



T.C.  
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**ÇELİK KAPI SEKTÖRÜNDE TESİS YERLEŞİM PROBLEMİ:  
BİR UYGULAMA**

Hazırlayan  
Nurettin KOÇAK

İşletme Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN

TOKAT – 2019

# ÇELİK KAPI SEKTÖRÜNDE TESİS YERLEŞİM PROBLEMİ: BİR UYGULAMA

Tezin Kabul Ediliş Tarihi: 26/07/2019

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Özgür DEMİREL

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Emre ASLAN

Üye : .....

Üye : .....

İmzası

.....

.....

.....

.....

.....

Bu tez, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun 03/07/2019 tarih ve 37-24 sayılı oturumunda belirlenen jüri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İlhan EROĞLU

Enstitü Müdürü: .....Enstitü Müdürü.....



## BİLİMSEL ETİK SAYFASI

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN danışmanlığında hazırlamış olduğum “ÇELİK KAPI SEKTÖRÜNDE TESİS YERLEŞİM PROBLEMİ: BİR UYGULAMA” adlı Yüksek Lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

... / ... / ...

Nurettin KOÇAK

## TEŞEKKÜR

Çalıőmamı değerli kılan, en zor anlarımda beni hiç yalnız bırakmayan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, hayatımdaki yerini ifade etmeye hiçbir kelimenin yetmediği çok kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Adem Tüzemen'e, Yüksek Lisans eğitimime başlamamda en büyük desteği gördüğüm eőim N. Didem Koçak'a teşekkür ederim.

Nurettin KOÇAK (Tokat, 2019)



## ÖZET

### ÇELİK KAPI SEKTÖRÜNDE TESİS YERLEŞİM PROBLEMİ: BİR UYGULAMA

Fabrika düzenleme, üretim sistemlerinde, fabrikaların en uygun biçimde dizayn edilmesi anlamı taşımaktadır. Yerleşim düzeni, malzeme ve personel gibi unsurlar ile direkt ilgilidir. Bu düşünceden yola çıkarak, fabrika düzenlemedeki asıl amacın, fabrika içinde üretimsel anlamda hareketlerin en aza indirilmesi olarak tanımlanabilir.

Fabrika düzenleme problemi, araştırmacılar tarafından derinlemesine incelenmiştir. Büyük ya da daha küçük boyutlu problemler için çeşitli modeller gerçekleştirilmiştir. Bu modeller, büyük boyuttaki problemler için optimal sonucu veremediğinden, çözüme ulaşmak adına en iyi sonuca en yakın netice verebileceği düşünülen, tavlama benzetimi, genetik algoritma ve yasaklı arama gibi sezgisel algoritmalar geliştirilmiştir.

Yapılan çalışmalar detaylıca incelendiğinde, optimal yerleşim düzeni için çoğunluğunda temel amacın, malzemenin taşıma maliyetini, bir kısmında ise çevrim süresini en aza indirmek olduğu karşımıza çıkmıştır.

Bu çalışmada, fabrika düzenleme ile ilgili çalışmalar incelenmiş, olabildiğince detaylı açıklanmaya çalışılmıştır. Yapılan araştırmalara ilave olarak çelik kapı sektöründe faaliyetine devam eden bir fabrikada, işyeri düzenleme programı olan VIP-PLANOPT 10 yazılımı kullanılarak yerleşme problemi incelenmiştir. Bu uygulama hem programın sonuçlarından hem de uzman görüşlü alternatif yerleşim düzeninden oluşmaktadır.

Bu çalışmanın hedefi, yapılan literatür taraması ile reel işletme üzerindeki uygulamayla fabrika düzenleme konusunda çalışmalarda bulunan araştırmacılara yol gösterici kaynak oluşturmaktır.

Anahtar Kelimeler: Çelik Kapı, Optimal, Tesis Yerleşimi, Fabrika Düzenleme

## **ABSTRACT**

### **FACILITY SETTLEMENT PROBLEM IN STEEL DOOR SECTOR: AN APPLICATION**

Factory arrangement means that factories are designed in the most suitable way in production systems. The layout is directly related to elements such as materials and personnel. From this point of view, the main purpose of the factory arrangement can be defined as minimizing the movements in the factory in terms of production.

The factory regulation problem has been studied in depth by the researchers. Various models have been realized for large or smaller sized problems. Because these models cannot provide optimal results for large-scale problems, heuristic algorithms such as annealing simulation, genetic algorithm and prohibited search, which are considered to be the closest to the best result, have been developed.

When the studies are examined in detail, it is seen that the main purpose for the optimal settlement order is to minimize the transportation cost of the material and to minimize the cycle time in some part.

In this thesis, the studies related to factory regulation were examined and tried to be explained in as much detail as possible. In addition to the literature, the problem of settlement was investigated in a factory that operates in the steel door sector by using VIP-PLANOPT 10 software, which is the workplace organizing program. This application consists of both the results of the program and the heuristic layout with expert opinion.

The aim of this study is to provide a guiding source for the researchers who are working on the regulation of the factory with the practice of real business through the literature review.

**Key Words: Steel Door, Optimal, Facility Layout, Factory Regulation**

## İÇİNDEKİLER

Bilimsel Etik Sayfası .....	i
Teşekkür.....	ii
Özet.....	iii
Abstract.....	iv
İçindekiler .....	v
Çizelge Listesi.....	viii
Şekil Listesi.....	ix
Kısaltmalar.....	x

<b>GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.ÜRETİM SİSTEMLERİ.....</b>	<b>4</b>
1.1.Üretim Sistemleri Tarihi ve Endüstri 4.0 .....	4
1.2.Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	6
1.2.1.Kullanılan Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırma .....	6
1.2.2.Üretimin Yapımı Belirli Süreye Dayanan, Miktarına Göre Sınıflandırma.....	7
1.2.3.Üretim Esnasında İzlenen Yol Bakımından Üretimin Sınıflandırılması .....	8
1.2.4. Modern Üretim Sistemleri .....	8
1.3.Fabrika Düzenleme .....	10
1.3.1. Tanımı .....	10
1.3.2. Amaçları .....	10
1.3.3. İlkeleri .....	12
1.3.4. Etmenleri .....	15
1.3.4.1. Malzeme ve Stok .....	15
1.3.4.2. İşgücü ve Dengelenmesi .....	16
1.3.4.3. Makine ve Teçhizat .....	17
1.3.5. Makine Düzenleme .....	18
1.3.5.1. Esasları .....	18
1.3.5.2. Modelleri .....	18
1.4. Tesis Binası .....	21
1.4.1. Fabrika Düzenleme ile Bina Arasındaki İlişki .....	21
1.4.2. Tesis Tipleri .....	21

1.4.3. Enerji Etkin Bina .....	23
1.5. İş Akışı .....	25
1.6. Yerleşme Tipleri .....	29
1.6.1. Prosese Göre Yerleşme .....	31
1.6.2. Mamule Göre Düzenleme .....	32
1.6.3. Sabit Pozisyonlu Ürüne Göre Düzenleme .....	33
1.7. Fabrika İçi Malzeme Taşıma .....	34
1.7.1. Malzeme Taşımada Temel İlkeler .....	34
1.7.2. Taşıma Araçlarının Özellikleri ve Seçimini Etkileyen Faktörler .....	36
1.7.3. Malzeme Taşıma Araçları .....	36
<b>2. FABRİKA DÜZENLEME ALGORİTMASI .....</b>	<b>38</b>
2.1. Algoritma Sınıflandırması .....	38
2.2. İşyeri Düzenleme Problemi İçin Önerilmiş Geleneksel Yaklaşımlar .....	38
2.2.1. Sistematik İşyeri Düzenleme Problemi .....	39
2.2.2. Mühendislik Tasarım Problemi .....	41
2.3. Bilgisayar Destekli Yerleşim Planlama .....	42
2.3.1. Corelap .....	42
2.3.2. Craft .....	42
2.3.3. Cofad .....	43
2.3.4. Blocplan .....	44
2.3.5. Multiple .....	44
2.3.6. Layopt .....	45
2.4. Optimal Algoritmalar .....	46
2.4.1. Dal-Sınır Algoritması .....	46
2.4.2. Montreuil's Karma-Tamsayı Programlama Algoritması .....	46
2.4.3. Grafik Kuramı Yaklaşımı .....	48
2.5. Meta-Sezgisel Algoritmalar .....	49
2.5.1. Genetik Algoritma .....	49
2.5.2. Tavlama Benzetimi .....	51
2.5.3. Tabu Arama .....	52
2.5.4. Diğer Yaklaşımlar .....	53



<b>3. UYGULAMA</b> .....	<b>54</b>
3.1. Amaç ve Yöntem .....	54
3.2. Çelik Kapı Fabrikasında Yerleşim Planı Problemi .....	54
3.2.1. Sektörel Bakış .....	54
3.2.2. Fabrikaya Bakış .....	54
3.3. Vip-PlanOpt Programı .....	56
3.3.1. Eniyileme Algoritması .....	57
3.3.2. Program Terimleri .....	59
3.4. Fabrika Düzenleme Uygulaması.....	61
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>71</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>73</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>78</b>

## ÇİZELGE LİSTESİ

<b><u>Çizelge No</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 1.1: Yakınlık İlişki Değerleri .....	28
Çizelge 1.2: Yakınlık Nedenleri .....	29
Çizelge 3.1: Tezgah Boyutları .....	61
Çizelge 3.2: Üretim Akışı .....	62
Çizelge 3.3: Nereden Nereye Şeması .....	63

## SEKİL LİSTESİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Endüstriyel Devrimler .....	5
Şekil 1.2: Düz Hat Şeklinde Makine Yerleştirme.....	19
Şekil 1.3: Çapraz ( Diyagonal) Şeklinde Makine Yerleştirme .....	19
Şekil 1.4: Dairesel Biçimde Makine Yerleştirme .....	20
Şekil 1.5: Dar Açılı Şekilde Makine Yerleştirme .....	20
Şekil 1.6: Çatı Şekillerine Göre Tesis Binası Tipleri.....	22
Şekil 1.7: Pasif Güneş Sistemlerinde Isıtma Şekilleri .....	24
Şekil 1.8: Pasif Güneş Sistemlerinde Soğutma Şekilleri .....	25
Şekil 1.9: Ürün Bölümleri Arasındaki Akış.....	26
Şekil 1.10: Süreç Bölümleri Arasındaki Akış.....	27
Şekil 1.11: Genel Akış Modelleri .....	28
Şekil 1.12: İlişki Şeması .....	29
Şekil 1.13: Yerleşme Düzenleri .....	30
Şekil 2.1: Sistematik İşyeri Düzenleme Yordamı.....	40
Şekil 2.2: Bir Yerleşim Düzeni ve Duali .....	48
Şekil 2.3: Eşit Bölümlü Bir Yerleşim Düzeni.....	50
Şekil 3.1: Fabrika Yerleşim Düzeni.....	55
Şekil 3.2: VIP-PLANOPT 10 Yazılımının Kullanıcı Arayüzü.....	57
Şekil 3.3: Uygulama Yapılan Üretim Merkezine Ait İlişki Şeması .....	63
Şekil 3.4: Fabrikanın Mevcut Yerleşim Düzeni .....	65
Şekil 3.5: Program Tarafından Üretilen Birinci Yerleşim Seçeneği .....	66
Şekil 3.6: Program Tarafından Üretilen İkinci Yerleşim Seçeneği .....	67
Şekil 3.7: Program Tarafından Üretilen Üçüncü Yerleşim Seçeneği .....	68
Şekil 3.8: Program Tarafından Üretilen Dördüncü Yerleşim Seçeneği.....	69
Şekil 3.9: Uzman Görüşlü Alternatif Yerleşim Seçeneği .....	70

## KISALTMALAR

<b>AMHS</b>	American Material Handling Society
<b>SİDP</b>	Sistematik İşyeri Düzenleme Problemi
<b>CORELAP</b>	Computerized Relationship Layout Planning
<b>YO</b>	Yerleşme Oranı
<b>MULTIPLE</b>	Multi-floor Plant Layout Evoluation
<b>GA</b>	Genetik Algoritma
<b>TB</b>	Tavlama Benzetimi
<b>TA</b>	Tabu Arama
<b>MTP</b>	Mühendislik Tasarım Problemi

## GİRİŞ

Geçmişten günümüze suç olaylarının hızla yükselmesi, buna bağlı olarak güvenlik gereksinimlerinin artması sonucunda ortaya çıktığı düşünülen çelik kapı sektörünün komplike üretim sisteminin bölümler arası koordinasyon sorunu ve bölümlerin yerleşim planlarının geleneksel yöntemlere göre yapılmış olması bu çalışmanın gerekliliğini ortaya koymuştur.

Hazırlanan bu tez çalışmasında çelik kapı üreticisi bir işletmenin bölümleri için etkin bir planlama, dağıtım ve yerleşim modeli belirlenerek işletmenin karlılığının artışı, işgücü ve enerji sarfiyatının en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Sektörel bazda ele alındığında birden fazla uzmanlık gerektiren yarı mamullerin uygun şartlar altında bir araya getirilerek nihai ürüne ulaşıldığı gözlemlenmektedir. İşletme organizasyonunun önemli bölümünün dış kaynak kullanımı yerine kendi bünyesinde barındırılması sonucunda; stok, pres, kaynak, boya, mobilya ve paketleme bölümlerinin doğru bir şekilde dizaynıyla, optimal üretim sistemi benimsenmesinin, bir gereklilik haline geldiği anlaşılmıştır.

Araştırmada verimlilik esas alınırken, buna etkisi olan fabrika yerleşimi ile birlikte tam kapasite kullanımı, makinelerin boşa kalma süresinin en aza indirilmesi, gereksiz fazla çalışma zamanının azaltılması ve başka firmaya verilmek suretiyle gerçekleşen üretimin azaltılması, stok seviyelerinin hedeflenen miktarı aşmaması gibi değerleri göz önüne alarak, işletmede maliyeti minimize etmek için bir adım atılmış olacaktır.

Yapılan çalışmalarda görülmektedir ki, işletmede oluşan maliyetlerin önemli çoğunluğu gereksiz hareketler sebebiyle ortaya çıkmaktadır. Çalışma sonucunda bu etkinliklerin minimum düzeye indirilmesi için fabrika düzenlenmesi gerekliliği vurgusu göz önüne alınarak çözüm üretebilmek adına değer kontrolleri ve uygun yerleşim tekniği ile nihai sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

Ticari işletmeler, kuruluş amacı olarak en fazla karı hedef alacak şekilde çalışmalarına devam ederler. İşletmeler, rekabetin yoğun olarak yaşandığı zamanımızda yüksek fiyata satış yapmanın imkânsızlığı içerisinde karlılığı artırmayı, maliyetleri düşürme noktasında yapılan çalışmalar ile sağlamaya çalışmaktadırlar.

Maliyetleri düşürme noktasında fabrika düzenleme önemli bir yere sahiptir. Fabrika içi planlama, sabit maddi varlıkların en iyi faaliyet anlayışına en fazla nasıl destek

olacağı ile ilgilidir. Bir fabrikada bölümün/makinenin ya da grupların en doğru şekilde yerleştirilmesi ‘fabrika düzenleme’ dir. Kuruluş yeri seçimi, tesis yerleşimi, işyeri tasarımı gibi konular, tesis planlaması başlığı altında incelenmektedir. Bu çalışmada alt başlıklarda yer alan ‘fabrika düzenleme’ ele alınacaktır.

İşyeri düzenleme problemi, bir işyerinde bulunan makine ya da bölümlerin kaplayacakları alanları ve aralarındaki akışları da göz önüne alınarak, en uygun şekilde yerleştirilmesidir (Meller ve Bozer, 1996: 1675).

Fabrika düzenleme probleminin ortaya çıkış nedenleri, bir ürüne ait biçimsel değişiklik, üretim hattından ürün ya da ürün gruplarının eklenip çıkarılması, talepte meydana gelen değişiklik, makine/ekipmanların yer değiştirmesi, şirket içi örgüt yapısında meydana gelen değişiklik, üretim sürecine ait değişikliklerden dolayı olabilmektedir (Francis ve White, 1974: 60).

İşyeri düzenleme çalışmasının amaçlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Donanım yatırımını minimize etmek
- Toplam üretim süresini minimize etmek
- Mevcut fabrika alanından en verimli biçimde yararlanmak
- İşçilerin işyerindeki çalışma şartlarını iyileştirmek
- Yapılan düzenlemenin devamlılığını elde etmek
- Malzeme taşıma maliyetlerini minimize etmek
- Fabrika içi taşımada kullanılan ekipmanların çeşitliliğini minimize etmek
- Ürünün nihai hal alana dek geçirdiği tüm süreçleri uygun hale getirmek
- Fabrikanın yönetsel süreçlerini uygun hale getirmek (Francis ve White, 1974: 63).

Yukarıda belirtilen tanım ve amaçlar göz önüne alındığında, uygun ve verimli fabrika düzenlemenin işletme için çok önemli olduğundan bahsedilebilir. Önemli yere sahip olmasından dolayı problem sıklıkla irdelenmiş, problemi çözmek için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir.

Bu çalışmada bölüm organizasyonu şu şekilde yapılmıştır:

Birinci bölümde, üretim sistemleri ana başlığında, temel kavramlar, fabrika düzenleme ve detaylı anlatımına yer verilecektir. İkinci bölümde fabrika düzenlemede kullanılan temel algoritmalarından söz edilecektir. Üçüncü bölümde ise uygulama yapılan çelik kapı sektöründe faaliyet gösteren fabrika tanıtılacak, uygulamada kullanılan

VIPPLANOPT 10 programı ve uygulama anlatılacaktır. Son olarak, tez çalışmasının neticesi analiz edilecektir.



## 1. ÜRETİM SİSTEMLERİ

Amacı, müşteri istekleri doğrultusunda üretimin sağlanması olan üretim sistemleri; maddi girdiler ile kaynakların en iyisini kullanmak ister. Böylece daha kaliteli mal ve hizmet üreterek, müşteri memnuniyetini en üst seviyeye çıkarmayı hedeflemektedir. Bunun için emek, malzeme, makine, bilgi, enerji, sermaye gibi belirli bir dönüşüm aşamalarından geçirir ( Wild, 1986; Tekin'den, 1999: 6).

Üretim, ekonomik değeri olan mal ve hizmetlerin yaratılmasını sağlayan faaliyetlerin tamamıdır. Üretim sistemi, hizmet veya ürün elde edilinceye kadar gerçekleştirilecek süreçlerin düzenlenmesi olacaktır. Diğer bir deyişle; girdilerin, dönüşüm sürecinin sonunda elde edilen sonucudur. Üretim yönetimi açısından girdilerin beş ana grupta toplanabileceği görülmektedir. Bunlar; malzeme, emek, sermaye, enerji ve diğer çıktılar hizmetler / ürünler, yarı ürünler, yan ürünler ve atıklar olarak gruplandırılabilir. (Tanyaş ve Baskak, 2013: 8)

### 1.1. ÜRETİM SİSTEMLERİ TARİHİ VE ENDÜSTRİ 4.0

Üretim sistemleri 1700'lü yıllardan günümüze kadar önemli aşamalar geçirmiştir. Bu aşamalardan şu şekilde bahsedilmiştir:

Bu adımların ilki olan 1760'ta James Watt' ın buhar motorunu bulması, insanlık adına köklü bir değişiklik ve mekanizasyona geçiş için çok büyük bir adımdır. Sanayi tarihindeki bu gelişme '1. Sanayi Devrimi' olarak tanımlanır ( Ural, 2005: 25).

İkinci aşama, 19. yüzyılın başlarında "ikame edilebilir parça" kavramı ile ortaya çıkmıştır. Uygulamalar ile geliştirilen bu parçalar, üretildiği her yerde istenen fonksiyon için uygun konumdadır. Bu parçalar sayesinde üretim hızlanmış ve kalifiye personel yerine ucuz işgücü getirilmiştir (Tanyaş, 2000: 3).

Henry Ford tarafından 20. yüzyılın başlarında geliştirilen montaj hatları ile seri üretime geçiş, yine bu dönemin önemli gelişmelerinden biridir. Seri üretime geçiş neticesinde, pazardaki ürünlerin fiyatı gerilemiş, üretim ivme kazanmış ve ürünler daha çok sayıda tüketici tarafından elde edilmiştir. Endüstri tarihindeki bu gelişmeler '2. Sanayi Devrimi' olarak tanımlanmaktadır.

Üretim sistemleri ekonomi açısından önemli bir yere sahiptir. 1960'larda üretim teknolojileri gelişmiş ve üretim sistemlerinde bilgisayar kullanımı artmıştır. Bunun



neticesinde seri üretim yaygınlaşmıştır. Sanayi tarihindeki bu gelişme ‘3. Sanayi Devrimi’ olarak nitelendirilmektedir (Tekin, 1996: 6).

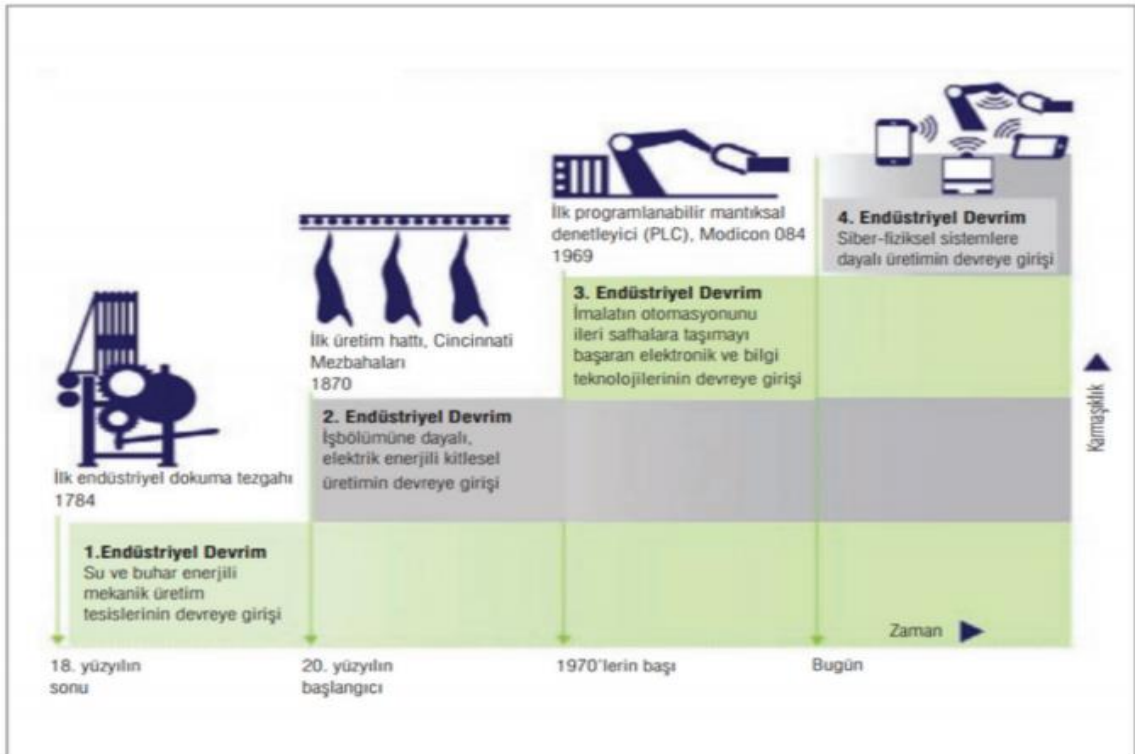
Farklı bir kaynaktan elde edilen bilgiler doğrultusunda üretim sistemlerinin 21.yy’a kadar geçirdiği aşamalar şu şekilde sıralanabilmektedir:

1760 yılında buhar makinesinin bulunması, 1776 yılında imalatta uzmanlaşma, 1832 yılında uzmanlaşmaya göre işbölümü, 1800’lü yıllarda ikame edilebilir parça kullanımı. Ardından 1900 yılında hareket ekonomisi ilkeleri, 1901 yılında çizelgeleme, 1913 yılında montaj hattı üretimi, 1920 yılında stok kontrol, 1950 yılında otomasyona geçiş, 1968 yılında üretimde bütünleşme. 1970 yılına gelindiğinde üretimde bilgisayar destekli uygulamalar, 1980 yılında malzeme ihtiyaç planlama, 1990 yılında kurumsal kaynak planlama, 2000 yılında tedarik zinciri yönetimi (Tanyaş ve Baskak, 2013: 8).

2000’li yıllardan sonra araştırmalar hızlanmış ve bunun sonucunda çeşitli çalışmalar başlatılmıştır. 2011’de ilk defa Endüstri 4.0, yani ‘4. Endüstri Devrimi’ ile yapay zekanın, üretim sistemlerinin geliştirilmesinde aktif bir rol oynayacağı dile getirilmiştir.

Endüstrinin dönemlere ayrılması Şekil 1.1’ de görülmektedir:

Şekil 1.1: Endüstriyel Devrimler



(Kaynak 1: [www.endustri40.com](http://www.endustri40.com))

Endüstri 4.0 kavramının temeli; insan, makine ve üretim ekipmanlarının sistem içerisinde birbirleriyle iletişim halinde olmasıdır. Endüstri 4.0'a geçişte, fabrikaların entegrasyon sağlamaları gerekir. İlk adım, fabrika içindeki tüm sistem araçlarını birbirine bağlamak ve iletişim kabiliyetini arttırmaktır. Bu duruma *dikey entegrasyon* denir. Bir diğeri yatay entegrasyondur. Tedarikçi veya tedarikçi sektörünün fabrika dışındaki *yatay entegrasyonu* sistemle ilişkilendirilir. Üçüncüsü, tesis içi sistemler tarafından aynı yazılımların kullanılması suretiyle sistemlerinin sayısal *mühendisliğin entegrasyonudur*. Endüstri 4.0' a geçişi amaçlayan fabrikalar, yukarıda bahsedilen entegrasyonları sistemlerine entegre etmeleri gerekmektedir (Gubán ve Kovács, 2017: 111).

