

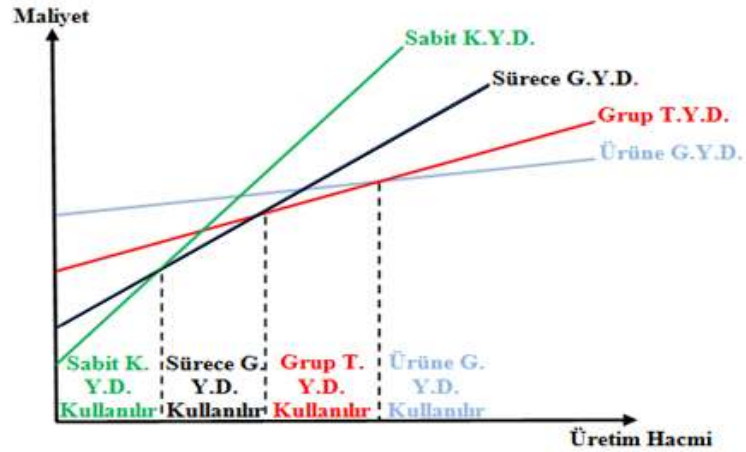
7- Tesis Amaçlarının Yeniden Tanımlanması

Üretilen ürünün ya da sağlanacak hizmetin niceliksel ifadelerle özel olarak tanımlanması gereklidir. Mevcut tesisteki potansiyel değişiklikler, genişlemeler ve tanımlanabilen tüm değişiklikler göz önünde bulundurulmalı ve tesis yerleşim planına entegre edilmelidir. (Tompkins, White, Bozer ve Tanchoco, 2010:13-15)

2.2. Endüstriyel Sistemlerde Tesis Yerleşim Düzeni Tipleri

2.2.1. Geleneksel Tesis Yerleşim Düzeni Tiplerinin Sınıflandırılması

Tesis yerleşim düzeni malların üretimi ve hizmetlerin teslimi için gerekli tüm enstrümanların kullanarak iş performansının iyileştirilmesidir. Ürün çeşitliliği ve üretim hacimlerine bağlı olarak geleneksel yerleşim düzeni, sürece göre yerleşim düzeni, ürüne göre yerleşim düzeni, sabit konumlu yerleşim düzeni, grup teknolojisi yerleşim düzeni ve farklı yerleşim düzenlerinin birleşiminden meydana gelen hibrit yerleşim düzeni olmak üzere beş grupta incelenir. Genellikle bu beş yerleşim düzeni üretim sistemleri için yaygın olarak kullanılır. (Heragu, 2008:57)

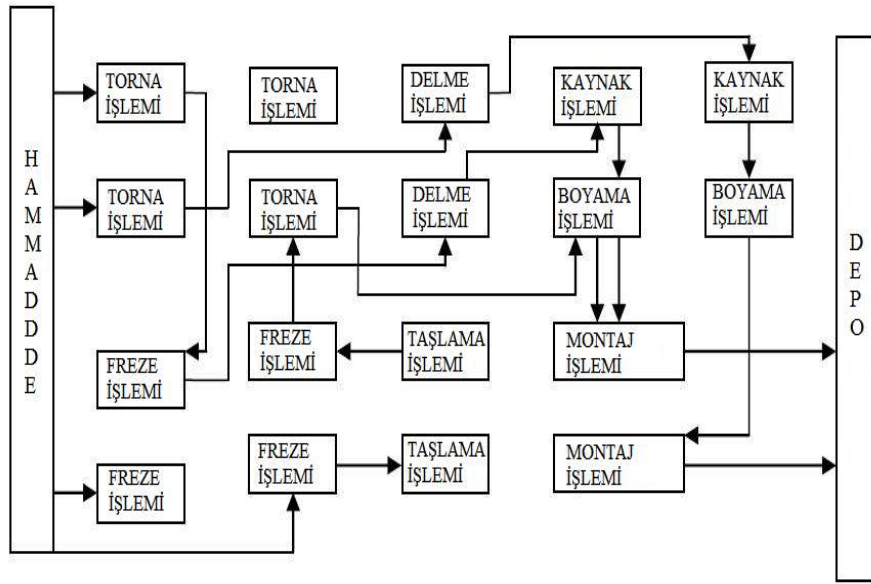


Şekil 1. Yerleşim Düzeni Üretim Hacmi-Maliyet İlişkisi (<http://www.mdcegypt.com>)

2.2.1.1. Sürece Göre Yerleşim Düzeni

Bu yerleşim düzeni modelinde benzer işleri yapan makine ve ekipmanlar birlikte konumlandırılırlar. Üretim sürecine ait işlemler belirli bir yerde, bir araya toplanmıştır. Ürünlerle ilgili işlemler makine ve ekipman grupları arasında belirli bir sıraya göre ileri

ve geri yönde hareket ederek gerçekleştirilir. Tesis yerleşim düzeni, çeşitli işlevleri veya süreçleri temel alarak belirlendiği için fonksiyonel yerleşim düzeni olarak da adlandırılır. Üretim süreci çok sayıda parçanın bir araya getirilmesinden oluşan bir süreç ise bu model oldukça kullanışlıdır. Parçaların ya da ürünlerin tasarımının stabil olduğu durumlar ve tekrarlanmayan iş süreçleri için uygundur. İş, atölye tipi çalışmaya uygun olarak yürütülmektedir. Bu model aynı zamanda siparişe göre üretim olarak da adlandırılmaktadır. Sürece Göre Yerleşim Düzeninde her bölüm tipik olarak fonksiyonel gruplar halinde düzenlenmiştir. Örneğin tüm torna işlemi torna bölümünde, delme işlemi delme bölümünde, freze işlemi freze bölümünde organize edilmektedir. (Panneerselvam, 2012:159-161, Nair, 2008:203, Mahadevan 2010:117, Roy 2005:46, Tompkins, White, Bozer ve Tanchoco, 2010:112-113, Kachwala ve Mukherjee 2009:50)



Şekil 2. Sürece Göre Yerleşim Düzeni

Sürece Göre Yerleşim Düzeninin Avantajları

- 1- Makine ve teçhizat için gerekli sermaye maliyeti düşüktür.
- 2- Çizgi ya da ürün düzeni üretiminde olduğu gibi makinelerde tek bir ürünün üretilmesini sağlayacak şekilde tasarlanması zorunlu olmadığından makinelerin kullanımı az, kapasiteleri yüksektir.
- 3- Vasıflı işgücü kullanım oldukça yüksektir.
- 4- Genel maliyetler kısmen daha düşüktür.

- 5- Ürün tasarımı ve hacim değişikliklerine uyum kolaylığı ve esnekliğinden dolayı iş süreçlerinde yapılan değişikliklere uyum yeteneği oldukça yüksektir.
- 6- Genel amaçlı makineler kullanılır.
- 7- Ürün ve süreç tasarımındaki değişikliklerden dolayı makinelerin eskime olasılığı düşüktür.
- 8- Çalışan makinelerin bozulması durumunda bu makineye yakın benzer bir makine kolaylıkla bu makinenin yerini alabilir bundan dolayı gecikmeler minimuma indirilir.
- 9- Etkin ve verimli bir denetim imkanı sağladığından dolayı makineler gerçekleştirilen fonksiyonlara göre düzenlenmiştir.
- 10- Genişleme için daha fazla esneklik ve tolerans sağlar.
- 11- Genel amaçlı makine ve ekipman kullanımı gerektirdiğinden düşük kurulum ve bakım maliyetleri gerektirir.
- 12- Daha az sermaye gereklidir.
- 13- İşlem sürecinin gereği olarak bir bölümdeki işçiler başka bölümlere taşındığında bu süreçten etkilenmezler.
- 14- İş tatmini ve beceri geliştirme isteği daha yüksektir.

Sürece Göre Yerleşim Düzeninin Dezavantajları

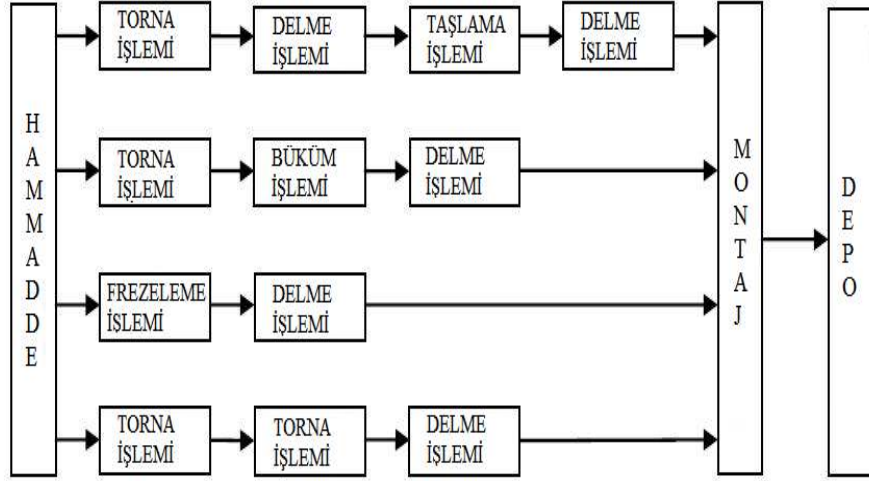
- 1- Malzemelerin bölümler arasında taşınmasının gerektiği durumlarda işgücüne dayalı taşıma ve geriye dönüşlerden dolayı daha fazla malzeme hareketi ve malzeme taşıma maliyetlerinde artış söz konusudur.
- 2- Genel amaçlı makinelerin, çeşitli özel işlemleri gerçekleştirmesi için gerekli olan kalifiye işgücü temini, yüksek işçilik maliyetlerine neden olmaktadır.
- 3- Her yeni sipariş için iş yönlendirme, planlama ve maliyet muhasebesi yapılması gerektiğinden yüksek işlem süresi veya üretim zaman aralığı gerekmektedir.
- 4- Tesis içindeki malzeme hareketi yavaş olduğundan stoklama yüksektir ve daha geniş depolama alanı gerektirir.
- 5- Yüksek maliyetli sık denetimler yüksek denetim maliyetine neden olur.

- 6- İşlem süreçleri farklı bölümlerde gerçekleşir bu da işlem süreçlerinin farklı iş istasyonlarında kontrol edilmesini gerektirir ve bitmiş ürün için bağlantı noktası sorumluluğu oldukça zordur.
- 7- Herhangi bir ekipmanda meydana gelen hata ve arıza tüm sistemin durmasına neden olabilir.
- 8- Üretim planlaması ve kontrol zorluğu fazladır.
- 9- Uzmanlaşmış denetim gereklidir.
- 10- Emek ve ekipman kullanılması optimum düzeyde değildir.
- 11- Verimli bir koordinasyon gereklidir.
- 12- İş çeşitliliğinden dolayı ihtiyaç duyulan beceriler için nitelikli işgücü gereklidir.
- 13- Bölümler arasında ürünün hareketliliğinin fazla olması uzun bir işlem süresine yol açmaktadır. (Shim ve Siegel, 1999:209, Heragu, 2006:58, Hiregoudar ve Reddy 2007:14-15, Kachwala ve Mukherjee 2009:51, <http://blog.163.com>, <http://www.mdcegypt.com>)

2.2.1.2. Ürüne Göre Yerleşim Düzeni

Ürüne göre tesis yerleşim düzeni, montaj hattı tesis yerleşim düzenlemesi olarak da adlandırılmaktadır. Bu şekilde adlandırılmasının sebebi ilk olarak ABD otomobil montaj hattında kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Bu yerleşim düzeni modelinde makineler ve ekipmanlar bir ürün üzerinde işlemleri gerçekleştirmek için gerekli sırayla düzenlenmiştir. Örneğin bir üretim işleminde kesme, parlatma ve boyama sırasına göre gerçekleşiyorsa ekipmanların bu sırayla düzenlenmesi gerekir.

Yüksek hacimli düşük çeşitliliğe sahip ürünlerin üretiminin gerçekleştirildiği bu tesislerde üretim araçları bir ürün üzerinde işlemleri gerçekleştirecek şekilde sıralanmıştır ve üretim belirli bir alanda gerçekleştirilmektedir. Sürekli üretim yapılan alanlarda ya da kitle üretim yapılan alanlarda gerçekleştirilen bu modelde hammadde küçük miktarlarda üretim sürecine alınmakta ve işlemler hızlı bir şekilde işlem süreçleri arasında gerçekleşmektedir. Yüksek yatırım gerektiren ve talebin yeterli olduğu işgücü ve ekipmanın standart hale getirildiği, hammadde temininin yeterli ve aynı kalitede temin edildiği durumlarda bu modelin kullanılması oldukça elverişlidir. (Panneerselvam, 2012:159-160-161, Nair, 2008:204-205, Tompkins, White, Bozer ve Tanchoco, 2010:112, Kachwala ve Mukherjee 2009:48, Roy 2005:51)



Şekil 3. Ürüne Göre Yerleşim Düzeni

Avantajları:

- 1- İşlem süreçleri birbirini izlediğinden dolayı malzeme taşıma maliyeti azdır.
- 2- İşçiler hep aynı tip iş yaptığından dolayı uzmanlaşmak kolaydır ve bu uzmanlaşmadan dolayı işçiler işlerini hızlı bir şekilde gerçekleştirir.
- 3- İşçiler sadece bir tür iş yaptığından dolayı eğitimleri kolayca gerçekleştirilmiş olur.
- 4- Ürüne yönelik kontrol standartlaşmıştır ve kolay şekilde gerçekleştirilir.
- 5- Otomasyon ve mekanik sistemlerin kullanılmasından dolayı malzeme taşıma ve diğer faaliyetler düşük maliyetle gerçekleşir.
- 6- Sabit hatların kullanılmasından dolayı geriye dönme(backtracking) ve sapmalar ortadan kalkar.
- 7- Sabit hatlar işlemlerin kesintisiz yürütülmesini sağlar ve üretim hattında oluşması muhtemel darboğazları önler.
- 8- İş akışındaki süreklilik, otomasyon sistemlerinin kullanılmasına imkan sağlar.
- 9- Üretim sürecindeki stoklar azalır. Böylece operasyonlar arasında malzeme depolama maliyeti de azalmış olur.
- 10- İşlem süreçlerinin gerçekleştirilmesi için daha az alan gereklidir, daha az uygun alanın kullanımı tıkanıklığı azaltır.
- 11- Ürünün tamamlanma süresi daha azdır.
- 12- Birim üretim başına düşen maliyet düşüktür.

Dezavantajları

- 1- Üründe değişikliğe gidilmesi durumunda sistem buna esnek bir şekilde cevap veremez.
- 2- Birbirinden farklı makinelerin, farklı ürünler üzerinde aynı işlemleri gerçekleştirmesi maliyetin artmasına neden olur.
- 3- Üretim hattının herhangi bir bölümünde bir arıza meydana gelmesi durumunda düzeltici önlemleri gerçekleştirecek kilit personeller mevcut değilse çıkış bu durumdan hemen etkilenir.
- 4- Uzmanlık ve sıkı denetim gerektirir. (Panneerselvam, 2012:161, Nair, 2008:204, Hiregoudar 2007:15-16, Mahadevan, 2010:117, Roy, 2005:44-45, Tompkins, White, Bozer ve Tanchoco, 2010:112-113, Kachwala ve Mukherjee 2009:49, <http://blog.163.com>)

2.2.1.3. Ürün ve Sürece Göre Yerleşim Düzeninin Karşılaştırılması

Tablo 1. Ürün ve Sürece Göre Yerleşim Düzeninin Karşılaştırılması

Karşılaştırma Noktası	Ürün Göre Yerleşim Düzeni	Sürece GöreYerleşim Düzeni
Yüzölçümü	Az	Çok
Üretimin Ölçeği	Büyük	Küçük
Denetim	Kolay	Zor
Üretim Kontrolü	Basit	Kompleks
Malzeme Taşıma	Mekanik	İşgücüne Dayalı
Teçhizat Kullanımı	Düşük	Yüksek
Makine Özelliği	Özel Amaçlı	Genel Amaçlı
Esneklik	Düşük	Yüksek
Ürün Sayısı	Az	Çok
İş Akışı	Kesintisiz	Gecikmeli
Denetim Maliyeti	Düşük	Yüksek
Süreçteki İş Birikimi	Düşük	Yüksek
Genişletme Olanakları	Düşük	Yüksek
Verimlilik	Yüksek	Düşük
Makine Düzenlemesi	Doğrusal Hat	Fonksiyon Temelli

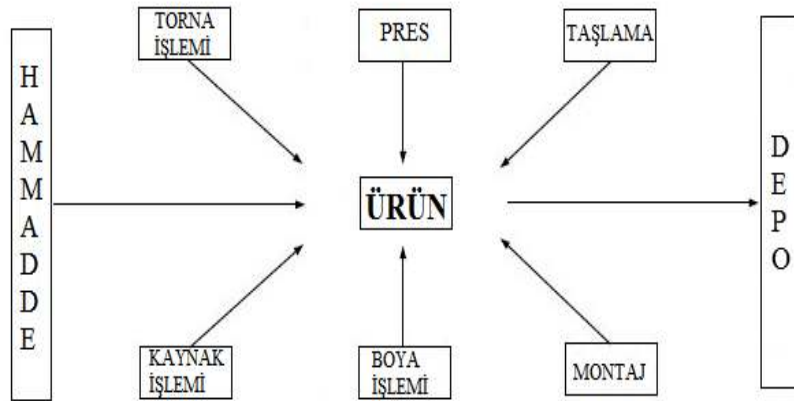
(Hiregoudar ve Reddy, 2007:22, Nair, 2008:206-207, Mahadevan, 2010:117-120, Roy, 2005:44-45)

2.2.1.4.Sabit Konumlu Tesis Yerleşim Düzeni

Üretilen ürünün çok büyük ve taşınmasının zor, ekipman ve makine sayısının az ve boyutunun küçük, işçilerin üründe çeşitli küçük işleri gerçekleştirmek için son derece yetenekli olduğu, az sayıda ürün üretiminin söz konusu olduğu durumlarda bu tesis yerleşim düzeni kullanılır. Bu tür yerleşim düzeni genellikle uçak, gemi inşası ile bunların önleyici ve arıza bakım işlerinin yapıldığı tesisler için kullanılır. İşin karmaşıklığı ve boyutuna göre bu yöntem tercih edilir. Bu tür ekipmanlar çok büyük ve hantal olduğundan yerleşim düzeni ile ilgili birkaç seçenek belirlenir. (Mahadevan, 2010:120, Roy, 2005:45-46, Tompkins, White, Bozer ve Tanchoco, 2010:112, Kachwala ve Mukherjee, 2009:47, Hiregoudar ve Reddy, 2007:18)

Bu yerleşim düzeni aşağıdaki şartlar sağlandığında kullanılır.

- 1- Ürünün hareket kabiliyetinin düşük olması gerekir.
- 2- İşlemlerin daha basit makinelerle yapılması gerekir.
- 3- Sınırlı sayıda ürünün imal edilmesi gerekir.
- 4- Üretimin aynı zanaata ait çalışanların yetenek ve sorumluluğuna bağlı olduğu durumlarda kullanılır.



Şekil 4. Sabit Konumlu Tesis Yerleşim Düzeni

Avantajları

1. Malzeme taşıma hareketi azalır.
2. İşler takım çalışması şeklinde yapıldığı için, operasyon ve görevlerde süreklilik vardır.

3. İşi geliştirme olanağı sağlar. İşin tamamı bir kişi tarafından tamamlanabildiği için ödüllendirme ve kaliteyi teşvik eder.
4. Ürün tasarımı, ürün karması ve üretim hacminde değişikliğe elverişli olduğundan son derece esnekler.
5. Ürün ve süreç değişiklikleri için maksimum esneklik vardır.

Dezavantajları

1. Personel ve ekipman hareketi fazladır.
2. Personel becerisine ihtiyaç fazladır.
3. Genel denetim gerektirir.
4. Daha fazla çalışma alanı gerektirir.
5. Planlı üretim için yakın kontrol ve koordinasyon gerektirir.
6. Ekipman taşıma maliyetleri yüksektir.
7. İşgücü ve ekipman kullanımı düşüktür.

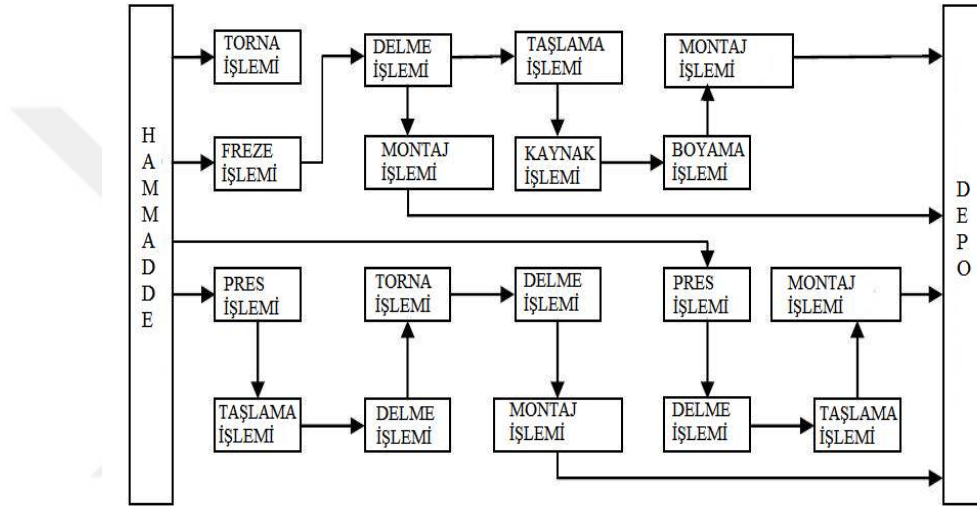
(Shim ve Siegel, 1999:210, Heragu, 2006:58-59, Hiregoudar ve Reddy, 2007:18, Nair, 2008:203, <http://blog.163.com>)

2.2.1.5.Grup Teknolojisi Yerleşim Düzeni

Grup teknolojisi yerleşim düzeni hem otomatik fabrikalar hem de esnek üretim sisteminin ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Grup teknolojisi (GT) yerleşim düzeni orta hacimli ve orta çeşitlilikte ürün karması olan kuruluşlara kaynaklarını yapılandırmak için alternatif bir yöntem sağlar. Kaynakların ve bileşenlerin gruplandırılmasını temel alarak üretimdeki benzerliğe odaklanır.