Endüstri 4.0' a ait ilkeler şu şekilde sıralanabilir (www.endustri40.com):

- 1) **Birlikte Çalışabilirlik:** Nesnelerin ve hizmetlerin interneti üzerinden iletişimini içermektedir.
- 2) **Sanallaştırma:** Sisteme entegre olmuş fabrikaların tasarlanan kopyası ile algılayıcı verilerinin entegrasyonu ile oluşur.
- 3) **Özerk Yönetim:** Entegre edilmiş sistemlerin, fabrikada meydana gelen süreçlerde kendi kendine karar verebilme kabiliyetidir.
- 4) **Reel-Zamanlı Yeteneği:** Sistem üzerinde gerçekleşen bilgileri toplayıp çözümlene kabiliyetidir.
- 5) **Değiştirilebilirlik:** Meydana gelebilecek değişiklikler için, sistem entegre edilmiş fabrikalara esnek uyarılama organizasyonu imkanı sağlar.

Endüstri 4.0' ın üstünlük sağlayan yanlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

(www.endustri40.com)

- ▶ Sistemin takip edilmesi ve hataların ortaya çıkmasının kolaylaştırılması
- ▶ Sistemin enerji verimliği açısından devam ettirebilir olması
- ▶ Üretim esnekliğinin yükseltilmesi
- ▶ Maliyetlerin düşürülmesi
- ▶ Yeni iş modellerinin uygulamaya konulması

## 1.2. ÜRETİM SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Üretim sistemlerini aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz.

### 1.2.1. Kullanılan Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırma:

Bu tip sınıflandırma beş başlıkta toplanabilir. Bunlar;

- Birincil Üretim: Doğada bulunan hammaddelerin çıkarılmasıdır. Ör: Çinko
- Analitik Üretim: Bazı hammaddeler ayırıcı işlemlerden geçirilmek suretiyle farklı mamullere dönüştürülür. Ör: Şeker pancarı-Şeker, Petrol-Benzin
- Sentetik Üretim: Bazı hammaddeler birleştirici işlemlerden geçirilmek suretiyle farklı mamullere dönüştürülür. Ör: Plastik
- Fabrikasyon Üretim: Bazı hammaddeler şekil verme işlemlerinden geçirilmek suretiyle farklı mamullere dönüştürülür. Ör: Tornalama
- Montaj Üretimi: Otomobil üretimi, bilgisayar üretimi gibi bazı ürünlerin oluşturulmasında sistemli biçimde mamul, yarı mamul ve parçaların birleştirilmesi şeklindedir (Kobu, 2003: 41).

### **1.2.2. Üretimin Yapımı Belirli Süreye Dayanan, Miktarına Göre Sınıflandırma**

Bu anlayışa göre üretim 3'e ayrılmaktadır.

- Siparişe Göre Üretim:

Tüketicinin ya da müşteri işletmenin bazı açılardan kendilerine has belirlediği bir ürünün üretimidir. Üretim süreleri açısından üç döneme ayrılır; az miktarda ürün üretmek, talep üzerine az miktarda ürün üretmek, belirsiz aralıklarla üretmek ve belirli aralıklarla az miktarda ürün üretmektir (Kobu; 2003: 44).

Siparişe göre üretim için gemi imalatını örnek verebiliriz.

- Parti Üretimi:

Belirli bir siparişi veya sürekli talebi karşılamak için parti üretimini belirli miktarlarda meydana gelen gruplar halinde, belirli bir ürün veya ürün grubunun üretimidir. Bir parti bitmiş ürün üretiminden sonra, bir başka ürünün üretimi gerçekleştirilebilir (Kobu, 2003: 44).

Parti üretimine ev eşyalarının üretimi, hazır giyim üretimi, gıda üretimi vb. gibi örnekler verilebilir.

- Sürekli Üretim

Bir yıl boyunca her an yapılan üretim şeklinde tanımlanabilmektedir. Bu sistemler sermaye yoğun yatırımlardır ve büyük hacimlerde üretim yapılmaktadır. Örneğin; petrol rafinerileri, demir çelik fabrikaları, kâğıt fabrikaları, cam fabrikaları (Berberoğlu; 2004: 28).

### 1.2.3. Üretim Esnasında İzlenen Yol Bakımından Üretimin Sınıflandırılması

Bu tip sınıflandırma ikiye ayrılmaktadır;

- Yapım Yerinde Üretim: Örneğin; köprü, baraj...
- İşletmede Üretim: Bu tip üretim üç şekilde açıklanabilir.
  - *Atölye Tipi Üretim*: İlgili atölyede, malların yalnızca bir aşamasını veya bir kısmını yapabilen bir üretim aracı vardır. Örneğin, kaynakhanede yalnızca kaynak makineleri vardır ve kaynak sonlandığında, başka bir işlem için başka bir atölyeye geçilir.
  - *Akış Tipi Üretim*: Diğer bir isim de bant üretimidir. Üretim hattı art arda iş için kurulur. Her işlem diğerine bağlanır. İşlem, üretim hattın bir ucunda başlar ve diğer ucunda biter.
  - *Küme (Karma) Üretim*: Bir ürünün üretimi için gerekli olan makinelerin tamamı, kümeleme yoluyla belirli bir alanda monte edilir. Böylece yarı mamul bir atölyeden geçmeden mal üretmek mümkün olmaktadır.

### 1.2.4. Modern Üretim Sistemleri

- Yalın Üretim:

Yalın üretim, seri üretime göre basit ve karmaşık olmayan ayrıca enerji, zaman gibi kullanılan değerlerin daha az harcanmasıdır. Sistem, talep edilen stokların az miktarda bulundurulmasının, az miktarda hatalı ürün çıkmasının ve sürekli artan çeşitliliğe sahip ürünlerin temel alınmasının üzerine kurulmaktadır (Womack ve Jones, 1998: 72).

- Tam Zamanında Üretim:

Tam zamanında üretim, gereksinim miktarınca talebi, kusursuz nitelikte, artık olmadan en kısa sürede üretmek, ayrıca istenilen vakitte talep edilen yere nakletmektir (Hall, 1983: 125).

- Bilgisayar Destekli Tasarım:

Bilgisayar destekli tasarım sistemleri etkileşimli bilgisayar grafik sistemidir. Burada taslak oluşturmayı mümkün kılan şey, kullanıcının, yani tasarımcının, bilgisayara çeşitli giriş biçimleriyle komut vermesidir (Keskinel, 1985: 22).

Bir başka deyişle; bilgisayarlardan, tasarım kademelerinin her bölümünde yararlanılmasıdır.

- Bilgisayar Destekli Üretim: Bilgisayar destekli üretim, bilgisayar sistemlerinin üretimin planlanması, kontrolü ve yönetiminde direkt ya da endirekt olarak kullanılmasıdır (Karadal ve Türk, 2008: 60).

- Bilgisayarla Tümeşik Üretim:

Bilgisayarla tümeşik üretim, organizasyon içerisinde tasarım, imalat, nakliye, süreç ve kalite kontrol gibi süreçleri tanımlayan ve bu işlemleri mümkün kılan makine ve araçların kontrollerini organize etmektir. Bu üretim sistemi, üretim sırasına ve malzeme girdilerine göre planlanmasını kapsar (Karadal ve Türk, 2008: 62).

- Esnek İmalat Sistemleri:

Esnek imalat sistemleri, sisteme gönderilen farklı parçaların sistem tarafından tespit edilmesiyle, gerekli işlemlerin gerçekleştirilmesi için gerekli tezgâhlara atanmasıdır (Karadal ve Türk, 2008: 65).

- Hücresele Üretim Sistemleri:

Hücresele imalat sistemleri, sistemde üretim özellikleri açısından fazla yakınlık gösteren belirli bir parça kitlesinin tam üretimi için sistemi üretim olarak hücresele üretim sistemlerini, insan gruplarının ve özellikle makine gruplarının bulunduğu veya inşa edildiği sistemlerdir (Gökşen ve Erdem, 2003: 101).

Üretim sistemlerinin temeli verimliliği artırmaktır. Ayrıca, üretimde kaybedilen zaman sıklıkla vurgulanmaktadır. Fabrika içi malzeme taşıma, personel boşluğu, bantta bozulma, makinenin boşta kalma gibi durumlarda bakımı, verimliliği doğrudan etkileyen faktörler olarak kalır. Fabrika düzenlemesi ile mevcut kaynakların verimli kullanımı arasında önemli bir ilişki vardır.

Yerleşme düzeninin, üretim sistemlerindeki fiziksel yapıyı ve çalışmalarını etkilediği noktaları şu şekilde sıralanabilir (Kobu, 2003: 48):

- Üretim bölümleri arasındaki uzaklıklar,
- Yerleşim alanından yararlanma oranı, kullanım verimliliği,
- Fabrika içi malzemenin taşınma uzaklığı, taşıma esnasında kullanılan zamanları ile maliyetleri,
- Nakletme esnasında kullanılan ekipman çeşitleri ile bunlara ait maliyetleri,
- Fabrika içerisindeki depo yerleri ile büyüklükleri,
- İşçinin çalışma verimi,
- Makine ve ekipmanların bakım planları ile tamirleri,

- Gözlem sıklığı ve üretim amirlerinin nitelikleri,
- Üretim kontrol işlemleri.
- Yönetimin etkinliği

### **1.3. FABRİKA DÜZENLEME**

#### **1.3.1. Tanımı**

Literatür taraması sonucunda fabrika düzenleme ile ilgili farklı tanımlara rastlanmıştır. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

Fabrika düzenleme; fabrika içi bölümler makine ve ekipmanlarla, personelle, malzeme nakletme araç ve sitemleriyle ayrıca diğer unsurlarla tasarımılaştırılırken, en uygun biçimde organize edilmesinin planlanmasıdır (Fıratlı, 1984: 12).

Bir başka deyişle fabrika düzenlemesi, fabrika içerisinde hareket halinde olan mamule ait tüm parçaların izleyeceği hareket çizgisinin organize edilmesi, üretimin basit ve düşük maliyetli olabilmesi için bazı mamul/yarı mamullerin izledikleri güzergâhların düzenlenmesidir (Fıratlı,1984: 14).

Tesis düzenlemesi; iş gücü, makine ve makine arasında en verimli ve ekonomik ilişkiyi kurmak amacıyla, hammadde veya bir ürünün parçalarını, tesis girişinden üretim aşamalarına ve ürüne gönderildiği şekilde akış yollarını planlamak ve entegrasyonu sağlamaktır (Erkanlı, 1972: 22).

Fabrika düzenleme, fabrikadaki bölüm yada makine gruplarının ihtiyaç duydukları alanlar ve bunlar arasındaki her türlü akışların da dikkate alınarak optimal şekilde belirlenmiş bir alana yerleştirmenin yapılmasıdır (Meller ve Bozer 1996: 1676).

#### **1.3.2. Amaçları**

İşletmeler daha üretken olmanın yolunu seçebilir ve daha az üretmenin yollarını ararken gereksiz işlemleri ortadan kaldırabilir. Tesis tasarımı zaman, ekipman kullanımı, stok bulunabilirliği ve kontrol edilebilirlik gibi kavramlar açısından önemlidir. İyi bir fabrika yerleşimi için insan ve malzeme hareketlerinin maliyetleri minimum edilmelidir. Bu hesaplamaları yaparken şunlar kullanılabilir (Fıratlı, 1984: 19):

- Makineler ya da bölümler arası malzeme akışı
- Makinelere ait alan ve şekil enformasyonu
- Makinelerin yerleşebileceği gerekli kullanılabilir bölge
- Makinelere ait bölge kısıtları
- Makineler arası mesafe.

Yukarıdaki verilerin tamamını olmazsa olmaz şeklinde nitelendiremeyiz. Bununla birlikte, makineler arasındaki malzeme akış verileri, optimum yerleşim çalışmasının en makul çerçevesini alabilmek için önemli bir yere sahip olacaktır. Fabrika düzenlemesinin temel amacı; fabrika içindeki tüm varlıkların hareket miktarını en aza indirmektir. Fabrika düzenlemesinin amacını farklı bir açıklama ile tanımladığımızda; Ürünü oluşturan parçaların, hammadde halinden nihai ürün halini alıncaya kadar geçeceği en uygun yolun takip edilmesi, doğru uygulamalarla işlenmesi ve asgari zamanda minimum maliyetle üretilmesidir.

Fabrika düzenlemenin diğer amaçları şöyle sıralanabilir (Meller, 1996: 353):

- Mevcut alan içinde üretim materyalleri ile işgücünün etkin bir şekilde organize edilmesi
- Fabrika içi aksiyonların yalın basit şekilde organize edilmesi
- İşçiler için uygun çalışma çevresinin sağlanması
- Yüksek kaliteli ürüne sahip olunabilmesi
- Gelecekte oluşabilecek büyüme ve değişiklik taleplerini sağlayabilecek esnek yerleşim düzenine erişmek
- Bir ürünün üretilebilmesi için gerekli zamanı minimum yapmak
- Emek gücünden en verimli şekilde faydalanmak
- Bölümler arası taşınmayı en az düzeye indirmek.

Yukarıda belirtilen ana amaca ulaşabilmek aşağıda sıralanan yan amaçların başarı oranına bağlı olmaktadır. Bu amaçları şu şekilde sıralayabiliriz (Yamak, 1994: 33):

- a) Üretim için gereken hareketlerde iyileştirmelerin yapılması
- b) İnsan enerjisinden en verimli biçimde fayda sağlanması
- c) Asgari düzeyde malzeme taşıma işleminin gerçekleştirilmesi
- d) Makine ve ekipman için yatırım düzeylerinin düşük tutulması
- e) Yarı mamul adedinin düşürülmesi
- f) Farklılaşan şartlara kolay adaptasyon sağlanabilme.

Göz önünde bulundurulması gereken diğer amaçlar, iş yüklemesinin en uygun biçimde yapılması, fabrika içi malzeme taşıma işlemlerinin en verimli biçimde yapılması, depolardan nakil işlemlerinin kısa sürede ve en yakın mesafede yapılması, bölümler arası ulaşımın en kısa yerden yapılabilmesidir. Bunlarla birlikte, malzemenin mamul deposuna hareketi esnasında kısa ve güvenli güzergâhın tercih edilmesi, ambalajlama işlemlerinde

mamul hareketinin en uygun biçimde düzenlenmesi diğer amaçlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Harding, 1984: 94).

Hatalı kurulan fabrika içi yerleşim düzeni; enerjinin yok olmasına, karışıklığa, gecikmelere, denetim zorluğuna, kapasite kullanım derecesinin azalmasına, işlem süresinin yükselmesine neden olarak maliyetlerin artmasına sebep olan neticeler ortaya çıkabilmektedir. Yerleşim düzenininin tekrar tasarlanmasındaki nedenler şunlardır.

- Ürüne ait projedeki düzenlemeleri
- Yeni tasarlanan ürün
- Var olan ürün için üretimi kesme kararının verilmesi
- Talepte değişiklik
- İş kazası sayısının yükselmesi
- Uygunsuz çalışma ortamı
- Yeni nesil fabrika kurulması

Yerleşim düzeninde birtakım problemler ortaya çıkar ve bunların belirtilerini doğru tespit etmek gerekir. Yerleşme düzeni sebebiyle ortaya çıkan aksaklıklarla ilgili belirtileri şöyle sıralayabiliriz (Reed, 1970: 13; Lockyer, 1983: 143):

- a. Malzemelerin gereksiz alanlarda birikmesi
- b. İşçi ve malzemenin kontrolünde iş akışının işlevsiz hale gelmesi
- c. İşçinin klasik iş yükü altında kalması, fiziksel veya mental yorgunluk belirtileri
- d. Üretim dönemindeki uzama, siparişlerin teslim süresinde gecikmeler
- e. Kalifiye işçilerin gereksiz işlerle uğraşması veya boşta kalması
- f. İş akışında tıkanıklık ve gecikmelerle tezgâhların boşta kalması ya da fazla tezgâh yüklemesi
- g. Fabrika alanında kargaşalığın olması
- h. Fabrika alanından eksik faydalanma.

Fabrikaların yerleşim düzeni, fiziksel çatıyı kuran sistemler içinde yer alır. Makine ve ekipman düzeni direkt ya da dolaylı olarak maliyete etki eder. Örneğin; işçinin moral ve motivasyonu yerleşim düzeni ile ilgili olduğu söylenebilir.

### 1.3.3. İlkeleri

Erkut (1983:110) işyeri düzenleme ilkelerini şu şekilde sıralamıştır:

- a) Bütünsel entegrasyonluk: Bütün olasılıkları birleştirip tek birim ortaya çıkarmak



b) En küçük hareketlilik: Tüm etkenler eşit olması durumunda, yapılan işyeri düzenlemeleri çalışmalarını içerisinde, malzemenin en az hareket ettiği düzenleme yöntemi en uygun plan olarak karşımıza çıkmaktadır.

c) Akış prensibi: Bütün etkenler aynı değere sahip olduğunda, çalışma bölgesini her bir uygulama ya da aşama açısından akış sırasına göre en iyi düzenleme yapan yerleşim uygulaması en iyisidir. Bu, minimum hareket amacının tamamlayıcısıdır. İş akışlarında geri dönmemesi ve kesintilere uğramaması, işlerin sonuna doğru gitmesi gerek duyulmasını belirtir.

d) Üç boyutluluk: Düşük maliyet, yatay ve dikey alanların etkin kullanımıyla sağlanır. Temel olarak, işyeri düzenlemesi alanını şekillendirir

e) İş tatmini ve iş güvenliği prensibi: Diğer tüm değerler eşit olduğu zaman; iş, iş yeri için iş yeri doygunluk ve güvence en uygundur.

f) Esneklik: Diğer tüm değerler aynı değere sahip olduğu zaman, en düşük harcamayla ve minimum rahatsızlıkla düzenlenebilecek yerleşimler en iyisidir.

Kontrol ve gözden geçirme eylemlerinin kolay yapılabilmesi için daha önceden hazırlanan liste kullanılabilir. Kontrol listesinde ayrıntıları kapsayan önemli adette soru yer alabilir. Bu liste ile ortaya çıkan sorunlara karşılık hata giderici uygulamalar yapılarak uygulamaya geçilir. Eğer uygulama esnasında az sayıda ve küçük hatalar mevcut ise normal karşılanmalıdır ve planın başarısından bahsedilebilir.

Düzenleme çalışmaları bittikten sonra denetim yapılması gerekir. Eksik, unutulmuş veya uygun olmayan vakaların olup olmadığının gözden geçirilmesi uygun olacaktır. Herhangi bir problem durumunda, üretimde uygulama öncesinde belirlenir ve gereksiz maliyetler önlenir.

Önceden hazırlanmış liste, kontrol ve inceleme işlemlerini basitleştirmek için kullanılabilir. Kontrol listesine önemli sayıda soru eklenebilir. Bu liste ile karşılaşılan sorunlara yanıt olarak hata önleyici uygulamaların uygulanmasıdır. Uygulama sırasında varsa küçük hataların normal olarak karşılanmasıyla planın başarısından söz edilebilir.

Yukarıda belirtilen gerekçeler ile hazırlanan kontrol listesi örneğini aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Kobu, 2003: 226):

- *Fabrika Alanından Yararlanma*

- İşçiler için tezgâhlarda uygun alan mevcut mu?
- Bakım ve onarım için tezgâh çevresinde yeterli miktarda boşluk mevcut mu?

- Tezgâhın başka bir yere nakledilmesi söz konusu olduğunda, yapılacak işlemler başka birimleri etkileyecek mi?

- Yardımcı ekipmanların bulundurulacağı uygun yerler mevcut mu?

- Çalışanlar tezgâhın bulunduğu bölgeye güvenli bir şekilde giriş-çıkış yapabiliyorlar mı?

- Malzeme taşıma işlemlerinin yapıldığı alanlar ile tezgâhların bulunduğu alanlar arasında güvenlik gerekçeli uygun boşluklar var mı?

- Çalışan ile tezgâh arasında işin yapılmasını engelleyecek fazla boşluk var mı?

- *Tezgâhın Bulunduğu Yer*

- Malzeme hareketi açısından tezgâh engel teşkil ediyor mu?

- Aydınlatma yeterli miktarda mı?

- Tezgâh dış tehditlere karşı yeterli şekilde korunmakta mı?

- Tezgâhlar birbirlerinin çalışmasını engellemeyecek şekilde konumlandırılmış mı?

- Tezgâhlar işlem sırası uygunluğuna göre mi yerleştirilmişlerdir?

- *Yardımcı Hizmetler*

- Tezgâhlar, kullandıkları kaynaklara yeterli mesafede mi?

- Yeterli iş güvenliği tedbirleri alınmış mı?

- Depolar uygun biçimde düzenlenmiş mi?

- *Depolama Alanları*

- Kullanılan ekipman ve geçici depolar uygun yerlerde mi?

- Çalışanlar ihtiyaç duydukları malzeme ve ekipmanlara kısa sürede ulaşabiliyor mu?

- Geçici depolar taşıma sayılarının basitleştirilmesini sağlayacak bölümler midir?

- *Personel Servis Tesisleri*

- Çalışanlar için uygun sayıda tuvalet, yeterli alanda dinlenme bölümü ve ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde kantine sahip mi?

- İlk müdahale bölümü uygun yerde mi?

- Servis tesislerine ulaşmak amacıyla 100 metreden fazla yol yürümek gerekir mi?

- Çalışanların sıklıkla ihtiyaç duyduğu bölümler yeterli ve ihtiyaca cevap verebilmekte midir?

### 1.3.4. Etmenleri

Fabrika düzenleme etmenlerini malzeme ve stok, işgücü ve dengelenmesi, makine ve teçhizat başlıklarında ayrı ayrı inceleyebiliriz.

#### 1.3.4.1. Malzeme ve Stok

Malzemeler, hammaddeler, bitmiş ürünler, yarı mamul ürünler, paketlenmiş malzemeler, yardımcı malzemeler, hurda ve atıklar, bakım malzemeleri vb. ürünler, üretim sisteminde üretim sürecini kolaylaştıran malzemeler olarak bilinir. Ürünün şekli ve özellikleri, malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri, miktarı ve tipi, bileşen parçaları ve malzemeleri fabrika düzenlemesinde önemli değerler oluşturmak için etkili ilişkiye dayanır. Tasarım aşamasında üretim kolaylığı dikkate alınmalıdır. Boyut, hacim, ağırlık, sıcaklık, kirlilik, kırılabilirlik gibi özellikler de değerlendirilmelidir (Avazpour, 1990: 48).

İşletmeler kâr elde etmek için kurulur. İşletmeler, amaçlarına ulaşabilme adına belirli miktarda ekonomik değeri hazırda bekletmesi gerekmektedir. Kaynakların ve malların bu ekonomik değerine stok denir. Ayrıca, gelecekte duyulabilecek talebi karşılamak için malların birikimi olarak tanımlanabilir. Mal stokları; imalat şirketleri için, hammaddeler, bitmiş / yarı mamul ürünler, bakım şirketleri için yedek parçalar, servis firmaları için malzeme tedarik etmektedir. Yetersiz stok, satışların düşmesine, iş piyasasının daralmasına ve pazar itibarının düşmesine neden olabilir. Stok tutmanın amacı, işletmenin kârlılığını arttırmaktır. Bu amaçla, stok tutmanın nedenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Tompkins ve White, 1984: 125):

- Talep dalgalanmalarına karşı önlemler
- Yüksek alım maliyetinin azaltılması ve üretimde maliyetin düşürülmesi
- Üretimin kesintisiz ve sorunsuz çalışması

Yukarıdakiler genel sebeplerdir. Bunların dışında, bazı durumlarda, stok miktarları artabilir. Bu durumlar;

- Depoda kayıtlarında hata olması
- Yanlış stok yöntemlerinden kaynaklanan stoklar
- Bölümler arasındaki iletişim yetersizliğinden dolayı stoklar.

İşleve göre envanter sınıflandırmasına ulaşıldığında, aşağıdaki verilere ulaşılabilir:

**Çevrim Stoku:** Belirli bir tüketim oranına sahip ve belirli bir döngü ile yenilenen bu stok miktarı, yenilenme sıklığına göre artar veya azalır. Mesela, otobüs durağında bekleyen yolcu sayısı ile sefer sayısı arttığında bekleyen yolcu sayısı örnek olarak verilebilir.

**Emniyet Stoku:** Talepteki belirsizliği ve teslimattaki gecikmeleri karşılamak için tutulan stoktur. Talepte belirliliğin söz konusu olmadığı anlarda özellikle gereklidir. Ancak talep kesin şekilde bilindiği takdirde, bu tür stoklara ihtiyaç duyulmamaktadır (Fıçıcı, 2006: 23).

**Mevsim Stoku:** Ürün talebinin daha yüksek miktarlarda olduğu zaman aralıklarında satışa sunulmak amacıyla önceki zamanda üretilip uygun depolama alanlarında bekletilen stok çeşididir (Hugos ve Thomas, 2006: 26).

**Promosyon Stoku:** Pazarlama açısından bakılarak yapılan stoktur. Örneğin; hediyeli satış, indirimli satış gibi

**Spekülatif Stok:** Bu tip stok, fiyat artışlarından muhafaza edilmek ve ilave gelir sağlamak amacıyla emniyet stoklarının fazlasında bekletilen stok çeşididir (Kaya, 2004: 22).

Ayrıca fabrikadaki stokların da önemli bir yeri vardır. Hammadde ve yarı mamullerin ilgili bölüme yakın envanteri, harcanan zamanı en aza indirecektir. Ürün stokunun sevkiyat alanına yakın olması da aynı derecede önemlidir. Böylece, nihai ürünün sevkiyatı için harcanan zaman ve işçilik minimum düzeyde tutulacaktır.