GT yerleşim düzeni hücresele imalat olarak bilinir. Üretim benzerliği için uygun ölçü parça gruplarının tanımlanmasıdır. Herbir parça grubuna karşılık gelen makine grupları tespit edilir ve buna uygun yerleşim düzeni oluşturur. Benzer üretim sürecine sahip olan her bir üretim grubu, makine grubu tarafından gerçekleştirilecek işlem sırasına göre ardışık olarak düzenlenmiştir. Toplu üretim azdır fakat her bir grubun makine düzeni hat düzeni veya ürün düzeni benzerdir. İşlem farklılığını temel alan bu düzen küçük iş gruplarına bölünmüş ve ana işletmeyi oluşturacak şekilde bir araya getirilmiştir. Grup teknolojisi büyük miktarda üretim yapan geniş üretim yelpazesine sahip büyük firmalar için kullanılır. Her bir işlem kendi hücresi içerisinde gerçekleştirilir ve makineler ortak bir akış sağlamak üzere yerleştirilmiştir. Benzer parçaları ve ürünleri

içeren küçük üretim süreçleri ile üretim kaynaklarını organize ederek üretim verimliliğini arttırır. Benzer tür bileşenler için, benzer makineler süreç odaklı sistemde bir araya toplanmıştır fakat ürünlerin akışı hat şeklinde düzenlenmiştir. Bu gruplandırılmış ekipmanlar çeşitli boyutlarda ve türlerde birbirine çok iyi uyacak şekilde düzenlenmiştir. Üretimi daha yönetilebilir kılmak için tek parçalı yapılar küçük parçalara bölünür böylece üretim planlama ve kontrol daha kolay sağlanır. Bu yerleşim düzeni aynı zamanda küçük grupların geliştirme faaliyetleri, kaizen ve just-in-time gibi birçok imalat uygulamalarında, operasyon yönetimi sistemlerine kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 5. Grup Teknolojisi Yerleşim Düzeni

Avantajları

- 1- Ürünlerin gruplanması çok sayıda makine kullanımına neden olur.
- 2- Daha düzgün akış hatları ve kısa seyahat mesafeleri vardır.
- 3- Takım çalışmasına ve işin geliştirilmesine katkı sağlar.
- 4- Ürüne göre yerleşim düzeni ve sürece göre yerleşim düzeninin ortak sonucudur.
- 5- Genel amaçlı ekipman kullanımını teşvik eder.
- 6- Parça ve makine grupları tanımlanmıştır.
- 7- Her bir hücrede belirli sayıda bileşen işlem görür.
- 8- Bileşenler nadiren kendi hücreleri dışında hareket eder bundan dolayı malzemeyi taşımada ve izlemede kolaylık sağlar.

- 9- Grup teknolojisi tümleşik bilgisayar teknolojisi kullanımı ve aynı grupta benzer işlerin varlığı sayesinde bir üretimden diğerine geçmek için gereken süreyi ve kurulum süresini azaltır.
- 10- Grup teknolojisi işgücü, makine, malzeme gibi girdi kaynaklarının optimum kullanımını sağlar.

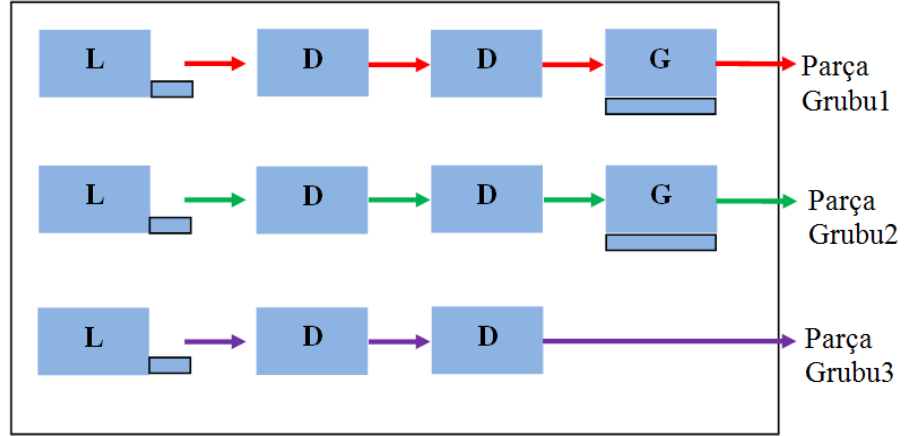
Dezavantajları

- 1- Genel denetim gereklidir.
- 2- Tüm operasyonu yerine getirebilecek yetenekli takım üyelerine ihtiyaç vardır.
- 3- İş akışını dengelemek için iş hücreleri bazında kontrol gereklidir.
- 4- Her bir iş hücresinde dengeleme söz konusu değilse iş hücrelerine malzeme eklemek ve malzeme taşınmasını ortadan kaldırmak için tamponlar gereklidir.
- 5- Özel amaçlı ekipman kullanımını azaltır.
- 6- Alt üretim gruplarını gruplama zorluğu vardır.
- 7- Grup teknolojisinde akış analizi zor olabilir.
- 8- Grup teknolojisinde bazen ayrı hücrelerde aynı makine ve ekipmanı kullanmak gerekir bu durumda GT hücresi içinde teknoloji merkezi oluşturarak bu durum aşılabılır.

Dünya Üretim Sistemi Standartlarına göre üç tip grup teknolojisi yerleşim düzeni iyi sonuç vermektedir. (Heragu, 2006:59, Nair, 2008:205, Mahadevan, 2010:119-120, Kachwala ve Mukherjee, 2009:51-52, <http://blog.163.com>)

2.2.1.5.1.Grup Teknolojisi Akış Hattı

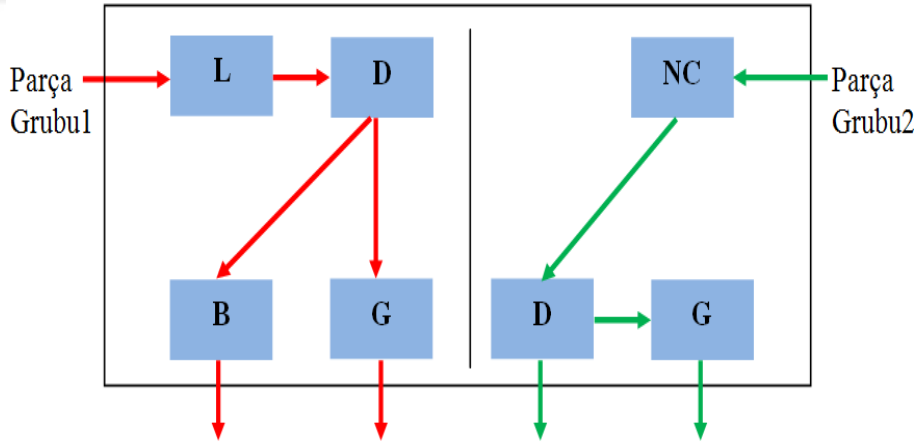
Ürün aileleri yakından ilişkili olduğunda ve ürün miktarı yüksek olduğunda grup teknolojisi yerleşim düzeninden en iyi sonuçlar elde edilir. Süreç yolları işlem gören her bir ürün ile yakından ilişkilidir. Grup teknolojisi akış hattı bir ürün grubu için çizgi akışı şeklindedir. Düşük işlem stokları ve fonksiyonel yerleşim düzeni ile birlikte kısa devir süresi, mükemmel ekipman kullanımı ve geniş kapsamlı iş tasarımı avantajlarına sahiptir. Grup teknolojisi akış hattı üretim sistemi için en iyi faydayı, en az işlem maliyetini, yüksek verimlilik ve üretim etkinliğini sağlar.



Şekil 6. Grup Teknolojisi Akış Hattı

2.2.1.5.2. Grup Teknolojisi Hücresi

Parça grupları için işlem akışı farklı olduğunda grup teknolojisi hücresi yerleşim düzeni uygulanır. Bu tür parça ve bileşenler için parça gruplarının bir ya da daha fazlası için tüm işlemler grup teknolojisi hücresi ile gerçekleştirilir. Grup teknolojisi hücresi farklı parça grupları için çoğaltılabilir. Grup teknolojisi hücresinde bileşenlerin karmaşıklığı ve çeşitliliği daha fazladır.

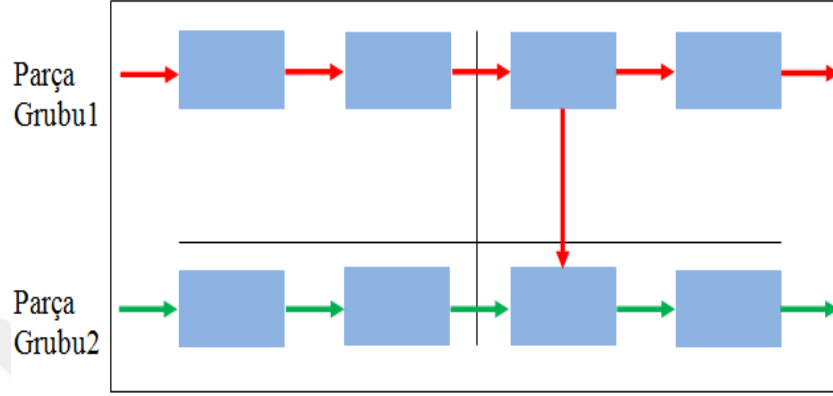


Şekil 7. Grup Teknolojisi Hücresi

2.2.1.5.3. Odak Grup Teknolojisi

Fonksiyonel yerleşim düzeninin gerekli olduğu durumlarda benzer işlemleri gerçekleştiren makinelerin bir arada bulunduğu sistemlerdir. Yerleşim düzeni oluşturulurken mümkün olduğunca benzer işlemleri gerçekleştiren makinelerin bir arada olması gerekir. Hücrede ya da işlem hattında özel makineler kullanılamaz ve herhangi

bir hücre ya da işlem hattını atlamak maliyetlidir. Parçalar işleme aşamasına bağlı olarak işlem hattına veya işlem grubuna geri gelebilir. Bu düzen diğer grubun ihtiyaçlarını karşılamak için yedek kapasiteye sahip pahalı makinelerin çoğaltılmasını önler. (Heragu, 2006:58, Kachwala ve Mukherjee, 2009:53-55, Panneerselvam, 2012:161-162, <http://mdcegypt.com>)

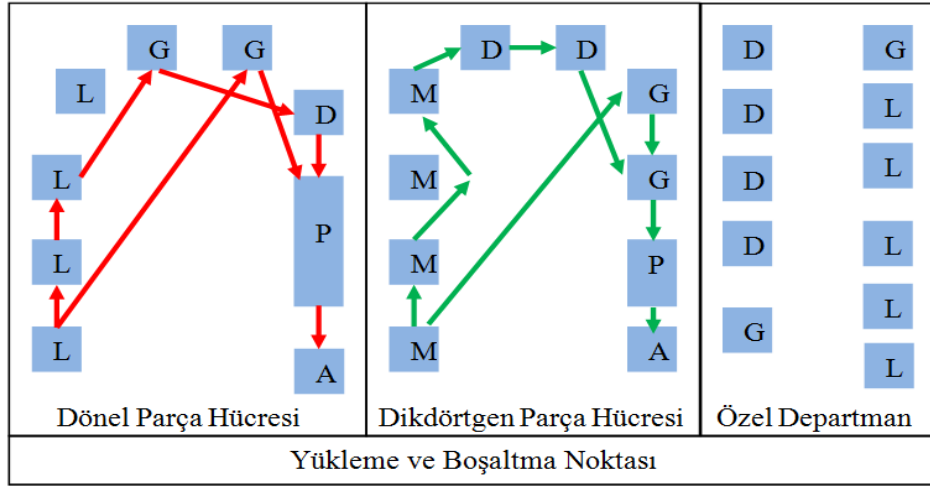


Şekil 8. Odak Grup Teknolojisi Hücresi

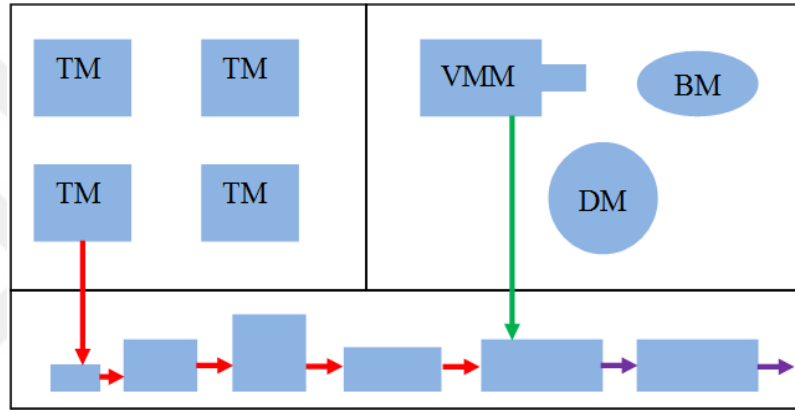
2.2.1.6. Hibrit Yerleşim Düzeni

Tüm işletmeler için tek tip yerleşim düzeni uygulanamaz. Bir işletmenin ürün hatları ve hacmi işletmenin tüm ihtiyaçlarını karşılayamaz. Ürüne göre, sürece göre ya da sabit konumlu yerleşim düzenleri işletmelerin ihtiyaçlarını karşılayamaması durumu işletmelerin hibrit yerleşim düzenleri oluşturmalarına neden olmuştur.

Hibrit yerleşim düzeni için GT-tabanlı montaj hattı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. İşletme üç büyük alt üretimi gerçekleştirmek için üç ana üretim hücresine ayrılmıştır. Bu üç alt üretim hücresi tarafından üretilen ürünler işletme tarafından üretilen nihai ürünlerin çoğu için ortaktır. Üç üretim hücresinin dışında genel amaçlı bir parça işleme bölümü, düşük hacimli alt üretim grupları, montaj hattı ve üretim tamamlama bölümünden oluşmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 9. GT Tabanlı Yerleşim Düzeni (Courtesy of John S. Usher.)

Avantajları

- 1- Bir bölümden diğerine hızlı ve düşük maliyetli taşımanın gerçekleştirilmesi sermaye kullanımını artırır.
- 2- Çalışan sayısı azaldığından direkt işçilik maliyetleri azalır.
- 3- Hassas planlamadan dolayı stok maliyetleri azalır.
- 4- Otomasyon nedeniyle daha kaliteli ve tutarlı üretim sağlanır.
- 5- Aynı sayıda personel kullanarak daha fazla miktarda üretim ve birim çıktı başına daha düşük maliyet oluşur.
- 6- Onarım işlerini ve hatayı en aza indirir.

Dezavantajları

- 1- Ürün ve ürün karması değişikliklerine uyum sınırlıdır.
- 2- Planlama faaliyetini büyük zaman ayırılır.

- 3- Karmaşık imalat sistemi gereklidir.
- 4- Bir bileşenin işlem görmesi için hassas zamanlamanın gerektirdiği durumlarda teknolojik problemlerin ortaya çıkma durumu vardır. (Heragu, 2006:60, <http://mdcegypt.com>, www.greenwich-college.ac.uk)

2.2.2. Geleneksel Olmayan Tesis Yerleşim Düzeni Tiplerinin Sınıflandırılması

2.2.2.1. Oransal Yerleşim Düzeni

Makineler oransal olarak gruplandırılmıştır. Benzer hücreler bütün ürünleri üretebilme yeteneğine sahiptir. İşçiler ve makineler sınırlı olarak uzmanlaşmıştır. Oransal yerleşim düzeni sürekli malzeme akışı olan sistemler için uygun çözümler üretmez. Çünkü her bir oransal hücrenin bütün ürünleri üretme yeteneği vardır. Hücre içerisinde tüm malzemelerin akışına izin verecek bir sistem oluşturmak oldukça güçtür. Bundan dolayı gruplar halinde üretim yapılır ve bu durumun sonucu olarak işlem süreçleri arasında stok seviyesi yükselir. Belirli bir akış düzeni mevcut değildir. Üretim planlamasının karmaşıklık düzeyi nedeniyle üretim esnekliği düşüktür. Oransal yerleşim düzeninin en büyük avantajı üretim hacmindeki değişime karşı gösterdiği esnekliktir. Bu yerleşim düzeninde talep değişikliğine uyum kolayca sağlanır. Çünkü oransal hücreler aynı ürünü üretme yeteneğine sahiptir. (Silva ve Cardoza, 2010:6)

2.2.2.2. Holonik Tesis Yerleşim Düzeni

Holonik birim bir üretim sisteminin işleme, dönüştürme, taşıma, depolama işlemlerinin gerçekleştiği ve diğer hücre birimleriyle işbirliğine dayalı üretim birimi olarak tanımlanmaktadır. Tesis içerisinde makinelerin yerleşimi rastgele yapılmıştır her bir makine üretim süreci içerisinde herhangi bir yerde olabilir ve iş hücrelerinin sınırları belli değildir. Herhangi bir olası parça akış yönünün oluşabilmesi için makinelerin komşuluk temelli yerleştirilmesi gerekir. Akış yönü sadece siparişe bağlı olarak makinelerin iş yüküne göre belirlenmez ve her bir ardışık kullanım için bu akış yönü güncellenir. Makineler en verimli akış yönünü sağlamak için rastgele ya da bir plan doğrultusunda yerleştirilir. (Huang, 2003:11)

2.2.2.3. Çok Kanallı Yerleşim Düzeni

Talebe hızlı yanıt verilmesi ve nihai ürünler için daha fazla depolama ihtiyacı paralel üretim hatlarının kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Ürün akışı, akış yönündeki tıkanıklığa bağlı olarak komşu üretim hatlarına ya da komşu üretim hatlarından dışarıya taşınabilir. Çoklu akış hattı ve çok kanallı yerleşim düzeni beklemeyi ve sıkışıklığı azaltır. (Benjafaar, Heragu, Irani, 2002:64)

2.2.2.4. Modüler Tesis Yerleşim Düzeni

Birden fazla ürünün üretiminin gerçekleştiği özelleşmiş yerleşim düzeni tasarımlarıdır. Makineler bir modül içerisinde kümelenmiştir. Her bir modül kendine özgü yerleşim düzenine sahiptir ve bu modüller üretim sürecindeki belirli bir işlemi gerçekleştirmekten sorumludur. Her bir ürün için ihtiyaç duyulan işlemlere göre yerleşim düzeni oluşturulması bu yapının avantajıyken, modüller arasında oluşturulan bağlantı karmaşıklığı bu yapının dezavantajını oluşturur. Ürün karması ve talep sabittir. Mevcut tesis yerleşim düzeni yapılarından hiçbiri tek başına modüler yerleşim düzenindeki karmaşık malzeme akış ağını tanımlayamaz. Alt işlemleri gerçekleştirmek için gerekli makineler, toplam maliyeti ve toplam mesafeyi en aza indirecek farklı akış hatlarını kullanabilirler. (Benjafaar, Heragu, Irani, 2002:67, Information Resources Management, 2013:378)

2.4. Malzemenin Taşınma Türünü Temel Alan Tesis Yerleşim Tipleri

Tahminlere göre üretim maliyetinin %20-50'si taşımadan kaynaklanmaktadır ve taşıma araçları için iyi bir tesis yerleşim düzenlemesi oluşturulduğu takdirde maliyetler %10-30 oranında azaltılabilmektedir.

Bir malzeme taşıma sistemi ile iş yaparken, malzeme taşıma güzergahı boyunca tesislerin düzenlenmesi temel problemdir. Bu durum birbirine bağlı iki tasarım problemi olan tesis yerleşim düzeninin belirlenmesi ve malzeme taşıma ekipmanının seçilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

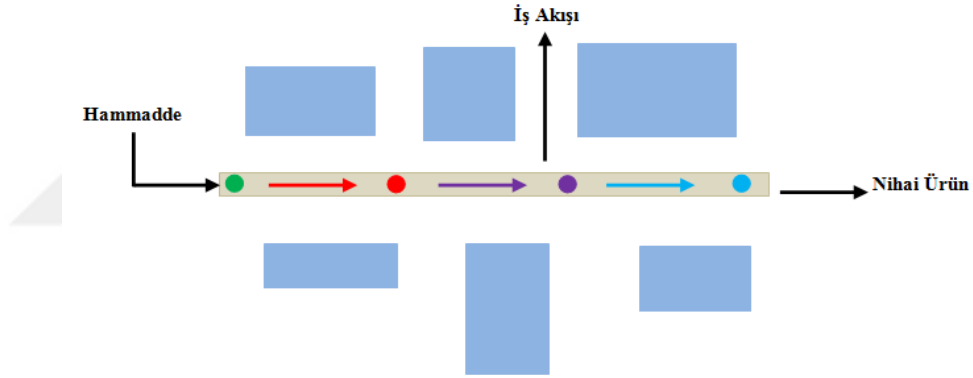
Malzeme taşıma türünü temel alan tesis yerleşim düzeni tek katlı yerleşim düzeni ve çok katlı yerleşim düzenidir. Tek katlı yerleşim düzeni literatürde farklılık göstermekle beraber Hat Tipi, Döngü Tipi, Açık Alan Tipi Yerleşim Düzeni olarak sınıflandırılmıştır. (Drira, Pierreval ve Gabouj, 2007:258)

2.4.1. Tek Hatlı Yerleşim Düzeni

2.4.1.1. Hat Tipi Tesis Yerleşim Planı

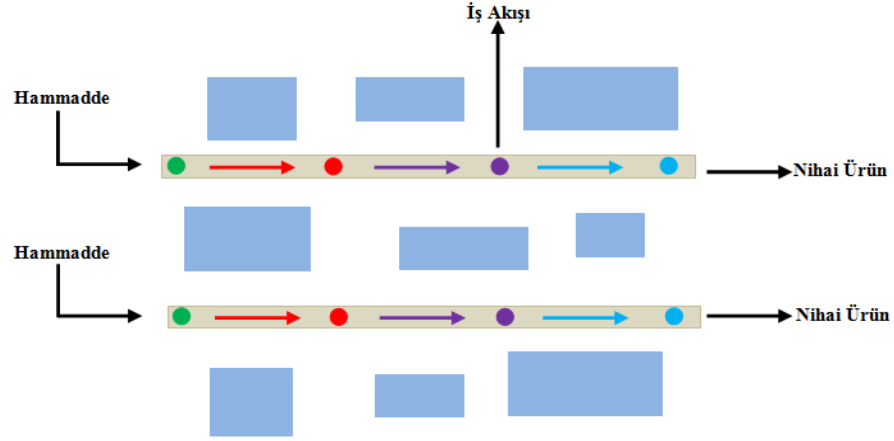
Hat tipi tesis yerleşim düzeni, tesisler arasında ulaşım maliyetlerini azaltmak için doğrusal bir hat boyunca tesislerin yerleştirilmesi temel alan bir yerleşim düzenidir. İş, istasyonlar arasında tek yönde ve doğrusal olarak akar. (www.nuigalway.ie /Osullivan)

Bir iş istasyonundan sonraki iş istasyonuna görevler tam olarak belirlenmiştir ve geriye dönme (backtracking) işlemi bu düzende gerçekleşmemektedir. Bu tip yerleşim düzeni transfer tipi yerleşim düzenleri için uygundur. Hat tipi yerleşim düzeninde üretim sisteminde birimler arasındaki işlemlerin en kısa sürede gerçekleşmesini sağlayacak şekilde birimler ve makineler birbirine yakın olarak düzenlenmiştir. Doğrusal transfer sisteminin yönlendirme esnekliği, iki yönlü akış özelliğiyle artırılabilir. (Drira, Pierreval ve Gabouj, 2007:258)



Şekil 11. Hat Tipi Yerleşim (Tek Hatlı)

Çok hatlı düzen genelde doğrusaldır. Parçaların hareketleri farklı ve aynı sıradaki makineler arasında olabilir. Yükleme ve boşaltma istasyonu aynı noktada yer alır. (Shivanand, Bennal ve Koti, 2006:6-7)