#### **1.3.4.2. İşgücü ve Dengelenmesi**

İnsan, üretim sistemindeki ve fabrika düzenindeki en esnek elemandır. Kolayca hareket ettirilebilir, çeşitli makinelerde çalışabilir ve çeşitli iş hızlarında çalışabilir. İşlevsel bir bakış açısından insan faktörünü şu şekilde sıralamak mümkündür (Reed, 1970: 17):

- Direkt işgücü operatörleri
- Grup liderleri
- Gözlemciler
- Üretim hattı organizasyoncuları
- Dolaylı İşgücü
- Destek personeli
- Genel büro personeli

Tesisin planlaması, işyerinde insanın doğası, üretim sistemindeki gerekli iş sayısı, gerekli güvenlik önlemleri, denetleyicinin niteliği ve işyerindeki çalışma koşulları ile

düzenlemesi sağlanabilir. İş yerlerinde canlı renklere ve müziğin varlığına vurgu, çalışanların psikolojik motivasyonuna katkıda bulunacaktır. Düzenleyicinin ilk planlayacağı iş, üretim için gerekli işçi sayısını belirlemektir. Bunun için her işlemde gereken ürün miktarı belirlenir. Daha sonra her işlem için gereken süre belirlenir. Bu bilgilere, geçmiş dönem kayıtlarından, zaman çalışmalarından erişilebilir. İstenen üretim miktarı, bir birim ürünün ihtiyaç duyulan insan / saat miktarını göstermesi için gereken üretim süresi ile çarpılabilir (Mukaddes, 1991: 18).

#### **1.3.4.3. Makine ve Teçhizat**

Üretim esnasında ihtiyaç duyulacak makine ve ekipman sayısı ile işyerinde iş düzenlemesi yapacak her bir uzmanın üretim kapasitelerinin bilinmesi gerekmektedir (Tatar, 1981:28). Her makinenin üretim kapasitesi doğru bir şekilde belirlenmelidir.

Makinelerin türü ve adedi temel iki bilgi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan hesaplamaların uygulanabilirliği için her bir donanımın yaptığı uygulama detayı, verimliliği ve her uygulama açısından gereken üretim süresinin bilinebilir olması gereklidir. Makine sayısının şu şekilde bulunabilecektir (Mukaddes, 1991: 19):

$M(j) =$  Üretim periyodunda j için istenilen makine sayısı

$P(ij) =$  i ürününün j makinesindeki istenilen üretim miktarı (periyot / adet)

$T(ij) =$  i ürününün j makinesindeki üretim zamanı (adet / saat)

$C(ij) =$  i ürününün j makinesindeki toplam üretim saati (bir periyotta)

$n =$  ürün sayısı

$$M(j) = \sum_{i=1}^n P(ij) \times T(ij) / C(ij) \quad (1)$$

Burada üretime söz konusu olan ürünün sayısında veya üretim için kullanılan sürede birtakım farklılıklar olabilmektedir.

Burada üretilen birim sayısında ve üretim zamanında bazı değişimler olabilir. Bu farklılıkların değerli olduğu dikkate alındığında,  $im(j)$ 'nin yani i ürünü için üretim periyodundaki makine sayısının belirlenme olasılığı geliştirilmelidir. En uygun makine miktarı esas alınarak neticelendirilmelidir.

Makine ve donanım seçilirken, dikkate alınması gereken detaylar şu şekilde belirtilebilir:

- a) Enerji sarfiyatı
- b) İşletme genel maliyetleri

- c) Ürünlerin kalitesi
- d) Giriş maliyeti
- e) Gerekli alan
- f) Tekrar düzenlenebilmedeki basitlik
- g) Bakım/ Onarım

Makineyi bazı özelliklere göre seçerken dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biri de kullanılabilir hacim ve alandır. Aynı işleve sahip makinelere göre daha küçük bir hacim seçmek, makine ortamında ve dolayısıyla fabrikada daha fazla yer açılmasına izin verecektir. Aynı zamanda, gelecekteki yatırımları düşünen yöneticilerin yerleştirme probleminin minimum seviyede olmasını sağlayacaktır.

### **1.3.5. Makine Düzenleme**

Fabrika düzenlemesi konusunda makine ile ilgili kısım çok önemlidir. İyi bir düzenlemenin amaçlarından biri etkili makine kullanımınıdır. Makine düzenleme esasları ve modelleri aşağıdaki gibi açıklanabilir:

#### **1.3.5.1. Esasları**

Makinelerin ideal biçimde düzenlenmesinin planlanma ve uygulanma aşamalarında dikkat edilmesi gereken hususlar şu şekilde sıralanabilir (Üçüncü,2003: 57):

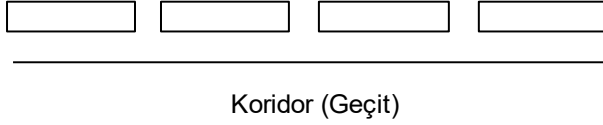
- a) Ağır makineler alt katlara ve sağlam bir yüzeye monte edilmelidir,
- b) Yüksekliği fazla olan makineler tavan yüksekliği daha fazla bölümlere yerleştirilmelidir,
- c) Titreşimli makineler, bu makineler için yapılmış özel bölümlere yerleştirilmelidir,
- d) Doğal kaynakların kullanımı ile aydınlatma öncelikli tercih olmalıdır,
- e) Çalışma ortamı sürekli gözetim altında tutulmalıdır,
- f) Hammadde depolaması üretim tesislerine kısa mesafede olmalıdır,
- g) Mamul deposu sevkiyat bölümüne daha yakın mesafede olmalıdır,
- h) Gelecekteki genişleme taleplerini göz önünde bulundurulmalıdır.

#### **1.3.5.2. Modelleri**

Makinenin ihtiyaç duyduğu alan makinenin çevrelediği alan olarak sınırlıdır. İş istasyonları bakımından bakıldığında bu alan, operatörün kullanım alanı, gelen malzemenin hareket alanı, işlenmekte olan malzemenin alanı, işlenmiş malzemenin alanı, makine ve ürün işleme için başlatılan hazırlama alanı ile bakım için gerekli sahayı

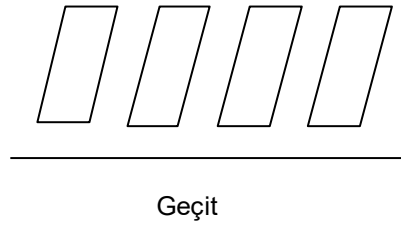
kapsaması gerekmektedir. Makine düzenlemesini dört genel modele indirgenebilir ve bunlardan ilki *düz hat* şeklindeki düzenleme tipidir. Bu tip düzenlemede makineler düz hat şeklinde ve yan yana yerleştirilmekte, iki makine arasında geçiş alanı bulunmaktadır (Reed, 1970: 69). Düz hat şeklinde yerleştirme Şekil 1.2' de gösterilmiştir.

Şekil 1.2: Düz Hat Şeklinde Makine Yerleştirme



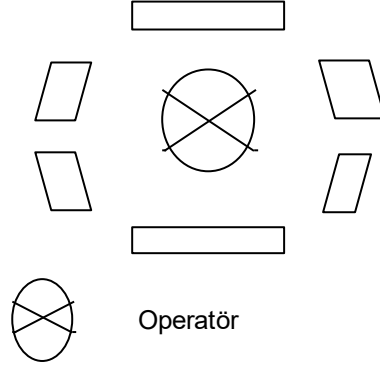
Belirtilen diğer makine düzenlemesi tipi, *köşegen veya çapraz* şeklinde adlandırılan türdür. Bu tipteki bir yerleştirme düzeninde, makinelerin merkez çizgileri, koridor için uygun bir açıda yerleştirilir. Çapraz düzenleme bazı durumlarda avantajlıdır. Makinenin bir tarafından gelen malzemeye girip diğerinden çıkarak malzeme transfer tesislerinin aynı yönde çalışmasını sağlar. Makinenin uzunluğu genellikle makinenin genişliğinden daha büyük olduğundan, makinelerin çapraz yerleştirilmesi, koridor boyunca çok sayıda makinenin yerleştirilmesine izin verir. Bu, belirli bir makine için gereken geçiş miktarını azaltır (Reed, 1970: 70). Çapraz (diyagonal) şekilde makine yerleştirme Şekil 1.3'te gösterilmiştir.

Şekil 1.3: Çapraz (Diyagonal) Şekilde Makine Yerleştirme



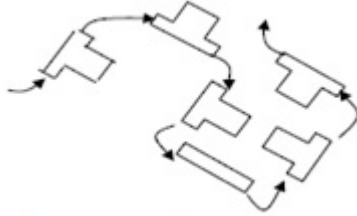
Bir diğer makine yerleşim tipi *dairesel* yerleşimdir. Dairesel biçimde makine yerleştirmede, operatör ortadadır, makineler operatörün etrafında organize edilmiştir. Böylece bir operatör birden fazla makine kullanabilecektir. Dairesel biçimde makine yerleştirme Şekil 1.4'te gösterilmiştir.

Şekil 1.4: Dairesel Biçimde Makine Yerleştirme



Sonucu yerleşim tipi *dar açılı* yerleştirme şeklindedir. Bu uygulamada, makineler, önceki makineden gelen malzemenin bir sonraki makineye uygun şekilde aktarılacağı şekilde konumlandırılmalıdır. Bu tür düzenlemeler en kısa sürede yapılabilir. Makinelerin en yakın konumu, ölü alanların optimum şekilde kullanılmasını sağlar. Dar açılı konumlandırma, makinelerin yakın ve otomatik parçaları aktarmalarını sağlayan otomasyon türüdür. Dar açılı şekilde makine yerleştirme Şekil 1.5'te gösterilmiştir.

Şekil 1.5: Dar Açılı Şekilde Makine Yerleştirme



Hareket yoğunluğu seviyesi belirlendikten sonra, geçiş genişlikleri çalışanların yakınında çalışanlar için tehlike oluşturmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Bu yerleştirmede; malzeme nakliyesi ve personel için ayrılan kapıların birbirinden farklı olması, kapıların farklı renklerle gösterilmesi ve ana kapı sayısının asgariye indirilmesi öngörülmektedir.



## 1.4. TESİS BİNASI

### 1.4.1. Fabrika Düzenleme ile Bina Arasındaki İlişki

Fabrika, üretime konu olan süreçlerin taleplerine tam anlamıyla karşılık verebilmesi gerekmektedir. Fabrika planlanırken, gelecekte meydana gelecek gelişmeler dikkate alınarak uygun büyüklük, yükseklik, aydınlatma, taşıma yolları, ısıtma-soğutma sistemleri gibi değerler göz önüne alınarak ihtiyaç duyulan araştırmalar ve değerlendirmeler yapılmalıdır (Lockyer, 1983: 143).

Mevcut bir tesisin farklı bir tesise taşınması planlanıyorsa, malzemelerin, yarı mamul ürünlerin ve tesiste bulunan diğer parçaların kolay taşınması durumunda, makinede çalışan işçi en duyarlı şekilde kokuya, gürültüye vb. karşı korunmalıdır. Mevcut yapının diğer bölümlerden etkilenmeyecek şekilde, havalandırma ve ışıklandırma iyileştirmelerin yapılması gerekir.

Mevcut düzenin incelenmesi veya yeniden tasarlanmasında malzeme, yarı mamul ürünler ve tesisteki diğer parçaların ilerlemesi önemli yere sahiptir. Bazı durumlarda, iş akışı veya tesisler veri olarak kabul edilir. Üretim sistemi yeni kurulmuşsa, tesis binasını gereklilikleri karşılayacak şekilde planlamak ve inşa etmek en iyi çözümdür. Detaylar açısından birçok farklı yapı olsa da en basit olanı çatı şekillerine göre sınıflandırmaktır (İlhan, 1981: 35).

### 1.4.2. Tesis Tipleri

Farklı tiplere sahip tesis binası karşımıza çıkmakla birlikte bu binalar görünüşleri bakımından üç ana başlıkta toplanabilmektedir:

- a. Kat Sayısı
- b. Çatı Şekilleri
- c. Bina Biçimleri

Önceki dönemlerde bina birim maliyetinin düşük olması nedeniyle tek katlı kullanımın yaygın olduğu görülmüştür. Arazi fiyatlarının hızlı yükselişi ile sanayi bölgelerinin oluşması maliyetin artması ve çok katlı tesis binalarına yönelme eğilimini arttırmıştır. Bununla birlikte, kolay akış ve iş akışının kontrol edilebilirliği açısından, her zaman tek katlı binalar çok katlı binalara göre daha uygundur.

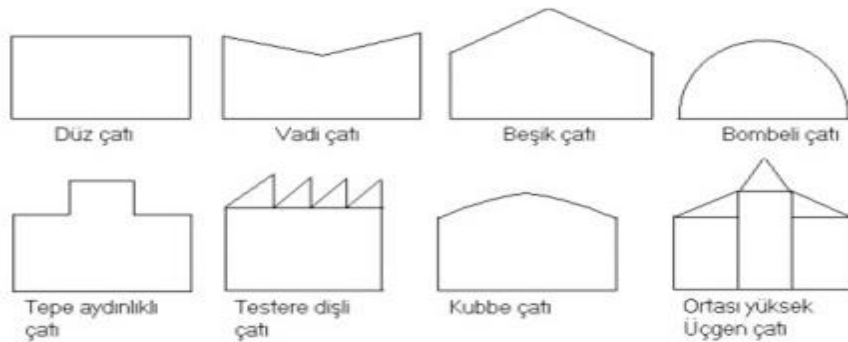
Herhangi bir arazi kısıtlaması yoksa çok katlı binalar inşa edilmemelidir. Çimento vb. iş alanlarındaki binalar çok katlı bir yapıya sahiptir. Ağır makinelerin bulunduğu endüstrilerde, ulaşım maliyetleri açısından tek katlı binalara sahip olmak daha uygundur.

Yeni nesil tesisler ağırlıklı olarak tek katlı, penceresiz, çelik çerçeveli ve yapay aydınlatma yöntemleriyle binaların tasarımında kullanılmaktadır (Kobu; 2003: 188).

- Tek Katlı Binaların Yararlı Yanları:
  - İnşaat süresi kısadır
  - İnşaat maliyeti düşüktür
  - Her alan için doğal ışık kullanımına uygundur
  - Havalandırma kolaydır
  - Fabrikadaki yerleşim kolaydır
  - Atıl alan az miktardadır
  - Malzeme taşıma kolaydır
  - Alan kullanımı esnektir
  - Tüm birimlerin denetimi kolaydır
  - Acil durumlarda tahliye kolaydır
- Çok Katlı Binaların Yararlı Yanları
  - Arazi maliyeti düşüktür
  - Hizmet birimlerinin yerleşimi kolaydır
  - Enerji tesisatının kısa dolaşır
  - Isıtma maliyeti düşüktür
  - İş taşıma süresi kısadır
  - Bölümlerin denetimi etkindir

Esas alınan bina biçimi dikdörtgen şeklindedir. Farklı durumlar ve projeler için beş köşeli, dairesel gibi şekiller uygulanmaktadır. Bazı çatı şekilleri Şekil 1.6'da gösterilmiştir.

Şekil 1.6: Çatı Şekillerine Göre Tesis Bina Tipleri



(Kobu, 2003: 188)

Aydınlatma ve havalandırma ile ürün tipi çatı şekilleri için baskın bir rol oynar. Örnekle açıklamak gerekirse, dökümhane üçgen çatılı fabrikanın ortasında, tekstil endüstrisinde testere çatısı kullanılmaktadır. Ancak bu genelleme, her geçen gün gelişen teknoloji ile değişebilir.

Fabrika düzenlemede kullanılacak bilgileri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Kobu, 2003: 189):

- Binanın detaylarını gösteren mimari planlar,
- Bina su, elektrik gibi tesisat planları,
- Mevcut yerleşim düzenine ait planlar,
- Bina etrafına ait durumlar,
- Binaya ait dayanıklılık raporları vb.

### **1.4.3. Enerji Etkin Bina**

Enerjinin etkin kullanımı, istenen performans, konfor gibi koşullarından vazgeçmeden ihtiyaç duyulan çıktıya ulaşabilmek amacıyla gereken enerji miktarını azaltmak olarak tanımlanabilir (Oral, 2007: 254).

Enerji etkin bina tasarımına ait amaçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Utkutuğ, 1999: 22):

- Gereksiz ısı kayıplarının azaltılarak enerjinin korunması,
- Pasif ve aktif havalandırmanın beraber kullanılması,
- Ekolojik bozulmaların önüne geçilmesi,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması.

Fabrika aydınlatılması için; enerjinin verimli kullanımı açısından bakıldığında binanın yeri, bina alanları, binanın yönü, binanın yapısı ve binanın dış yüzeyi etkili olmaktadır.

Güneş enerjisi, binalarda en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi kullanımı için çeşitli alternatifler de vardır. En önemlilerini aşağıdaki gibi sıralanabilir:

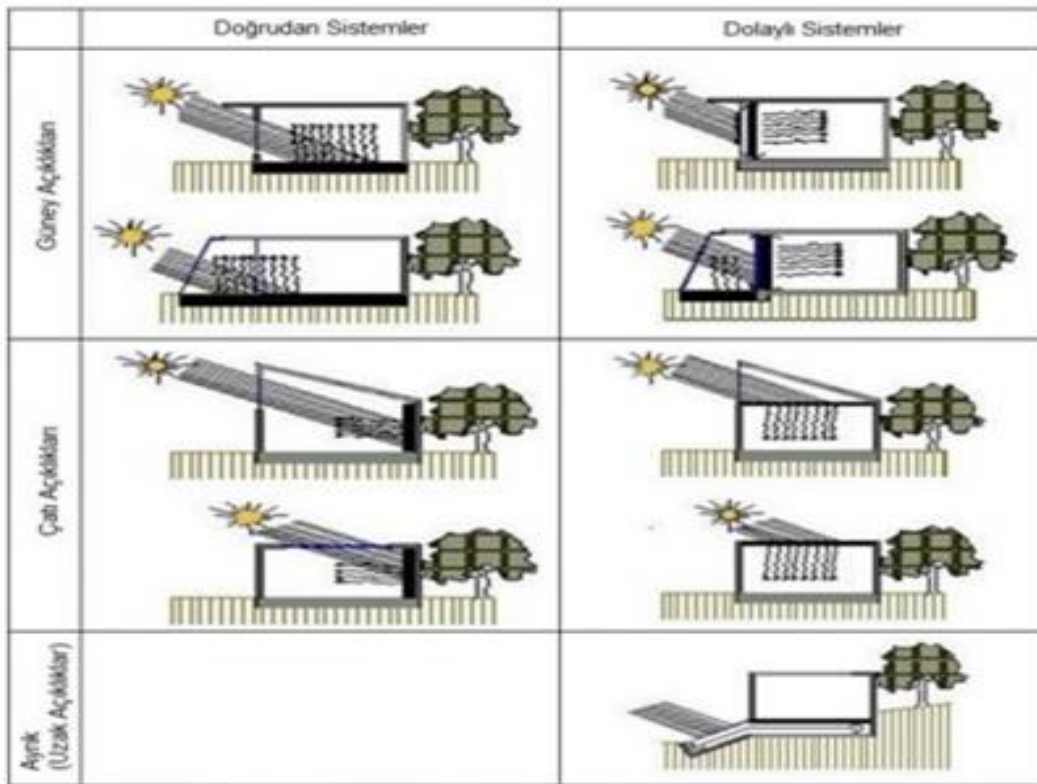
- Güney yönde bulunan cam yüzeyler (pasif güneş sistemleri) ile güneş enerjisinden yararlanma,
- Güneş pilleri (aktif güneş sistemleri) ile güneş enerjisinden yararlanma (Danacı ve Gültekin, 2009: 14).

Pasif güneş enerjisi sistemlerinde kışın ısı kazanımından, yaz aylarında havalandırma ve soğutmadan faydalanılmaktadır. Bu sistemlerde, binaya ulaşan güneş ışınları çeşitli alanlarda iç mekânlara toplanır, depolanır ve dağıtılır (Demircan ve Gültekin, 2017: 38).

Pasif güneş sistemi doğrudan ve dolaylı aktarım olarak iki şekilde görülmektedir. Doğrudan aktarımda, güneş ışınları iç mekâna direkt ulaşırken; dolaylı aktarımda ise güneş ışınları ilk önce depolanır ve sonra transfer edilir. Dolaylı pasif güneş sistemi; güneş duvarı, su duvarı, çatı havuzu, güneş odası, termosifon sistemi, güneş baca yöntemleri ile uygulanabilir.

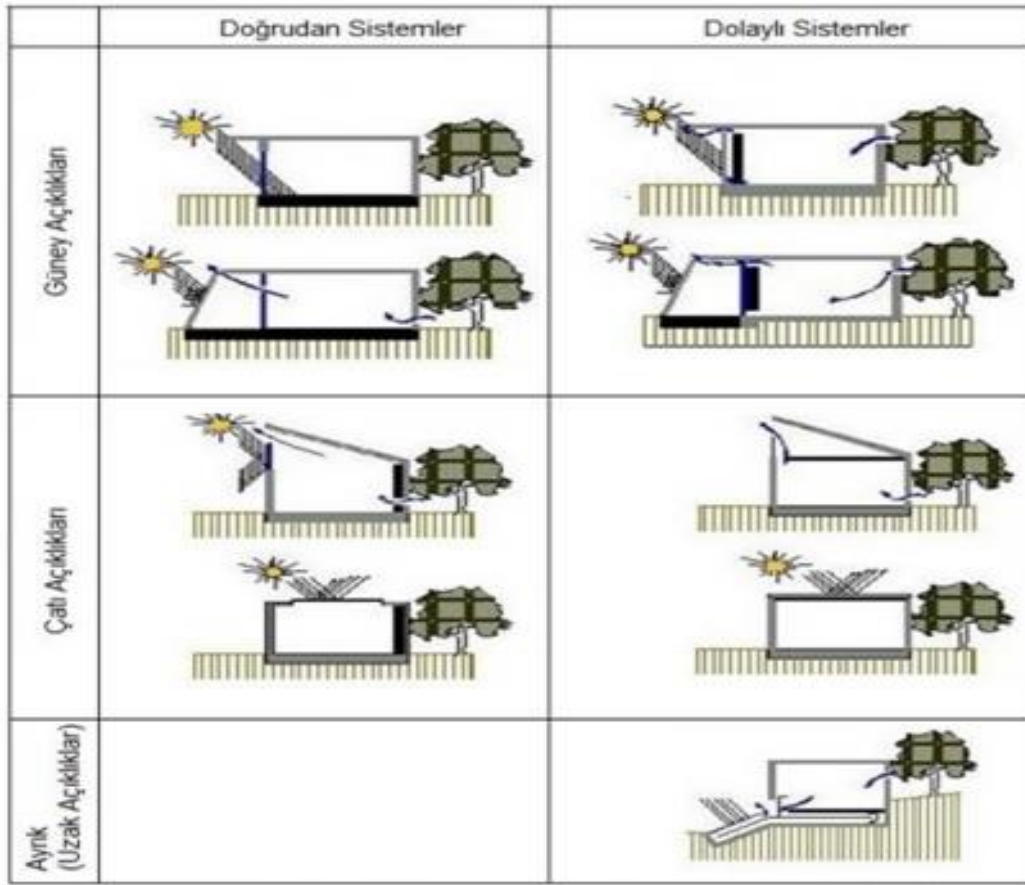
Pasif güneş sistemlerinde ısıtma ve soğutma işlemlerine ait doğrudan ve dolaylı sistemlerin detaylı anlatımına ait şekiller şu şekilde belirtilmiştir:

Şekil 1.7: Pasif Güneş Sistemlerinde Isıtma Şekilleri



(Bekar, 2007: 22)

Şekil 1.8: Pasif Güneş Sistemlerinde Soğutma Şekilleri



(Bekar, 2007: 23)

Aktif güneş sistemleri, binalardaki güneş enerjisinden yararlanmak için, ısı enerjisi dağılımının otomatik izlenmesi, su ve hava kolektörlerinin uygulanması, yüksek verimli kolektörlerin kullanılması ve güneş pillerinin kullanımı şeklindedir. Bu sistemler doğrudan iç mekân ısıtması için kullanılmaz, genellikle enerji toplayıcıları aracılığıyla toplanır. İç mekân ısıtıcısı dağıtıcı cihazlarla sağlanır. Güneş kolektörleri, güneş pilleri, ışık rafları, ışık tüpleri, anidolik tavan, heliostatlar aktif güneş sistemleri içerisinde sayılmaktadır (Dikmen ve Gültekin,2011: 98).

### 1.5. İŞ AKIŞI

Üretim sırasında malzemelerin, parçaların ve yarı ürünlerin yollarını türlerine göre sınıflandırmak mümkündür. Üretim sistemi farklı faktörlere göre değişebilir. Bu nedenle, deneme yanılma ile tespit edilebilen sistemler karma olabilmektedir ki tek bir sisteme sahip fabrikalar nadiren karşılaşılan bir durumdur.

Temel yatay iş akışı tipleri ve kombinasyonları, doğrusal tip, L tipi, U tipi, S tipi, O tipi, S+L tipi, S+U tipi ve O+U tipi şeklinde açıklanabilir (Kobu, 2003: 190).

Akış modelleri, hammaddenin işlenmeye başlamasından son ürün olmasına kadar geçen akış sürecini içermektedir (Heragu, 1997: 36).

Akış modelleri, iş istasyonlarındaki ve bölümler arasındaki akış olarak ikiye ayrılmaktadır.