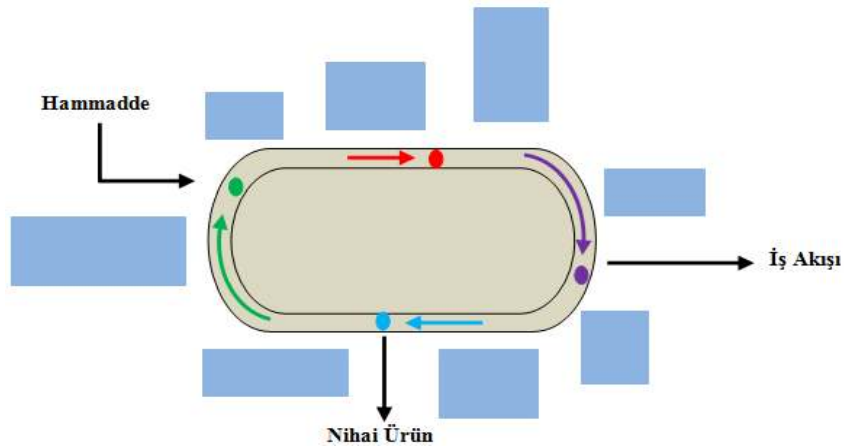


Şekil 12. Hat Tipi Yerleşim (Çok Hatlı)

2.4.2. Döngü Tipi Yerleşim Düzeni

İş istasyonları etrafında bir döngünün varlığı ile ifade edilir. Parçalar bir döngü etrafında döner ve parçaların herhangi bir iş istasyonunda, herhangi bir zamanda durma esnekliği vardır. Akış yönü, tek yönlü veya çift yönlü olabilir. İş istasyonları, işin tasarımına göre döngünün içinde ve dışında yer alacak şekilde tasarlanır. (www.nuigalway.ie /Osullivan)

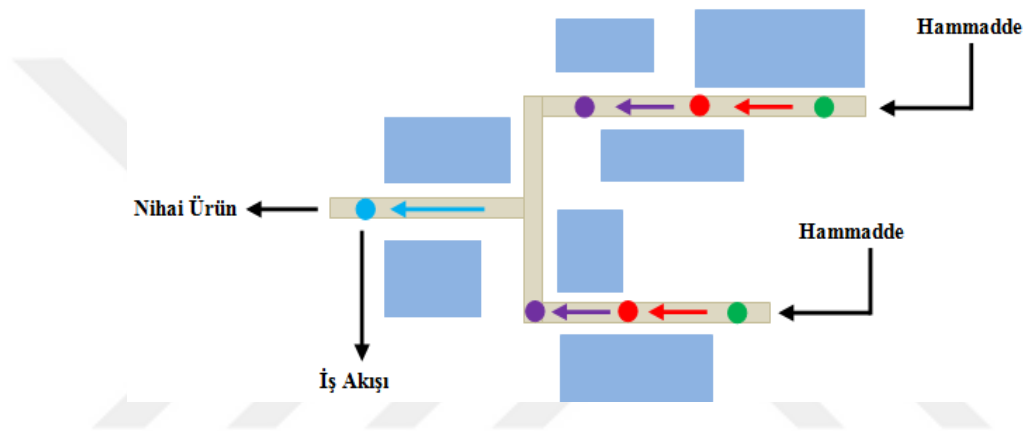
Parça hareketi sırasında iş istasyonlarının atlanması mümkündür. Üretim süreci uzundur ve boyut olarak daha büyük parçaların üretim işlemleri için uygun çözümler sunar. (Drira, Pierreval ve Gabouj, 2007:258)



Şekil 13. Döngü Tipi Yerleşim Düzeni

2.4.3. Açık Alan Tipi Yerleşim Düzeni

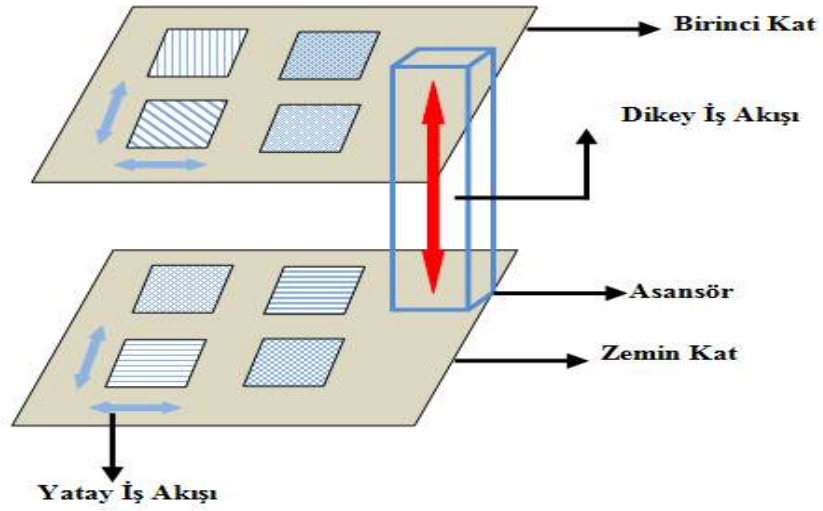
Çok sayıda döngü ve hattan oluşur. Yükleme ve boşaltma istasyonları aynı noktada bulunur. İşlem süreci, işlem görecekt parçaların önceliğine göre farklı iş istasyonlarına yönlendirilir. Tüm parçaların kesme, frezeleme, delme işlemi gibi alt istasyonların tümünden geçmesi gerekir. Çok sayıda istasyon içerir ve oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Açık alan düzeni yerleşiminde tesisler duruma uygun olarak sınırlamalar ve kısıtlamalar olmadan yerleştirilebilir. Buradaki sınırlamalar hat düzeni veya döngü düzen gibi düzenlemelere bağlı olarak belirlenir. Farklı tipteki makine kullanımının sınırlı olduğu ve geniş bir ürün ailesinin olduğu üretim süreçleri için ideal çözüm sunar. ([www.nuigalway.ie /Osullivan](http://www.nuigalway.ie/Osullivan))



Şekil 14. Açık Alan Tipi Yerleşim Düzeni

2.4.4. Çok Katlı Yerleşim Düzeni

Artan nüfus bağlı olarak kentlerde bir tesis inşa edilmesi durumunda arazi kaynağı genellikle yetersiz ve pahalıdır. Bu durumda işletme karlılığını korumak için mevcut yatay alan sınırlaması dikey yönde bir çalışma alanı oluşturulmasını gerekli kılar. Bu durum tesislerin çok katlı yapılara yerleştirilmesi sorununu ortaya çıkarmaktadır. Burada işlem süreçleri farklı katlar arasında dikey olarak ve aynı katlarda yatay olarak hareket söz konusudur. Bu yerleşim düzeninde iş istasyonları çok katlı bir döngü oluşturarak alınan yolu azaltır ve taşıma sisteminde tıkanıklığı en aza indirir. (www.nuigalway.ie /Osullivan)



Şekil 15. Çok Katlı Yerleşim Düzeni

Çok katlı tesis yerleşim düzeni tek katlı yerleşim düzenine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşıklık dikey yönde hareket ve alan sınırlamalarından kaynaklanmaktadır. Bu sınırlamalardan dolayı her tesis için bölümlerin birden fazla kata yayılması her zaman mümkün değildir. (Drira, Pierreval ve Gabouj, 2007:258, Shivanand, Bennal ve Koti:2006:6-7)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. MALZEME TAŞIMA SİSTEMLERİ

3.1. Malzeme Taşıma Prensipleri

- 1- **Planlama Prensipleri:** Malzeme taşıma için önerilen yöntemlerin tümü ihtiyaçları, performans hedeflerini ve fonksiyonel özellikleri tamamen kapsayacak bir planın parçası olmalı, malzeme ve taşıma planları malzeme taşıma planında birlikte tanımlanmalıdır.
- 2- **Standardizasyon Prensipleri:** Malzeme taşıma yöntemleri, ekipman, kontrol ve kullanılan programlar belirlenen planları gerçekleştirecek şekilde standardize edilmelidir. Kullanılan ekipman ve makine çeşitliliği az olmalıdır.
- 3- **Çalışma Prensipleri:** Verimlilik ve işlemlerin gerçekleştirilmesinden ödün vermeden malzemenin taşınması en aza indirilmelidir. İki nokta arasındaki minimum mesafe doğrusal hat olarak belirlenmelidir. İşin ölçüsü malzeme akışı (birim zamandaki hacim, ağırlık) ile kat edilen toplam mesafenin çarpılmasından oluşmalıdır.
- 4- **Ergonomi Prensipleri:** Ergonomi çalışanların iş koşullarına uyumunu sağladığından insan-makine-malzeme arasındaki etkileşim ile insan yetenekleri dikkate alınmalıdır.
- 5- **Birim Yük Prensipleri:** Birim zamanda insanlar, makineler ve robotlar tarafından tek seferde taşınan ya da depolanan malzeme miktarı birim yük olarak ifade edilir. Malzeme taşıma planları birim yük olarak oluşturulmalı ve planlanmalıdır.
- 6- **Alan Kullanım Prensipleri:** Malzeme taşınmasında alan üç boyutlu olarak düşünülmeli ve alanlar kübik olarak ölçülmelidir. Çalışma alanında kümelenmelerden ve atıl boş alanlardan kaçınılmalıdır.
- 7- **Sistem Prensipleri:** Sistem bir bütün oluşturacak şekilde işletme varlıklarının etkileşimi ve toplamı şeklindedir. Üretim, montaj, paketleme, sipariş seçimi, nakliye, ulaşım ve iadeler birlikte ele alınmalıdır.

- 8- Otomasyon Prensipleri:** Çok sayıda mekanik operasyonun kontrolünü sağlayan programlar tarafından kontrol edilen bir sistem oluşturulmalıdır. Elektromekanik aygıtlar, elektronik ve bilgisayar tabanlı sistemlerin uygulanması ve kontrolü üretim ve hizmet faaliyetlerini destekleyecek şekilde oluşturulmalıdır. Malzeme taşıma işlemleri operasyonel verimliliği artırmalı, işletme maliyetlerini azaltmalı ve tekrarlanan ya da potansiyel olarak güvenli olmayan el emeğini ortadan kaldıracak şekilde oluşturulmalıdır.
- 9- Çevresel Prensipler:** Malzeme taşıma sistemleri seçilirken çevresel etki ve enerji tüketimi açısından alternatifler ele alınmalıdır.
- 10- Yaşam Döngüsü Maliyet Prensipleri:** Planlama, tedarik, kurulum, eğitim maliyetlerinin hepsi dikkate alınmalıdır. Kapsamlı bir ekonomik analiz kullanılan malzeme taşıma ekipmanı ve elde edilen sistemlerin yaşam döngüsü için hesaplanmalıdır. (Kutz, 2009:2-9, Stephens ve Meyers, 2013:235-238, resourcer.yolasite.com:3-4)

3.2. Malzeme Taşıma Ekipmanları

Üretim sistemlerinin vazgeçilmez bir parçası olan malzeme taşıma sistemleri malzemeleri taşımak için kullanılan üretim araçlarıdır. Tesis yerleşim problemleri açısından malzeme taşıma ekipmanları otomatik kontrollü araçlar, forkliftler, robotlar, taşıyıcılar (konveyör) olmak üzere dört grupta incelenebilir.

Malzeme taşıma ekipman seçimi, modern üretim tesisinin tasarımı için önemlidir. Makinelerin yerleşim tasarımı belirli bir düzen içinde makinelerin yerleştirilerek onlardan maksimum fayda alınmasını sağlamalıdır. (El-Baz, 2004:234-235)

İyi bir malzeme taşıma sistemi, güvenliğin ön planda tutulduğu işlevleri gerçekleştirmek için etkin şekilde geliştirilebilir, düşük maliyetle çalışan iş ve görevlerin zamanında gerçekleştirilmesini sağlayan doğru yerlere, doğru miktarlarda, doğru malzemenin zarar görmeden teslim edilmesini sağlamalıdır. (www.nuigalway.ie/Osullivan/unit_8)

Malzeme taşıma sistemleri temel olarak sistemlerin karmaşıklık yapısına göre sınıflandırılır. Taşıma ekipmanlarına yatırımın yeterince gerekmediği ve taşıma

hacminin düşük olduğu durumlarda en çok tercih edilen yöntem insan gücüne (elle taşıma) dayalı taşıma modelidir. (Sople 2007:61)

Malzeme taşıma sistemleri ticari olarak dört kategoride sınıflandırılabilir.

Tablo 2. Malzeme Taşıma Sistemleri

Ekipman Tipleri	Ekipman Tanımları
Malzeme Taşıma Ekipmanları	Otomatik Kontrollü Araçlar, Taşıyıcılar(Konveyör), Robotlar, Forkliftler
Birimlere Ayırma Ekipmanları	Konteynerler, Paletler, Kutular, Sepetler, Kovalar ve Silindirler
Tanımlama ve İzleme Sistemleri	Tanımlama ve izleme işlemi ürün ya da ambalaja tanımlayıcı koyulması
Depolama Ekipmanları	Hammadde ve iş süreci içerisinde geçici olarak kullanılan depolama araçlarıdır.

3.2.1. Otomatik Kontrollü Araçlar(AGV)

Sürücüsüz araçlar olarak bilinen otomatik kontrollü araçlar (AGV) üretim süreçlerinin önemli bir parçasıdır ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler senkronize olmayan malzeme hareketini sağlamak üzere, ürün çeşitliliği ve üretim hacmi fazla olmayan esnek üretim sistemlerinin vazgeçilmez parçasıdır. Havacılık ve liman tesislerinden metal ve gıda işleme tesislerine, otomotiv sektöründen baskı ve ilaç sektörlerine kadar tüm endüstri işletmelerinde yaygın olarak kullanılabilmektedir. Bu araçlar güvenilir olması, otomatik olarak kontrol edilebilmesi, malzeme taşıma gereksinimlerindeki değişikliğe uyum yetenekleri, diğer malzeme taşıma sistemlerine göre AGV'leri üstün kılmaktadır.

AGV aynı zamanda malzeme taşıma, alma, depolama ve erişim esnekliği de sağlamaktadır. Bu araçların hedef belirleme, yol seçimi ve konumlandırma, çarpışmadan kaçınma gibi programlanabilir özellikleri mevcuttur. Programlanabilir sürücüsüz bu araçlar insan kaynaklı riskleri ortadan kaldırdığı için cazip hale gelmektedir.

3.2.1.1. AGV Tipleri

1- AGV Forkliftler

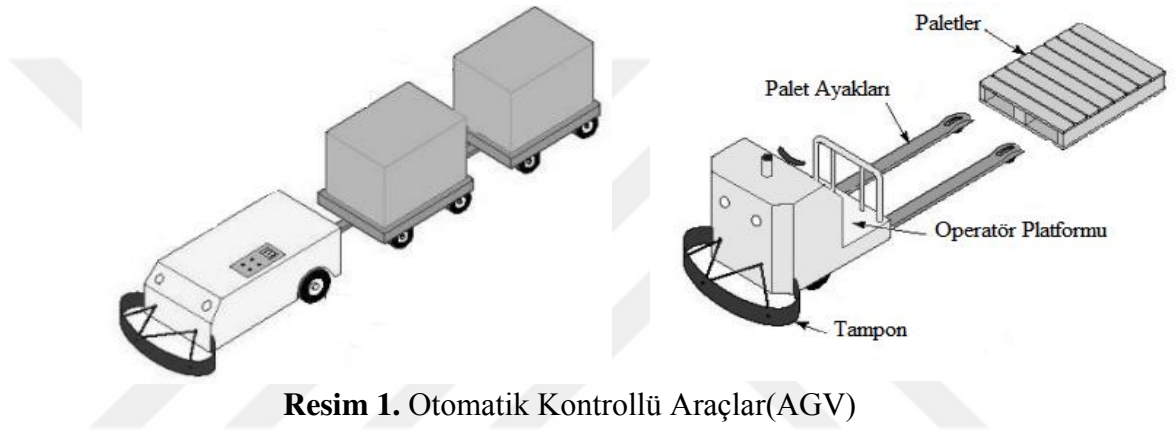
2-AGV Birim Yük Taşıyıcılar

3-AGV Palet Taşıyıcılar

4- AGV Çekici Araçlar

5-AGV Hafif Yük Taşıyıcıları

6-AGV Montaj Hattı Araçları (Sharma 2012:191, Schulze, Behling ve Buhrs 2008:1, [www.nuigalway.ie /Osullivan/unit_8](http://www.nuigalway.ie/Osullivan/unit_8))

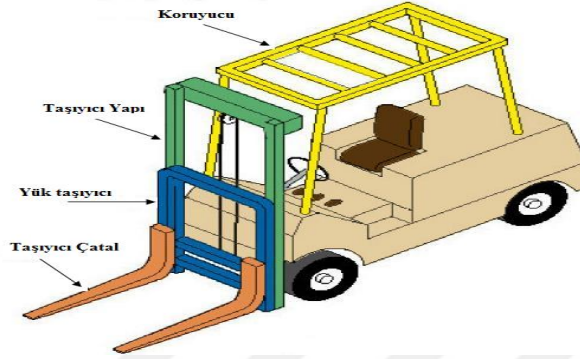


Resim 1. Otomatik Kontrollü Araçlar(AGV)

3.2.1.1.1. Forkliftler

Forklift farklı boyut, şekil ve yapıda olan endüstriyel araçlardır. Forklift transpalet, binici kamyon, çatallı kamyon veya istifleyici olarak da adlandırılabilir. Bir kişinin güvenle kaldırabileceği yüke oranla daha fazla miktarda yükü daha az bir güçle taşınmasını sağlar. Forkliftlerin çalışma prensibinin otomobilin çalışma prensibiyle karşılaştırılması, çalışma prensibinin daha iyi anlaşılabilmesi açısından kolaylık sağlamaktadır. Örneğin otomobillerde hareketin ana eksenini ön tekerleklerin yönüne göre belirlenirken, forkliftlerde direksiyonu kontrol eden mekanizmayı sağlayan direksiyon aracılığıyla arka tekerlekler hareket yönünü belirler. Çoğu otomobilde hızla ilerleyen bir aracı durdurmak için ön ve arka tekerleklerle bağlı fren sistemi mevcut iken forkliftin arka tekerleğine bağlı bir fren sistemi mevcuttur. Otomobillerde fren sistemi ani bir duruşu sağlarken forkliftlerde fren sistemi ani hızlanmalarda keskin duruş özelliğini sağlayamaz. Forklift boy olarak küçük olmasına rağmen ağırlık olarak bir aracın 2-3 katı ağırlığındadır. Denge noktası, ön tekerlek

bölümünde aracın ağırlık merkezi olacak şekilde belirlenmiştir. Bu nokta yüklerin ve aracın her yöne dengede kalacağı noktadır. Aracın yüklü ve yüksüz olmasına göre denge noktası değişiklik göstermektedir. (Iowa Certified Automotive Recyclers Environmental Program, 2009:2-5)



Resim 2. Forklift

3.2.2.Robotlar

Bazı temel insan faaliyetlerini yapabilme özelliğine sahip olan ve belirli görevleri yapmak üzere programlanabilen makinelerdir. Robotlar mikroişlemciler ile programlanmış insan benzeri makinelerin bir dizi faaliyetleri gerçekleştirmesi için geliştirilmişlerdir. "Al ve bırak" şeklinde tekrarlanan basit makine hareketlerine karşı akıllı endüstriyel robotlar, karmaşık kontrol faaliyetleri için algıya dayalı bilgileri kullanmaktadır. Robotlar üretim, muayene montaj hatlarının tümünde kullanılma özelliğine sahiptir. Karar alma, diğer makinelerle iletişim, sensörler aracılığıyla tepki verme yeteneği endüstriyel robotların en önemli özellikleridir.

- 1- İnsan sağlığını etkileyecek zararlı ve uygun olmayan ortamdaki görevleri yerine getirmesi,
- 2- İnsanlar tarafından gerçekleştirilemeyen sürekli aynı nitelik ve tutarlılıkta çalışma performansı sağlaması,
- 3- Programlanabilme özelliğine ek olarak farklı görevleri yerine getirmek üzere yeniden programlanabilmesi ve yeniden tasarlanması,
- 4- Bilgisayarlar tarafından kontrol edilebildiğinden dolayı diğer bilgisayar sistemleri ile bağlantı kurabilmesi,
- 5- Tümüleşik üretim sistemlerini oluşturabilmesi;

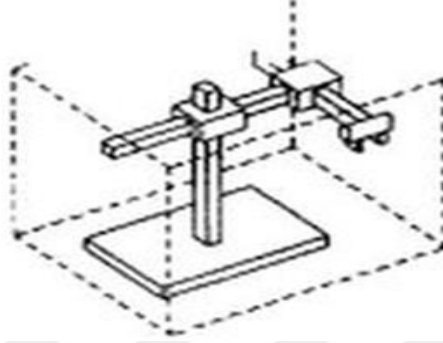
endüstriyel robotların ticari ve teknolojik üstünlükleri olarak öne çıkmaktadır.

3.2.2.1. Robotların Türleri

Robotlar kontrol ve fiziksel tasarım esasına göre sınıflandırılırlar.

3.2.2.1.1. Kartezyen Tasarım

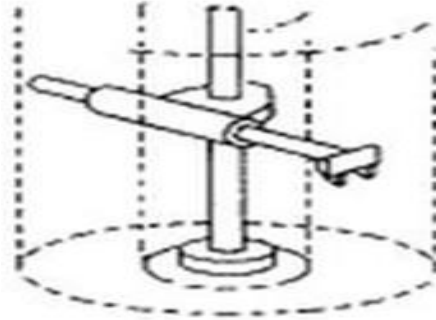
Kartezyen tasarıma sahip robotlar doğrusal eklemleri içeren L bağlantılardan oluşur. Tasarım üç dikey parçadan oluşur. Yapısı gezer tip vince benzer.



Resim 3. Kartezyen Tasarım Robotlar

3.2.2.1.2. Silindirik Tasarım

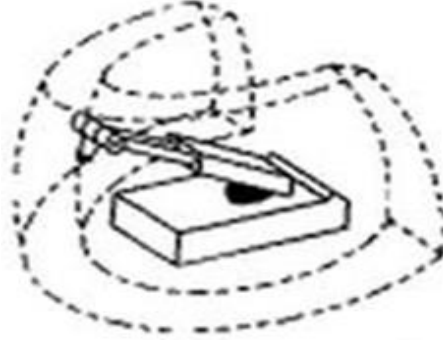
Silindirik yapılandırmada, robotların tabanında bir rotasyon (R) eklemi vardır ve Lineer (L) bağlantılar başarılı bir şekilde eklenmiştir. Bu robotun çalışma alanı silindirik şekilli olduğu için bu ismi almıştır.



Resim 4. Silindirik Tasarım Robotlar

3.2.2.1.3. Kutupsal Tasarım

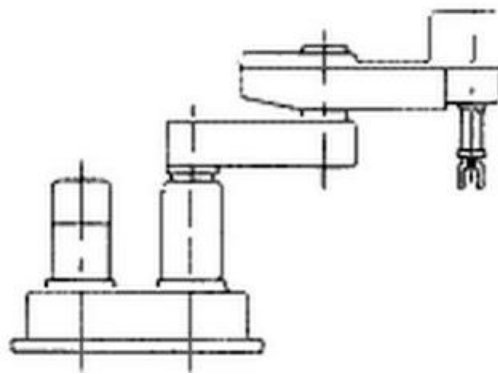
Kutupsal robotların küre şeklinde bir çalışma alanı vardır. Kollar tabana R, L, ya da T şeklinde bağlıdır. Bu kollar için tanımlama TRL ya da TRR olarak adlandırılır. TRL robotları küresel tasarım robotlardır. İnsan koluna benzeyen TRR robotları ise belden kırmalı robotlardır.



Resim 5. Kutupsal Tasarım Robotlar

3.2.2.1.4. Kol Eklemlı Tasarım

Silindirik ve belden kırma tasarımın kombinasyonu olarak tasarlanmıştır. Robot kolu tabana dönel bir eklemlle bağlanmıştır. Dönel eklemler kol bağlantıları için kullanılır. Dönme dikey bir düzlemde gerçekleşir. Bu robotlar yaygın olarak montaj işlemlerinde kullanılır. (Kay 2012:24, [www.ignou.ac.in/Fundamentals of CIM:47](http://www.ignou.ac.in/Fundamentals%20of%20CIM:47), [www.osha.gov/Industrial Robots and Robot System Safety](http://www.osha.gov/Industrial%20Robots%20and%20Robot%20System%20Safety))



Resim 6. Kol Eklemlı Tasarım Robotlar

3.2.3. Konveyör

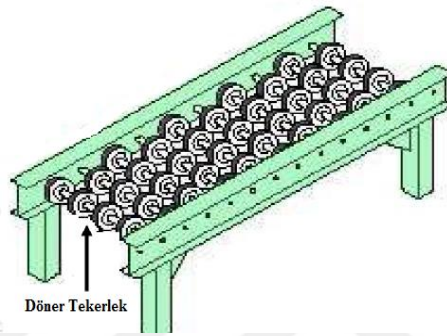
Konveyörler belirli noktalar arasında sabit bir hat boyunca malzemelerin sık hareketinin gerektiği durumlarda malzemeleri taşımak için kullanılan mekanik ekipmanlardır. Konveyörler mekanik ya da elektrikselsel olabilir. Zeminden zemine ya da zeminden yükseğe çalışacak şekilde tasarlanabilir. Otomatik konveyörler sabit hat boyunca yükleri itmek için zincirler, kemerler, dönen rulolar gibi cihazlardan oluşan bir sistemi kullanırlar. Mekanik konveyörler ise insan gücü ile sabit bir hat boyunca

çekilerek ya da yerçekimi kuvvetini kullanarak yüksek bir yerden daha alt seviyelere hareket ettirilir. (Kay 2012:25, [www.nuigalway.ie /Osullivan/unit_8](http://www.nuigalway.ie/Osullivan/unit_8); Sople 2007:65)

3.2.3.1. Konveyör Türleri

3.2.3.1.1. Döner Tekerlekli Konveyör

İşlev olarak silindir konveyöre benzemektedir. Silindir yerine kayan tekerlekler vardır, bu tekerlekler hafif ağırlıksız ve motorsuzdur. Taşınması kolay olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu şekilde yükleme ve boşaltma yapılması gerektiğinde gerekli yerlere kolayca taşınması sağlanır. (Aized, 2012:125-126)

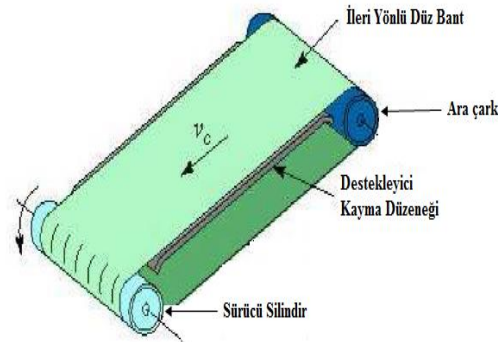


Resim 7. Döner Tekerlekli Konveyör

3.2.3.1.2. Bant Konveyör

Sert bir çerçeve üzerinde kauçuk kumaş veya metal kumaştan yapılmış motorlu bant sistemidir. Sürekli döngüyü sağlamak için destek sürgüsü ile takviye edilmiş merdanelerden oluşmuştur. İki türü mevcuttur

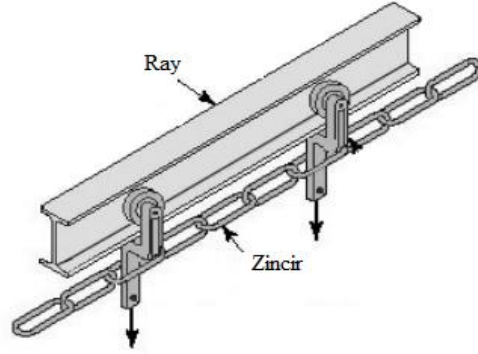
- Düz bantlı
- V-tipi(büyük hacimli malzemeler için)



Resim 8. Bant Konveyör

3.2.3.1.3. Zincir Konveyör

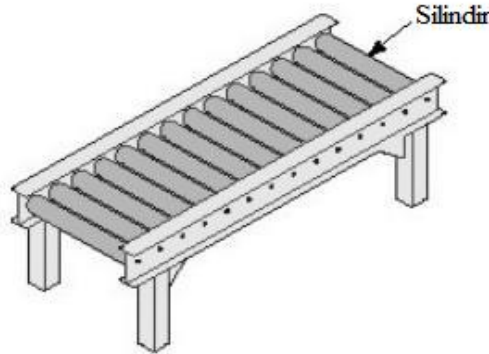
Motorla hareket ettirilen zincirden oluşan metalden yapılmış bant sistemidir. Çelik levha veya ahşap gibi ağır malzemenin hareketi ile sert ve güçlü taşıma yüzeyi gerekli olduğu durumlarda kullanılırlar.



Resim 9. Zincir Konveyör

3.2.3.1.4. Silindir Konveyör

Sert bir çerçeve üzerine monte edilmiş silindir üzerinden yüklerin taşındığı sistemdir. Silindir konveyör seri yükleme ve boşaltma yapmak için kullanılır. Silindir yolu hareket yönüne dik olan bir dizi merdane içermektedir. Yüklerin silindir üzerinde hareket edecek kısımlarının düz olması gerekir. Havaalanlarında veya limanlarda sabit konumlu olarak kargo yükleme boşaltma için kullanılmaktadır.



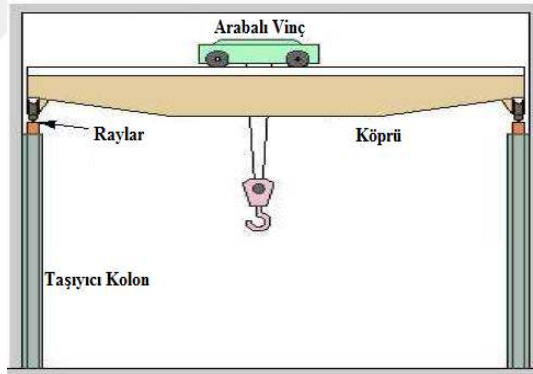
Resim 10. Silindir Konveyör

3.2.3.1.5. Pnömatik Konveyör

Bir tüp içerisindeki yüksek hacimli havanın, metal borular aracılığıyla yüklerin taban alanından bağımsız olarak hızlı bir şekilde taşınmasını sağlayan sistemlerdir. (Sople 2007:65, Avallone ve Baumeister 1996:10-35-36, www.nuigalway.ie/Osullivan/unit_8)

3.2.4. Vinçler

Vinçler genellikle büyük boyut ve ağırlığa sahip malzemenin aralıklı akışı için malzeme taşınmasında kullanılır. Vinçlerle taşıma yapılması, konveyörlerle yapılan taşımaya göre bir takım avantajlar sağlamaktadır. Bunlardan en önemlisi taşınacak malzemenin şeklinin konveyöre uygun olması gerekirken vinçle yapılan taşımada malzemenin belirli bir şekle sahip olma zorunluluğu yoktur. Yüğü kaldıracak mekanizma vince dikey yönde bağlıdır. Vinçler pnömatik, elektrikli ya da manuel olarak çalışabilmektedir. Bir köprü vinci binanın iki ucundan sabit bir ray arasında asılı bir ya da iki yatay taşıyıcı veya kirişten oluşur. Taşıyıcı, köprünün uzunluğu boyunca ya da ray uzunluğu boyunca hareket ettirilebilir. Bu durum x ve y eksenleri boyunca harekete imkan verirken, z ekseninde de hareket sağlayabilir. Genel olarak ağır yük taşıyan metal fabrikalarında yaygın olarak kullanılır. Yarı köprü vinç, yatay kirişe bir veya iki adet dikey destek eleman ile destek vermektedir. Vinç kısmı tek ya da çift olabilir. Tek vinç bir dikey elemanla desteklenirken, çift vinç iki dikey elemanla desteklenmektedir. (Aized, 2012:128-129)



Resim 11. Köprü Vinç

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. GENEL AMAÇLI YERLEŞİM DÜZENİ OPTİMİZASYON ALGORİTMA PROGRAMI

4.1. Terminoloji

VIP-PLANOPT, genel amaçlı yerleşim düzeni optimizasyon algoritmasıdır. Eşit olmayan alanlara sahip modüllerden oluşan büyük, orta, küçük boyutlu yerleşim düzeni problemleri için optimum çözüm sunar. Modül kavramı, makineler, odalar, hücreler veya mekanlar gibi işlevsel birimleri ifade eder. Yerleşim düzeninin amacı belirli sayıda verilen modüller için en uygun konumu belirlemektir. Bu yerleşim düzeni öklid düzleminde gerçekleşir ve verilen maliyet fonksiyonu modüller arasındaki akışı minimize etmeyi amaçlar.

Mevcut yerleşim düzeni yazılım paketlerinin çoğunluğu sadece CAD tabanlı dokümantasyon ve çizim amaçlı kullanılmaktadır, VIP-PLANOPT ise dayanıklı hibrit optimizasyon algoritmasıdır. Kullanıcı tarafından belirtilen yükleme ve boşlatma noktalarını dikkate alan yerleşim düzenlerini optimize etme özelliğine sahiptir. Yerleşim düzeninde modüllerin şeklinin ve boyutunun sınırlarını belirleme imkanı sunar.

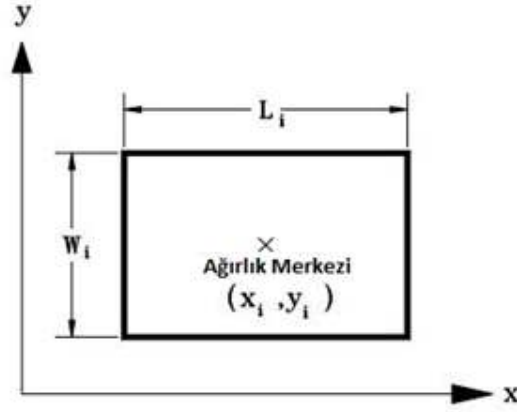
4.1.1. Modül

Modül; bölümler, makineler, odalar, hücreler veya boşluk gibi fonksiyonel birimleri ifade eden dikdörtgensel yapı bloklarıdır. Modülün en boy oranı x eksenindeki boyutunun y eksenindeki boyutuna oranı olarak ifade edilir. Bir i modülü için en boy oranı R_i ile ifade edilir ve aşağıdaki ifade ile verilir.

$$R_i = W_i / L_i$$

Modülün alanı A_i ile ifade edilir ve aşağıdaki ifade ile verilir.

$$A_i = W_i * L_i$$



Şekil 16. Modül

4.1.2. Modül Tipi

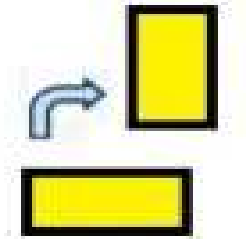
Programda Hard ve Soft olmak üzere iki tip modül vardır. Modülün en boy oranı (boyutları) değişmiyorsa sabit (hard) modül olarak adlandırılır ve bu tür modüllerin boyutları (uzunluk ve genişlik) kullanıcı tarafından belirlenir. Sabit modüllerin boyutları optimizasyon sırasında değiştirilemez. Modülün en boy oranı değiştirilebiliyorsa esnek (soft) modül olarak adlandırılır. Esnek modüllerin boyutları optimizasyon sırasında değiştirilebilir.

4.1.3. Modül Konumu

Modül hareketli veya sabit olabilir. Hareketli modüllerin optimum konumu program tarafından belirlenir. Sabit modüller optimizasyon sırasında hareket ettirilmez ve optimum düzen kullanıcı tarafından belirtilen pozisyonlarda sabit tutulur.

4.1.4. Modül Yönlendirme

Modülün yönü sabittir ya da değiştirilmesine izin verilebilir. Program maliyeti en aza indirecek tüm değişken yönlü optimizasyonları kullanarak en uygun yönü bulur. Bu özellik ile bir modülün yönü optimizasyon yapılırken doksan derece döndürülebilir.



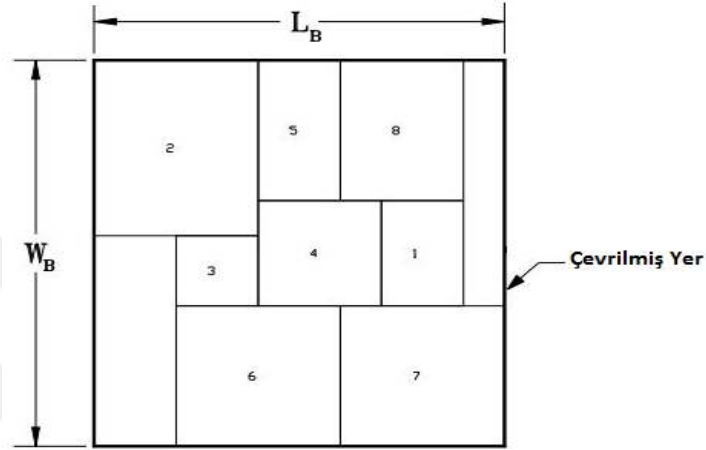
Şekil 17. Değişken Yönelim Modülü

4.1.8. Sınır Şekli

Bazı yerleşim düzeni uygulamalarının belirli bir sınır dahilinde olması amaçlanmıştır. Herhangi bir sınır şekli belirlenebilir ve tek kısıtlama sınır şeklinin dik çizgi parçalarından oluşması gerekir.

4.1.9. Çevrilmiş Yer

Optimize edilmiş yerleşim düzeninde tüm modülleri çevreleyen sınırlayıcı dikdörtgen, çevrilmiş yer olarak adlandırılır.



Şekil 20. Bir Yerleşim Düzeni Modülünü Çevreleyen Sınırlayıcı Dikdörtgen

4.1.10. Akış Matrisi

Akış matrisi tüm modül çiftleri arasında malzeme, ekipman veya personel akışını verir. i ve j gibi herhangi iki modül arasındaki akış F_{ij} ile gösterilir. F_{ij} iki modül arasında birim zamanda hareket eden birim yüklerin sayısı olarak ifade edilir. Birim yük belirli bir zamanda taşınan ya da hareket ettirilen birimi ifade eder. Birim yük malzeme taşımak için kullanılacak konteyner, taşıyıcı ya da destekleyici ekipmanları içerir.

4.1.11. Maliyet Matrisi

i ve j gibi herhangi iki modül arasındaki birim mesafe başına akışın toplam maliyetini temsil eder ve α_{ij} ile gösterilir

$$\alpha_{ij} = f_{ij} * u_{ij}$$

f_{ij} ve u_{ij} değerleri ayrı ayrı girilebildiği gibi f_{ij} değeri doğrudan girilebilir. Maliyet matrisi aynı zamanda aktivite ilişkisi listelerinde verilen yakınlık puana göre aktivite ilişkisi matrisi olarak ifade edilir.

4.2. Mesafe Kuralları

4.2.1. Doğrusallık Kuralı

Manhattan kuralı olarak da bilinir. İki nokta arasındaki d_{ij} mesafesi x ve y eksenleri boyunca doğrusal mesafelerin toplamıdır.

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|$$

4.2.2. Öklid Kuralı

Öklid kuralı iki nokta arasında çizilen düz bir çizgi ile yapılan en kısa mesafe olarak tanımlanır.

$$d_{ij} = ((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2)^{1/2}$$

4.2.3. Karesi Alınmış Öklid Kuralı

İki nokta arasındaki d_{ij} mesafesi Öklid mesafe kuralının karesi olarak tanımlanır.

$$d_{ij} = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2$$

Yerleşim düzeni optimizasyonunda amaç fonksiyonu genellikle "maliyet" veya "maliyet fonksiyonu" olarak anılmaktadır ve en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Amaç fonksiyonu uygulamaya bağlı olarak değişiklik gösterir.

4.3. Maliyet Fonksiyonu

F_1 Maliyet Fonksiyonu:

F_1 fonksiyonu, maliyet (ilişki) matrisi simetrik olduğu zaman geçerlidir.

$$F_1 = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n f_{ij} \cdot u_{ij} \cdot d_{ij}$$

$$F_1 = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \alpha_{ij} \cdot d_{ij}$$

F_2 Maliyet Fonksiyonu:

F_2 fonksiyon simetrik ve simetrik olmayan maliyet (ilişki) matrisi için kullanılabilir. Simetrik olmayan maliyet matrisi tesis yerleşimi tasarımı için yaygın olarak kullanılır.

$$F_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot u_{ij} \cdot d_{ij}$$

$$\mathbf{F}_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \cdot \mathbf{d}_{ij}$$

Simetrik maliyet matrisi $\mathbf{F}_2 = 2 * \mathbf{F}_1$

F₃ Maliyet fonksiyonu

A_B dikdörtgensel bölgeyle çevrelenmiş yerleşim alanını; ω ise bu alan üzerinde kullanıcı tarafından belirlenen ağırlığı göstermektedir. F_3 fonksiyonu simetrik olmayan maliyet (ilişki) matrisi için kullanılabilir.

$$\mathbf{F}_3 = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1+1}^n \mathbf{f}_{ij} \cdot \mathbf{u}_{ij} \cdot \mathbf{d}_{ij} + \omega \cdot \mathbf{A}_B$$

$$\mathbf{F}_3 = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1+1}^n \alpha_{ij} \cdot \mathbf{d}_{ij} + \omega \cdot \mathbf{A}_B$$

F₄ Maliyet fonksiyonu

Simetrik olmayan maliyet (ilişki) matris fonksiyonu için F_4 fonksiyonu kullanılır. (VIP-PLANOPT 10 User's Manual 2010:7-20)

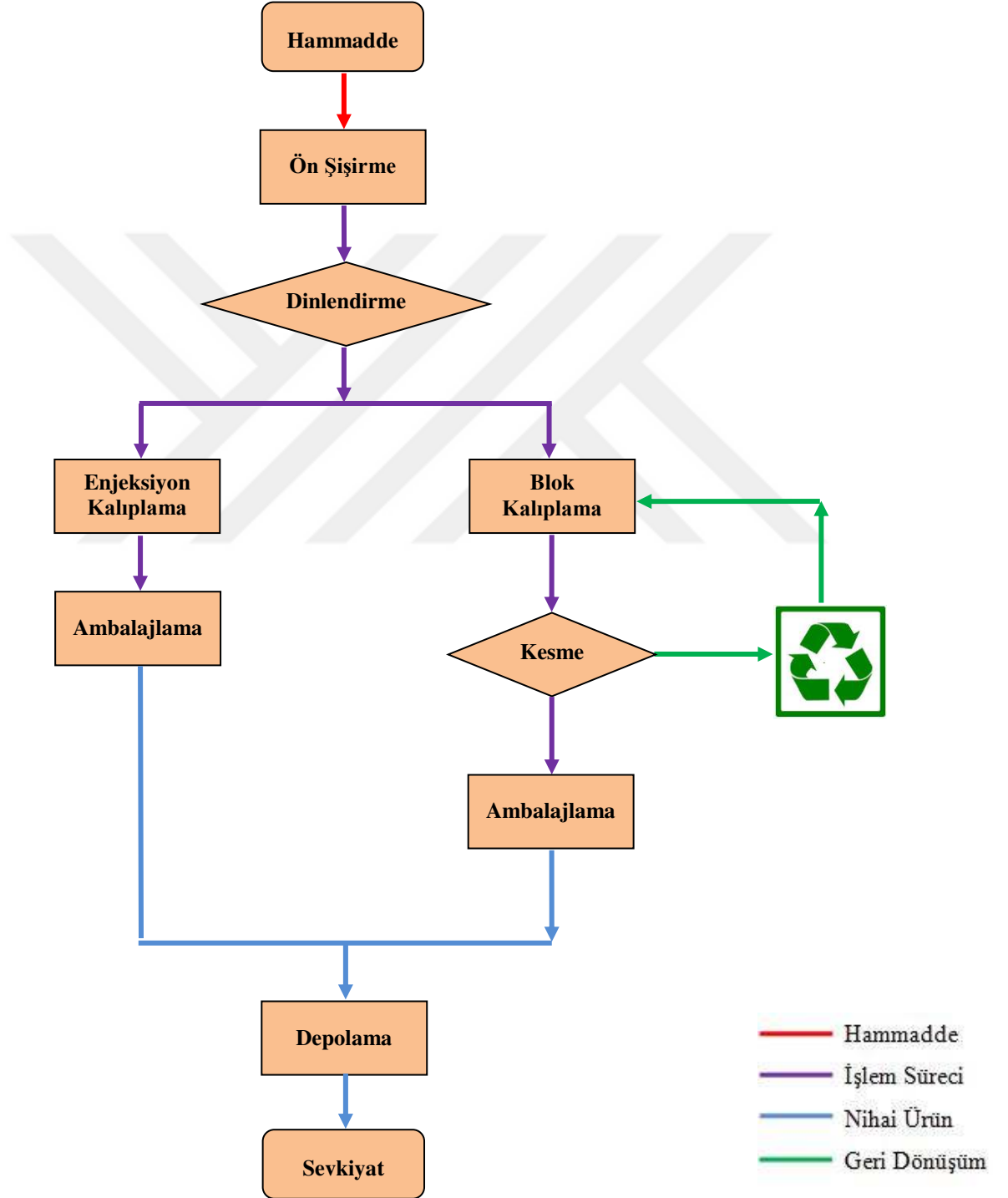
$$\mathbf{F}_4 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \mathbf{f}_{ij} \cdot \mathbf{u}_{ij} \cdot \mathbf{d}_{ij} + \omega \cdot \mathbf{A}_B$$

$$\mathbf{F}_4 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \cdot \mathbf{d}_{ij} + \omega \cdot \mathbf{A}_B$$

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. ISI YALITIM FİRMASI TESİS YERLEŞİM DÜZENİ UYGULAMASI

5.1. EPS Üretim Aşamaları



Şekil 21. EPS Üretim Akış Şeması

5.1.1. Hammadde

EPS, expanded polystyren yani genleştirebilen polistrenin kısaltmasıdır. Geniştirilebilen polistiren şişirme maddesini içeren katı bir hücreli plastikten oluşur. EPS'nin hammaddesi petroldür ve hava içeren çok sayıda mikro gözenekli bir yapıdır. Isı yalıtımı konusunda oldukça iyi bir karakteristik göstermektedir. Isı sanayi ve ambalaj sanayisinde yaygın olarak kullanılır.