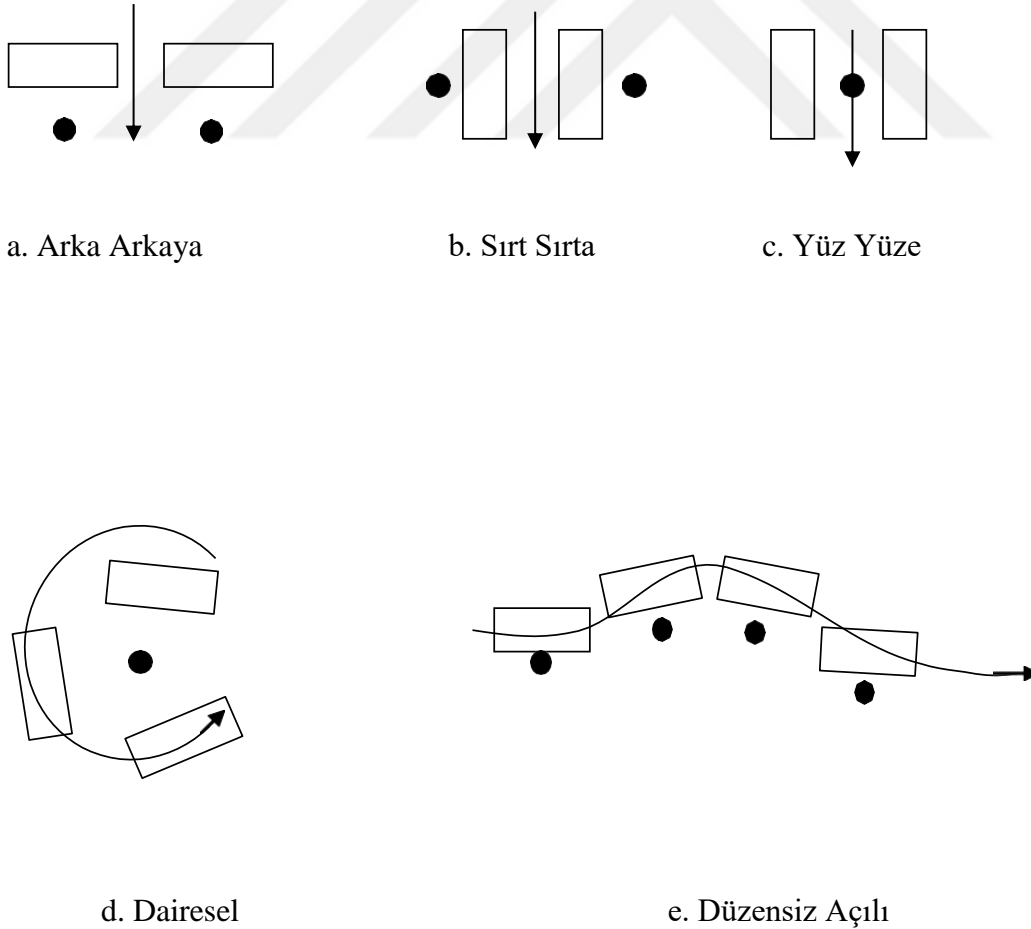
**a. İş İstasyonları İçindeki Akış:**

Akış meydana gelirken, işçi hareketleri dikkat edilmesi gerekli en değerli detaylardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak akışın ergonomik yani simetrik, doğal, ritmik ve alışılmış olması bir başka önemli konudur.

**b. Bölümler İçindeki Akış**

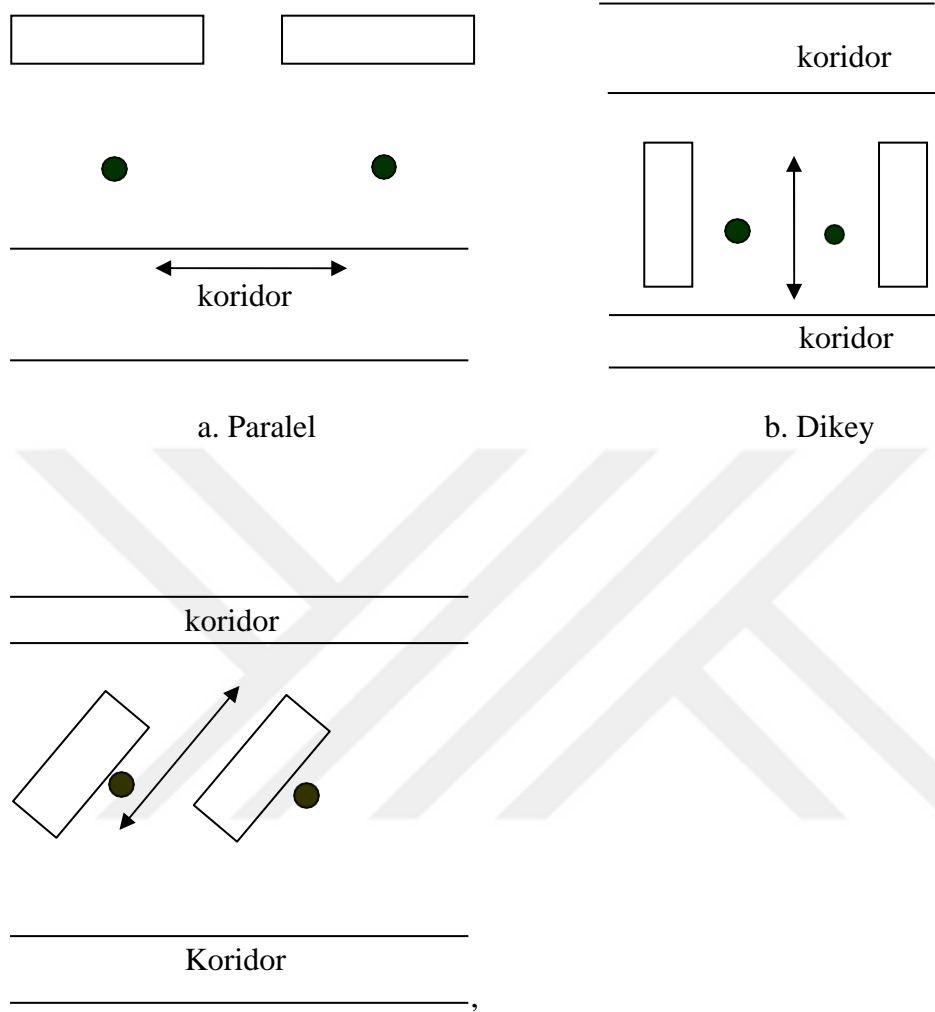
Bölümler içindeki akış, iş istasyonları arasında küçük olmalıdır. Şekildeki düzenlerden hangisinin seçileceği hususu alanın boyutuna, miktarına ve malzemenin büyüklüğüne bağlıdır (Tompkins ve White, 1984: 77).

**Şekil 1.9: Ürün Bölümleri Arasındaki Akış**



(Ak, 2009: 6)

Şekil 1.10: Süreç Bölümleri Arasındaki Akış



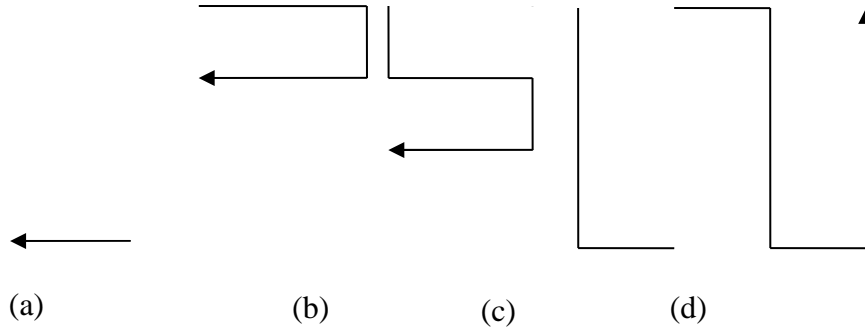
c. Diagonal

(Ak, 2009: 7)

### ***c. Bölümler Arasındaki Akış***

Bu akış, bir fabrikada akışın tamamını değerlendirmek amacıyla kullanılan temel değerdir. Şekilde gösterilen tiplerin kombinasyonu akışla sonuçlanır. Belirleyici rol giriş ve çıkış noktalarının konumudur.

Şekil 1.11: Genel Akış Modelleri



Yukarıdaki şekilde belirtilen modellerde, (a) doğrusal tipteki; (b) U tipteki; (c) S tipteki ve (d) ise W tipteki akışı göstermektedir (Tompkins ve White, 1984: 82; Ak, 2009: 8).

Bir fabrikadaki bölüm düzenlemesi, bölümler arasındaki akışa bağlıdır. Akış hızı, yerleştirme seçeneklerine sahip olmak için oldukça gereklidir. Bu akış kantitatif veya kalitatif olabilir. Nicel akış, bölümler arasındaki yüksek malzeme ve bilgi akışı ile nitel akış ise, düşük malzeme ve bilgi akışı ile ilişkilidir. Genel olarak, bir fabrika her iki akış kriterine de gereksinim duymaktadır.

- **Nitel Akış Verisi**

Çizelge 1.1' de yer alan değerlerin kullanılmasıyla, akış niteliksel biçimde ölçülebilecektir (Tompkins ve White, 1984: 83).

Nitel olarak ölçülebilen değerler, çizelge 1.2' deki yakınlığın sebeplerinin belirtildiği değerler ile beraber değerlendirilerek ilişki şeması oluşturulabilecektir (Erkut ve Baskak, 2003: 112).

**Çizelge 1.1: Yakınlık İlişki Değerleri**

Değer	Yakınlık
A	Kesinlikle gerekli
E	Özellikle önemli
I	Önemli
O	Bir arada olabilirler
U	Önemli değil
X	Bir arada olmaları istenmez

(Ak, 2009: 10)

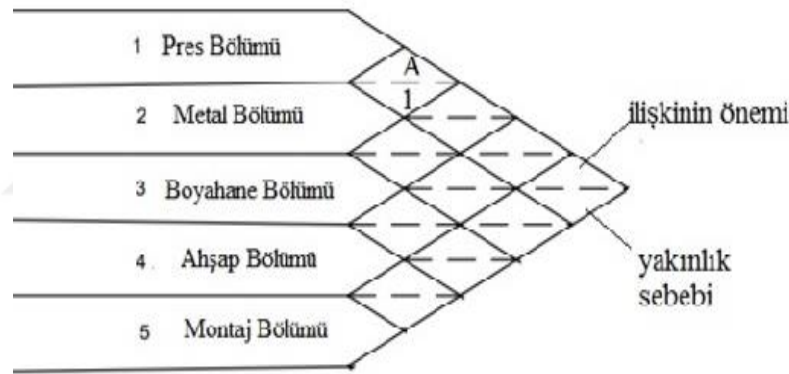


**Çizelge 1.2:** Yakınlık Nedenleri

Değer	Yakınlık
1	Malzeme akışı var
2	Bireysel ilişkiler için gerek var
3	Benzer donanım kullanılıyor
4	Benzer personeli paylaşıyorlar
5	İvedi durum sözkonusu oluyor
6	Haberleşme sıklığı fazla

(Erkut ve Baskak, 2003; Ak, 2009: 10)

İlişki şemasında yer alan bölümler arası yakın olma durumunu gösteren değerler, bölüm ikililerini yerleştirmenin sebebini göstermektedir. Örnek olarak, iki makine arasında A değerinde yakınlık ilişkisi söz konusu ise, bu iki makine kesinlikle ayrılmamalıdır.

**Şekil 1.12:** İlişki Şeması

#### - Nicel Akış Şeması

Bölümden bölüme taşınan miktara bağlı olarak, akış niceliksel olarak da hesaplanabilmektedir. Bu akış verilerinin kayıt altına alındığı ve yoğunlukla kullanıldığı yer nereden-nereye şemasıdır (Tompkins ve diğerleri, 1996: 88).

### 1.6. YERLEŞME TİPLERİ

Yerleşme tiplerini başlıca 3 grupta toplamak mümkündür. Bunlar, aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kobu, 2003: 195):

- *Proses Göre Yerleşme:* Bu yerleşme türünde makineler, çeşitleri ya da işlevleri esas alınarak gruplandırılmaktadır. Örnek olarak, pres, kaynak vb. işlemleri için bağımsız bölümler ayrılmaktadır. Siparişe göre ürün üreten firmalar için tercih edilen yerleşme tipidir.

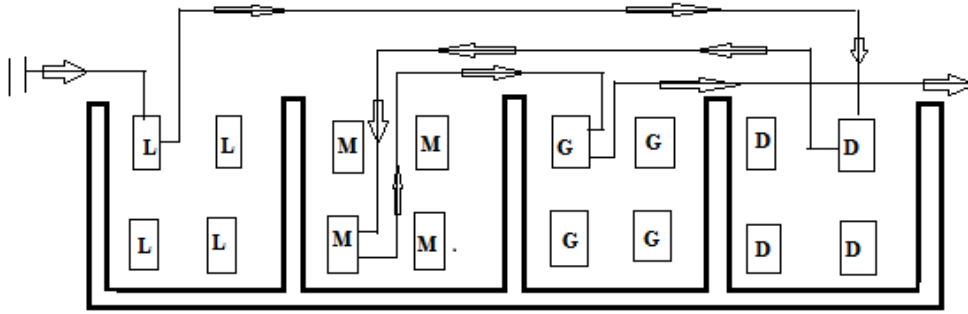
- *Mamule Göre Yerleşme*: Makineler, ürünün işlenmemiş aşamasından nihai şekline gelme aşamasına kadar gerçekleşen işlemlerin gerektirdiği sırada düzenlenir. Her ürüne özel farklı bir üretim hattı kurulabilir. Bu yerleşim şekli sürekli üretim tipi için ideal bir yerleşim metodudur.

- *Sabit Pozisyonlu Mamule Göre Yerleşme*: Ürün hareket ettirilemeyecek kadar ağır veya çok büyükse, makineler ürünün yanına taşınır veya uygun yerlere yerleştirilir. Bu tür yerleşim inşaat, uçak ve gemi endüstrilerinde görülür.

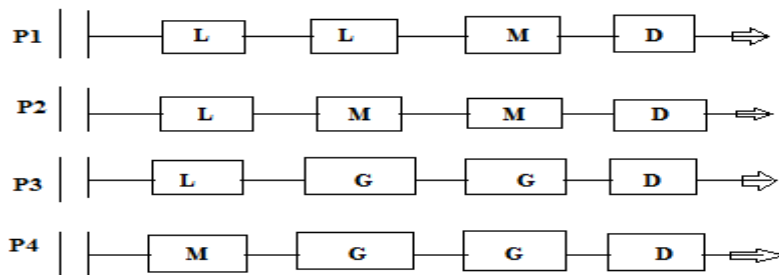
Torna, freze, taşlama ve delme tezgâhlarına sahip bir sistem varsayımında işleme ve ürüne göre yerleşim Şekil 1.13' teki gibi mümkündür:

Şekil 1.13: Yerleşme Düzenleri

Proses (a) ve mamul cinsine (b) göre yerleşim düzenleri. L: torna, M: freze, G: taşlama, D: matkap tezgâhları



(a)



(Kobu, 2003: 192)

(b)

Fabrika için en uygun yerleşim kombinasyonu, her yerleşim tipinin faydalarını ve sakıncalarını sayısal değerlere dönüştürmek ve uygun yöntem ile bu değerleri değerlendirmek suretiyle bulunabilir. Yukarıda sıraladığımız yerleşme türlerini detaylarıyla ele aldığımızda karşımıza aşağıdaki sonuçlar çıkmaktadır:

### 1.6.1. Prosese Göre Yerleşme

İşleme göre makineler tür ve işlevlerine göre gruplandırılmaktadır. Bu tür bir yerleşim toplu üretim ve standart olmayan üretim birimleri için tercih edilir. Sürece göre düzenleme, az ürün çeşitliliği olan işletmeler için uygundur. Çünkü eğer ürün standart değilse, bu tür bir yerleşim daha fazla esneklik vermektedir.

Siparişe göre üretim yapan işletmelerde üretimdeki esnekliğe izin vermesi açısından prosese göre düzenlenme yerinde olacaktır (Demir, 1987: 77)

#### - *Düzenleme Gereklilikleri*

- a) Çeşitli tiplerde veya özel siparişlerde üretim yapılırsa,
- b) Her biri uzun süre ve büyük miktarda üretildiyse,
- c) Yeterli miktarda çalışma yapmak zorsa,
- d) İşçi ve makine arasında denge kurulmasında zorluk varsa,
- e) Sıralı işlemlerde çok sayıda denetim yapılması gerekiyorsa,
- f) Malzemelerin ve nesnelerin ağır veya çok büyük olması durumunda, aktarılması zor
- g) Aynı iş istasyonunu veya makineyi birden fazla işlem için sürekli kullanmak gerekirse.

#### - *Düzenlemenin Faydalı Yönleri*

- a) Esnekliğe sahip olduğundan dolayı iş kurulum programı kolaydır, tamir / bakım süresi, üretim kesintileri minimumdur.
- b) Makinelerin verimli kullanılmasından dolayı, makinelere yapılan yatırım miktarı daha azdır.
- c) Kontrol bölümü açısından daha etkilidir. Çünkü gözlem ve kontrol, ilgili branşlarda eğitilmiş personeller tarafından yapılır.
- d) Tekdüzelikten kaynaklanan psikolojik bir problem yoktur.
- e) İşçiler bireysel olarak daha fazla iş yapmaya isteklidir ve kişisel ihtiyaçlarına yönelik teşvik uygulanabilir.
- f) Karmaşık süreçlerde üretim planlaması kolay ve basittir.
- g) Birtakım görevlere esneklik vardır ve değişikliklere kolay adaptasyon sağlanır.

#### - *Düzenlemenin Sakıncalı Yönleri*

- a) Akış çizgileri uzun. Bu sebeple nakliye sayısı ve buna bağlı olarak maliyet yüksektir.
- b) Eksik ürün stokları yüksektir.
- c) Üretim kontrolü basit değildir.
- d) Toplam üretim süresi daha uzundur.

e) Uzman personel kullanımı zorunludur.

### **1.6.2. Mamule Göre Düzenleme**

Mamule göre düzenleme, bir mamulün hammadde halinden nihai halini alıncaya kadar yapılan işlemlerin gerek duyulan sıralama ölçütüne göre makinelerin, işçilerin ve malzemelerin sıraya dizilmesidir. Buradaki asli değer dengelemedir. Burada amaç iş bölümleri arasındaki kapasite farkları toplamının en düşük değere sahip olmasıdır. Özellikle sürekli üretim çeşitlerinde kullanılır. Örneğin; otomobil, gıda ve kereste endüstrileri vb. (Yamak, 1994: 33).

#### **- Düzenlemeyi Gerektiren Koşullar**

- a) Belirli standartlardaki mamul üretime söz konusu ise,
- b) Gerek duyulan etüt imkânları var ise,
- c) Peş peşe operasyonlar esnasında asgari miktarda muayene mevcutsa,
- d) Asgari miktarda yüksek tonajlı veya kendine has düzenleme ihtiyacı duyulan makineler mevcutsa,
- e) Mamuller taşıma araçları ile belirli partiler halinde veya devamlı bir biçimde iletilebilmekteyse,
- f) Çok az vaziyette bir makine ya da üretim istasyonu, birden fazla operasyon için kullanılabilirlikteyse (Demir, 1987: 79).

#### **- Düzenlemenin Faydalı Yönleri**

- a) Akış düzgün ve taşıma az sayıdadır.
- b) Az sayıda yarı mamul stoku bulunur.
- c) Toplam üretim zamanı azdır.
- d) İlk planlama sonrasında kontrol basittir.
- e) Denetleme her aşamada uygulanabilir. Bu da maliyeti azaltır.
- f) Niteliksiz personel kullanılabilir, kolay adapte olunur.

#### **- Düzenlemenin Sakıncalı Yönleri**

- a) Esnekliğin kısıtlı olmasından dolayı tasarımda yapılması planlanan ufak değişiklik, sistemin tamamında daha fazla değişikliklere sebep olur.
- b) Bir makinenin çalışmaması durumunda ya da bir malzeme eksikliğinde sistem tamamen kapanır.
- c) Büyük yatırım miktarına sahiptir.
- d) İnceleme ve denetim basittir. Fakat uzmanlaşma sağlanamamıştır.

- e) Gürültü veya ısı ortaya çıkaran makineleri ayırmak kolay değildir.
- f) Sistemin kapanma sorunundan dolayı, bakımlar üretim saatleri içinde yapılmaz.
- g) Sistem makine bazlı üretimi esas aldığından personel teşvik sistemleri genellikle anlam taşımamaktadır.

### **1.6.3. Sabit Pozisyonlu Ürüne Göre Düzenleme**

Bu tür düzenlemeye inşaat, uçak ve gemi sanayileri örnek verilebilir. Bu tür bir düzenlemede, ürün taşınamayacak kadar ağır veya büyüktür. Üretimde kullanılacak araçlar, makineler, insanlar, malzemeler ve yedek parçalar üretimin yapılacağı yere taşınır (Meşeci,1985: 7).

#### ***- Düzenleme Gereklilikleri***

- a) Bir veya daha fazla parça aynı anda ve birlikte yapılacaksa,
- b) Malzemenin üretim maliyeti yüksekse,
- c) Üretim kalitesinin işçilik kalitesine bağlı olması durumunda,
- d) Ürüne montaj ya da düzeltme uygulamaları el aletleri ile yapılmaktaysa.

#### ***- Düzenlemenin Faydalı Yönleri***

- a) İnceleme ve denetim kolaydır,
- b) Malzemenin yer değiştirme durumu asgari düzeydedir,
- c) Toplam üretim zamanını azaltan önleyici tedbirler almak olanaklıdır,
- d) Yüksek esnekliğe sahiptir ve üretilen mamulde yapılacak değişiklik kısmen daha basittir,
- e) Düzenleme yatırımı asgari düzeydedir.

#### ***- Düzenlemenin Sakıncalı Yönleri***

Sabit pozisyonunu ürüne göre düzenlemenin sakıncaları şu şekilde sıralanabilmektedir:

- a) Ürünün bulunduğu yere, makine ve ekipmanların getirilmesi uzun süreli ve yüksek maliyetli olabilmektedir,
- b) Nitelikli işçiler gereklidir,
- c) Programlar, birtakım fabrikalarda malzemenin uygun ve verimli biçimde kullanımını mümkün kılrsa dahi, yerleştirme zamanına bağlı makine ve ürünlerin kullanım yüzdesi ağırlıklı olarak asgari düzeydedir (Demir, 1987: 79).

## 1.7. FABRİKA İÇİ MALZEME TAŞIMA

Malzeme taşıma, hammaddenin/ yarı mamulün/ mamulün nakledilmesi, paketlenmesi, uygun yerlerde biriktirilmesi sanati ve bilimsel biçiminde tanımlanabilmektedir (Stephens ve Meyers, 2010: 274).

Tesisteki malzemelerin taşınması, üretim sisteminde hedeflenen mamul ya da hizmeti sağlamak amacıyla gerçekleştirilen etkinliklerde meydana gelen nakletme işlemlerinin tamamını kapsamaktadır. Bu kapsamda hammaddeler, malzemeler, yarı mamuller, depolama, yükleme ve boşaltma faaliyetleri, ofislerde belge ve formlar ile haber, bilgi hareketleri yer almaktadır (Barutçugil, 1988: 67).

Fabrika düzenlemelerinde, fabrika içi taşıma önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü bu işlemler, ürünün değerini artırmamakla birlikte üretim maliyetine dâhil edilir. Fabrikanın endüstrisi ve teknolojisi gibi faktörler bu maliyeti etkilese de nakliye maliyetlerinin imalat maliyetindeki payının % 15 ile % 60 arasında değiştiği bilinmektedir.

Endüstriyel bir işletmede malzeme taşıma faaliyeti hakkında farklı bir bilgi şu şekilde açıklanmıştır:

İş gören adedi bakımından personelin tamamının 1/4 'ünü, kullanılmakta olan alan bakımından fabrika alanının tamamının 11/20' sini ve yapılan uygulama zamanı bakımından da yekûn imalat zamanının 87/100' ünü içermektedir (Hiregoudar ve Reddy, 2007: 122).

Malzemenin yer değiştirmesinde değer taşıyan olaylar aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Harding, 1984: 96):

- Tedarik edilen hammadde ya da malzemenin işletmeye indirilmesi,
- Üretim merkezi içerisinde nakletme amacıyla yükleme,
- Depo birimlerine girişler ve çıkışlar,
- Üretim bölümlerine ulaşmalar ile bölümlerden ayrılmalar,
- Kontrol noktalarına ulaşmalar ve bu noktalardan ayrılmalar,
- Paketleme esnasındaki eylemler,
- Yükleme bölümündeki kapılara ait çıkış hareketleri.

### 1.7.1. Malzeme Taşıma İlkeleri

Üretim tesisinde malzemenin verimli bir şekilde hareketinin sağlanması maksadıyla dikkate alınması gereken hususları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Kobu, 1984: 138):

- a. Nakliye araçlarının sayısı düşük tutulmalıdır,
- b. Bir seferde çok miktarda ürün taşınmalıdır,
- c. Büyük yüklerin taşınması için mekanizasyon tercih edilmelidir,
- d. Aynı görevi üstlenebilecek transfer araçlarının nakletme maliyetleri dikkate alınmalıdır,
- e. Transfer araçları düşük süratli olmamalıdır,
- f. Nakliye sırasındaki enerji kaybı asgari düzeyde olmalıdır,
- g. Gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Her ne kadar malzeme taşıma prensipleri sıklıkla birbirleriyle örtüşse de bir başka bakış açısında göre aşağıdaki gibi listelenebilmektedir (Şule, 1994: 22):

- *Planlama*: Maksimum operasyonel verimliliği sağlamak için tüm depolama ve malzeme taşıma faaliyetlerini planlamak
- *Sistem akışı*: Malzeme taşıma faaliyetinin maldan nakliyeye tüm durumlarla entegrasyonu
- *Malzeme akışı*: Malzeme akışını optimize etmek amacıyla operasyon sırasında araçların taşınması için planların sağlanması.
- *Basitleştirme*: Gereksiz hareketleri veya araçları azaltarak taşımacılığın basitleştirilmesi
- *Yerçekimi*: Uygun durumlarda malzeme hareketi için yerçekimi kullanımı
- *Alan kullanımı*: Binanın en verimli şekilde kullanımı
- *Mekanizasyon*: Taşımacılık uygulamalarının mekanizasyonu
- *Araç seçimi*: Araç seçiminde kullanılan malzeme ve yöntem değerlendirmesi
- *Standardizasyon*: Nakliye aracının tipine ve boyutuna göre standartlaşmasının sağlanması
- *Ölü ağırlık*: Hareketli araçların ölü ağırlık oranını azaltmak
- *Kullanım*: Malzeme ele almada kullanılan araçlar ve işçilik açısından en verimli kullanım planının oluşturulması
- *Bakım*: Tüm ulaşım araçları için programlanmış onarım ve önleyici bakım planlarının oluşturulması
- *Kullanılmaz hale gelme*: Eski yöntemlerin işlemleri daha verimli hale getirebilecek yeni yöntemlerle değiştirilmesi
- *Kontrol*: Üretim kontrolü ve stokta malzeme taşıma kullanımı
- *Kapasite*: Amaçlanan üretim kapasitesine ulaşmak için nakliye araçlarının kullanılması

-*Performans*: Taşıman birim ürünün maliyetine göre taşıma faaliyetinin performansının belirlenmesi

- *Güvenlik*: Güvenli ulaşım için uygun yöntem ve araçların sağlanması.