EPS'nin - Özellikleri

- 1- Yüksek ısı yalıtımı sağlar.
- 2- En ekonomik yalıtım malzemesidir.
- 3- Basınca çok dayanıklıdır. Yoğunluk arttıkça basınca dayanımı artar.
- 4- Kapalı gözenekli olduğu için pratik olarak ıslanmaz, yalıtımı sürekli yapar.
- 5- Kalınlığı zamanla incelmez sabit kalır.
- 6- Çevre dostu bir malzemedir. İçinde ozon tabakasına zarar verici kloroflorokarbon gazı yoktur.
- 7- Geri dönüşümlü bir malzeme olup, üretim esnasında çevreyi kirlilecek atık çıkarmaz.
- 8- Buhar geçirimsizliği yüksektir. Yoğunluk arttıkça buhar geçirimsizliliği de artar.
- 9- Sıcağa karşı dirençlidir. Maksimum dayanımı sıcaklığın süresine ve dercesine bağlıdır. Maksimum 75-85 C minimum olarak -180 C'ye kadar kullanılır.



Resim 12. Hammaddenin Taşınması

5.1.2. Şişirme İşlemi

EPS hammaddesi ön genişletici adı verilen özel makinelerde buhar yoluyla 100-110 C derece arasında ısıtılır. Ön şişirme işlemi boyunca yoğun yapıya sahip hammadde hava tutma özelliğine sahip hücreli yapıya dönüşür. Yüksek sıcaklık boncukları yumuşatır ve içerdikleri boşluklar sayesinde orijinal boyutuna göre 50 kata kadar genişlemesine neden olur. Köpüğün sahip olacağı yoğunluğu bu aşamadaki kütle yoğunluğu belirler. (<http://www.hirsch-gruppe.com>)



Resim 13. Şişirme Bölümü

5.1.3. Dinlendirme İşlemi

Önceden şişirilmiş EPS boncuklar havalandırılmalı kumaş silolarda depolanır. Ön şişirmeden sonra soğutma işlemi gerçekleştirilir. Soğutulan parçaların hava difüzyonu ile dengelenmesi gerekir bununla birlikte kurutma işlemi de gerçekleştirilir. Bu sayede mekanik esneklik sağlanır ve genişleme kapasitesi artırılır.



Resim 14. Dinlendirme Bölümü

5.1.4. Kalıplama İşlemi

Bu aşamada boncuklar bir metal kalıp içine yerleştirilir. Kalıp kapatılır ve buhar içinden geçirilir. Boncuk içinde kalan şişirme maddesi yeniden genişletilir ve boncukların birbirine bağlanması sağlanarak köpük homojen bir blok halinde kaynaştırılır. Kısa bir soğutma aşamasından sonra köpük kalıptan çıkarılır ve daha fazla işlenmeden önce stabilize edilir. Bu şekilde blok şekilde kalıplar elde edilir.



Resim 15. Kalıplama Bölümü

5.1.5. Kesme İşlemi

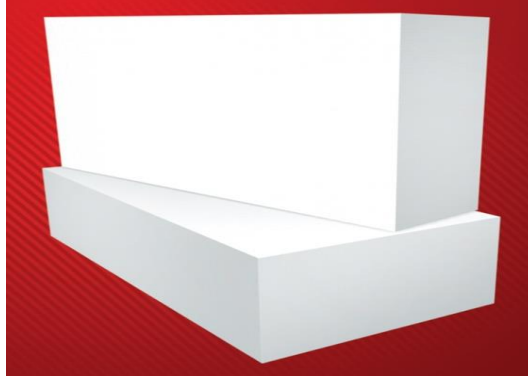
Kalıplama işlemi sonrasında bekletilen yeni kalıp blokları kesme ekipmanları ile nihai boyutlarına kesilebilir. (Andersen, 2011:3-4)



Resim 16. Kesme Bölümü

5.1.6. Nihai Ürün ve Depolama İşlemi

Bitmiş EPS'nin %98'i havadan oluşur ve çok hafiftir. Nihai ürün forklift yardımıyla parçalar halinde taşınarak sevkiyata sunulmak üzere depoya taşınır.



Resim 17. Nihai Ürün



Resim 18. Depolama Bölümü

5.1.7. Geri Dönüşüm İşlemi

Kullanılan EPS'nin üretim atıklarının geri dönüşümü EPS işleme tesislerinde faaliyetlerin ayrılmaz bir parçası oluşturur. Basit hazırlık süreçleri ile bu malzemeler ya üretim döngüsü içine geri koyulmakta ya da yeni ürünler halinde işlenmektedir.

5.2. Isı Yalıtım Fabrikası Üretim Bilgileri

1. Tesis hammadde ve nihai ürün deposu ile üretim faaliyetlerinin gerçekleştiği üretim tesisi olmak üzere iki ana binadan oluşmaktadır. Üretim tesisinde yukarıda belirtilen her bir üretim aşamasını gerçekleştirecek EPS dinlendirme bölümü, şişirme bölümü, blok kalıplama bölümü, enjeksiyon kalıplama bölümü, enjeksiyon dinlendirme bölümü, blok kesme ve paketlenme bölümü, enjeksiyon stok bölümü, enjeksiyon paketlenme bölümü, blok stok bölümü, hammadde ve nihai ürün deposu olmak üzere on bölümden oluşmaktadır. Bu on bölümden oluşan üretim alanına ilişkin bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Üretim Tesisi Bölüm Boyutları

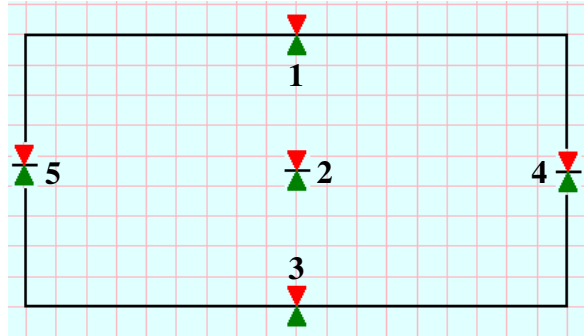
Bölüm Adı	Alan
EPS Dinlendirme Bölümü	$9*24= 216 \text{ m}^2$
Şişirme Bölümü	$9*10= 90 \text{ m}^2$
Blok Kalıplama Bölümü	$8*12=96 \text{ m}^2$
Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	$9*18 =162 \text{ m}^2$
Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	$9*20=180 \text{ m}^2$
Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	$11*30=330 \text{ m}^2$
Enjeksiyon Stok Bölümü	$10*34=340 \text{ m}^2$
Enjeksiyon Paketleme Bölümü	$7*12=84 \text{ m}^2$
Blok Stok Bölümü	$12*90=1080 \text{ m}^2$
Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	$40*50 = 2000 \text{ m}^2$
Tüm Tesis	$154*62=9548 \text{ m}^2$

2. Tesiste eps ve eps board olmak üzere iki ürün üretilmektedir. EPS, blok kalıplama makinesinden çıkan üründür şekil ve büyüklük itibariyle blok adını almıştır. Blok makinesine giren hammadde blok makinesi büyüklüğünde çıkar. Bu bloklar, tel ile istenilen ebatlarda kesilerek levha olur. EPS board ise enjeksiyon makinesine yerleştirilen kalıba uygun olarak o kalıp formunda üretilen ürün olarak tanımlanır.
3. Tesis yıllık 220.000 m^3 üretim yapmaktadır. Bu üretimin 176.000 m^3 eps, 44.000 m^3 eps board ürünüdür. Bu üretim için gerekli hammadde miktarı yıllık 2.700 ton'dur. Birim çiftleri arasındaki tüm taşımaların forklift ile yapıldığı, akış hareketinin x-y dik doğrusal düzlemi boyunca ve akış için en kısa yolun kullanıldığı kabul edilmektedir.
4. Akış sayısı birim yük cinsinden hesaplanmıştır ve birim yük bir forklift tarafından bir seferde taşınan yük miktarıdır. Tüm birim çiftleri arasında birim akış başına birim yük miktarı ağırlık cinsinden 5 ton, hacim cinsinden 5 m^3 olarak kabul edilmiştir.

5. Mevcut yerleşim düzeninde üretim birimi, hammadde ve nihai ürün deposundan ayrı bir bina içerisinde ve tüm üretim bölümlerini içine alacak şekilde yerleşim düzeni oluşturulmuştur.
6. Malzeme akışı hammadde deposundaki hammaddeden başlanarak satışa sunulmak üzere nihai ürün deposunda depolanan ürüne kadar ki işlem süreçlerinin tümünü kapsayacak şekilde belirlenmiştir.
7. Hammadde ve nihai ürün deposu üretimin başladığı ve bittiği bölüm olmasından dolayı ve akış sayısı açısından yerleşim düzenini etkilediğinden üretim tesisiyle birlikte ele alınmıştır.
8. Mevcut yerleşim düzeninde hammadde ve nihai ürün deposu aynı bina içerisinde yer almaktadır. Binaya büyük tır tipi araçların giriş çıkışının kolay şekilde yapılabilmesi için yükleme ve boşlatma noktaları binanın eni boyunca uygun şekilde sağlanabilmektedir.
9. Tesis yerleşim düzeni açısından giriş/çıkış noktalarının yeri önem arz etmektedir. Yerleşim düzenleri oluşturulurken mevcut tesisteki giriş/çıkış noktaları tüm optimizasyon süreçleri için sabit kabul edilmiştir. EPS dinlendirme, enjeksiyon dinlendirme, enjeksiyon stok ve blok stok bölümleri için giriş çıkış noktası ağırlık merkezi olarak belirlenmiştir. Bu bölümlere giriş/çıkışlar akış hareketi için en kısa mesafeyi kullanarak gerçekleştirecek şekilde belirlenmiştir.

Tablo 4. Bölümlerin Yükleme-Boşaltma Noktaları

Bölüm Adı	Yükleme/Boşaltma Noktasının Konumu
EPS Dinlendirme Bölümü	Ağırlık Merkezi(2)
Şişirme Bölümü	Üst Orta Nokta(1)
Blok Kalıplama Bölümü	Üst Orta Nokta(1)
Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	Üst Orta Nokta(1)
Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	Ağırlık Merkezi(2)
Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	Sol/Sağ Kenar Orta Nokta(4-5)
Enjeksiyon Stok Bölümü	Ağırlık Merkezi(2)
Enjeksiyon Paketleme Bölümü	Sol/Sağ Kenar Orta Nokta(4-5)
Blok Stok Bölümü	Ağırlık Merkezi(2)
Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	Sol Kenar Orta Nokta(5)

**Şekil 22.** Yükleme/Boşaltma Noktalarının Sayfa Düzlemine Göre Yerleşim Düzeni Üzerinde Gösterimi

10. Uygulama sonuçlarının pratikte uygulanabilirliği için, iki bölüm çifti arasında forklift uzunluğu minimum mesafe kabul edilmiş ve bölüm çiftleri arasında 4 m boşluk bırakılmıştır.

11. Tesis yerleşim düzeni oluşturulmasında ilk olarak bölümler arası akış sayısının belirlenmesi gerekir. Hammadde ve nihai ürün deposu ile üretim tesisi arasındaki hammaddenin taşınımı resim 12’de görüleceği üzere variller içerisinde forkliftler aracılığıyla taşınmaktadır ve akış sayısı ağırlık cinsinden belirlenmiştir. Hammadde deposundan gelen eps hammaddesi, şişirme bölümünde şişirme işlemine tabi tutularak hacmi 50 kata kadar çıkarılmaktadır. Bu nedenle şişirme bölümünden sonraki bölümler arası taşıma işlemi hacim cinsinden yapılmaktadır. Şişirme bölümünden itibaren taşınan ürün miktarı (hacim cinsinden) nihai ürün miktarı (hacim cinsinden) olarak kabul edilmiş olup tüm birimler arasındaki akış miktarı bu değer üzerinden hesaplanmıştır. Bölümler arası akış sayısı hammadde ve nihai ürün deposu ile şişirme bölümü arasında ağırlık cinsinden hesaplanırken, diğer bölümler arasında hacim cinsinden hesaplanmıştır.

Tablo 5. Bölüm Çiftleri Arası Akış Matrisi

Akış. Baş. Böl. Akış. Bit. Böl	EPS Din. Böl.	Şişirme Böl.	Blok Kal. Böl.	Enjeks. Kalıp. Böl.	Enjeks. Din. Böl.	Blok Kes. Pak. Böl.	Enjeks. Stok Böl.	Enjeks. Pak. Böl.	Blok Stok Böl.	H&N Ürün Deposu
EPS Din. Böl.	0	0	35.200	0	0	0	0	0	0	0
Şişirme Böl.	35.200	0	0	0	8.800	0	0	0	0	0
Blok Kal. Böl.	0	0	0	0	0	0	0	0	35.200	0
Enjeks. Kalıp. Böl.	0	0	0	0	0	0	8.800	0	0	0
Enjeks. Din. Böl.	0	0	0	8.800	0	0	0	0	0	0
Blok Kes. Pak. Böl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.200
Enjeks. Stok Böl.	0	0	0	0	0	0	0	8.800	0	0
Enjeks. Pak. Böl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.800
Blok Stok Böl.	0	0	0	0	0	35.200	0	0	0	0
H&N Ürün Deposu	0	540	0	0	0	0	0	0	0	0

5.3. Taşıma Maliyetinin Hesaplanması:

5.3.1. Malzeme Taşıma Maliyet Hesap Yöntemi:

Birim yük taşıma maliyeti malzeme taşıma ekipmanının türüne bağlı olduğundan taşıma açısından farklılık gösterebilmektedir. Aynı büyüklükteki iki yükü taşıyan AGV, forklift, taşıyıcı vinç, robot kolu ya da insan gücünün taşıma maliyetine etkisi farklılık gösterebilmektedir. Malzeme taşıma ekipmanının değişken ve sabit maliyeti, işlem maliyeti, taşıma sürecine ilişkin maliyet, işçilik ve stok maliyetlerinin birleşiminden oluşur. Buna göre malzeme taşıma maliyeti aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$T_{ij} = LULT + \frac{d_{ij}}{S}$$

$$MHC_{ij} = N.C. \left(\frac{T_{ij} \cdot f_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T_{ij} \cdot f_{ij}} \right) + T_{ij} \cdot f_{ij} \cdot OP$$

f_{ij} : *i* bölümünden *j* bölümüne malzeme taşımak için yapılan akış sayısı

d_{ij} : *i* bölümü ile *j* bölümü arasındaki mesafe (metre)

$LULT$: akış başına ortalama yükleme ve boşaltma süresi (dakika)

S : malzeme taşıma ekipmanının (örneğin forklift) ortalama hızı (m/dakika)

C : malzeme taşıma ekipmanı için yatırım veya kiralama maliyeti

OP : dakika başına işgücü ve işgücü dışı (yakıt, elektrik ve bakım) işletme maliyetleri

N : Kullanılan MHD sayısı,

T_{ij} : *i* bölümünden *j* bölümüne akış başına malzeme taşıma zamanı (dakika), yükleme ve boşaltma zamanının, taşıma zamanına eklenmesi ile bulunur.

MHC_{ij} : *i* bölümünden *j* bölümüne taşınan malzemenin toplam taşıma maliyeti (Heragu, 2006:68, Hailemariam 2010:68-70)

5.3.2. Malzeme Taşıma Ekipmanı İçin Taşıma Maliyeti Hesabı:

- 1- Fabrikada taşıma işlemleri 2 adet forklift aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.
- 2- Forkliftler nakit olarak alındığından maliyete etkisi faydalı ömür tüketimi üzerinden hesaplanmıştır. Forkliftin faydalı ömrü, forklit üretim

katalogundan 4 yıl olarak belirlenmiş ve maliyete etkisi bu süre üzerinden hesaplanmıştır.

- 3- Forklift dizel yakıt ile çalışmaktadır. Forklift taşıma maliyeti hesaplanmasında işgücü ve işgücü dışı maliyetlerin hesaplanması gerekir. Bu maliyetler; bakım maliyeti, brüt işgücü maliyeti, yakıt tüketimi olarak belirlenmiştir.
- 4- İki adet forklift kullanılmıştır ve forkliftlerin toplam bedeli:
 $95.000\text{TL} \times 2 = 190.000 \text{ TL' dir}$
- 5- Bakım Maliyeti Yıllık: $2.400\text{TL} \times 2 = 4.800 \text{ TL' dir}$
- 6- Forklift Operatörü İçin Öngörülen Maaş: $2.100 \text{ TL} \times 2 \times 12 = 50.400 \text{ TL/yıl.}$
- 7- İşletme günde 8 saat ve haftada 5,5 gün çalışmaktadır.
- 8- Saatte Ortalama Yakıt Tüketimi= 4,1 Lt
- 9- Dizel Yakıt Fiyatı= 3,53 TL/Lt

Tablo 6. Malzeme Taşıma Ekipmanı Taşıma Maliyeti Hesabı

Maliyet Kalemi	Maliyet Miktarı
Forklift Maliyeti	47.500 TL/yıl
Forklift Bakım Maliyeti	4.800 TL/yıl
Forklift Operatörü İçin Öngörülen Maaş	50.400 TL/yıl
Yakıt Tüketimi	65.302 TL/yıl
Forkliftin Çalışma Zamanı	137.280 dakika/yıl
Yükleme ve Boşaltma Zamanı(T_{ij})	1,02 dakika
Forkliftin Ortalama Taşıma Maliyeti(dakika)	0, 88 TL/dakika

5.4. Tesis Yerleşim Düzeninin Tasarımı

İşletmeler kompleks bir yapı gösterdiğinden TYD çalışmalarının sadece tek ölçütlü olarak ele alınması yetersizdir. Problemlerin çok yönlü olarak ele alınması en uygun yerleşim düzeninin seçilmesi aşamasında işletmelere değişen koşullara uyum sağlama konusunda kolaylık sağlamaktadır. (Bilişik ve Bilişik, 2013:101)

Tesis yerleşim düzeni sabit olmamalı ve değiştirilebilme esnekliğine sahip olmalıdır. İyi bir tesis yerleşim düzeninde, mevcut yerleşim düzeni tasarımı sırasında gelecekteki ihtiyaçlar dikkate alınmalıdır. İhtiyacın ortaya çıkması durumunda tesis yerleşimi düzeni çok maliyetli olmadan ve kısa zamanda değiştirmeye müsait olmalıdır.

TYD kararları uzun süreli ve stratejik kararlardır. Problem tanımlanması ve analizi doğru şekilde yapılması TYD için öncelikli konu olarak karşımıza çıkar. Doğru bir analiz sürecinin sonunda TYD için birden fazla alternatif belirlenmeli ve işletme için en uygun tasarım seçilmelidir. En uygun TYD seçimi yapılırken tesisin bakımı ve gelecekteki plan değişiklikleri mutlaka dikkate alınmalıdır. (Tompkins, White, Bozer ve Tanchoco, 2010:13-15)

TYD tasarımı yapılırken üretim süreci, malzeme taşıma ekipmanları ve işgücü işletmenin ideale en yakın şekilde hizmet vermesini sağlayacak şekilde minimum alan kullanımını, hareketi, zamanı ve maliyeti sağlayacak şekilde birbirine uyumlu hale getirilmesi gerekir.

TYD tasarımında temel amaç malzeme taşıma maliyetlerinin azaltılması olarak belirlenmiştir. Malzeme taşıma maliyetinin azaltılması doğrudan mesafe bazlı hareketi azaltmakla mümkün olmaktadır. Mesafenin azaltılması, taşıma zamanı ve maliyeti doğrudan azaltacağından TYD tasarımlarında öncelikle mesafe bazlı hareketi azaltmaya yönelik önlemlerin alınması gerekir. Mesafe bazlı harekette belirleyici unsur malzeme taşıma sistemleridir. İşletmelerde malzeme taşıma sistemleri yoğun olarak kullanıyorsa tesis yerleşim düzenine uygun malzeme taşıma sistemleri seçilmeli ve malzeme taşıma güzergahı boyunca tesisler düzenlenmelidir. Çünkü malzeme hareketinin aldığı yol ve bu yolu alırken geçen süre maliyetleri doğrudan etkilemektedir. (Thai 2007:1-3)

İyi bir tesis yerleşim düzeninde, malzemelerin verimli taşınması, taşıma sürelerinin kısa olması, taşımanın kısa yollardan gerçekleşmesini sağlayacak yönde tasarlanması amaçlanmalıdır. (Hailemariam, 2010:6)

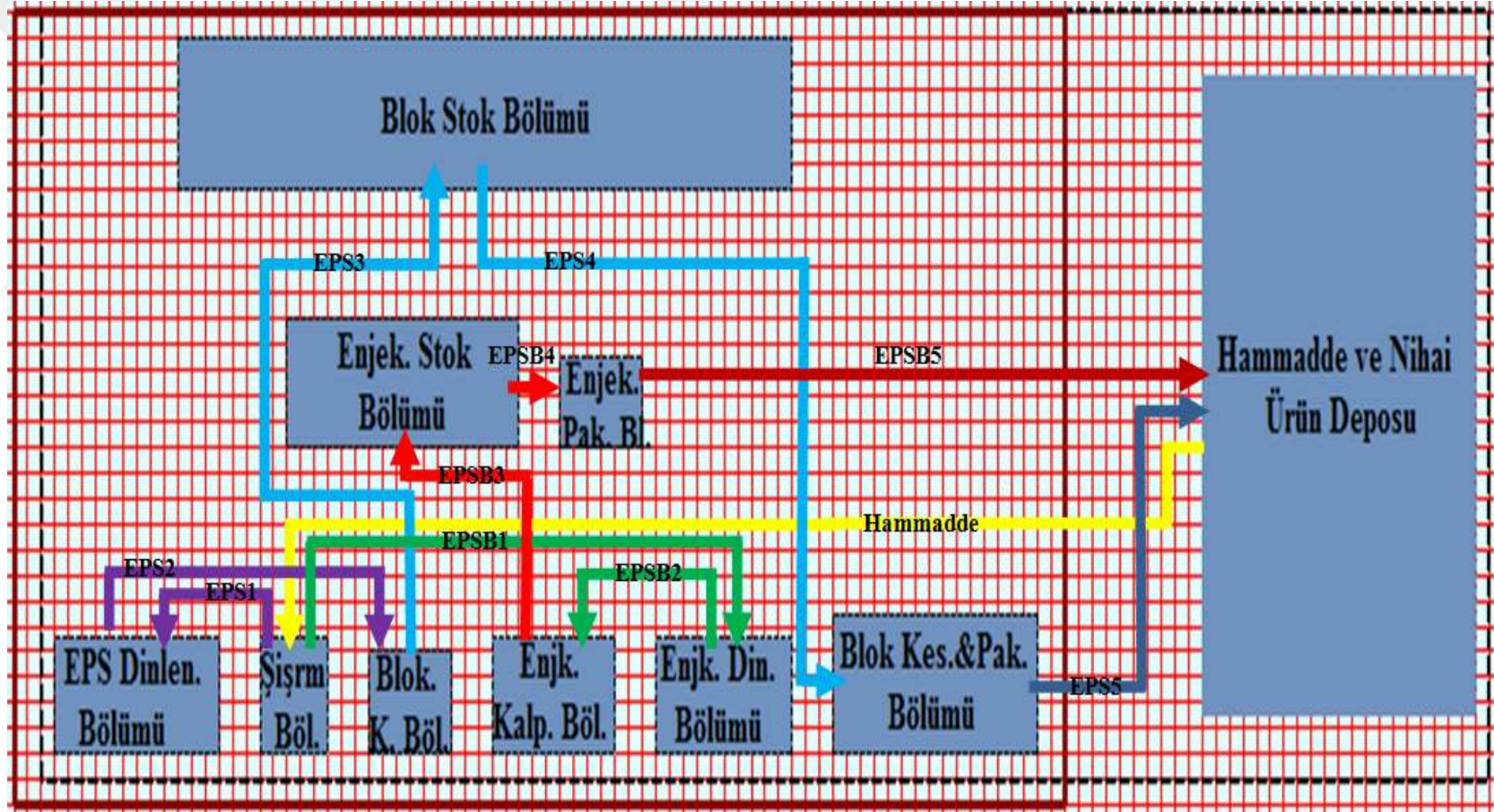
5.4.1. Tesis Yerleşim Düzeni Optimizasyonlarının Değerlendirilmesi:

5.4.1.1. Mevcut Yerleşim Düzeninin Optimizasyonu (Optimizasyon-1):

Yerleşim düzenindeki iyileştirmeyi ve yeni bir yerleşim düzeni tasarımının maliyet, zaman ve alınan yol açısından sağladığı avantajı görebilmek için öncelikle halihazırda işletmede var olan yerleşim düzeni analiz edilmiştir.