### **1.7.2. Taşıma Araçlarının Özellikleri ve Seçimini Etkileyen Faktörler**

Fabrika içerisinde malzeme hareketlerini kontrol eden ve veri elde eden sorumlunun, nakletme ekipmanları tercihine ait kararlarında yol gösterici konumda olan etmenleri şu şekilde sıralayabiliriz (Mayer, 1975: 119):

- a) Ürünlerin güzergâhı,
- b) Ürünün çeşidi,
- c) Üretim yerinin fiziksel nitelikleri,
- d) Nakletme ekipmanlarının kullanım esnasında ihtiyaç duyduğu alan,
- e) Maliyet etmenleri.

### **1.7.3. Malzeme Taşıma Araçları**

Nakletme ekipmanları, görevleri ve yapıları bakımından çok çeşitlidir. Bu konuda Amerika Malzeme Taşıma Birliği (AMHS) tarafından bir sınıflandırma yapılmış ve 9 grupta toplanmıştır (Carson, 1959: 24; Kobu, 2003:256):

- Konveyörler,
- Vinç ve asansörler,
- Konumlandırma ve kontrol araçları,
- Endüstriyel taşıtlar,
- Motorlu taşıtlar,
- Demiryolu araçları,
- Deniz taşıtları,
- Hava taşıtları,
- Çekmelik ve paletler.

Üretim merkezlerinde meydana gelen nakletme bakımından daha kullanışlı olan işletme içinde yapılan taşımalar açısından daha pratik olan aşağıdaki sınıflandırmayı aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- *Sabit İzli Araçlar*

Konveyörler, ulaşımın standart güzergâh içerisinde uygulanabileceği araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu araçlar, malzemenin sürekli veya gruplar halinde sabit bir hat



üzerinde taşınmasına izin veren aletlerdir. Malzemelerin hız ve zaman bakımından kontrollü bir şekilde taşınmasını sağlar. Aşağıda çeşitli konveyör tipleri bulunmaktadır:

- Kaymalı,
- Bantlı,
- Zincirli,
- Hava basınçlı,
- Vidalı,
- Titreşimli.

- *Sınırlı Alanda Çalışabilen Araçlar*

Belirli bir alan içinde, iki nokta arasında taşıma yapabilen araçlardır. Örnek olarak köprülü vinçler verilebilir.

- *Geniş ve Sınırsız Alanda Çalışabilen Araçlar*

Taşımanın, üretim merkezi içerisinde ya da dışarısında rastgele güzergah izlenerek yapılabildiği araçlardır. Nakletme güzergâhı, geçişine imkân olduğu takdirde herhangi bir kısıtlamaya sahip değildir. Bunlar:

- a. Forklift – Treylör sistemleri
- b. İnsan gücü ile çalışan araçlar,
- c. Motorlu araçlar.

- *Yardımcı Taşıma Araçları*

Ürün nakletme organizasyonunda en değerli detay, tek seferde nakledilecek miktarın büyük ve belirli bir boyutta olmasıdır. Ekonomik açıdan bu detayı sağlayan araçların avantajları fazladır. Yardımcı taşıma araçları direkt taşıma yapmaz ve malzemenin belirli bir boyutta toplanmasını ve korunmasını sağlar. Bu araçlarda palet olmalı ve araçlar çekmeli olmalıdır (Reed, 1970: 71).

Paletler ve çekmeli araçlar hakkında detaylı bilgi şu şekilde verilebilir:

- a) Paletler, 10-15 cm kalınlığında, bir veya iki yüzü de kullanılabilen standart boyutlu düzlemlerdir.
- b) Çekmelikler; daha büyük hacimlerde yüklerin taşınmasını sağlayan standart boyutlu, prizmatik ve tamamen kapalı metal kaplardır. Bu kaplar özellikle kara/deniz/demiryolu taşımacılığında önemli yere sahiptir. Taşıma işlemlerinde önemli kolaylıklar ve ekonomikliğe neden olurlar (İlhan, 1981: 36).

## 2. FABRİKA DÜZENLEME ALGORİTMASI

### 2.1. ALGORİTMA SINIFLANDIRMASI

Girdi veri tiplerine göre işyeri düzenleme algoritmaları sınıflandırılabilir. Bazı algoritmalar niteliksel akış verisini bazıları da niceliksel akış verisini kullanmaktadır. Buna ilave olarak bazı algoritmalar da her ikisinden yararlanmaktadır. Fakat belirli bir zamanda akış verisinin yalnızca birinin dikkate alınması gerekmektedir.

Algoritmalar, aynı zamanda amaç fonksiyonlarına göre de sınıflandırılabilir. Burada iki amaçtan söz edilmektedir. İlki; akış ile uzaklık çarpımını minimize etmeyi, ikincisi ise; yakınlık skorunu maksimize etmeyi amaçlamaktadır. Uzaklık ve komşuluk temelli amaç fonksiyonları aşağıda belirtilmiştir (Tompkins ve diğerleri, 1996: 92; Ak, 2009: 93) :

Uzaklık temelli amaca ait eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$\text{Enk } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} c_{ij} d_{ij} \quad (2)$$

Eşitlikteki (2)  $z$  amaç fonksiyonudur;  $d_{ij}$  sembolü ise  $i$  ve  $j$  bölümlerin merkezleri arasındaki dik-doğrusal uzaklıktır.

Komşuluk temelli amaca ait eşitlik aşağıdaki gibidir

$$\text{Enb } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} x_{ij} \quad (3)$$

Eşitlikteki (3)  $z$  amaç fonksiyonu ile birbirlerine komşu olan bölümler arasındaki akış değerlerinin toplamı yani komşuluk puanı hesaplanacağını vurgulamıştır. Burada  $x_{ij} = 1$  olursa,  $i$  ve  $j$  bölümleri komşudur yani ortak bir sınırı paylaşmaktadırlar; aksi durumda  $x_{ij} = 0$  olmaktadır.

### 2.2. İŞYERİ DÜZENLEME PROBLEMİ İÇİN ÖNERİLMİŞ GELENEKSEL YAKLAŞIMLAR

İşyeri düzenleme sorunu eniyileme ve tasarım sorunudur. Bu problemi, bir tasarım problemi olarak inceleyen iki yaklaşım açısından incelenmektedir. Birincisi, Sistematik İşyeri Düzenleme Problemi (SİDP), ikincisi de Mühendislik Tasarım Problemidir (MTP).

### 2.2.1. Sistematik İşyeri Düzenleme Problemi

SİDP tekniği dört aşamada incelenebilmektedir. Bu aşamalar aşağıdaki gibidir (Heragu, 1997: 72: Ak, 2009: 14):

*Aşama 1: Makinelerin Yerleşeceği Yerleşim Yerine Karar Verme:* Bu adım, makineler için yerleşim yerinin tanımlanmasını içermektedir. Örneğin, bu alan binanın kuzey tarafında, batı tarafında ya da eski binaya bitişik başka bir bina içerisinde olabilir.

*Aşama 2: Genel Yerleşimin Kurulması:* Bu evrede, bölümler arasındaki akış, yakınlık durumları, her bir bölüm için alan gereksinimleri eldeki kullanılabilir alan ve bütçe gibi kısıtlarla ilişkisi düşünülerek belirlenir ve beş veya daha az seçenek işyeri düzenleme plânı oluşturulur. Oluşturulan plânlar, maliyet ve maliyet dışı etmenler temel alınıp geliştirilerek bölümler ve genel çalışma alanları için bir yerleşim seçilir.

*Aşama 3: Ayrıntılı Yerleşim Planlarının Oluşturulması:* Adım 2’de, her bir makinenin, yardımcı donanımın, dinlenme ve temizlik odaları ve muayene istasyonu gibi destek hizmetlerin yerleri ve yerleşimleri ile ilgili ayrıntı sağlanmaz. Adım 2, bölümlerin yerleşimi sorununu ele alırken, adım 3, her bir bölüm içerisindeki makinelerin ve diğer yardımcı donanımın yerleşimini ele alır.

*Aşama 4: Seçilen Yerleşimin Kurulması:* Ayrıntılı yerleşim düzeni, etkilenen çalışanlar, idarî elemanlar ve yöneticiler gibi ilgili kişiler tarafından onaylanmalıdır. Daha sonra uygun yerleşim düzeni seçilir.

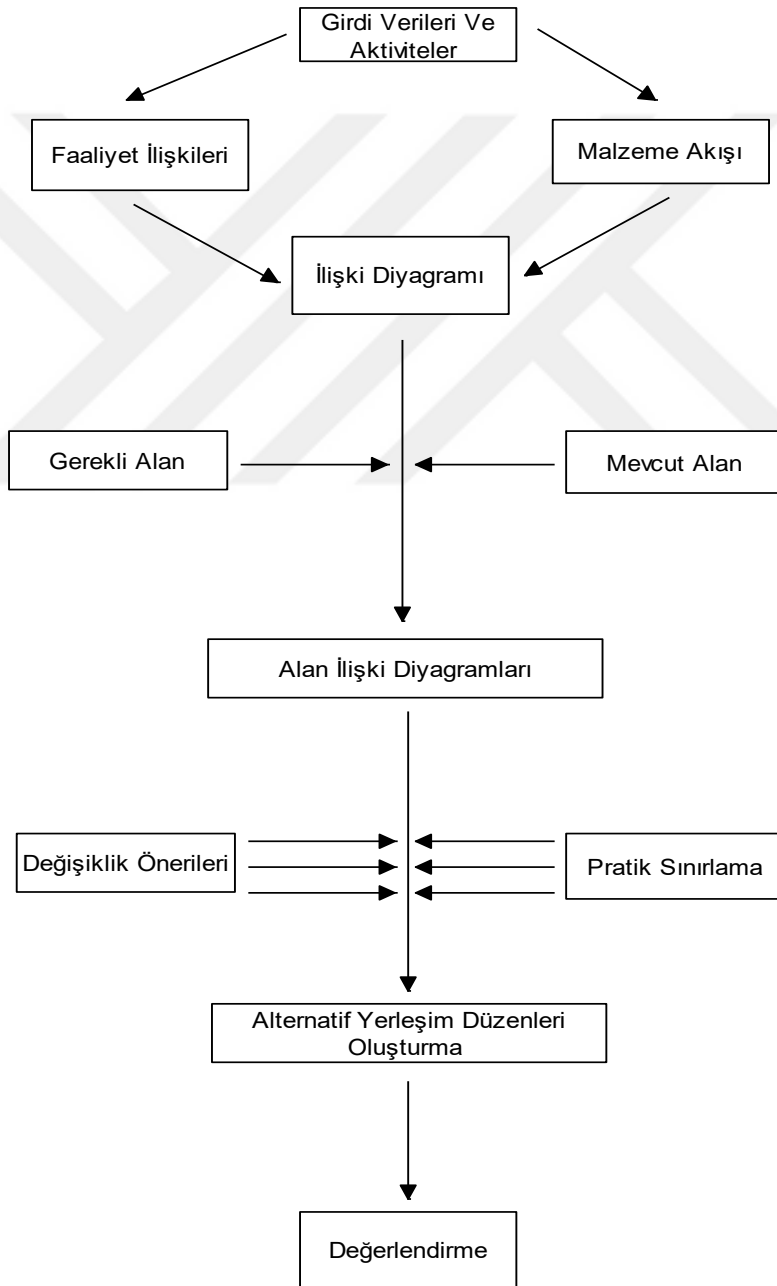
Yukarıdaki adımlardan en önemlileri genel yerleşimin kurulması ve ayrıntılı yerleşim planlarının oluşturulmasıdır. Sistematik işyeri düzenleme probleminin ihtiyaç duyduğu girdi verileri 5 sınıfta toplanabilir:

- P Ürün: Ürün tipleri
- Q Miktar: Her parçanın üretim hacmi
- R Rotalama: Her parça için işlem sırası
- S Hizmetler: Destek hizmetler
- T Zamanlama: Parçaların üretim zamanı ve kullanılacak makineler

Burada ürün-miktar-rotalama verisiyle nereden nereye akış matrisi oluşturulur. Bu matris, makine ikilileri arasındaki akış yoğunluğunu vermektedir. Benzer olarak, ürün-miktar-hizmet verisiyle ilişki şeması oluşturulur. Ardından matris ve şema kullanılarak

ilişki diyagramı oluşturulmaktadır. Sonraki adım, alana ait gereksinimlerin ve yeterliliklerinin belirlenmesi aşamasıdır. Bu bilgi ve ilişki diyagramı yardımıyla alan-ilişki diyagramı kurulur. Diğer etmenler ve kısıtlamalar da dikkate alınmasının ardından, alan-ilişki diyagramı, tercih edilecek yerleşim düzenini oluşturmak amacıyla güncellenir. Son olarak, ortaya çıkan seçenekler, maliyet ve diğer etmenler açısından değerlendirilerek ideal olanı tercih edilir.

Şekil 2.1: Sistematik İşyeri Düzenleme Yordamı



(Francis ve White, 1974:223; Ak, 2009: 16)

### 2.2.2. Mühendislik Tasarım Problemi

MTP, aşağıda belirtilen adımlardan oluşmaktadır (Tompkins ve White, 1984: 122):

1. Sorunu tanımlama,
2. Sorunu analiz etme,
3. Tercih edilebilir tasarımlar oluşturma,
4. Sonuçları değerlendirme,
5. Uygun tasarım seçeneğini tercih etme,
6. Seçilen tasarımı oluşturma.

Mühendislik tasarım süreci, tesis planı uygulandığında aşağıda belirtildiği gibi süreç adımlarının ortaya çıkmaktadır (Tompkins ve White, 1984: 124):

- *Tesisin amacını tanımla (veya yeniden tanımla)*: Üretilen ürünün niceliksel biçimde belirtilmesi gereklidir. Olanaklı ise tanımlanmalıdır.
- *Amaç gerçekleştirilirken ana ve destek etkinlikleri tanımla*: Talep edilen gereksinimler ile yürütülen etkinlikler, akışlar dikkate alınarak tanımlanmalıdır.
- *Bütün etkinlikler arasındaki ilişkileri belirle*: Tesis içinde bütün etkinliklerin birbirlerinden nasıl etkilendikleri veya birbirlerini ne ölçüde destekledikleri belirlenmelidir. Niteliksel ve niceliksel olarak ilişkiler tanımlanmalıdır.
- *Bütün etkinlikler için alan gereksinimlerini belirle*: Her bir etkinlik için alan gereksinimi belirlenirken, tüm malzemeler, donanım ve personel gereksinimi de göz önünde bulundurulmalıdır.
- *Seçenek tesis plânları oluştur*: Seçenek tesis plânları tesis kuruluş yerleri seçenekleri ile tesis tasarımları seçeneklerini içermektedir. Yapısal tasarımlar ve taşıma sistemleri seçenek tesis tasarımlarını oluşturmaktadır.
- *Seçenek plânları değerlendir*: Her aday tesis plânı için, içerdikleri öznel etmenleri belirlenir ve bu etmenlerin tesisi ve operasyonları etkileyip etkilemediğini ya da ne kadar etkilediği değerlendirilir.
- *Bir tesis plânı seç*: Tesisin amaçlarına uygun hangi plan adayı varsa onu seç.
- *Seçilen tesis plânını uygula*: Plânın belirlenmesinden sonraki aşama onu gerçekleştirmektir.
- *Uygulanan tesis planını sürdür ve uyumlandır*: Yeni düzenlemeler tesis içerisine yerleştirildikçe, tesise ait tüm plân da güncellenmelidir.

Çalışanlar genellikle değişime direnç göstermektedir. Yeni bir düzen oluşturulmuşsa bunun öncelikle çalışanlar tarafından onaylanması gerekmekte ve çalışanlar tarafından desteklenmesi gerekmektedir (Heragu, 1997: 78).

### **2.3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ YERLEŞİM PLANLAMA**

Yapım aşamasındaki ilk atamada bölümler birbirleriyle yakınlık değerlerinin bulunduğu ilişki tablosundan yararlanarak yerleşim planı ALDEP ve CORELAP ile oluşturulabilecektir. CRAFT ise bölümlerin yerini, malzeme taşıma maliyetini enküçükleyecek şekilde değiştirerek bir yol izler. Fakat CRAFT, komşu ya da alanları birbirine denk olan bölümlerin yerlerini değiştirebilmektedir. MULTIPLE ise bölümlerin komşu ya da eşit alanlara sahip olmalarına bakmadan yerlerini boşluk doldurma eğrisi tekniği ile değiştirebilmektedir (Türkmen ve Oğulata, 2008: 3).

#### **2.3.1. Corelap**

Corelap programı, her bölüm için toplam yakınlık derecesi hesaplayarak bir yerleşim planı oluşturmakta olan bir kurulum aşaması programıdır. Ayrıca toplam yakınlık derecesi, bir bölüm ile diğerleri arasındaki sayısal yakınlık değerlerinin toplamıdır ( $A = 6, E = 5, I = 4, O = 3, U = 2, X = 1$ ) (Onurgil, 2001: 163).

Toplam en yüksek yakınlık derecesi değerini alan bölüm yerleşim planının ortasına yerleştirilir. Eğer iki bölüm en yüksek toplam yakınlık derecesine sahipse, denklemi bozacak en büyük bölüm alanına sahip olacak şekilde seçilir veya en küçük bölüm numarasına sahip merkez yerleşim planının ortasına yerleştirilir. Daha sonra ilişki tablosu incelenir ve seçilen bölümlerle ilişkisi "A" olan bölüm varsa yerleşim planına konur. Eğer yoksa "E" ilişki değeri için inceleme yapılır. Yine sonuç elde edilemezse "I" ilişki değeri için inceleme yapılır ve bulunana kadar ilişki değerleri sırayla incelenir. (Türkmen ve Oğulata, 2008: 6)

#### **2.3.2. Craft**

Craft, yalnızca eşit alana sahip olan ya da komşu bölümlerin yerini değiştirebilmektedir. Burada eşit alana sahip olmayan ve komşu olmayan iki bölümün yerleri değiştirilmek istendiği takdirde diğer bölümlerin de kaydırılması gerekmektedir. Fakat CRAFT diğer bölümleri kaydıramamaktadır. Diğer seçenek ise bölümleri bölmektir. Bu çözüm tüm yerleşim planı için uygun olmamaktadır (Türkmen ve Oğulata, 2008: 8).

Craft, nakletme maliyetini minimize etmek için yerleşim yöntemi ortaya çıkarmaktadır. Burada bahsedilen nakletme maliyeti, mesafe, akış değeri ve birim nakletme giderinin çarpımıdır.

Craft girdilerini, gezi şeması, hareket-maliyet şeması, başlangıç alansal düzenleme, değişmez bölümlerin yerleşimi ve sayısı şeklinde sıralayabiliriz.

CRAFT, nakletme maliyetini aşağıdaki formül yardımıyla bulmaktadır (Tompkins ve diğerleri, 1996: 95; Ak, 2009: 33):

$$Enk z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} c_{ij} d_{ij} \quad (4)$$

$f_{ij}$ : i bölümünden j bölümüne olan akış

$c_{ij}$ : bir birim ürünü i bölümünden j bölümüne bir birim uzaklık taşımanın maliyeti

$d_{ij}$ : i bölümünden j bölümüne olan uzaklık.

Craft, i ve j bölümlerinin konumları farklılaştığında maliyetteki düşüşe olumlu etkisini hesaplanabilir. Bu hesaplamayı, i ve j konumları birbiri arasında değişikliğe uğramış iki üretim merkezi olarak aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Heragu, 1997: 22):

$$\sum_{k=1, k \neq i, k \neq j}^n f_{ik} d_{ik} + \sum_{k=1, k \neq i, j \neq k}^n f_{jk} d_{jk} - \sum_{k=1, k \neq i, k \neq j}^n f_{jk} d_{ik} - \sum_{k=1, k \neq i, k \neq j}^n f_{ik} d_{jk} \quad (5)$$

### 2.3.3. Cofad

Cofad, temelde Craft'ın değiştirilmiş bir hali olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı malzeme taşıma donanımı seçeneklerinin taşıma maliyetlerini de hesaba katmaktadır. Bunun için, malzeme taşıma yöntemlerinin ve maliyetlerinin her bir seçenek yerleşim düzeni için belirlenmesi gerekmektedir. Cofad, hem yerleşim yerinin nasıl tasarlanacağını hem de malzeme taşıma sistemlerini göz önünde bulunduran bir modeldir.

Cofad' ın girdi verileri ile Craft'ın girdi verilerinin aynıdır fakat Cofad, malzeme taşıma ekipmanlarının maliyetlerini de dâhil eder. Burada modelin ana amacı, en düşük maliyetli taşıma sistemine sahip olan yerleşim düzenini tasarlamak ve malzeme taşıma sistemini tercih etmektir (Tompkins ve White, 1984: 28).

Sabit yerleşimli ekipman için, her bir taşımanın yıllık maliyeti aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır (Tompkins ve White, 1984: 29):

$$MC = VC * LM + NVC \quad (6)$$

MC: Taşıma Maliyeti

VC: Değişken Maliyeti (TL/m)

LM: Taşımanın Uzunluğu (m/yıl)

NVC: Değişken Olmayan Maliyet (TL/yıl)

Hareketli taşıma ekipmanları söz konusu olduğunda ise;

$$MC=VC*MT+NVC*EU \quad (7)$$

MT: Taşıma Süresi

EU: Bir Taşıma İçin Ekipman Kullanım Yüzdesi

#### 2.3.4. Blockplan

Blockplan hem kuruluş hem de geliştirme algoritmasıdır. Kuruluş yordamı, bölümlerin rassal olarak veya aralarındaki ilişkilerin göz önünde bulundurulması ile yapılır. Geliştirme yordamı ise, bölümlerin ikili değiştirilmesi ile yapılmaktadır (Garcia-Diaz ve Smith, 2007:163).

Algoritmanın girdileri şu şekildedir (Garcia-Diaz ve Smith, 2007: 178):

- Bölüm sayısı
- Bölümlerin adları ve alanları
- İlişki veya nereden-nereye şeması
- Yerleşim yapılacak alanın boy/en oranı
- Ürün bilgisi: Ürünlerin sayısı, birim yüklerin sayısı, bölüm sırası
- Algoritmanın çıktısı: Grafıksel olarak gösterilen bir yerleşim düzeni ve bu yerleşim düzeninin puanı.
- Algoritmanın üstün yanları: Hem kuruluş hem de geliştirme algoritması olarak kullanılabilmesi kullanıcıya büyük bir esneklik sağlamaktadır. Hem tek katlı hem de çok katlı yerleşim düzenleri için kullanılabilir.
- Algoritmanın sakıncası ise en fazla 18 tane bölümün yerleşimini yapabilmesidir.

#### 2.3.5. Multiple

Multiple programda, yerleşim programı bir matris olarak kabul edilir. Matrisin her birimi bir kareyi temsil eder. Her bölümün alanı bu kareler ile gösterilir. Yerleşim eğrisi tekniği yerleşim planını gerçekleştirmek için kullanılır. Bu eğri, bölümlerin tüm kareleri boyunca ilerler.



Bir bölümün bölünmemesi için o bölüme atanan tüm karelerin sürekliliğinin sağlanması gereklidir. Bu eğri, bölümlerin bütün karelerini dolaşmasından sonra diğer bölüme geçmektedir. Bölümlerin yerlerini değiştirmek için boşluk doldurma eğrisi gereklidir. Böylelikle hiçbir bölüm bölünmemiş olacaktır. Eğer bir bölümün yeri sabit olarak belirlenmişse, eğri o bölümün bütün karelerini atlar. Çok katlı yerleşim planlaması algoritmalarında tek bir bölüm alanı tahmini yerine her bölüm için kabul edilebilir değerlerin saptanması önemlidir. Çünkü yer değiştirmesi gereken bölümler farklı katlarda bulunuyorsa sadece eşit alana sahip iki bölüm için bu değişim gerçekleştirilebilir. Boşluk doldurma eğrisi alternatif yerleşim planları oluşturmak amacıyla çeşitli değişik şekillerde çizilebilir. Bu eğri, sabit bölümler, katları iki veya daha fazla parçaya bölmediği sürece çizilebilir. Eğer katlar arasındaki bölümlerin yer değiştirmesi mümkün değilse MULTIPLE bölüm alanlarına “sıkıştırma” uygulayabilir. Sıkıştırma her bölüm alanı için yeni bir değer bulmak için yapılır. Bu değerler bölümlerin en küçük alan gereksinimlerine eşit veya ondan büyük olmalıdır. Bazen bu sıkıştırma işlemi de bölümlerin yer değişimi yapması için yeterli olmaz (Ruth, 1981: 525).

### 2.3.6. LayOPT

LayOPT bir tesis planlama optimizasyon programıdır. Hem tek katlı hem de çok katlı tesislerin planlaması için kullanılabilir. Üretim tesislerine, ofislere, depolara ve servis tesislerine uygulanabilmektedir. Bu program, alternatif yerleşim planını kolay şekilde ve hızlıca oluşturulmasını sağlamaktadır (Narayanaswamy, 1997: 642).

LayOPT, bir başlangıç yerleşiminden yola çıkarak daha verimli yerleşim çözümleri üreten bir algoritmadır. Eğer bir başlangıç yerleşimi yoksa program tarafından bir tane yerleşim programı rastgele üretilebilir. LayOPT algoritması her iterasyonda amaç fonksiyonunda en büyük değişikliği yapan bölümün yer değiştirmesini yapar. LayOPT algoritması tarafından en küçüklenen amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Bozer ve diğerleri, 1994: 922);

$$\min \emptyset = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} c_{ij} d_{ij} \quad (8)$$

$f_{ij}$ : i ve j bölümleri arası parça çıkışı

$c_{ij}$ : i ve j bölümleri arası parça taşıma maliyeti

$d_{ij}$ : i ve j bölümler arası mesafe

## 2.4. OPTİMAL ALGORİTMALAR

### 2.4.1. Dal-Sınır Algoritması

Dal-Sınır Algoritması, dinamik programlama dal gibi çözüm alanındaki olası tüm çözümleri değerlendirerek en iyi çözümü bulmaya çalışan bir algoritmadır. Genel olarak, en aza indirgeme problemleri için daha düşük bir sınır değeri, çözüm alanını küçük alt gruplara dallandırarak oluşan alt kümedeki çözüm maliyetini bulmak için hesaplanır. Her dallanmanın ardından, alt sınır değeri, herhangi bir çözümün maliyetinden daha yüksek olan alt kümeleriyle çözüm alanından çıkarılır. Dallanma süreci, maliyet herhangi bir kümenin limit değerinden daha büyük olana kadar devam eder (Ak, 2009: 39).

### 2.4.2. Montreuil's Karma-Tamsayılı Programlama Algoritması

Montreuil tarafından 1990 yılında karma-tamsayılı programlama formülasyonu çalışması sunulmuştur. Bu model, uzaklık temelli amacı kullanır ve geleneksel kesikli yapı üzerine temellendirilmemiş olduğunu görebiliriz. Bunun yerine, bir yerleşimin sürekli temsilini kullanmaktadır. Model parametreleri ve genel formülü aşağıdaki gibidir (Meller ve Gau, 1996: 352):

#### **Parametreler:**

L: Binanın x eksenini boyunca uzunluğu

W: Binanın y eksenini boyunca uzunluğu

$a_i$ : i bölümü için en küçük alan gereksinimi

$u_{bi}$ : i bölümünün en veya boyunun üst sınırı

$l_{bi}$ : i bölümünün en veya boyunun alt sınırı

F: Pozitif akışların kümesi

$f_m$ : i(m) bölümünden başlayıp j(m) bölümünde biten m. pozitif akış

#### **Karar Değişkenleri:**

$d_{ij}^x$ : x eksenini boyunca, i ve j bölümleri arasındaki dik doğrusal uzaklık toplamı

$d_{ij}^y$ : y eksenini boyunca, i ve j bölümleri arasındaki dik doğrusal uzaklık toplamı

$d_m^x$ : m akışı için x eksenini boyunca uzaklıklar

$d_m^y$ : m akışı için y eksenini boyunca uzaklıklar

$(x_i, y_i)$ : i bölümünün bulunduğu lokasyonun merkezinin koordinatları

$2l_i$ : i bölümünün x eksenini boyunca uzunluğu

$2w_i$ : i bölümünün y eksenini boyunca uzunluğu

$z_{ij}$ : bir bölümün diğerinin sağında, solunda, altında veya üstünde olduğunu belirleyen değişken

Montreuil'ün formülasyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Meller ve Gau, 1996: 355; Ak, 2009: 40):

### ***Karar Değişkenleri***

$Z_{ij}^x$ :  $i$  bölümü  $j$  bölümünün solunda ise 0, aksi takdirde 1.

$Z_{ij}^y$ :  $i$  bölümü  $j$  bölümünün üstünde ise 0, aksi takdirde 1.

### ***Amaç Fonksiyonu***

$$\text{Enk } \sum_m f_m (dm^x + dm^y) \quad (9)$$

### ***Kısıtlar***

$$d_m^x \geq X_{i(m)} - X_{j(m)} \quad \forall m \quad (10)$$

$$d_m^x \geq X_{j(m)} - X_{i(m)} \quad \forall m \quad (11)$$

$$d_m^y \geq Y_{i(m)} - Y_{j(m)} \quad \forall m \quad (12)$$

$$d_m^y \geq Y_{j(m)} - Y_{i(m)} \quad \forall m \quad (13)$$

$$li \leq X_i \leq L-li \quad \forall i \quad (14)$$

$$w_i \leq y_i \leq W - w_i \quad \forall i \quad (15)$$

$$lbi \leq 2li \leq ub_i \quad \forall i \quad (16)$$

$$lbi \leq 2wi \leq ub_i \quad \forall i \quad (17)$$

$$2 \leq z_{ij}^x + z_{ji}^x + z_{ij}^y + z_{ji}^y \leq 3 \quad \forall i, j; i < j \quad (18)$$

$$x_i + li \leq x_j - lj + Lz_{ij}^x \quad \forall i, j \quad (19)$$

$$x_j + lj \leq x_i - li + Lz_{ji}^x \quad \forall i, j \quad (20)$$

$$y_i + w_i \leq y_j - w_j + Wz_{ij}^y \quad \forall i, j \quad (21)$$

$$y_j + w_j \leq y_i - w_i + Wz_{ji}^y \quad \forall i, j \quad (22)$$

$$p_i \leq 4(li + w_i) \leq P_i \quad \forall i \quad (23)$$

Bu model ne kadar güçlü olsa da ve en iyi çözümü bulmayı taahhüt etmiş olsa da altı veya daha az sayıda bölüm içeren problemler için en iyi çözümü verebilecektir (Meller ve Gau, 1996: 358).

### 2.4.3. Grafik Kuramı Yaklaşımı

Bu yaklaşımda işyeri düzenlemesi yapılabilmesi için gerekli adımları sırasıyla aşağıdaki gibidir:

- Bölümler arasındaki ilişkilere bakarak bir yakınlık (komşuluk) grafiği oluşturma
- Yakınlık grafiğinin dualini oluşturma
- Dual grafiği blok yerleşim haline dönüştürme

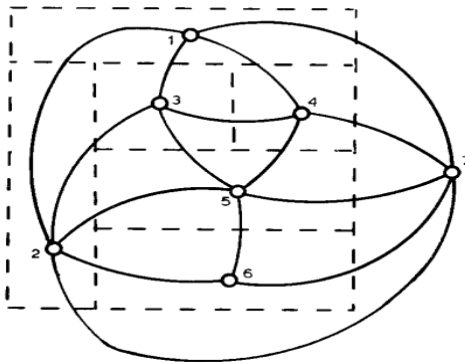
Grafik Kuramı Yaklaşımının amaç fonksiyonu, pozitif akışa sahip tüm bölüm ikilileri birbirine bağlandıkları takdirde maksimize edilebilir (Meller ve Gau, 1996:359).

En büyük düzlemsel problemleri çözmek için iki sezgisel yaklaşım önerilmektedir. Fakat bu önerilen sezgisel yöntem düzlemselliği test etmeyi içermemektedir (Foulds ve Robinson, 1978: 28).

Ak (2009: 43) modelle ilgili aşağıdaki bilgileri vermiştir:

Modelde her bir yerleşim yeri, üç küme ile ifade edilmektedir. Bunlardan biri, tesisleri içeren V kümesi, diğeri tesislerin komşuluğunu yani kenarları içeren E kümesi ve sonuncusu da üç tesisin bir arada olduğu alt bölgeleri temsil eden noktaların kümesi yani üçgenlerin kümesi olan T. Bu yapıya “deltahedron” denilmektedir.

Şekil 2.2: Bir Yerleşim Düzeni ve Duali



(Foulds ve Robinson, 1978:32)

Şekil 2.2 de gösterilmiş olan yerleşim düzeni deltahedron yapısı aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir:

$$V = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \}$$

$$E = \{ 12, 13, 14, 17, 23, 25, 26, 27, 34, 35, 45, 47, 56, 57, 67 \}$$

$$T = \{ 123, 134, 147, 127, 235, 267, 457, 256, 345, 567 \}$$

## 2.5. META-SEGİSEL ALGORİTMALAR

### 2.5.1. Genetik Algoritma

Var olan çözümlerden daha iyi çözümler üretebilmesi amacıyla hayatta kalmak için genetik kalıtım ve rekabet gibi doğal olayları kullanan stokastik bir algoritma olarak genetik algoritma mevcuttur. Diğer algoritmalarından farklı olarak, Genetik Algoritma (GA), bireylerin bir alt kümesindeki bilgiler arasında arama yapar. Her çözümün bir uygunluk değeri vardır (Kochhar ve diğerleri, 1998: 589).

Algoritma ile ilgili olarak, genetik ilerleme işleminin kromozomlardan oluşan bir havuz yoluyla yapılmakta, bu havuz popülasyonu olarak bilinmekte ve popülasyondaki kromozom sayısı da popülasyonun büyüklüğünü (P) ifade etmektedir (Mak ve diğerleri, 1998: 118).

Genetik algoritmanın temel adımları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Kochhar ve diğerleri, 1998: 590; Ak, 2009: 45):

**Adım 0:** En yüksek popülasyon büyüklüğünü P; mutasyon olasılığını  $m$  ( $0 < m < 1$ ); en yüksek kuşak sayısını G; kuşak sayacını  $g = 0$ ; popülasyon büyüklüğü sayacını  $p = 0$  ve eski kuşağı =  $\{\emptyset\}$  olarak ata.

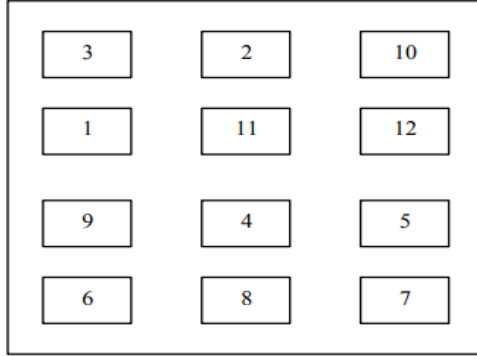
**Adım 1:** Problem için rassal olarak bir çözüm yarat ve uygunluk değerini hesapla.

**Adım 2:**  $p = p+1$  yap. Eğer  $p < P$  ise Adım 1'e git. Aksi takdirde, ( $g = 1$ ) ve ( $p = 0$ ) olarak ata ve Adım 3'e git.

**Adım 3:** Var olan popülasyondan "rulet tekerleği" seçimi ile iki ebeveyn seç. Çaprazlama operatörünü kullanarak, seçilmiş ebeveynlerden iki yeni çözüm yaratma işlemini yap. Yeni çözümler üzerinde,  $m$  olasılıkla mutasyon yap. Mutasyona uğramış çözümlerin (evlatların) uygunluk değerlerini hesapla ve onları var olan kuşak içerisine koy. ( $p = p + 2$ ) yap. Eğer  $p < P$  ise Adım 3 'ü yinele. Aksi takdirde, Adım 4 'e git.

**Adım 4:** Var olan kuşağın en büyük uygunluk, ortalama uygunluk, en küçük maliyet ve ortalama maliyet değerlerini hesapla. Eski kuşağı yenisi ile değiştir. ( $g = g + 1$ ) ve ( $p = 0$ ) yap. Eğer,  $g < G$  ise Adım 3 'e git. Aksi takdirde dur.

Şekil 2.3: Eşit Bölümlü Bir Yerleşim Düzeni (Kochhar ve diğ., 1998:591)



Yukarıdaki yerleşme düzeni için dizgisel kodlama aşağıdaki gibidir:

030210011112090405060807

Genetik algoritmada, çocuk bireyler oluşturmanın temel işlemi çaprazlama yapmaktır. Rulet kuralına göre seçilen ebeveynlerden birisinden rassal olarak bir bölüm seçilmektedir. Bu, çocuk bireyin henüz doldurulmamış olan dizgisine, ebeveyndeki sırası ile aynı olacak şekilde kodlanmaktadır. Bu işlem, bölüm sayısı  $n$  olmak üzere,  $n/2$  tane bölümün seçilip çocuk bireyde kodlanmasına kadar sürmektedir. Çocuk bireyde boş kalan dizgi yerleri de, diğer ebeveynden bulunduğu sıra gözetilerek alınıp kodlanmaktadır (Balakrishnan ve diğerleri, 2003: 1630).

Genetik algoritma aşamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kahraman ve Özdağlar, 2004: 11):

- *Başlangıç*: Sorunun karar değişkenlerini içeren  $n$  adet kromozomlu başlangıç topluluğunun oluşumu.
- *Uyumluluk*: Her bir kromozom için fonksiyonun uygunluk (objektif) değerlerini bulma.
- *Seçim*: İki kişinin uygunluk değerlerine göre; turnuva, rulet çarkı gibi seçme operatörlerinden uygun işlemin seçilmesi.
- *Geçiş*: Uygunluk değerine sahip bireyleri eşleştirerek bu bireylerden yeni bireyler oluşturmak.
- *Mutasyon*: Mutasyona bağlı olarak seçilen herhangi bir bireyin kromozomlarında bir miktar değişim süreci.
- *Uygunluk*: Mevcut toplulukta var olan en iyi değerdeki bireyi yeni topluluk havuzuna aktarmak.

- *Yeni topluluk havuzu*: Yeni bireyleri bir havuza almak ve yaşlıların (ebeveynleri) havuzda öldürülerek havuzdan atılmasını sağlamak.
- *Sonuç*: Topluluktaki en iyi kişi tarafından temsil edilen değer istenen sonucu verirse algoritmayı sonlandırır. Genetik algoritma nerede duracağını bilmez, istenen sonuç problemin yapısına göre belirlenmelidir. Bazı sınırlayıcı parametreler (üretim numarası, değiştirilemeyecek üretim sayısı gibi) belirlenebilir ve GA herhangi bir zamanda durdurulabilir.
- *Döngü*: 2. adıma geri dönün ve yeni nesle başlanır.

Çalışmalar incelendiğinde, genetik algoritmanın uygulama alanları optimizasyon, otomatik programlama ve bilgi sistemleri, mekanik öğrenme, ekonomik ve sosyal sistem modelleri olarak karşımıza çıkmaktadır. İşletme içerisinde ise, montaj hattı dengeleme, çizelgeleme, tesis yerleşimi, atama, sistem güvenliği problemlerine çözüm üretebilmektedir.

### 2.5.2. Tavlama Benzetimi

Tavlama benzetimini (TB) ilk kez Kirkpatrick ve diğerleri tarafından kombinatoriyal optimizasyon problemlerinin çözümü için kullanılmıştır. Tavlama benzetimi, adını, katıların fiziksel tavlama süreciyle olan benzerlikten almaktadır (Mavridou ve Pardalos, 1997: 113).

Tavlama fiziksel bir işlemdir ve bu işlem, katı maddeler sıvı olduğunda, kendi içlerindeki parçacıkların rastgele düzenlenmesi şeklindedir. Başka bir deyişle, yüksek dereceye kadar ısıtmanın ve yavaşça soğutmanın katmanıdır. Burada, tüm T sıcaklık seviyesinde, yeni durumun objektif fonksiyon değeri ile mevcut durumun objektif fonksiyon değeri arasındaki fark ( $\Delta E$ ) hesaplanmaktadır. Eğer  $\Delta E$  sıfırdan düşükse, yani yeni durumun maliyeti mevcut durumun maliyetinden düşükse, yeni bir durum söz konusudur (Ak, 2009: 54).

TB süreci aşağıdaki gibi açıklanabilir (Mavridou ve Pardalos, 1997: 114):

Girdi: Örnek bir problem

Çıktı: Alt-optimal bir çözüm

1. Rassal olarak bir başlangıç çözümü üret ve sıcaklık değeri T olarak ata
2. while (T > 0) devam et.
  - a. while (denge sıcaklığına ulaşılmamışsa) devam et.

i. rassal bir komşu durum yarat ve  $\Delta E$  enerji düzeyindeki değişimi hesapla.

ii. eğer  $\Delta E < 0$  ise var olan durumu yeni durum ile değiştir.

iii. Eğer  $\Delta E \geq 0$  ise, var olan durumu yeni durum ile  $\frac{1}{e^{\Delta E/kbT}}$  olasılığı yardımıyla değiştir. Burada  $k_b$  sabittir.

b. T sıcaklık değerini tavlama çizelgesine göre düşür.

3. en düşük enerji düzeyine sahip çözümü al.

İncelenen çalışmalarda tavlama benzetimi ile tesis düzenleme, montaj hattı dengeleme, ulaştırma problemleri ve çizelgeleme problemleri için çalışmaların yapıldığı gözlemlenmiştir.

### 2.5.3. Tabu Arama

Tabu Arama (TA) optimum çözümü elde etmek için çözüm uzayını hareket mekanizmasıyla araştıran ve sahip olduğu yapay hafıza özelliği ile önceki tasarımları üretmeyerek lokal optimumlardan kurtulan gelişmiş bir arama yöntemidir (Değertekin ve diğerleri, 2006: 3919).

Tabu arama tekniği, tabu listesi adı verilen bir listede (bir hafıza fonksiyonu yaratma) daha önce incelenen bir dizi öznenin bir arada tutulması (bir hafıza fonksiyonu oluşturulması) ve böylece araştırmanın çözüm alanını daha iyi noktalara yönlendirilmesi ile bir süre bu çözümlere geri dönmeyi yasaklayan bir arama prosedürüdür. TA, çözümü çözüm alanındaki bir komşu aramayla yürütür. Komşu bir araştırmada, olası bir tasarımın, diğer olası tasarımlardan oluşan komşuları olduğu varsayılmaktadır. Eniyileme problemlerinde, çoklu tasarımlar arasında objektif fonksiyonu en aza indiren bir tasarım gerekir (Geyik ve Cedimoğlu, 2001: 96).

TA'nın ana bileşenleri şu şekilde sıralanmaktadır (Gözüpek ve Genç, 2009: 253):

- Başlangıç çözümü,
- Hamle,
- Komşuluk,
- Tabu listesi,
- Kısa süreli bellek,
- Uzun süreli bellek,
- Tabu süresi,



- Sonlanma ölçütü.

#### **2.5.4. Diğer Yaklaşımlar**

İşyeri düzenleme problemine halen uygulanmakta olan diğer yaklaşımlar, veri zarflama, karınca kolonisi, yapay sinir ağları, bulanık mantık ve uzman sistemlerdir (Singh ve Sharma, 2006: 427; Ak, 2009: 58)



### 3. UYGULAMA

#### 3.1. AMAÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, çelik kapının ana malzemesi olan sacın, fabrikaya girişinden son haline gelene kadar geçtiği işlemler için kullanılan mesafenin minimize edilmesi amacıyla, fabrikanın mevcut alanı içerisinde, üretim birimlerinin en makul biçimde hangi noktalara konumlandırılacağı sorusuna yanıt aramak için yapılmıştır. Sonuca ulaşabilmek amacıyla yazılımsal yerleşim programı kullanılmış ve eldeki sayısal veriler ışığında uzman görüşü alınarak ayrıca yerleşim düzeni oluşturulmuştur.

Uygulamanın başlama evresinde Vip-Planopt 10 programının ihtiyaç duyduğu; bölüm, bölüm boyutları ile işçinin bölüm çevresinde çalışabilmesi için gereken alan, bölüm çiftleri arasındaki akış ile ilgili veriler toplanmaya çalışılmıştır.

#### 3.2. ÇELİK KAPI FABRİKASINDA YERLEŞİM PLANI PROBLEMİ

##### 3.2.1. Sektörel Bakış

Güvenlik endişeleri nedeniyle sektörel bazda talebin sürekli artan grafiği, mevcut üreticiler ile sektöre girmeyi düşünenler için önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Çelik kapı üreticileri, her bir üretim bölümünün başlı başına üretim haneye dönüşebilecek bir yapı içerisinde, büyümelerini sağlayacak ve kârlarını artıracak şekilde pazar paylarını genişletmeyi hedeflemektedir.

Öyle bir durumla karşı karşıya kalınmaktadır ki; hızla artan sayılarının yanında, bir de sadece montaj yapan işletmeler çelik kapı üreticisi sayılmaktadır. Yani, bir üreticiden istenilen ölçüde kaynak işlemi yapılmış ham kapı alınarak, ardından boya işi yapan işletmeye verilip, daha sonrasında sadece çelik kapı ahşap işi yapan işletmeden ahşap alınıp, her biri firma bünyesinde toplanıp montaja hazır hale getirilebilmektedir. Çünkü, ayrı ayrı pres, ahşap, kaynak ve boya ekipmanlarına sahip olan küçük üreticiler de bu sektörde faaliyet göstermektedir.

##### 3.2.2. Fabrikaya Bakış

Bu çalışmada ağırlıklı olarak standart ölçülerde, düşük miktarda özel ölçülerde çelik kapı üreten bir işletme uygulama alanı olarak belirlenmiştir. Bu işletme idari kısım bağımsız yapı içerisinde olmakla birlikte 729 m<sup>2</sup> si kapalı olmak üzere yaklaşık 1000 m<sup>2</sup>lik bir alana sahiptir. Fabrikada 1 imalat şefi, 4 ustabaşı, 1 usta, 7 işçi, 1 aşçı ve 2 idari personeli olmak üzere toplam 16 kişi çalışmaktadır.

Fabrika yurt içindeki alt ve orta gelirli tüketici sınıfına hitap etmektedir. Fakat zaman zaman gelen siparişler doğrultusunda özel üretim ile yüksek gelir düzeyine sahip tüketiciler için kapılar üretilmektedir.

Burada mevcut durum değerlendirmesi sonucunda elde edilen veriler ışığında en uygun imalat politikasına ulaşmak adına tesis yerleşim sorununa çözüm getirmek amaçlanmış ve bu amaç için bir programdan destek alınmıştır.

Dışarıdan elde edilen belirli ölçülerdeki saclar öncelikle pres bölümünde işleme alınır. Burada giyotin makası ile sipariş ve/veya stok için belirlenen ebatlarda saclar kesilir. Yeni ölçülerdeki saclar, abkant pres ile büküm işlemi sonrasında metal bölümü diye nitelendirilen kaynak işlerinin yapıldığı bölümüne ihtiyaç duyulan bükümü gerçekleştirmiş metal malzeme taşınır. Bu taşıma işlemi tekerlekli araba ile yapılır.

Çelik kapı hazırlık evresi burada metal profillerin uygun ebatlarda kesilmesi ile devam eder. İstenilen ölçülerde büküm işlemi tamamlanmış saclar burada kaynak ile birleştirilir, menteşeler montajlanır, profillerle güçlendirmesi yapılır ve fazlalık kısımlar kesilerek kaynak sırasında oluşan pürüzler taşlama işlemi ile giderilir.

Bu aşamadan sonra boyahane talep edilen renkte boyama işlemi gerçekleştirilerek montaj kısmına verilmek üzere depolanır. Montaj kısmında ise kapı kolu, dürbün ve kilit için delikler açılır, bunların montajları sağlanarak son aşama olan paketlemeye geçilerek karton ile paketlenip otomatik olmayan ve gerginliğini işçinin ayarladığı plastik çember makinesi ile paketleme tamamlanarak sevkiyata hazır hale getirilir.

Fabrika mevcut yerleşimi Şekil 3.1 ' de gösterilmiştir:

Şekil 3.1: Fabrika Yerleşim Düzeni



### 3.3. VIP-PLANOPT PROGRAMI

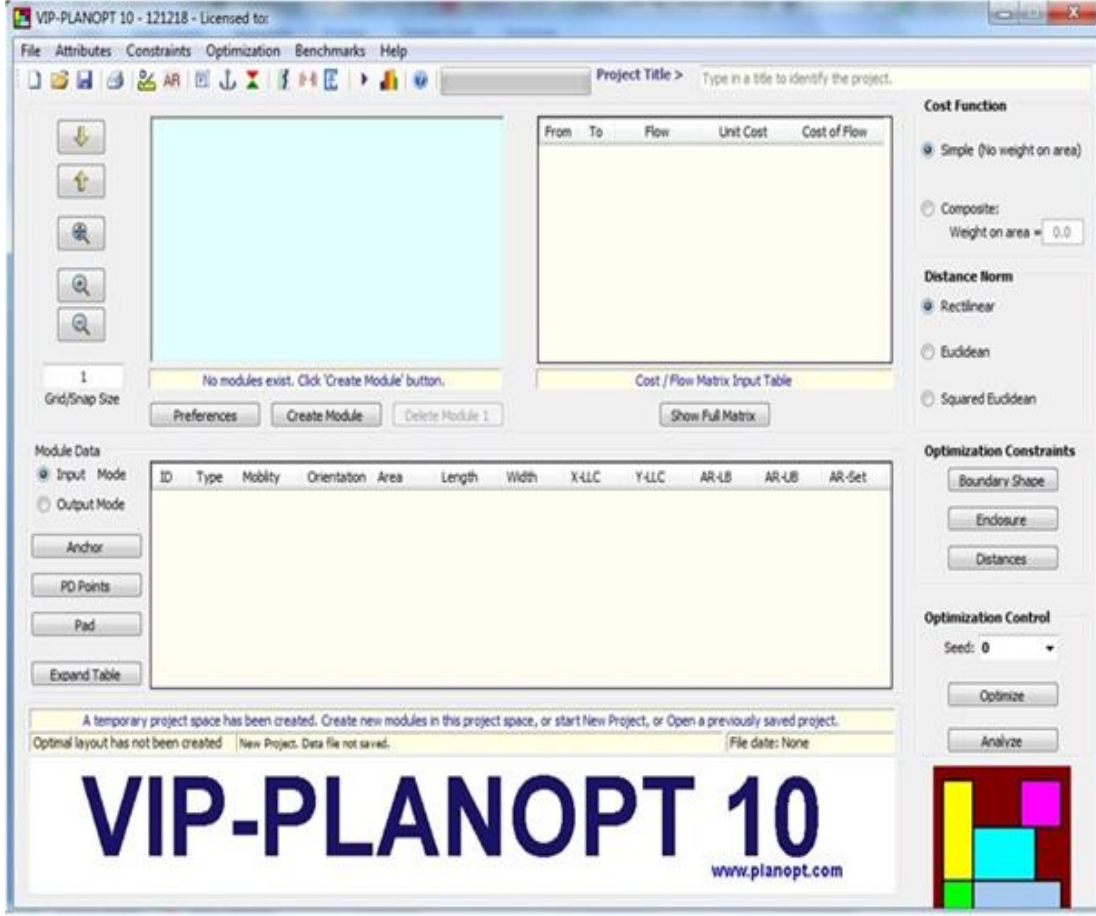
Yerleşim optimizasyonu, ABD'deki ve dünyadaki endüstriyel tesis planlamacıları için en önemli konulardan biridir. Örgütsel verimlilik ve kârlılık üzerinde derin etkileri vardır. Optimum düzen, malzeme taşıma maliyetlerini düşürür, bir tesisteki tüm operasyonları hızlandırır ve enerji maliyetlerini önemli ölçüde azaltır.