Üretim sürecinde iki tip ürün üretildiğinden iki farklı akış söz konusudur. Birincisi EPS üretiminin gerçekleştiği akış süreci, ikincisi EPS board (EPSB) üretiminin gerçekleştiği akış sürecidir.

Mevcut yerleşim düzeninde hammadde ve nihai ürün deposundaki hammadde, blok kesme ve paketleme bölümü, enjeksiyon dinlendirme bölümü, enjeksiyon kalıplama bölümü, blok kalıplama bölümlerini geçerek şişirme bölümüne ulaşmaktadır. Bu yerleşim düzeninde şişirme bölümü en uzak ikinci bölüm konumunda bulunmaktadır. Şişirme bölümünün en uzak ikinci bölüm olması ve akış süreci boyunca diğer bölümlerde işlem yapılmadan akışın ilk olarak buraya yapılması ve sonrasında diğer bölümlere geri dönülmesi alınan toplam mesafenin fazla olmasına neden olmuştur. Şişirme bölümünde işlem gören hammadde, eps ürününün üretimini gerçekleştirmek için EPS dinlendirme bölümü, blok kalıplama bölümü, blok stok bölümü, blok kesme ve paketleme bölümlerinde işlem görerek nihai ürün deposuna ulaşmıştır. Şişirme bölümündeki işlemlerden sonra gerçekleşen ikinci akış sürecinde ise eps board adlı ürünün üretimini gerçekleştirmek için enjeksiyon dinlendirme bölümü, enjeksiyon kalıplama bölümü, enjeksiyon stok bölümü ve enjeksiyon paketleme bölümlerinde işlem görerek nihai ürün deposuna ulaşmıştır. Bölümlerin bu şekildeki yerleşimi sonucu birim akış başına toplam 716 metre yol katedilmiş ve bu akış 15,51 dakika sürmüştür. Yıllık toplam taşıma maliyeti 275.294 TL olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 23. Mevcut Yerleşim Düzeni(1 grid=2 m)

Tablo 7. Mevcut Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasında Katedilen Mesafe ve Harcanan Zaman

Akışın Başladığı Bölüm	Akışın Bittiği Bölüm	Mesafe (Metre)	Zaman (Dakika)
Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	Şişirme Bölümü	152	1,93
Şişirme Bölümü	EPS Dinlendirme Bölümü	26	1,18
EPS Dinlendirme Bölümü	Blok Kalıplama Bölümü	48	1,3
Blok Kalıplama Bölümü	Blok Stok Bölümü	88	1,548
Blok Stok Bölümü	Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	98	1,6
Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	44	1,28
Şişirme Bölümü	Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	79	1,49
Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	34	1,22
Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	Enjeksiyon Stok Bölümü	42	1,27
Enjeksiyon Stok Bölümü	Enjeksiyon Paketleme Bölümü	23	1,16
Enjeksiyon Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	82	1,51
Birim Akış Başına Toplam Mesafe/Zaman		716	15,51

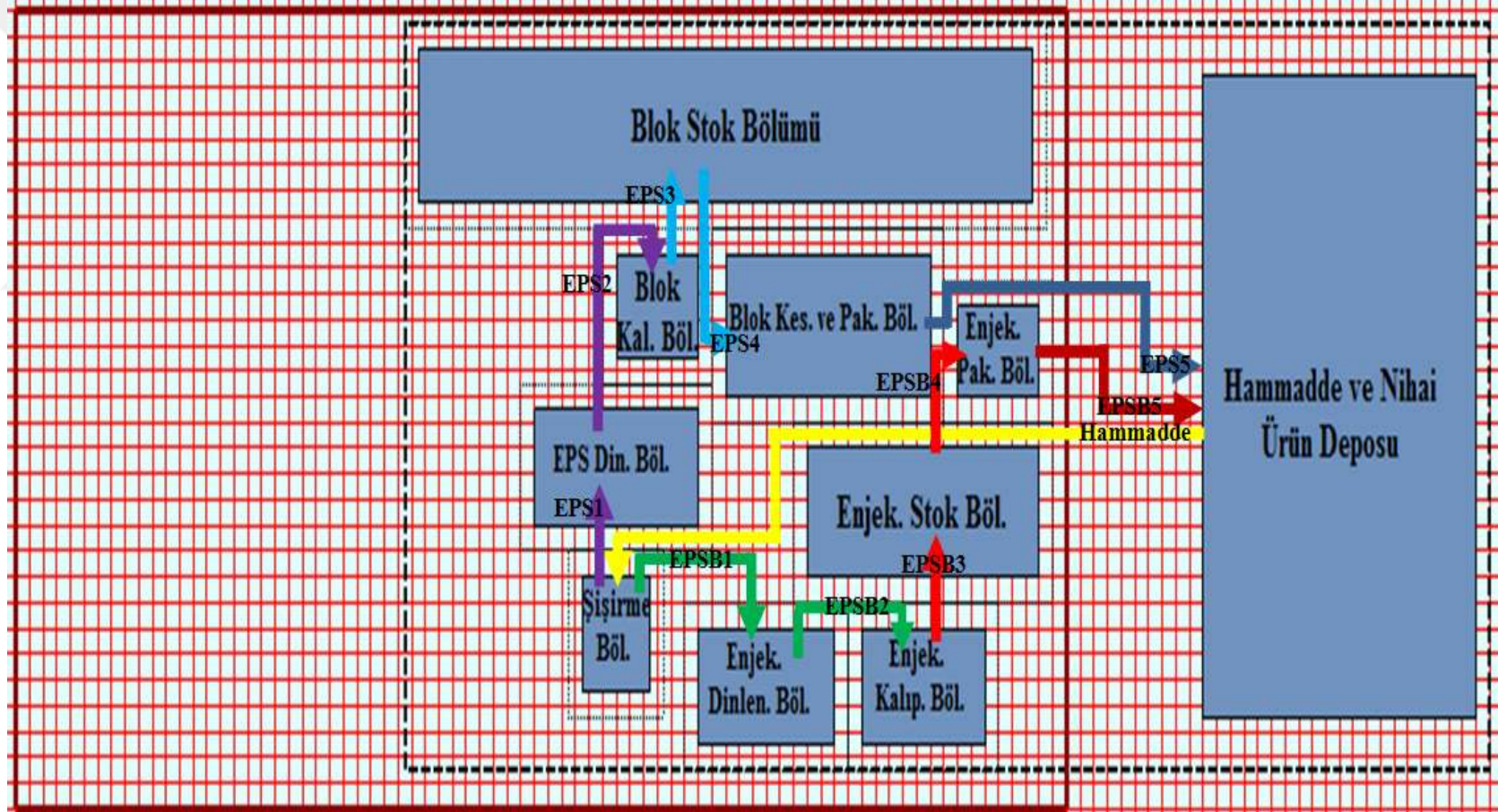
Tablo 8. Mevcut Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasındaki Taşıma Maliyeti

Akışın Başladığı Bölüm	Akışın Bittiği Bölüm	Maliyet(TL)
Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	Şişirme Bölümü	947
Şişirme Bölümü	EPS Dinlendirme Bölümü	37.563
EPS Dinlendirme Bölümü	Blok Kalıplama Bölümü	41780
Blok Kalıplama Bölümü	Blok Stok Bölümü	49.446
Blok Stok Bölümü	Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	51.362
Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	41.013
Şişirme Bölümü	Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	11.930
Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	9.774
Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	Enjeksiyon Stok Bölümü	10.157
Enjeksiyon Stok Bölümü	Enjeksiyon Paketleme Bölümü	9.247
Enjeksiyon Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	12.074
Toplam Maliyet		275.294

5.4.1.2. Üretim Tesis i ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun Sabit Olması Durumunda Elde Edilen Optimizasyon (Optimizasyon-2):

Mevcut durum üzerinde gerekli analizler yapıldıktan sonra tesis üzerinde iyileştirmelerin yerleşim düzeni üzerindeki etkileri iki aşamalı olarak incelenmiştir. İlk olarak üretim tesisin alanı ile hammadde ve nihai ürün deposunun alanı ve yerleşim konumu sabit tutulmuştur. Bu durumda elde edilen optimizasyon sonucunda üretim tesisi içerisindeki bölümler dikey olarak yerleştirilmiş, aralarındaki mesafe en az olacak şekilde ve depoya en yakın şekilde konumlandırılmıştır. Bu yerleşim düzeninde eps ve eps board üretimi için gerekli bölümler birbirine en yakın mesafede yerleştirilmiştir.

Bu optimizasyon sonucunda elde edilen yerleşim düzeninde birim akış başına toplam 282 metre yol katedilmiş ve bu akış 12,91 dakika sürmüştür. Yıllık toplam taşıma maliyeti 234.131 TL olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 24. Üretim Tesisi ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun Sabit Olduğu Yerleşim Düzeni(1 grid=2 m)

Tablo 9. Üretim Tesisi ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun Sabit Olduğu Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasında Katedilen Mesafe ve Harcanan Zaman

Akışın Başladığı Bölüm	Akışın Bittiği Bölüm	Mesafe (Metre)	Zaman (Dakika)
Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	Şişirme Bölümü	50	1,32
Şişirme Bölümü	EPS Dinlendirme Bölümü	9	1,07
EPS Dinlendirme Bölümü	Blok Kalıplama Bölümü	29	1,19
Blok Kalıplama Bölümü	Blok Stok Bölümü	12	1,09
Blok Stok Bölümü	Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	18	1,13
Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	52	1,33
Şişirme Bölümü	Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	30	1,2
Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	25	1,17
Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	Enjeksiyon Stok Bölümü	10	1,08
Enjeksiyon Stok Bölümü	Enjeksiyon Paketleme Bölümü	17	1,12
Enjeksiyon Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	30	1,2
Birim Akış Başına Toplam Mesafe/Zaman		282	12,91

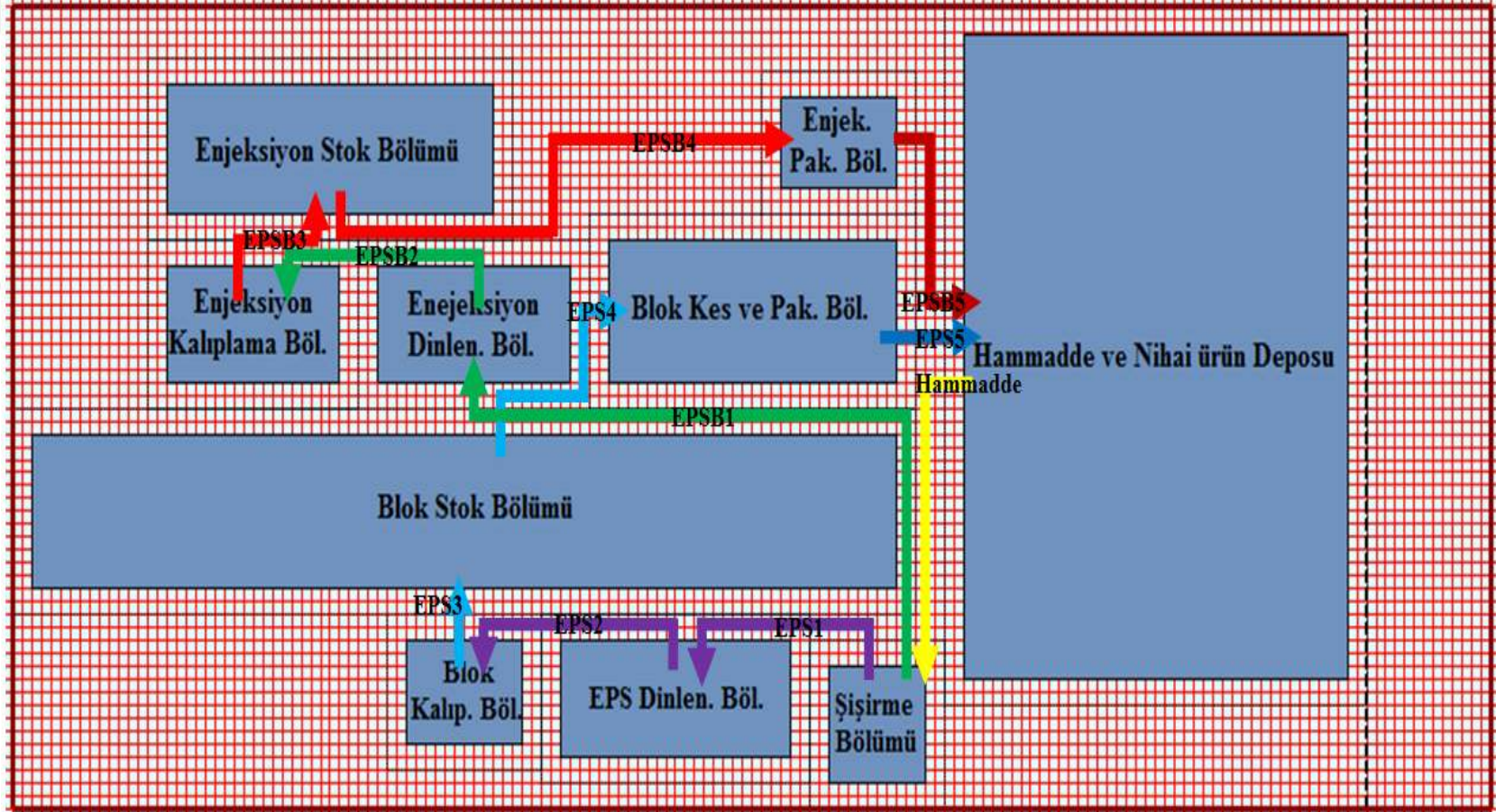
Tablo 10. Üretim Tesisi ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun Sabit Olduğu Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasındaki Taşıma Maliyeti

Akışın Başladığı Bölüm	Akışın Bittiği Bölüm	Maliyet(TL)
Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	Şişirme Bölümü	651
Şişirme Bölümü	EPS Dinlendirme Bölümü	34.525
EPS Dinlendirme Bölümü	Blok Kalıplama Bölümü	38383
Blok Kalıplama Bölümü	Blok Stok Bölümü	35.104
Blok Stok Bölümü	Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	36.261
Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai ürün Deposu	42819
Şişirme Bölümü	Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	9.644
Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	9.403
Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	Enjeksiyon Stok Bölümü	8.680
Enjeksiyon Stok Bölümü	Enjeksiyon Paketleme Bölümü	9.017
Enjeksiyon Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	9.644
Toplam Maliyet		234.131

5.4.1.3. Üretim Tesisinin Alanının Sabit Olması Durumunda Elde Edilen Optimizasyon (Optimizasyon-3):

Mevcut durum üzerindeki ikinci iyileştirmede üretim tesisinin alanı sabit tutulmuş hammadde ve nihai ürün deposu için sabit bir konum belirlenmemiştir. Bu durumda elde edilen optimizasyon sonucunda üretim tesisi içerisindeki bölümler yatay olarak yerleştirilmiştir. Üretim tesisi içerisindeki yerleşim düzeni eps ürünün üretimin sağlayacak bölümler birada ve eps board üretimini sağlayacak bölümler bir arada olacak şekilde yatay olarak yerleştirilmiştir.

Bu yerleşim düzeninde birim akış başına toplam 317 metre yol kat edilmiş, bu akış 13,18 dakika sürmüştür. Taşıma maliyeti 232.420 TL olarak gerçekleşmiştir. Bu optimizasyon sonucu ile optimizasyon 2’de elde edilen sonuç karşılaştırıldığında birim akış başına 35 metre daha fazla yol alınmış, seyahat süresi 0,3 dakika daha uzun sürmüştür ancak maliyette 1.711 TL’lik bir iyileşme elde edilmiştir. Birim akışta alınan mesafe ve seyahat süresi artarken maliyetteki azalmanın sebebi, eps ürününün akış sayısının eps board ürününün akış sayısından yüksek olması ve bunun sonucu olarak optimizasyon-2 deki üretim sürecinde eps ürününün katettiği toplam mesafenin daha fazla olması etkili olmuştur. Tüm akış sayısı dikkate alındığında alınan mesafe ve seyahat süresinde de iyileşme gözlenmiştir.



Şekil 25. Üretim Tesisi Alanının Sabit Olması Durumunda Elde Edilen Yerleşim Düzeni (1 grid=1 m)

Tablo 11. Üretim Tesisinin Alanının Sabit Olduğu Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasında Katedilen Mesafe ve Harcanan Zaman

Akışın Başladığı Bölüm	Akışın Bittiği Bölüm	Mesafe (Metre)	Zaman (Dakika)
Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	Şişirme Bölümü	30	1,2
Şişirme Bölümü	EPS Dinlendirme Bölümü	28	1,19
EPS Dinlendirme Bölümü	Blok Kalıplama Bölümü	28	1,19
Blok Kalıplama Bölümü	Blok Stok Bölümü	11	1,09
Blok Stok Bölümü	Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	17	1,12
Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai ürün Deposu	7	1,06
Şişirme Bölümü	Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	73	1,46
Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	28	1,19
Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	Enjeksiyon Stok Bölümü	16	1,12
Enjeksiyon Stok Bölümü	Enjeksiyon Paketleme Bölümü	60	1,38
Enjeksiyon Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	19	1,13
Birim Akış Başına Toplam Mesafe/Zaman		317	13,18

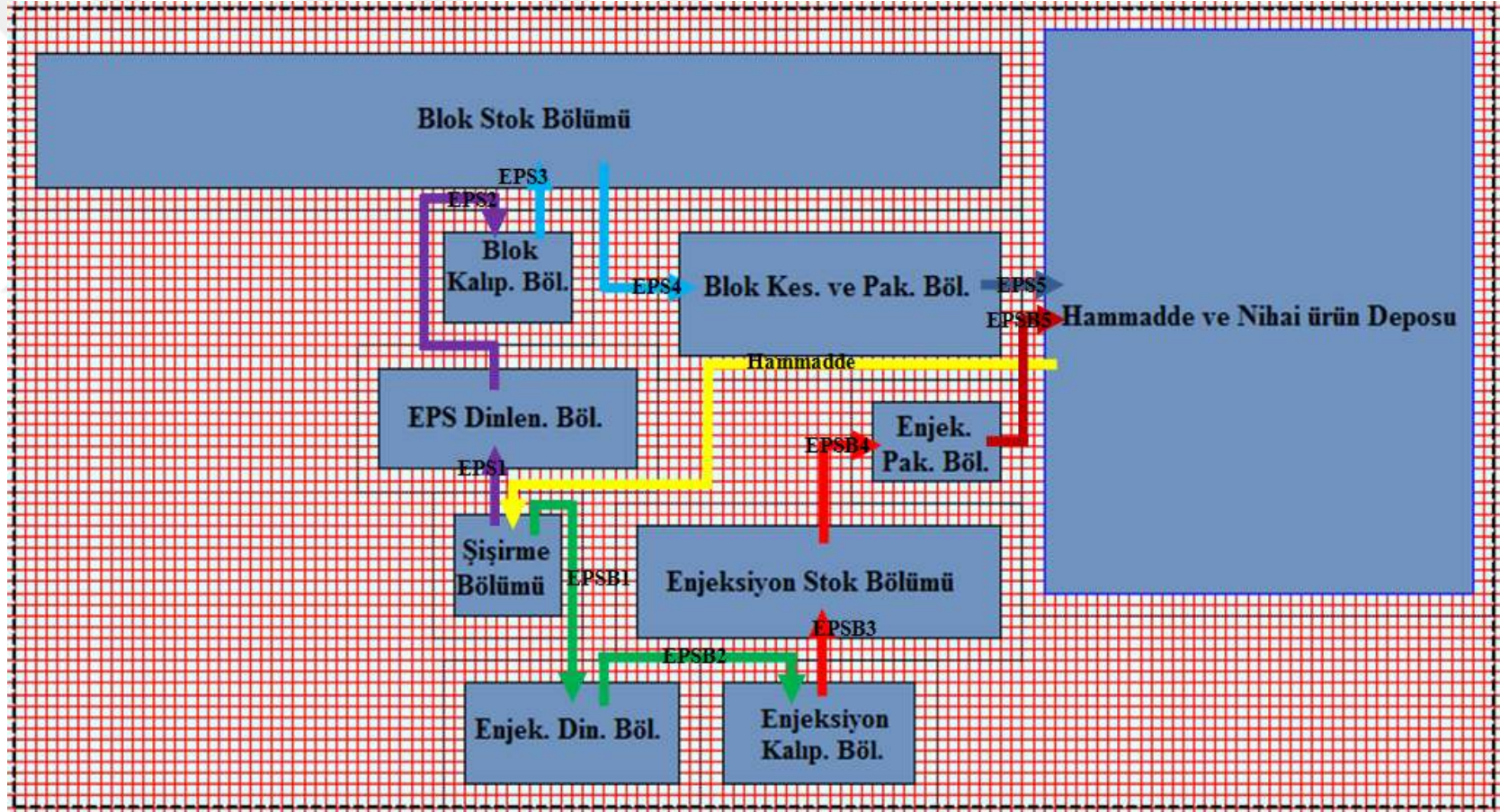
Tablo 12. Üretim Tesisinin Alanının Sabit Olduğu Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasındaki Taşıma Maliyeti

Akışın Başladığı Bölüm	Akışın Bittiği Bölüm	Maliyet(TL)
Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	Şişirme Bölümü	592
Şişirme Bölümü	EPS Dinlendirme Bölümü	38.172
EPS Dinlendirme Bölümü	Blok Kalıplama Bölümü	38.172
Blok Kalıplama Bölümü	Blok Stok Bölümü	34.895
Blok Stok Bölümü	Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	36.052
Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	34.124
Şişirme Bölümü	Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	11.712
Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	9.543
Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	Enjeksiyon Stok Bölümü	8.965
Enjeksiyon Stok Bölümü	Enjeksiyon Paketleme Bölümü	11.085
Enjeksiyon Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	9.109
Toplam Maliyet		232.420

5.4.1.4. Yeni Bir Tesisin Yerleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Optimizasyon (Optimizasyon-4):

Son durumda elimizde akış verilerinin ve üretim bölümlerinin boyutlarının bilindiği ancak herhangi bir alan ve yerleşim düzeni açısından ön koşulun olmadığı, tesisin ilk defa kurulduğu durumda yerleşim düzeni optimize edilmiştir. Optimizasyon sonucu oluşturulan yeni yerleşim düzeninde hammadde ve nihai ürün deposu diğer bölümler gibi üretim tesisinin bir bölümü olarak oluşturulmuştur. Üretimin son işlem birimi olan blok kesme ve paketleme bölümü ile enjeksiyon paketleme bölümü, depo bölümüne en yakın bölümler olacak şekilde yerleştirilmiştir. Daha önceki yerleşim düzenlerinden farklı olarak hem dikey hem de yatayda bölümler uygun şekilde yerleştirilmiştir. Birim akış başına toplam 248 metre yol kat edilmiş ve birim üretim için akış 12,7 dakika sürmüştür. Yıllık toplam taşıma maliyeti 226.554 TL olarak gerçekleşmiştir.