Tesis mizanpajı problemindeki en önemli husus, mizanpajı 'sabit' modüller ile optimize etmektir. Sabit modüllerin kullanıcı tarafından belirlenen boyutları vardır. Çoğu uygulamalarda, her bir modülden azami işlevsellik elde etmek için kullanıcı tarafından belirtilen boyutların modülleri için en uygun yerleşimi edinmek tercih edilir. VIP-PLANOPT, bu gereksinimi karşılayan en uygun yerleşimi üretir. Kullanıcı tarafından belirlenen yerlerde 'hareketli' veya 'sabit' olabilecek modüller ile optimize edilebilir.

Buna ek olarak VIP-PLANOPT, kullanıcıya, sabit modülleri kullanıcı tarafından belirlenmiş fakat değişen boyutlara sahip 'yumuşak' modüller ile karıştırma esnekliği sağlar. VIP-PLANOPT, gerçek dünyadaki problemleri çözmek için modül doldurma, modül kaydırma, toplama ve bırakma noktaları gibi çeşitli yeteneklerle maksimum esneklik sunar, kompozit şekil sınırları, bölümler arası uzaklıklardaki üst sınırlar, yasak alan modellemesi vb. devam eden araştırma ve yeni fikirlerle VIP-PLANOPT, endüstriyel uygulamalara olan üstünlüğü konusunda sürekli ilerlemektedir.

Programın ara yüzü Şekil 3.2' de gösterilmiştir:

Şekil 3.2: VIP-PLANOPT 10 Yazılım Programının Kullanıcı Ara yüzü



(Kaynak 2: [www.planopt.com](http://www.planopt.com))

### 3.3.1. Eniyileme Algoritması

PLANOPT ile var olan algoritmaların üzerinde en iyiye yakın bir sonucun ortaya çıkması amaçlanmıştır.

VIP PLANOPT 10 özelliklerini sıralayacak olursak:

- VIP - PLANOPT, modelleme ve veri giriş süresini en aza indirir. İşlemi daha da kolaylaştırmak için veri giriş aşamasında mühendisleri yönlendiren anlamlı araç ipuçları sağlar.
- Gerekli girdi basittir ve sadece modüllerin boyutları / alanları ve akış / maliyet matrisinden oluşur. VIP-PLANOPT, herhangi bir başlangıç tasarımı veya kullanıcı tanımlı parametre ayarlaması gerektirmez. Herhangi bir kullanıcı etkileşimi olmaksızın üst üste bindirilmemiş yerleşimler oluşturur.

- VIP-PLANOPT, kullanıcı tarafından belirlenen sabit boyuta sahip bölümlerin optimum yönlendirmesini belirleyebilir. Bu gibi bölümlere “Hard Modüller” denir. Değişken boyutları olan “Yumuşak Modüller” adlı bölümler için ise mümkün olan en iyi boyutları belirler. Kullanıcı iki modül tipini karıştırıp optimize edebilir.
- VIP-PLANOPT kullanıcısı, bir bölümün içinde veya sınırında, kolaylıkla “pick-up” ve “drop-off” noktalarını belirleyebilir. Optimizasyon, kullanıcı tarafından belirlenen “pick-up” ve “drop-off” noktaları için en düşük maliyetli düzenleri üretir. Alma ve bırakma noktaları, en iyi düzenler ekranında yeşil ve kırmızı üçgenlerle gösterilir.
- Mizanpaj tasarımcıları, istedikleri şekil ve boyut bölümleri için en iyi düzene gereksinim duyar. VIP-PLANOPT bu gereksinimi tam olarak karşılayan en iyi düzenleri üretir. Benzer şekilde, kullanıcı tarafından “Ankraj” olarak etiketlenmiş bölümler, kesin düzenlerde kullanıcı tarafından belirlenen konumlara tam olarak ve kesin bir biçimde tutturulur.
- Bazı uygulamalarda düzeni belirli şekil sınırları içinde sınırlamak zorunludur. PLANOPT, kullanıcıya bu kısıtlamayı uygulamaya izin verir. Kullanıcı herhangi bir sınır şekli belirleyebilir. Tek sınırlama sınır şekli dikey çizgili parçalardan yapılmıştır. Kullanıcının yapması gereken, çizgi bölümlerini belirlemek için ilgili alanları işaretlemektir.
- Bileşik maliyet fonksiyonu seçeneği, kullanıcının optimize edilmiş düzende tüm modülleri kapsayan dikdörtgen alanı üzerinde bir ağırlık belirlemesine izin verir. Optimizasyon, kullanıcı tarafından belirlenen maksimum izin verilen modül-modül mesafesi üzerindeki kısıtlamaları göz önüne alır.
- Birçok uygulama, bölümlerin çevre, güvenlik, lojistik vb. nedenlerle boş alanlarla birbirlerinden ayrılmasını gerektirir. VIP-PLANOPT, kullanıcıya bölümlerin herhangi bir bölümünde boş alan doldurma işlemini yapmasına izin verir. Optimal düzenler, kullanıcıların belirttiği şekilde modüller etrafında boş alanlarla üretilir.
- Eniyileştirilmiş düzenin grafik ekranı, kullanıcının herhangi bir bölümü yeniden konumlandırmasına ve alternatif düzenlerin maliyetini karşılaştırmasına olanak tanır. Optimize edilmiş düzenin Autocad betik dosyası, kullanıcının ayrıntılı tasarım üzerinde çalışmasına imkân tanıyarak üretilir.

- VIP-PLANOPT, bir tesisin tıkanıklığını ve kullanılmayan alanlarını modellemek için ‘Yasak Alan Modülü’ adlı yeni bir konsept geliştirmiştir. Buna, herhangi bir işleme katkıda bulunmayan bir tesisin sınırı içerisindeki bir göl veya tepe örneği verilebilir.
- VIP-PLANOPT, herhangi bir modül çifti arasındaki mesafelerde kullanıcı tarafından belirlenen üst sınırlarla optimize edilebilir. Bu yetenek belirli bölümlerde belli bölümlerin tutulması gereken uygulamalarda yararlıdır.
- VIP-PLANOPT, kullanıcıların herhangi bir modül çifti arasında olumsuz akış belirtmesini sağlar. Bu kabiliyet, her iki bölümün mümkün olan en iyi düzende ayrı tutulması gereken uygulamalar için yararlıdır.

### 3.3.2. Program Terimleri

Modül kavramı dörtgen bloklar için kullanılmaktadır. Bölüm, makine gibi birimleri ifade etmektedir.  $L_i$  simgesiyle belirtilen X eksenindeki değer, boyut uzunluğunu;  $W_i$  simgesiyle belirtilen Y eksenindeki değer ise boyut genişliği verir.

$$\text{Modülün en/boy oranı } (R_i) = W_i / L_i$$

$$\text{Modülün Alanı } (A_i) = W_i * L_i$$

Modül tipi, programda katı ve esnek olarak iki şekilde karşımıza çıkmaktadır. Katı modül tipinde boyut, uygulamacı tarafından belirlenir ve işlem süresince boyutlar değiştirilmez. Esnek modül tipinde ise alanlar sabittir fakat boyutları işlem süresince değiştirilebilir.

Bir modülün konumu sabit ya da değişken olabilir. Değişken tip seçiminde program en uygun yer için modülü hareket ettirebilecektir. Sabit tip seçiminde ise kullanıcı tarafından belirlenen konumda kalacak, program diğerlerini değiştirerek en uygun çözümü arayacaktır.

Modül, yön seçimi ile bir optimizasyon yapılırken 90 derece döndürülebilir. Bunun gerçekleşmesi için, hangisinin yönü değişebilecek durumda ise “may flip” özelliğinin aktif hale getirilmesi gerekir. Program, yerleşim planı hazırlarken bu özelliği de dikkate alarak maliyeti minimum tutacak şekilde algoritmalar oluşturur. Sabit tutulmak isteniyor ise “fixed” butonu işaretlenmelidir.

Stok alanı, kolay çalışma alanı, tamir/bakım alanı, güvenlik alanı gibi sebeplerle yerleşim esnasında boşluklar bırakılması yerinde karar olarak karşımıza çıkacaktır. Programda “modül padding” özelliği sayesinde bu boşluklar bırakılabilmektedir.

Çevrilmiş yer ifadesi dörtgenel yerleşim yeri için kullanılmaktadır. Modüllerin yerleştireceği bölgenin en – boy ölçüsü program sayesinde belirlenebilir.

Ayrıca program hakkında aşağıdaki açıklamalar ilave edilebilmektedir (Ak, 2009: 62):

Akış matrisi: Akış matrisi, bütün modül ikililerindeki iş gören, gereç ve ekipman akışını vermektedir. Matriste yer alan  $f_{ij}$ ,  $i$  ile  $j$  modüllerindeki akışı göstermektedir. Bu akış,  $i$  ve  $j$  modülleri arasındaki birim zamanda nakledilen yük miktarı olarak tanımlanabilmektedir. Yazılım, aynı zamanda akış matrisinin simetrik olup olmadığını belirlenmesine imkan sağlamaktadır.

Birim maliyet matrisi: Birim maliyet matrisi, modül ikilileri arasında bir birim yükün bir birim mesafeye taşınmasının maliyetini göstermektedir. Matriste yer alan  $u_{ij}$ , bir birim yükün  $i$  ve  $j$  modülleri arasında bir birim uzaklığa nakletmenin maliyetini vermektedir.

Maliyet matrisi: Bu matrisin bir elamanı  $a_{ij}$ ,  $i$  ve  $j$  modülleri arasındaki toplam akış maliyetini göstermektedir. Bu akış, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır:

$$a_{ij} = f_{ij} \times u_{ij} \quad (24)$$

Uzaklık standartları: Program,  $i$  ve  $j$  modüllerinin merkezleri arasındaki uzaklığı hesaplamak için üç farklı uzaklık hesaplama yöntemi kullanmaktadır:

- *Dik-doğrusal uzaklık:* Bu yöntem, iki nokta arasındaki,  $d_{ij}$  uzaklığını,  $x$  ve  $y$  eksenleri boyunca dikdoğrusal uzaklıkları toplayarak bulmaktadır.

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (25)$$

- *Öklid uzaklığı:* İki nokta arasındaki,  $d_{ij}$  uzaklığı, bu noktaların merkezlerinin birbirlerine olan en kısa uzaklığıdır. Bu en kısa uzaklığı bulmak için bir merkezden diğerine bir doğru çizilir ve bu doğrunun uzunluğu da aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$(d_{ij})^2 = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \quad (26)$$

- *Kareli öklid uzaklığı:* Bu uzaklık hesaplama yöntemi, aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (27)$$



### 3.4. FABRİKA DÜZENLEME UYGULAMASI

Uygulama, fabrikanın mevcut yerleşim yeri içerisinde, var olan makine ve tezgâhların yeniden yerleştirilebilmesi için en uygun çözümü bulabilmek adına yapılmıştır. Bu amaçla hem yazılım programı hem de sayısal veriler yardımıyla bilirkişi görüşü ile sezgisel yerleşim düzeni oluşturulmaya çalışılmıştır.

Kullanılan programın (Vip-Planopt 10) girdilerine ulaşılmaya çalışılmış ve veriler işlenmiştir. Şöyle ki:

- Makine Bilgisi
- Makinelerin ölçüleri ile gereksinim duydukları alan
- Makine ikilileri arasındaki akış

Program girdi verilerinden yola çıkılarak fabrikada yer alan tezgâh bilgisi, tezgâh en-boy ölçüsü, tezgâh çevresinde hem operatörün kullanımı hem de tamir/bakım esnasında yetkililerin kullanımı için gerekli alan bilgisi, yine tezgâh çevresinde ham ya da işlem görmüş malzeme için gerekli alanın bilgisi elde edilmiştir.

Fabrikada arızalı, satışa çıkarılmış ya da başka sebeplerle kullanılmayan tezgâh, makine ve ekipmanlar çalışmaya dâhil edilmemiştir. Uygulamada kullanılan tezgâhların en-boy bilgisi ve gereksinim alanları Çizelge 3.1'de yer almaktadır.

Çizelge 3.1: Tezgâh Boyutları

SIRA	TEZGÂH KODU	TEZGÂH ADI	Mevcut En Ölçüsü (m)	Mevcut Boy Ölçüsü (m)	Gerekli Olan En Ölçüsü (m)	Gerekli Olan Boy Ölçüsü (m)	Kullanım Alanı (m <sup>2</sup> )
1	MOB	Mobilya	2,00	3,00	5,00	7,00	35,00
2	BY	Boyahane	4,00	5,00	7,00	14,00	98,00
3	GM-1	Giyotin Makas	2,00	2,00	5,00	6,00	30,00
4	AP-32	Abkant Pres	3,00	3,00	7,00	7,00	49,00
5	EP-100	Eksantrik Pres	2,00	4,00	5,00	10,00	50,00
6	KAY	Kaynak	4,00	4,00	5,00	6,00	30,00
7	DP	Depo	4,00	4,00	8,00	8,00	64,00
8	OFS	Ofisler	4,00	4,00	5,00	6,00	30,00

Makine ikilileri arasında akışın bilinebilmesi için ürünlerin akış verilerine ihtiyaç vardır. Üretimi söz konusu çelik kapı için üretim Çizelge 3.2 de gösterilmiştir:

Çizelge 3.2: Üretim Akışı

İşlem no	Gelen Malzeme (1) / Fason Yaptırılan İşlem (2) / Fabrikada Üretilen Parça (3)	Yapılan İşlem	Tezgâh Kodu
	Plaka Sac (1)		
1		Ebat Kesme	GM-1
2		Bükme	AP-32 AP-22
3		Delme	EP-60 EP100
4		Kaynak	KAY
5		Çapak Alma	
6		Yıkama	
7		Boyama	BY
8		Montajlama	SAT
9		Paketleme	

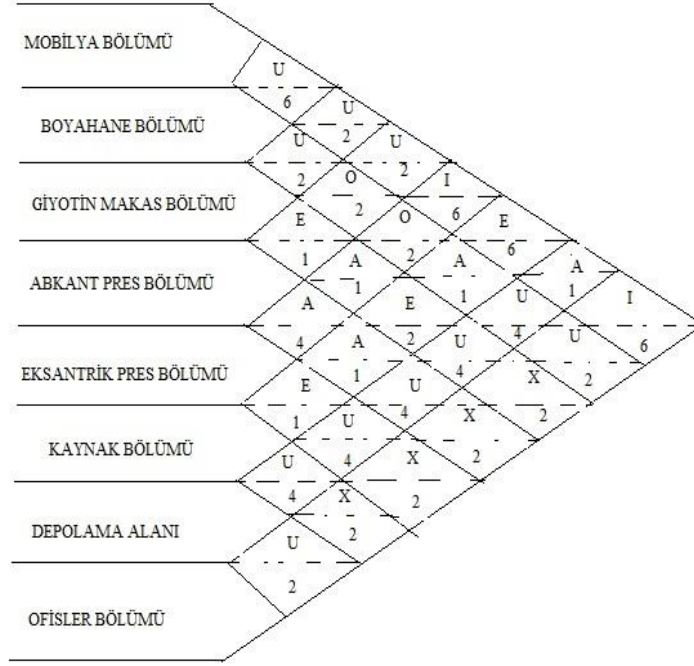
Üretim akışının belirtildiği çizelgenin ilk sütununda malzeme üzerinde yapılan operasyonların sırası, ikinci sütununda ilgili malzeme hakkında bilgi, üçüncü sütununda yapılan işlemler ve son sütununda da tezgâh kodları yer almaktadır. Aynı işlem farklı tezgâhlarda yapılıyor ise işlem aynı sıradaki tezgâh kodu içerisinde gösterilmiştir. İşlem yapılmayan tezgâh çizelgede yer almamıştır.

Program kullanılırken her bir makine için değer girilerek ayrı ayrı hesaplamalar sonucunda, optimal imalat politikası belirlemek amaçlanmış fakat sadece makine grup bilgisi alınabildiğinden grup yerleştirme şeklinde çalışma devam etmiştir.

Program girdi verisi olarak, makine grup ilişkileri yoğunluğu esas alınmıştır. Örneğin; giyotin makas grubunda işleme alınan sac, işlemin ardından abkant pres ya da eksantrik preste işleme alınmaktadır. Burada programın, süre ve işlem kolaylığı bakımından makas grubunun preshanelere yakın olacak biçimde yerleştirilmesi beklenmiştir.

Üretim sorumlularından elde edilen verilere istinaden yapılan çalışmaya ait ilişki şeması Şekil 3.3' te ve nereden-nereye şeması Çizelge 3.3' te verilmiştir:

Şekil 3.3. Uygulama Yapılan Üretim Merkezine Ait İlişki Şeması



Çizelge 3.3: Nereden-Nereye Şeması

Nereden \ Nereye	Hammadde Deposu	Pres	Metal	Boya	Montaj	Ürün Deposu
Hammadde Deposu		1				
Pres			5			
Metal				2	6	
Boya					2	4
Montaj						3
Ürün Deposu						

Programa farklı deneme yapmasına yönelik komut girişi sonrasında beş farklı sonuç elde edilmiştir. Programın verileri aşağıdaki gibidir:

*Maliyet Fonksiyonu:* Asimetrik maliyet fonksiyonuna sahip problemler için kullanılan F2 fonksiyonu seçiminde bir değişikliğe gidilmemiştir.

*Uzaklık Standardı:* Dikdoğrusal

*Çevrilmiş Yer:* Yerleşim için gerekli en ve boy bilgisi  $27 \times 27 = 729$  m<sup>2</sup> olacak şekilde işlenmiştir.

*Modül Tipi:* Modüllerin tamamı katı olacak şekilde seçilmiştir.

*Modül İsimleri:*

Modül 1 : Mobilya bölümü

Modül 2 : Boyahane bölümü

Modül 3 : Giyotin makas bölümü

Modül 4 : Abkant pres bölümü

Modül 5 :Eksantrik pres bölümü

Modül 6 : Kaynak bölümü

Modül 7 : Depolama alanı

Modül 8 : Ofisler bölümü

*Modül Yönü:* Eniyileme işlemi esnasında modüllerin doksan derece döndürülebilmesine imkân sağlayan may flip işaretlenmiştir.

*Modül Konumu:* Hareket ettirilebilir seçeneği her bir modül için işaretlenmiştir.

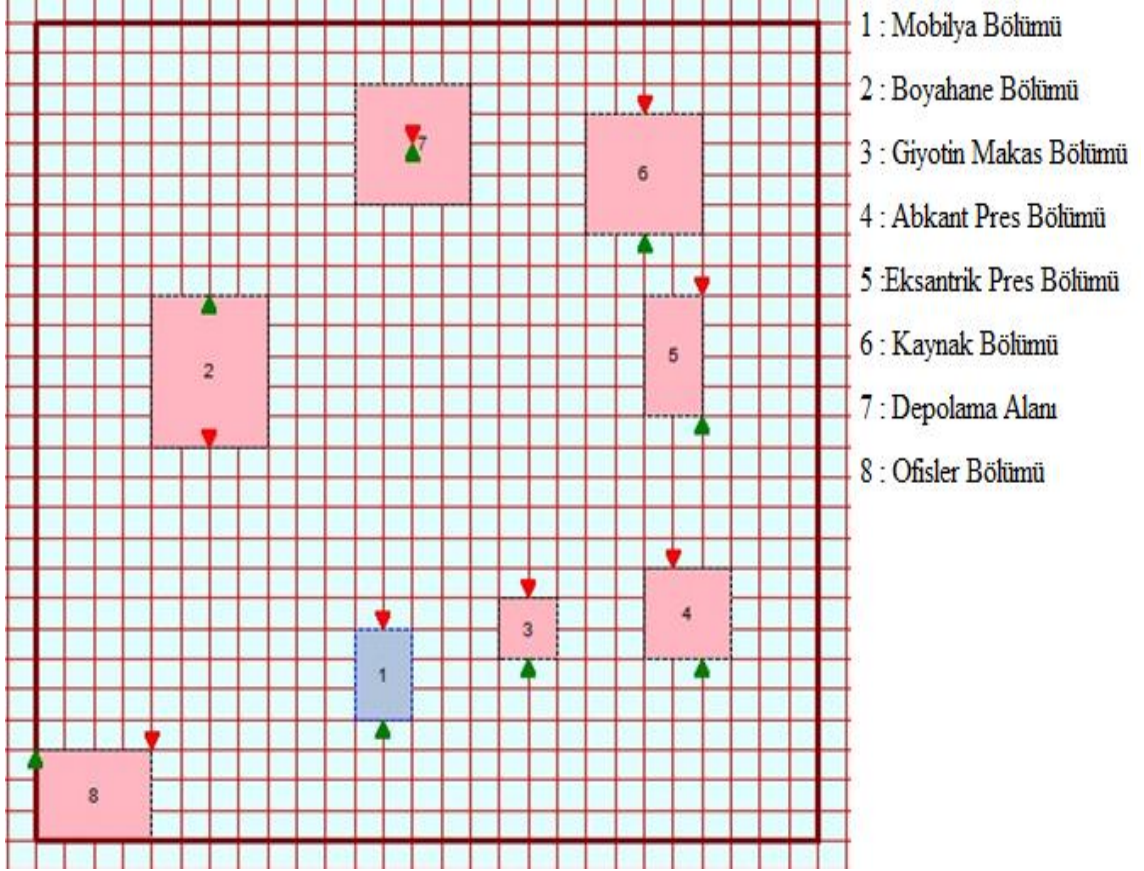
*Modül Çevresi Boşlukları:* Gruplanmış birimlerin grup çevresi boşlukları sırasıyla sağdan, üstten, alttan, soldan olmak koşulu ve metre ölçüm birimiyle birinci modül için 2-2-2-1, ikinci modül için 2-4-4-1, üçüncü modül için 2-2-2-1, dördüncü modül için 3-2-2-1, beşinci modül için 2-3-3-1, altıncı modül için 2-2-2-1, yedinci modül için 2-2-2-2 ve sonuncu için 1-2-0-0 şeklindedir.

*Modül Yönü:* Sadece 8 numaralı modülün yönü sabitlemiştir.

*Modül Konumu:* Sadece 8 numaralı modülün konumu değişmez olarak işaretlenmiştir.

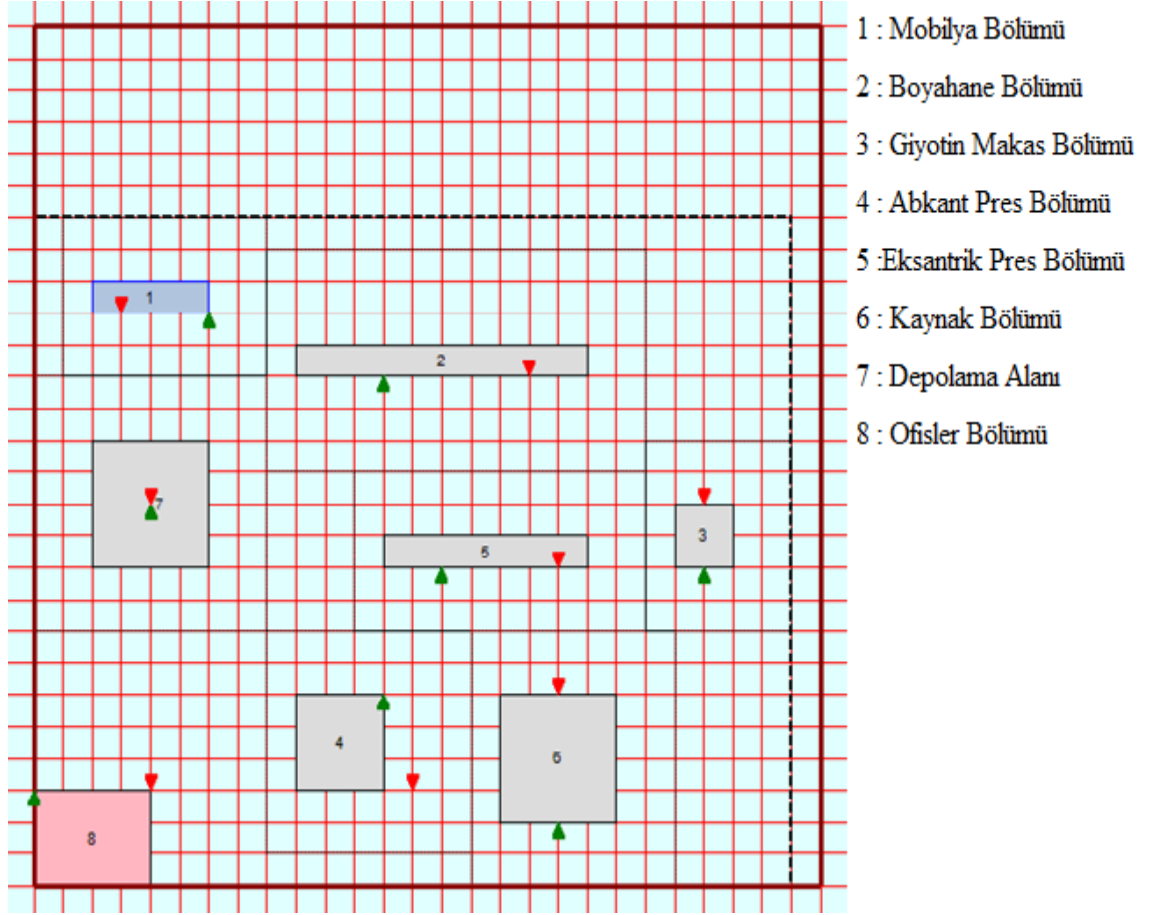
Fabrikanın mevcut yerleşim düzeni program görüntüsü Şekil 3.4 'te verilmiştir:

Şekil 3.4: Fabrikanın Mevcut Yerleşim Düzeni



Burada yerleşim düzeninin amaç fonksiyonu değeri 93.261 olarak karşımıza çıkmıştır. Programdan elde edilen farklı yerleşim düzeni Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’ de verilmiştir. Uzman görüşüne dayalı yerleşim yeri ise Şekil 3.9’ da verilmiştir.