Bu optimizasyon sonucu elde edilen tesis yerleşim düzeni mevcut tesis yerleşim düzeni ile karşılaştırıldığında birim akış başına katedilen mesafe yaklaşık üçte iki oranında azalmış, seyahat süresinde 2,81 dakikalık bir iyileşme elde edilmiştir. Seyahat mesafesindeki iyileşmeye nazaran seyahat süresinde aynı oranda iyileşme elde edilememesinin nedeni birim başına yükleme ve boşlatma süresinin toplam seyahat süresi içerisinde birlikte ele alınması ve mesafeden bağımsız olarak sabit olarak hesaplanması etkili olmuştur.



Şekil 26. Yeni Bir Tesisin Yerleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Yerleşim Düzeni(1 grid=1 m)

Tablo 13. Yeni Bir Tesisin Yerleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasında Katedilen Mesafe ve Harcanan Zaman

Akışın Başladığı Bölüm	Akışın Bittiği Bölüm	Mesafe (Metre)	Zaman (Dakika)
Hammadde ve Nihai ürün Deposu	Şişirme Bölümü	63	1,4
Şişirme Bölümü	EPS Dinlendirme Bölümü	9	1,074
EPS Dinlendirme Bölümü	Blok Kalıplama Bölümü	35	1,23
Blok Kalıplama Bölümü	Blok Stok Bölümü	10	1,08
Blok Stok Bölümü	Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	24	1,16
Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	4	1,044
Şişirme Bölümü	Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	29	1,19
Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	29	1,19
Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	Enjeksiyon Stok Bölümü	11	1,09
Enjeksiyon Stok Bölümü	Enjeksiyon Paketleme Bölümü	19	1,13
Enjeksiyon Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai Ürün Deposu	15	1,11
Birim Akış Başına Toplam Mesafe/Zaman		248	12,7

Tablo 14. Yeni Bir Tesisin Yerleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Yerleşim Düzeni İçin Bölüm Çiftleri Arasındaki Taşıma Maliyeti

Akışın Başladığı Bölüm	Akışın Bittiği Bölüm	Maliyet(TL)
Hammadde ve Nihai ürün Deposu	Şişirme Bölümü	690
Şişirme Bölümü	EPS Dinlendirme Bölümü	34.548
EPS Dinlendirme Bölümü	Blok Kalıplama Bölümü	39.566
Blok Kalıplama Bölümü	Blok Stok Bölümü	34.741
Blok Stok Bölümü	Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	37.443
Blok Kesme ve Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai ürün Deposu	33.583
Şişirme Bölümü	Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	9.602
Enjeksiyon Dinlendirme Bölümü	Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	9.602
Enjeksiyon Kalıplama Bölümü	Enjeksiyon Stok Bölümü	8.733
Enjeksiyon Stok Bölümü	Enjeksiyon Paketleme Bölümü	9.119
Enjeksiyon Paketleme Bölümü	Hammadde ve Nihai ürün Deposu	8.926
Toplam Maliyet		226.554

5.4.2. Elde Edilen Optimizasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 15. Elde Edilen Optimizasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yerleşim Düzeni Tasarımları	Birim Akış Başına Alınan Yol (Metre)	Birim Akış Başına Harcanan Zaman (Dakika)	Yıllık Toplam Taşıma Maliyet (TL)
Optimizasyon-1	716	15,51	275.294
Optimizasyon-2	282	12,91	234.131
Optimizasyon-3	317	13.18	232.420
Optimizasyon-4	248	12,7	226.554

Elde edilen optimizasyon sonuçları, tesis yerleşim düzeni üzerinde yapılan iyileştirmeler açısından karşılaştırıldığında; mevcut yerleşim düzeninde yıllık toplam taşıma maliyeti 275.294 TL olarak gerçekleşirken mevcut tesis üzerinde iyileştirme yapıldığında yıllık toplam taşıma maliyeti 232.420 TL'ye düşmüş ve %15,57 oranında bir iyileşme elde edilmiştir.

Mevcut tesis yerleşim düzeni ile yeni bir tesis kurulumunun yerleşim düzenleri karşılaştırıldığında ise yıllık toplam taşıma maliyeti 275.294 TL'den 226.554 TL'ye düşmüş ve toplam taşıma maliyeti açısından %17,7 oranında bir iyileşme elde edilmiştir.

5.5. Malzeme Akış Ağı Tasarımı

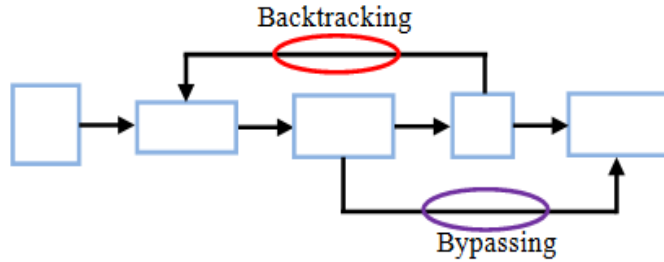
Malzeme hareketinin aldığı yol maliyetleri doğrudan etkilediğinden iyi tasarlanmış bir tesis düzeninde malzemelerin verimli taşınması, taşıma sürelerinin kısa olması, taşımanın kısa yollardan gerçekleşmesi beklenir.

Verimli bir tesis yerleşim probleminde backtracking, bypassing, congestion, istenmeyen malzeme akış ağı durumlarıdır. Bir tesis içinde bölümler arasındaki malzeme, bilgi, ya da insan hareketinin etkin bir şekilde akışının sağlanması için doğrudan akış yollarının maksimum sayıda, akış sayısını minimum sayıda olması gerekir. Backtracking, bypassing, congestion kesintisiz bir akış için engel teşkil etmektedir. Bu durum ürünlerin akışını etkiler ve akış hattının yerleşim düzenine bağlı olarak ortaya çıkar. (Hailemariam, 2010:6)

Backtracking akış hattında işlem sırasına göre bir parçanın mevcut işlemin devam ettiği süreçten geriye dönerek bir önceki işlem sürecine iletilmesi ve orada işlem görmesi olarak ifade edilmektedir. (Drira, Pierreval ve Gabouj, 2007:258-259)

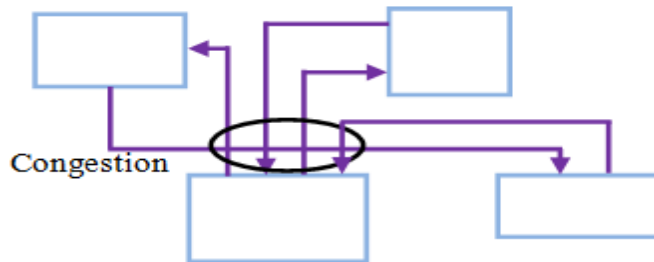
Bypassing işlem sırasında bazı parçaların sonraki işlem sürecini atlayarak başka bir işlem sürecine geçmesi olarak ifade edilir. Backtracking durumunda olduğu gibi bypassing durumunda da işlem sürecinin farklı bir sıraya göre düzenlenmesinden kaynaklanmaktadır. (Morad, 2000:5)

Genel olarak iş akışı aşağıdaki şekilde ifade edilirse, maliyeti azaltmak ve verimliliği arttırmak için hareketlerin sayısı minimize edilmelidir. Ok yönleri genel akış yönüne ters olduğundan bu okların etkisini en aza indirmek için makinelerin/bölümlerin sıralama kısıtları dikkate alınmalıdır.



Şekil 27. Backtracking- Bypassing

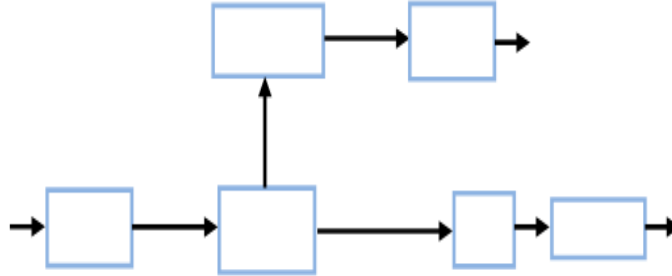
Congestion ise bölüm çiftleri arasında çok sayıda makine, insan ve ekipmanın akış yollarının birbirine karışmasından kaynaklanır, makine, insan, ekipman akışının sağlıklı bir şekilde yapılmasının engellemesi sonucu ortaya çıkan istenmeyen akış ağı durumudur.



Şekil 28. Congestion

Malzeme akış sürecinde backtracking, bypassing, congestion durumları dışında görülen diğer akış şekilleri, sıralı akış ve akış tekrarı olarak görülür. Bu akış şekilleri içerisinde arzu edilen, ürünlerin ya da işlem süreçlerinin daha kısa mesafelerde hareketi

gerçekleştirmesi, parça ve ürünlerin daha kolay taşınması ve üretim verimliliğinde artış sağlaması nedeniyle sıralı akış şeklidir. Bu nedenle tesis yerleşim planları yapılırken sıralı akışı temel alan planlar üzerinde durulmalıdır. (Tanchoco, 2012:85, Hailemariam, 2010:6)



Şekil 29. Sıralı Akış

5.5.1. Mevcut Yerleşim Düzeni Optimizasyonunun Malzeme Akış Ağı Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi (Optimizasyon-1):

Elde edilen optimizasyon sonuçları açısından backtracking, bypassing, congestion durumları incelendiğinde; mevcut yerleşim düzeninde hammaddenin depodan şişirme bölümüne işlem görmesi için yaptığı akış sırasında işlem sürecindeki birçok bölümü atlayarak şişirme bölümüne ulaşmış ve birçok noktada bypassing durumu görülmüştür.

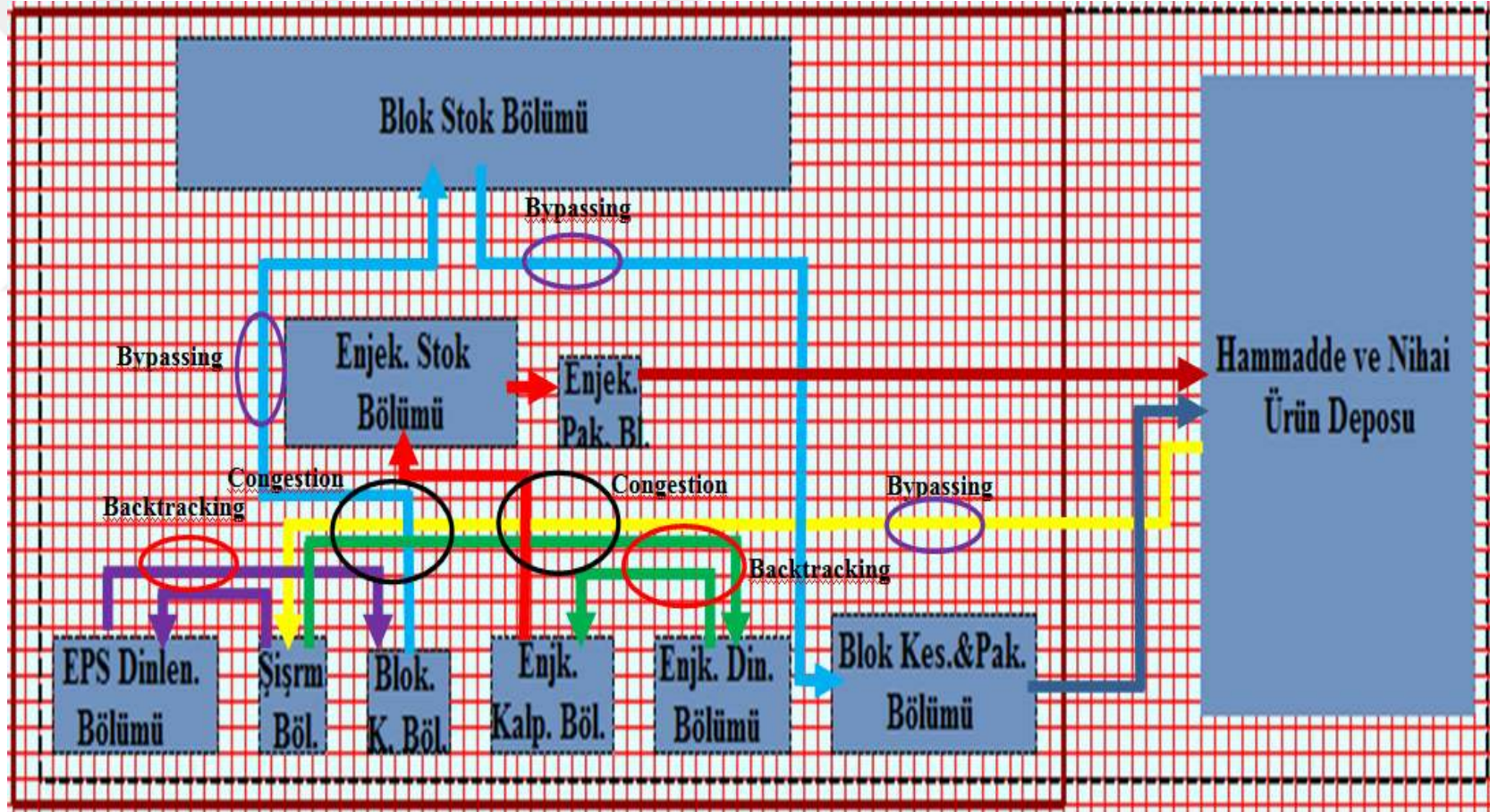
Eps üretimi için şişirme bölümünden sonra sıralı akış süreci devam etmiş ve eps dinlendirme bölümünde işlem gerçekleştikten sonra şişirme bölümünden önceki işlem birimi olan blok kalıplama bölümüne akış gerçekleşmiştir bu durum backtracking durumunun meydana gelmesine neden olmuştur. Blok kalıplama bölümü ile blok stok bölümü arasındaki akış sırasında işlem sırasında yer alan enjeksiyon stok bölümünde herhangi bir işlem yapılmamış ve akış doğrudan blok stok bölümüne yapılmış ve bypassing durumu ortaya çıkmıştır. Yine blok stok bölümü ile blok kesme ve paketleme bölümü arasındaki akış sırasında işlem sürecinde yer alan enjeksiyon paketleme bölümünde herhangi bir işlem yapılmadan ürün doğrudan blok kesme ve paketleme bölümüne ulaşmıştır ve burada da bypassing durumu gerçekleşmiştir.

EPS board üretimi için bakıldığında ise şişirme bölümünde işlem gören hammadde enjeksiyon dinlendirme bölümüne işlem görmek üzere akışı gerçekleştirerek backtracking durumunun oluşmasına neden olmuştur.

Hammadde deposu ile şişirme bölümü arasında, şişirme bölümü ile enjeksiyon dinlendirme bölümü arasında, blok kalıplama bölümü ile blok stok bölümü, enjeksiyon stok bölümü ile enjeksiyon kalıplama bölümü arasındaki akış yolu çok fazla kullanılmış, akış yolları birbirini farklı noktalarda birden fazla kez kesmiştir bu durum congestion olarak adlandırılan durumun meydana gelmesine neden olmuştur ve bu durum sağlıklı bir akışın oluşmasında büyük bir engel teşkil ederek yol, zaman ve maliyeti arttırıcı bir unsur olarak karşımıza çıkmıştır.

Mevcut yerleşim düzeninde, malzeme akış ilkeleri olan en fazla sayıda doğrudan yol sayısı ile en az sayıda akış sayısı kuralına birçok noktada ihlal edilmiştir.





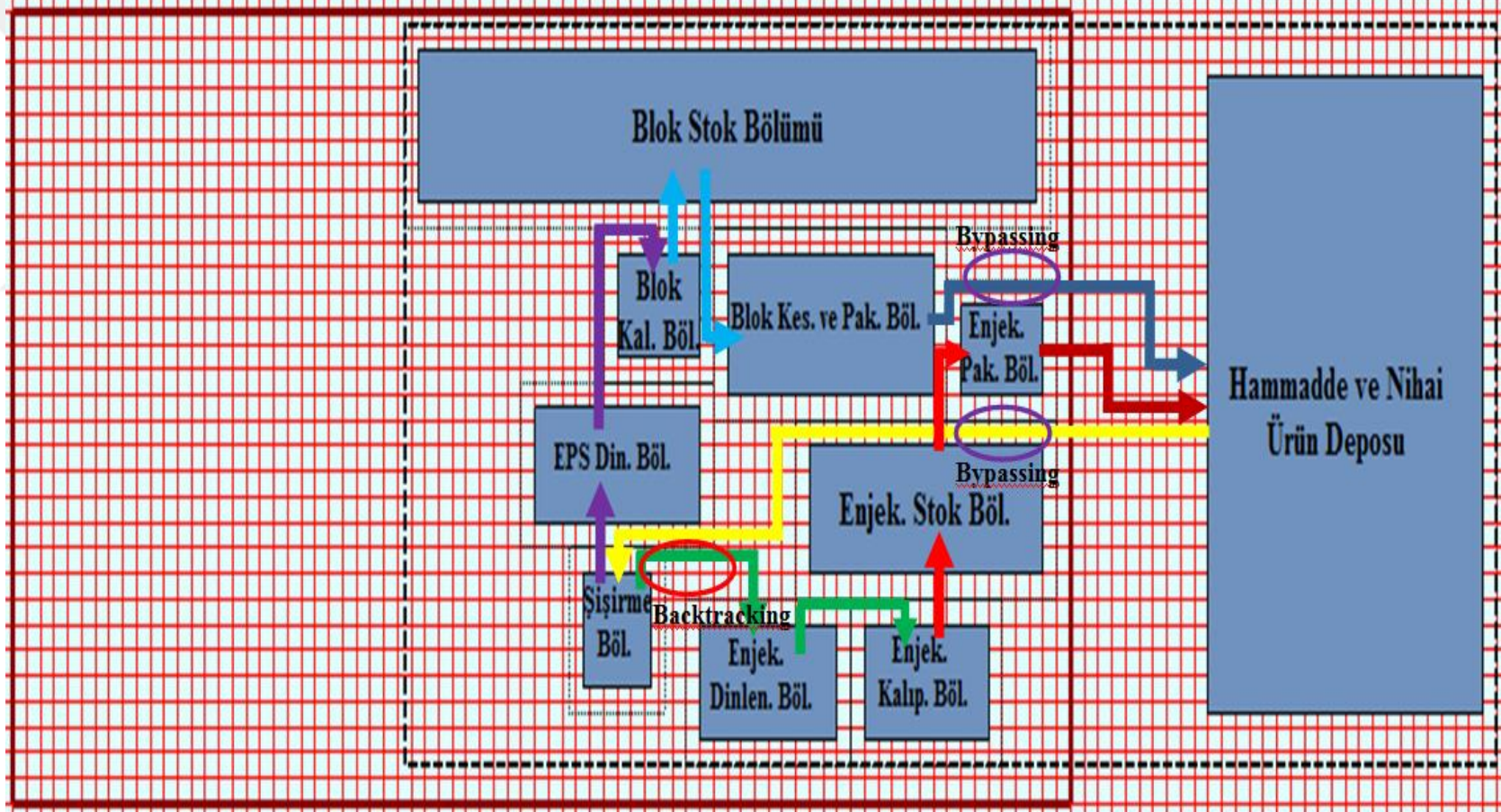
Şekil 28. Mevcut Yerleşim Düzeninin Malzeme Akış Ağı Tasarımı

5.5.2. Üretim Tesisi ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun Sabit Olması Durumunda Elde Edilen Optimizasyonun Malzeme Akış Ağı Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi (Optimizasyon-2):

Üretim tesisi ile hammadde ve nihai ürün deposunun alan ve konumunun sabit olması durumunda elde edilen optimizasyonda malzeme akış ağı tasarımı incelendiğinde; hammadde, depodan şişirme bölümüne işlem görmesi için yaptığı akış sırasındaki enjeksiyon paketleme bölümü, enjeksiyon stok bölümü, blok kesme ve paketleme bölümü, enjeksiyon dinlendirme bölümlerinde işlem yapmadan şişirme bölümüne ulaşmış ve birçok noktada bypassing durumu gerçekleşmiştir.

Eps üretimindeki akış sürecinde, blok kesme ve paketleme bölümünden sonra işlem sırasında yer alan enjeksiyon paketleme bölümünde herhangi bir işlem gerçekleşmeden nihai ürün deposuna akış gerçekleşmiş ve bypassing durumu meydana gelmiştir.

Eps board üretimindeki akış sürecinde ise şişirme bölümü ile enjeksiyon dinlendirme bölümü arasında backtracking durumu gerçekleşmiştir. Bu yerleşim düzeninde istenmeyen durumlar azaltılmış ancak yine de backtracking ve bypassing durumu ortadan kaldırılamamıştır.



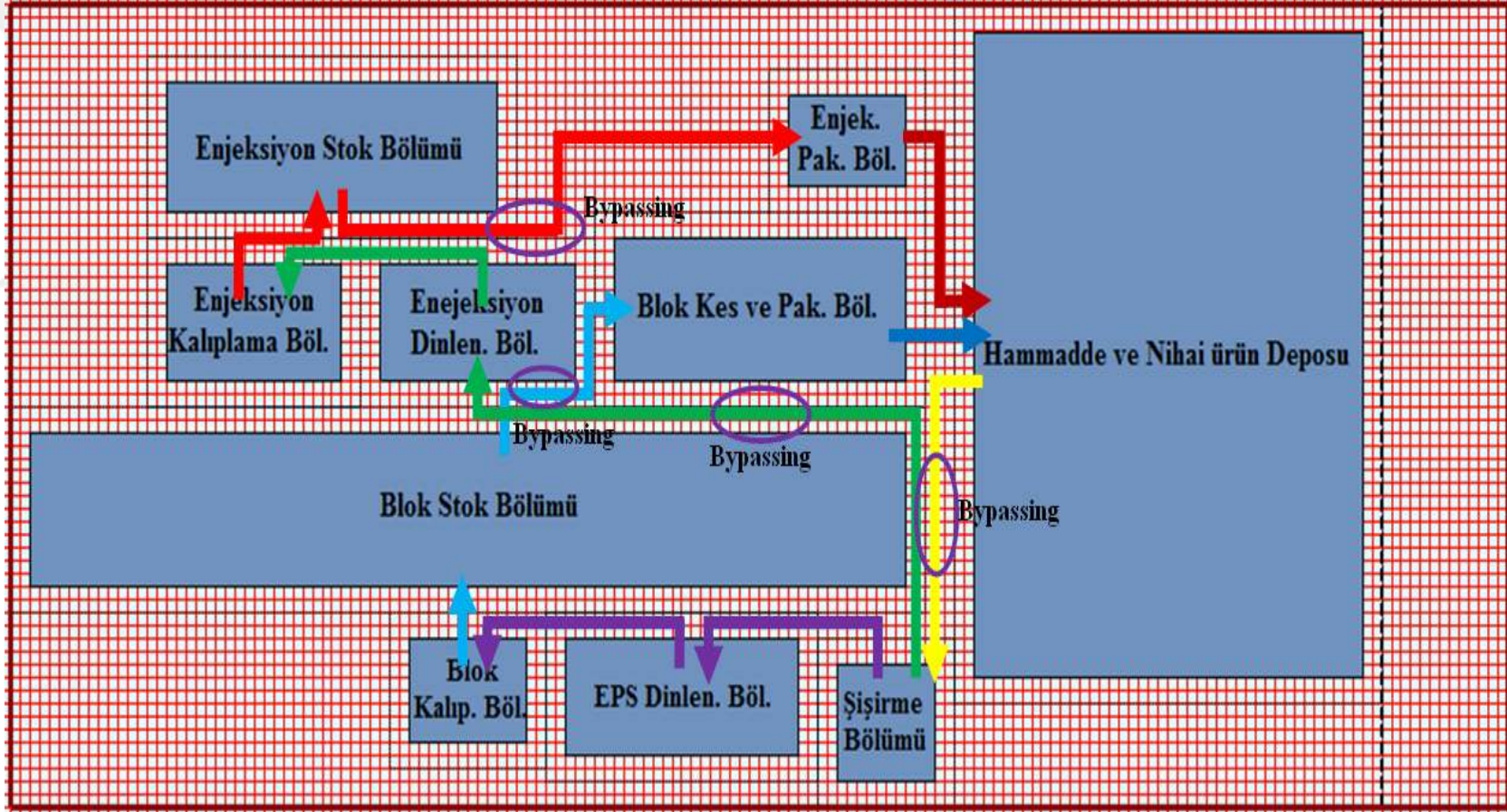
Şekil 29. Üretim Tesisi ile Hammadde ve Nihai Ürün Deposunun Alan ve Konumunun Sabit Olması Durumunda Malzeme Akış Ağı Tasarımı

5.5.3. Üretim Tesisinin Alanının Sabit Olması Durumunda Elde Edilen Optimizasyonun Malzeme Akış Ağı Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi (Optimizasyon-3)

Üretim tesisinin alanın sabit olması durumunda elde edilen optimizasyonda malzeme akış ağı tasarımı incelendiğinde, blok stok bölümü üretim alanını iki parçaya bölecek şekilde yerleştirildiğinden hammaddenin, depodan şişirme bölümüne akış hareketi gerçekleştirilirken akış sırasında yer alan blok stok bölümünde işlem yapılmadan şişirme bölümüne akış gerçekleştirilmiş ve bypassing durumu meydana gelmiştir.

Eps üretimi için blok stok bölümü ile blok kesme ve paketlenme bölümü arasında gerçekleştirilen akış hareketinde, akış sırasında yer alan enjeksiyon dinlendirme bölümünde herhangi bir işlem gerçekleştirilmeden blok kesme ve paketlenme bölümüne akış gerçekleşmiş ve bypassing durumu meydana gelmiştir.

Eps board üretimi için; şişirme bölümü ile enjeksiyon dinlendirme bölümü arasında gerçekleştirilen akış hareketinde akış sırasında yer alan blok stok bölümünde herhangi bir işleme tabii tutulmadan enjeksiyon dinlendirme bölümüne, enjeksiyon stok bölümü ile enjeksiyon paketlenme bölümleri arasındaki akış hareketinde, akış sırasında yer alan enjeksiyon dinlendirme bölümü ile blok kesme ve paketlenme bölümlerinde herhangi bir işleme tabii tutulmadan enjeksiyon paketlenme bölümüne akış sağlanmış ve bypassing durumu gerçekleşmiştir.



Şekil 30. Üretim Tesisinin Alanının Sabit Olması Durumunda Malzeme Akış Ağı Tasarımı

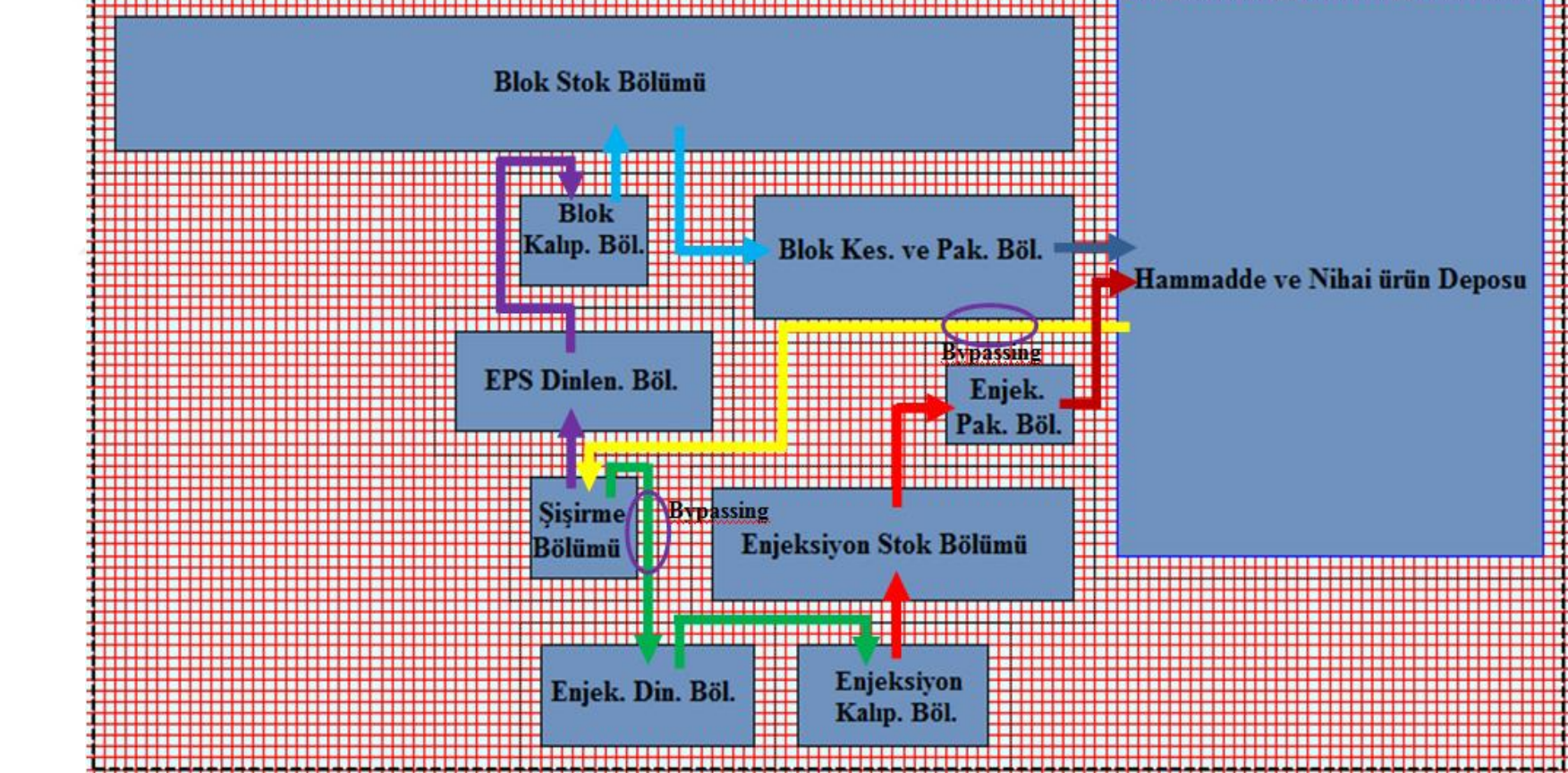
5.5.4. Yeni Bir Tesisin Kurulması Durumunda Elde Edilen Optimizasyonun Malzeme Akış Ağı Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi (Optimizasyon-4)

Yeni bir tesisin yerleştirilmesi durumunda elde edilen optimizasyonun yerleşim düzeninde, diğer yerleşim düzenlerindeki akış ağlarında olduğu gibi hammaddenin, depodan şişirme bölümüne akış hareketi ile eps board üretimi için şişirme bölümü ile enjeksiyon dinlendirme bölümü arasında yapılan akış sırasında bypassing durumu ortaya çıkmıştır.

Bu yerleşim düzeninde eps üretiminde istenmeyen akış şekillerinden herhangi biri gerçekleşmemiştir.

Malzeme akış ağı tasarım ilkelerinden olan en fazla sayıda doğrudan yol sayısı ile en az sayıda akış sayısı kuralına yakın bir yerleşim düzeni elde edilmiştir. Bu durumun sonucu olarak alınan yol azalmış, akış süresi kısalmış ve taşıma maliyetinde önemli iyileşme elde edilmiştir.

Elde edilen yerleşim düzenlerinde istenmeyen akış şekillerinin ortadan kaldırılması, alınan yol, harcanan zaman ve taşıma maliyetindeki iyileşmeye önemli derece katkı sağlasa da istenmeyen durumlar tam olarak ortadan kaldırılamamıştır.



SONUÇ

Bu çalışmada genel amaçlı yerleşim düzeni optimizasyon algoritma programı olan VIP-PLANOPT programı kullanılarak malzeme taşıma maliyetinin tesis yerleşim düzeni üzerine etkisi incelenmiştir. Önerilen tesis yerleşim düzeni planları hem mevcut tesis yerleşim düzeni üzerindeki iyileştirmeleri hem de tesisin ilk defa kurulması durumunda yerleşim düzeninin toplam malzeme taşıma maliyetleri üzerine etkisi ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar tesis yerleşim düzeni planlarının tesisin ilk defa kurulması aşamasında oluşturulması maliyet açısından en iyi çözümün elde edileceği sonucunu ortaya koymuştur.

Tesis yerleşim düzeninin optimizasyonu sonucunda alınan yol, harcanan zaman ve taşıma maliyetinde belirgin iyileşmeler elde edilmiştir. Uygulama sonucunda; mevcut tesis yerleşim düzeni ile elde edilen optimizasyon sonuçlarındaki **iyileştirmeler açısından bakıldığında maliyet açısından %14,95, %15,57 ve yeni bir tesis kurulum aşamasında %17,7** oranında bir iyileşme sağlandığı görülmektedir.

Gelecekte tesis yerleşim düzenlerinde olası değişikliklerin göz önünde bulundurulması, taşıma mesafesi, taşıma zamanı ve taşıma maliyetinde sağlayacağı iyileştirmeler açısından oldukça önemlidir.

Mevcut yerleşim düzeninde hammadde ve malzeme deposunun üretim tesisinden ayrı bir birim olarak planlanmış olmasından dolayı malzemenin hammadde ve nihai ürün deposundan üretim tesisine taşınması ve nihai ürünün üretim tesisinden hammadde ve nihai ürün deposuna taşınması maliyet arttırıcı unsurken yeni tesis yerleşim düzeni içerisinde tek bir tesis içerisinde değerlendirilmesi, harcanan zaman, alınan yol ve malzeme taşıma maliyetini azaltıcı bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tesis yerleşim düzeni tasarımları genel olarak minimum alan kullanımı, minimum malzeme taşıma maliyeti, minimum yeniden düzenleme maliyeti ve minimum backtracking, bypassing ve congestion durumunu sağlamayı amaç edinmektedir. (Kulkarni, Bhatwadekar, Thakur, 2015:39) Yapılan uygulamada mevcut yerleşim düzeni üzerindeki iyileştirmeler ve tesis yerleşim düzeninin yeniden planlanması neticesinde gerçekçi maliyetler kullanılmış elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında mevcut yerleşim düzeninde iyileştirme yapıldığında malzeme taşıma maliyeti, alınan yol ve harcanan zaman konusunda iyileşme ve akış ağı tasarımında backtacking, bypassing, ve congestion durumlarının ortaya çıkma durumunu en aza indirecek şekilde

yerleşim düzeni tasarımları elde edilmiştir. Fabrika yerleşim düzenindeki karmaşıklık azaltılmış ve buna bağlı olarak malzeme akış ağı tasarımı basitleştirilmiştir. Tesis yerleşim düzenlerinde malzeme akış ağı tasarımında iyileşme elde edildikçe düzensiz akış ağından, sıralı akışı ağına doğru yerleşim düzenleri elde edilmiştir.

Bu araştırma verimliliğinin iyileştirilmesi için tesis planlama ve yerleşim düzeni tasarımları için iyi bir öneri sağlamıştır. Hangi yerleşim düzeninin seçileceği bir işletmenin taşıma maliyetleri açısından uzun dönemli başarısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Ayrıca seçimin yapılmasının basit kararlardan ziyade işlemsel gerekliliklerle ayrıntılı olarak analiz edilerek sonuca varılması gerektiğini, tesis yerleşim düzeni planlamasının doğru şekilde yapılmaması durumunda önemli bir yatırım kaybına neden olacağı, işletmenin üretim maliyetlerini arttıracacağı ve gelecek dönemlerdeki büyüme ve değişim için önemli bir engel teşkil edebileceği sonucuna dayanak oluşturmaktadır.

Çalışma koşulları, işgücünün verimli kullanılması, kaynakların etkin kullanılmasının yanında tesis yerleşim düzeni planları da üretim kapasitesini, hızını ve miktarını etkileyen önemli bir etken olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada gerçek bir üretim tesisinde var olan durumun ortaya konması, önerilen tesis yerleşim düzenlerinin pratik uygulama sonuçlarıyla desteklenmesi ve elde edilen sonuçların birbiriyle karşılaştırılma imkanı sunması yapılan çalışmayı daha da önemli kılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aized Tauseef, Materials handling in flexible manufacturing systems, Manufacturing System, InTech, 2012, s125-129.
- Andersen R, Eps Geofoam Blocks, Material Properties And Production Processes Jackon AS, Norway, s3-4.
- Avallone, E., Baumeister, T., Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers, Tenth Edition Mcgraw-Hill ,1996,s10-35-36
- Benjafaar, S., Heragu, S.S.,Irani, S.A., Next Generation Factory Layouts: Research Challenges And Recent Progress, Interfaces, Vol. 32, No. 6 (Nov. - Dec., 2002), 2002 s64-67.
- Bilişik, O. G., Bilişik, M. T. "Dinamik Tesis Yerleşim Düzenleme Probleminin Çok Ölçütlü Olarak Ele Alınması", Beu.Sbe.Derg., Cilt:1, Sayı:2, Haziran 2013, s101.
- Drira, A., Pierreval, H., ve Gabouj S. H., "Facility layout problems: A survey" Annual Reviews in Control 31, 2007, s.258-259.
- El-Baz, M. A., "A genetic algorithm for facility layout problems of different manufacturing environments. " Egypt Computers & Industrial Engineering 47 (2004), s.234-235.
- Engineering Optimization Software, VIP-PLANOPT 10 User's Manual 2010, s7-20.
- Hailemariam, A., D., Redesign of the Layout and The Materials Flow of a Production Plant, (Department of Operational Methods for Production and Logistics Industrial Engineering and Management University of Twente), Enschede, the Netherlands 2010, s6-68-70.
- Heragu S.S., Facilities Design, Second Edition, iUniverse, 2006, s57-60-68.
- Hiregoudar C., Reddy B. R., Facility Planning And Layout Design An Industrial Perspective, First Edition, Technical Publications Pune , Pune-India, 2007, s14-22.
- Huang, H., Facility Layout Using Layout Modules, The Ohio State University, 2003, s11.
- Information Resources Management Association, Industrial Engineering: Concepts, Methodologies, Tools and Applications, Volume 1, Engineering Science Reference, 2013, s378.

- Iowa Certified Automotive Recyclers Environmental Program Forklift Operator Training Handbook, 2009, s2-5.
- Kachwala T., Mukherjee P. N., Operations Management and Productivity Techniques PHI Learning Pvt. Ltd., 2009, s47-55.
- Kay., M. G., Material Handling Equipment, Fitts Dept. of Industrial and Systems Engineering, North Carolina State University, January 12, 2012, s24.
- Kulkarni, M., H., Bhatwadekar, S., G., Thakur, H., M., A Literature Review Of Facility Planning And Plant Layouts, International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology, 2015, s39.
- Kutz, M., Environmentally Conscious Materials Handling, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2009, s2-9
- Mahadevan B., Operations Management: Theory and Practice, Second Edition, Pearson Education, India, 2010, s117-120.
- Meller, R. D., Gau, K.Y., The Facility Layout Problem: Recent and Emerging Trends and Perspective, Journal of Manufacturing Systems, 1996, Volume,15, Issue 5, s351.
- Morad, N., "Genetic Algorithms Optimization for the Machine Layout Problem." International Journal of the Computer, the Internet and Management 8.1 2000, s5.
- Nair, N. G., Production and Operation Management, Seventeenth Reprint, Tata Mcgraw-Hill Publishing Company, 2008, s203-206.
- Panneerselvam R., Production And Operations Management, Third Edition, PHI Learning Pvt. Ltd., 2012, s159-162.
- Pasandideh, S. H. R., Multi-Objective Facility Location Model with Batch Arrivals: Two Parameter Tuned Meta-Heuristic Algorithms, Journal of Intelligent Manufacturing, 2013, Volume 24, Issue 2, s331.
- Pasandideh, S. H. R., Niaki S. T. A., Genetic Application in a Facility Location Problem with Random Demand within Queuing Framework 2nd International Conference on Recent Advances in Railway Engineering (ICRARE-2009), 2009, s177.
- Roy, R. N., A Modern Approach to Operations Management, New Age International Limited, Publishers, New Delhi, 2005, s44-51.
- Sharma, P.C., A.T.B of Production Engineering, Eight Edition, S. Chand, 1999, s898.

- Sharma, M., Control Classification of Automated Guided Vehicle Systems, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-1, October 2012, s191.
- Shim J. K., Siegel J. G. Operations Management, Barron's Educational Series, 1999, s209-210.
- Shivanand, H. K., Bennal, M. M., Koti V., Flexible Manufacturing System, New Age International, 2006, s.6-7.
- Schulze, L., Behling S., ve Buhrs, S., Automated Guided Vehicle Systems: a Driver for Increased Business Performance Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2008 Vol II IMECS 2008, 19-21 March, 2008, Hong Kong, s.1
- Silva, A.L. and Cardoza, E., Critical Analysis Of Layout Concepts: Functional Layout, Cell Layout, Product Layout, Modular Layout, Fractal Layout, Small Factory Layout Sao Carlos, SP, 15 October 2010, s6.
- Sople V.V., Logistic Management The Supply Chain Imperative, Dorling Kindersley, 2007, s61-65.
- Stephens, M. P., Meyers, F. E., Manufacturing Facilities Design & Material Handling, Fifth Edition, Purdue University Press, 2013, s235-238.
- Tanchoco, J.M., Material Flow Systems in Manufacturing, Springer Science & Business Media, India, 2012, s85.
- Thai, A. B., Evaluation Of Using Swarm Intelligence To Produce Facility Layout Solutions, J. B. Speed School Of Engineering , University Of Louisville, 2007, s1-3.
- Tompkins J. A., White J. A., Bozer Ya.A., Tanchoco J. M. A., Facility Planing, Fourth Edition, John Wiley & Sons, 2010, NJ, s8-11,13-15,111-113.

İNTERNET KAYNAKLARI

<http://blog.163.com/otrewyi191@126/blog/static/636821292010101072251379> ziyaret tarihi 25.02.2015

<http://www.greenwich-college.ac.uk/programmes-courses/professional/cips/l5-12-operations-management.pdf> ziyaret tarihi 22.12.2014

http://www.hirschruppe.com/homepage/com/geschaeftsfelder/technische_formteile/herstellung_eps_produkte/herstellung_eps_produkte.php?navid=31 ziyaret tarihi 02.03.2016

<http://www.ignou.ac.in/upload/UNIT%203-55.pdf> ziyaret tarihi 04.03.2015

<http://www.indiastudychannel.com/resources/87244-The-Principles-Plant-Layout.aspx> ziyaret tarihi 23.12.2014

<http://mdcegypt.com/pages/operation%20management/production%20and%20operation%20management/facility%20layout/Group%20Technology/1.%20GROUP%20TECHNOLOGY.pdf> ziyaret tarihi 25.02.2015

http://www.nuigalway.ie/staffsites/david_osullivan/documents/unit_15_flexible_manufacturing_systems.pdf ziyaret tarihi 04.03.2015

http://www.nuigalway.ie/staffsites/david_osullivan/documents/unit_8_material_transport_systems.pdf ziyaret tarihi 04.03.2015

https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_4.html#2 ziyaret tarihi 04.03.2015

<http://resourcer.yolasite.com/resources/E212-S11-Handling.pdf> ziyaret tarihi 05.03.2015

EKLER

Ek 1. Orjinallik Raporu



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
Adı-Soyadı	Fethi ASLAN
Öğrenci Numarası	141216103
Enstitü Anabilim Dalı	Sosyal Bilimler Enstitüsü
Programı	Yüksel Lisans
Danışmanın Unvanı, Adı-Soyadı	Doç. Dr. Lütfü ŞAĞBANŞUA
Tez Başlığı (Türkçe)	Endüstriyel Bir İşletmede Tesis Yerleşim Düzeni ve Malzeme Akış Ağı Tasarımının Optimizasyonu

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 104 sayfalık kısmına ilişkin, 13/04/2016 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 2 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç
- 3- Alıntılar hariç/dâhil
- 4- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Yukarıda bilgileri verilen öğrencinin doktora tezi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen azami benzerlik oranlarını aşmadığını ve tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Gereğini saygılarımla arz ederim.

Doç. Dr. Lütfü ŞAĞBANŞUA
Danışmanın Adı-Soyadı
(İmzası)

Doç. Dr. Esma Ülkü KAYA
İşletme Bölümü
Anabilim Dalı Başkanı
(İmzası)

F.Ü.LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ÖĞRETİM YÖNETMELİĞİ

Madde 41- Lisansüstü tezleri ile birlikte teslim edilmesi gereken belgeler şunlardır:

- a) Lisansüstü tezler, savunma öncesinde **intihal program raporu** ve ilgili makale şartını sağladığına dair belgeleri ile birlikte enstitüye teslim edilir.
- b) İntihal raporu ile ilgili olarak etik kurallar dâhilindeki benzerlik oranları ilgili Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenir. (Enstitü Yönetim Kurulu tarafından tezin, intihal kapsamı dışında değerlendirilmesi için TURNITIN'den alınan raporda "benzerlik oranı"nın, "alıntılar hariç" en fazla %10, "alıntılar dâhil" % 30'u geçmemesi şeklinde kabul edilmiştir).

ÖZGEÇMİŞ

Lisans derecesini Kocaeli Üniversitesinden aldı. Fırat Üniversitesi, İşletme Bölümünde yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.