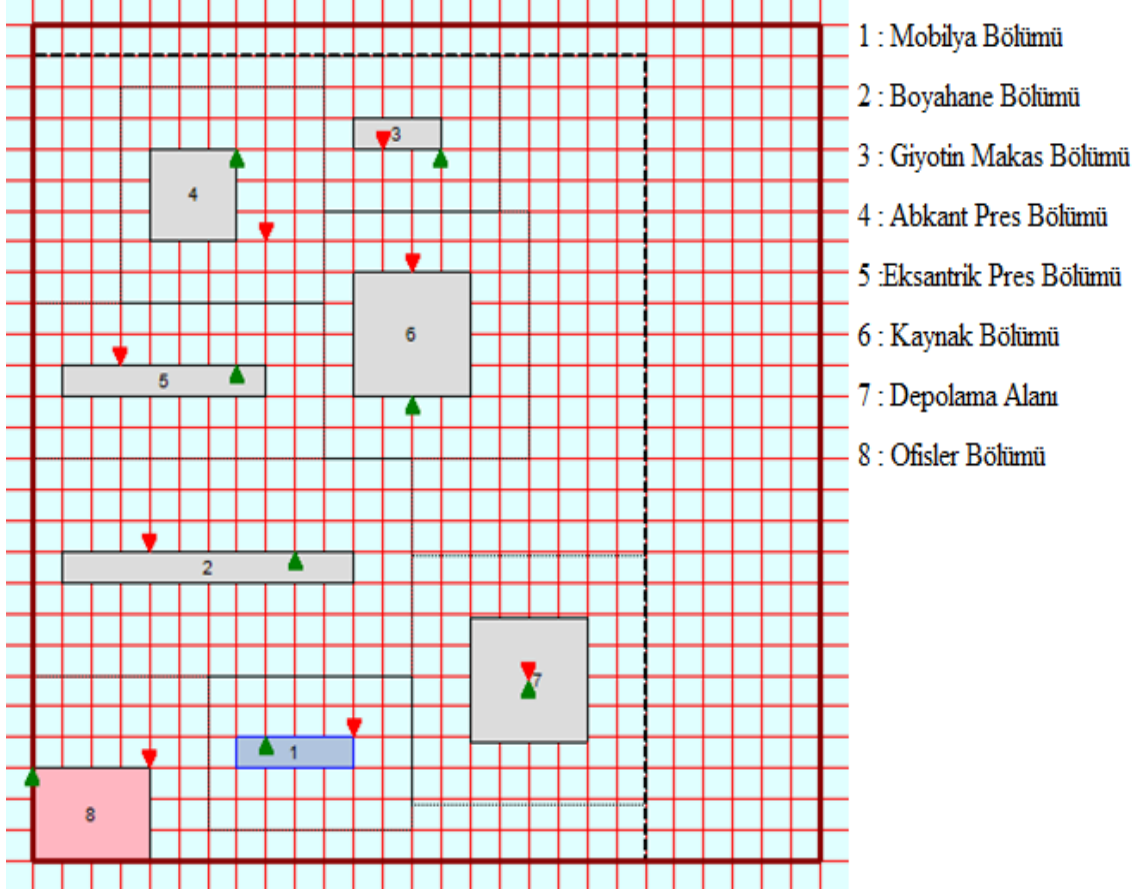
Şekil 3.5: Program Tarafından Üretilen Birinci Yerleşim Seçeneği



Bu seçenekte yerleşim düzeninin amaç fonksiyonu değeri 50.187 olarak bulunmuştur. Eniyileme sonucu kullanılan alan 546 m<sup>2</sup>'dir. İyileşme oranı %86'dır.

Program bu yerleştirme seçeneğinde 3,4 ve 5 numaralı bölümleri 6 numaralı bölüm etrafına yerleştirmeyi esas almıştır. Ardından, depolamadan önceki son işlemi esas alarak düzenleme yapmıştır.

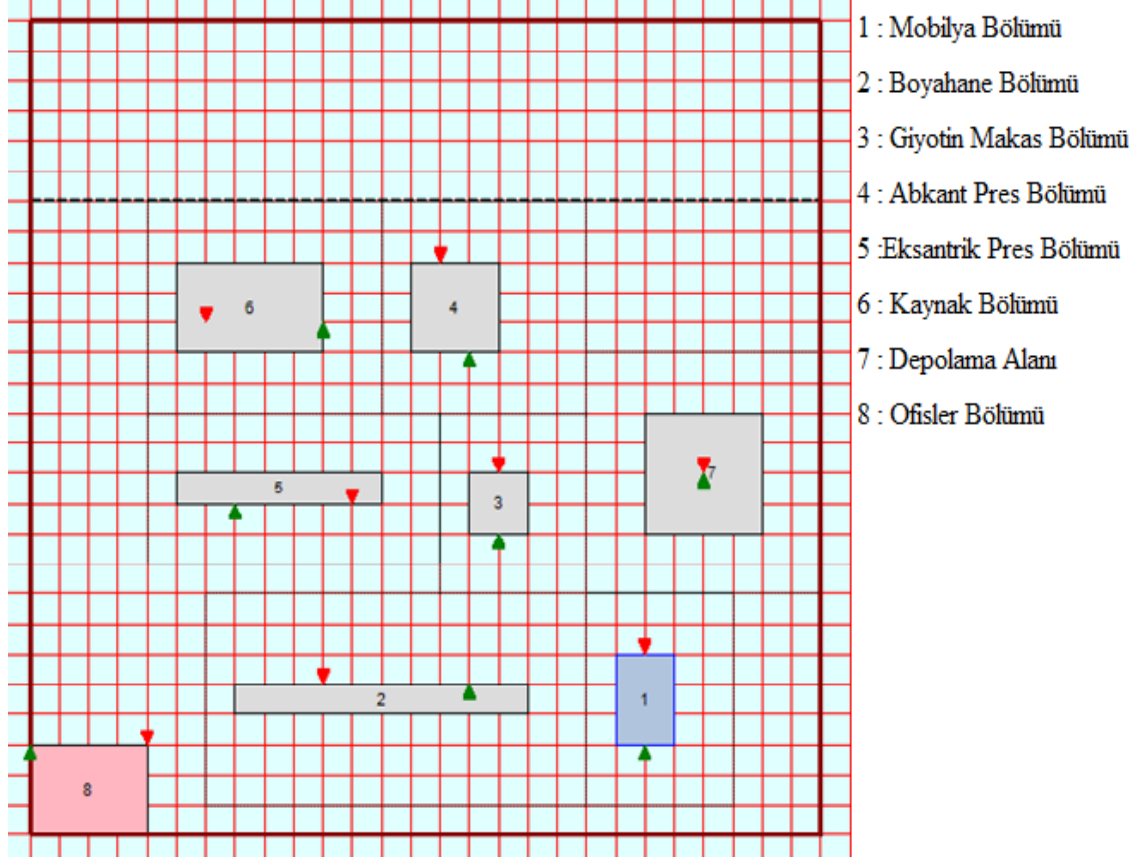
Şekil 3.6: Program Tarafından Üretilen İkinci Yerleşim Seçeneği



Bu seçenekte yerleşim düzeninin amaç fonksiyonu değeri 42.341 olarak bulunmuştur. Eniyileme sonucu kullanılan alan  $546 \text{ m}^2$ 'dir. İyileşme oranı % 120'dir.

Program burada, yerleştirme seçeneğinde 6 numaralı bölümden önce gerçekleşen işlemlerin yapıldığı 3,4 ve 5 numaralı bölümleri 6 numaralı bölüm etrafında toplamıştır. Bu yerleştirmeden sonra, bu gruptan çıkan yarı mamulün gönderileceği 2 numaralı bölüm en yakınına yerleştirmiştir. 2 numaralı bölümden hem 1 numaralı bölüme hem de 7 numaralı bölüme yarı mamul çıktığından dolayı ikisine eşit mesafede olacak şekilde bir düzenlemeye gitmiştir. Aynı zamanda son işlemin yapıldığı 1 numaralı bölümün 8 numaralı bölümle iletişim sorunu yaşamamasını hedefleyerek 8 numaralı bölümün yakınına yerleştirmiştir.

Şekil 3.7: Program Tarafından Üretilen Üçüncü Yerleşim Seçeneği

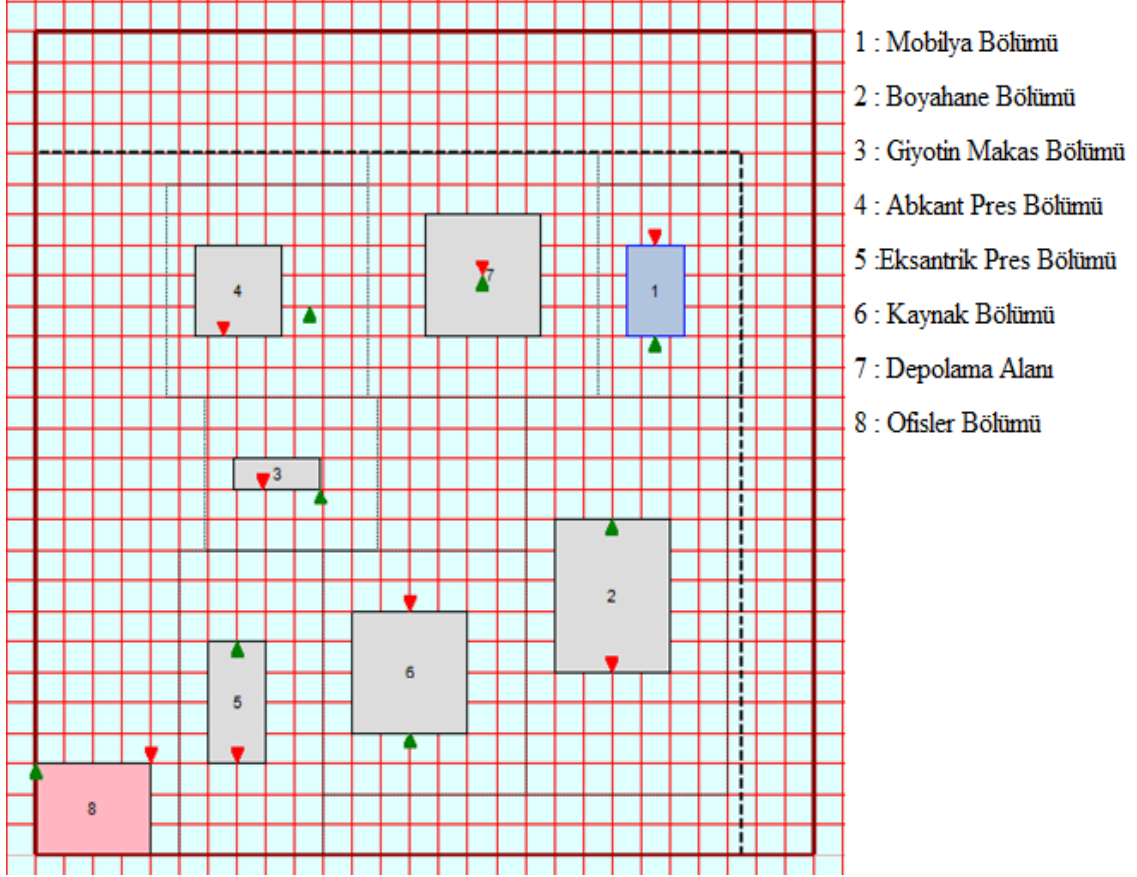


Bu seçenekte yerleşim düzeninin amaç fonksiyonu değeri 43.253 olarak bulunmuştur. Eniyileme sonucu kullanılan alan  $567 \text{ m}^2$ 'dir. İyileşme oranı % 116'dır.

Program bu yerleştirme seçeneğinde, yine yarı mamul hareketini esas alarak 3,4 ve 5 numaralı bölümleri 6 numaralı bölüm etrafında toplamıştır.



Şekil 3.8: Program Tarafından Üretilen Dördüncü Yerleşim Seçeneği

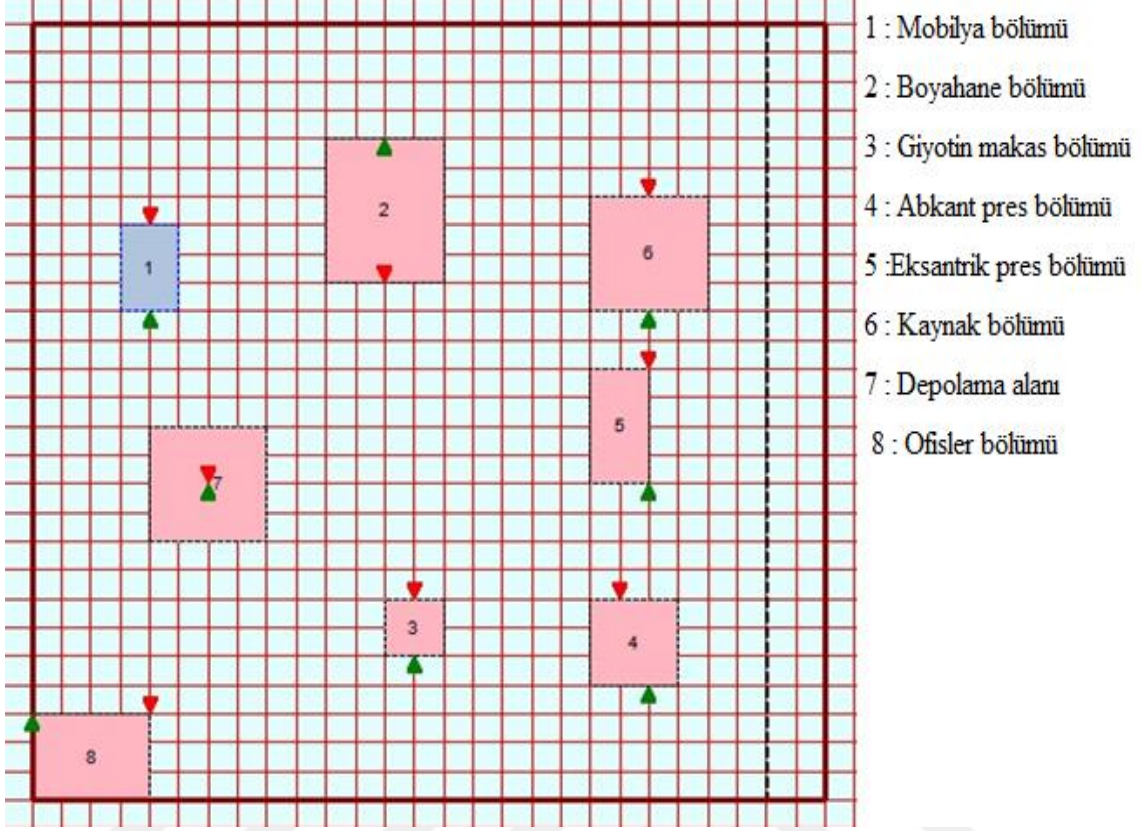


Bu seçenekte yerleşim düzeninin amaç fonksiyonu değeri 44.474,14 olarak bulunmuştur. Eniyileme sonucu kullanılan alan 563,83 m<sup>2</sup>'dir. İyileşme oranı ise % 110 dur.

Program bu yerleştirme seçeneğinde, 1 numaralı bölümü esas alarak yakın ilişki içerisinde olduğu 2 ve 7 numaralı bölümleri bu bölüm etrafında toplamıştır. Aynı zamanda 3 numaralı bölümden çıkan yarı mamullerin 4 ve 5 numaralı bölümlere gittiği detayını önemseyerek bir yerleştirme yapmıştır.

Programın ürettiği sonuçların dışında uzman görüşleri alınarak bir yerleşim planı oluşturulmuştur. Bu plan oluşturulurken işçilerin çalışma yöntemleri, işverenin bakış açısı, giriş çıkışlar gibi değerler göz önüne alınmıştır. Bu çalışma Şekil 3.8 'de gösterilmiştir.

Şekil 3.9: Uzman Görüşlü Yerleşim Seçeneği



Bu seçenekte yerleşim düzeninin amaç fonksiyonu değeri 59.165 olarak bulunmuştur. Eniyileme sonucu kullanılan alan  $675 \text{ m}^2$ 'dir. İyileşme oranı % 58'dir.

Burada programa girilen veriler ışığında uzman görüşüne dayanarak bir yerleştirme yapılmıştır. Sonucu görebilmek adına bölümler sabitlenmiştir.

Uygulamadaki sonuçlar, modüller arası mesafelerin ve kullanım alanlarının belirtilmesiyle karşımıza çıkmıştır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Yerleşim yeri problemi işletmelerin karşılaştığı önemli sorunların başında gelmektedir. Fabrika içi düzenleme ile esas amaç nakletme maliyetlerini en aza indirmektir. Çünkü genel maliyetler içerisinde taşıma maliyetleri önemli yere sahiptir. Yoğun rekabetlerin yaşandığı günümüzde iyi bir tesis yerleşimi ile tasarruflara önemli derecede katkı sağlanabilir.

Bu çalışmada öncelikli olarak, üretim sistemlerindeki esas konuların içerisinde yer alan yerleşim yeri sorunuyla alakalı literatür incelemesi yapılmıştır. İncelenen işletme verileri ile VIP-PLANOPT programı kullanımı sonrası biri uzman görüşüne dayalı olmak üzere beş farklı yerleşim yeri sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılmış çalışmalar incelendiğinde, yerleşim yeri problemlerinin çözümü olarak en doğru neticeye ulaştırabilecek iki yöntemin vurgulandığı gözlemlenmiştir. Bunlar; grafik kuramı ve karma-tamsayılı programlamadır. Ancak çalışmalar incelendiğinde, karma-tamsayılı programlamanın en fazla 6 modüle sahip yerleşim sorunları için en uygun olan sonuca ulaşabildiğini; grafik kuramı yönteminin ise daha az adette birime sahip olan üretim merkezlerinin yerleşim yeri problemleri için dahi istenilen neticeyi veremediğini göstermiştir.

Optimal neticeyi verebilen algoritmalarındaki kısıtlar nedeniyle, fabrika düzenlemenin çözülebilmesi için metasezgisel ve sezgisel algoritmalar geliştirildiği görülmüştür. Sezgisel algoritmalar, geliştirme ve kuruluş şeklinde sınıflara ayrılmıştır. Bunlar ağırlıklı olarak bilgisayar destekli algoritmalarlardır. Metasezgisel yaklaşımlara bakıldığında, bu algoritmaların çok sayıda ve eşit olmayan boyutlara sahip bölümlerle bütünleşmiş problemler için en uygun sonuca en yakın çözüm üretebildiklerinden söz edilebilir.

Çalışmada makine, kullanım alanları, depolama alanları, sevkiyat alanı gibi daha detaycı bir yaklaşımla en uygun yerleştirme sonucuna ulaşmak hedeflenmiştir. Fakat işletme yönetimi bakış açısı nedeniyle gruplandırma şekliyle devam edilmiştir.

Sonuçlardan elde edilen veriler neticesinde programın ortaya koymuş olduğu fonksiyon değeri önemli bir netice olarak karşımıza çıkmaktadır. Dikkate alınan ölçütlerden biri de alan kullanımınıdır. Burada kullanılan alan, işlerin hızlanması, taşıma süresi ve maliyetinin düşmesine sebep olacaktır. İkinci alternatif yerleşim sonucu en iyi yerleşimi 42.341 fonksiyonel değeri ve 546 m<sup>2</sup> kullanım alanı ile vermektedir.

Yapılan çalışma ve incelenen literatür sonucunda her durum için program en iyi çözümü bulmuş olsa da eldeki verilerin doğruluğu ve güvenilirliği programın seçim yapmasını birebir etkileyeceği gibi sonuç olarak da uygulanabilirliğinin test edilmesi gerekmektedir. Kısaca fabrika işleyişi, beşeri durumlar ve gerçek yaşam çalışma şartları bütün sonuçların ana unsurunu oluşturmaktadır.



## KAYNAKÇA

- AK, R. (2009). *İşyeri Düzenleme Algoritmalarının İncelenmesi ve Bir Fabrika Uygulaması*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- AVAZPOUR, G. (1990). *Tesis Planlama*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- BALAKRISHNAN, J., CHENG, C. and WONG, K. (2003). *FACOPT: A User Friendly Facility Layout Optimization System*. Computers and Operations Research. Vol. 30. pp. 1625-1641.
- BARUTÇUGİL, S. İ., (1988) *Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri*, Uludağ Üniversitesi Yayınları: 3-054-0163, Bursa
- BEKAR, D. (2007). *Ekolojik Mimarlıkta Aktif Enerji Sistemlerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BERBEROĞLU, G. (2004). *Genel İşletme*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını.
- BOZER, Y. A., Meller, R. D. and Erlebacher, S. J. (1994). An Improvement-Type Layout Algorithm for Single and Multiple-Floor Facilities. Management Science. Vol.40, no.9, pp.918-932.
- CARSON, G. B. (1959). *Production Handbook*, Ronald Press, New York, pp. 23-24
- DANACI, H. M. ve GÜLTEKİN, R. E. (2009). Yapılaşmada Güneş Enerjisi Kullanımı ve Estetik Çözümleri. *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu* (ss. 243.249), Düzenleyen Elektrik Mühendisleri Odası Diyarbakır Şubesi ve Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi. Haziran 2009.
- DEĞERTEKİN, Ö., ÜLKER, M. ve HAYALİOĞLU, S. (2006). Uzay Çelik Çerçevelerin Tabu Arama ve Genetik Algoritma Yöntemleriyle Optimum Tasarımı. İMO Teknik Dergi, (ss. 3917-3934)
- DEMİR, H. M. (1987). *Fabrika Yerleşim Düzeni Kitabı*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, Kavram Matbaası.
- DEMİRCAN, K. ve GÜLTEKİN, B. (2017). *Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi*. Türk Bilim Araştırma Vakfı, Cilt 10, Sayı 1: ss. 36-51.
- DİKMEN, Ç. B. ve GÜLTEKİN, A. B. (2011). Usage of Renewable Energy Resources in Buildings in the Context of Sustainability, *SDU Journal of Engineering Science and Design*. Vol 1, No:3: pp. 96-100.
- ERKANLI, T. (1972). Fabrika Yerleştirme Düzeni. *Sevk ve İdare Dergisi*. Sayı: 51: 45-58.

- ERKUT, H. (1983). Fabrika Organizasyonuna Giriş. İstanbul: İ.T.Ü Endüstri Bölümü Yayınları.
- ERKUT, H. ve BASKAK, M. (2003). *Tesis Tasarımı*. İstanbul: İrfan Yayıncılık.
- FIÇI, G. (2006). *Tedarikçi Yönetiminde Envanter Kontrolü*. (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- FIRATLI, E. (1984). İmalat Sanayinde Fabrika İçi Yerleşim Düzenlemesi ve Eskişehir Bölgesinde Uygulamasının İncelenmesi. Eskişehir: *A.Ü Yayınları*. Cilt.11, no.2:
- FOULDS, L. R. and ROBINSON, D. F. (1978). Graph Theoretic Heuristics For The Plant Layout Problem. *International Journal of Production Research*. Vol. 16, No.1, pp. 27-37
- FRANCIS, R. L. and WHITE, J. A. (1974). *Facility Layout and Location*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. New Jersey, pp. 60-65.
- GARCIA-DIAZ, A. and SMITH, J. M. (2007). *Facilities Planning and Design*. USA: Prentice Hall.
- GEYİK, F. ve CEDİMOĞLU, İ. H. (2001). Atölye Tipi Çizelgelemede Komşuluk Yapılarının Tabu Arama Tekniği ile Karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*. Cilt 4(1): 95-103.
- GUBAN, M. ve KOVÁCS, G. (2017). Industry 4.0 Conception, *Acta Technica Corviniensis-Bulletin Of Engineering*, 10 (1):111-115.
- GÖKŞEN, Y. ve ERDEM, S. (2003). Hücreyel Üretim Sistemlerinde Makine-Parça Ailelerinin Oluşturulmasında Dengeli Talep-Kapasite ve Dengesiz Talep-Kapasite Durumunun Analizi. *İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*. 18(2): 99-111.
- GÖZÜPEK, D. ve GENÇ, G. (2009). Akademik Bilişim 09, XI. *Akademik Bilim Konferansı Bildirileri* (s:253-254), Harran Üniversitesi. Şanlıurfa. 11-13 Şubat 2009.
- HALL, R. W. (1983). *Zero Inventories*, USA: Dow Jones- Irwin.
- HARDING, H. A. (1984). *Production Management*, Fourth Edition, Macdonald and Evans Limited. Plymouth.
- HERAGU, S. S. (1997). *Facilities Design*. USA: PWS Publishing Company.
- HIREGOUDAR, C. and REDDY, B. R. (2007). *Facility Planning & Layout Design: An industrial perspective*. India: Technical Publications Pune.
- HUGOS, M. and THOMAS, C. (2006). *Supply Chain Management In The Retail Industry*, John Wiley& Sons.
- İLHAN, R. (1981). Fabrika Planlaması. Trabzon: *K.T.Ü Orman Fakültesi Yayınları*.
- KAHRAMAN, M. ve ÖZDAĞLAR, D. (2004). Su Dağıtım Sistemlerinin Genetik Algoritma ile Optimizasyonu. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*. 6(3):1-18.

- KARADAL, F. ve TÜRK, M. (2008). İşletmelerde Teknolojik Yönetimin Geleceği. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 1(1):59-71.
- KAYA, N. (2004). *Etkin Stok Yönetimi ve Türkiye’de Bir Uygulama*. (Basılmamış Doktora Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- KESKİNEL, F. (1985). CAD/CAM Sistemlerine Genel Bir Bakış. *Mimarlık Dergisi*. 1:219-222.
- KOBU, B. (1984). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- \_\_\_\_\_ (2003). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Avcıol Yayınları.
- KOCHHAR, J. S., FOSTER, B. T. and HERAGU, S. S. (1998). HOPE: A Genetic Algorithm for the Unequal Area Facility Layout Problem. *Computers and Operations Research*. 25(7-8):583-594.
- LOCKYER, K. (1983). *Production Management*, London: Pitman.
- MAK, K. L., WONG, Y. S. and CHAN, F. T. S. (1998). A Genetic Algorithm for Facility Layout Problems. *Computer Integrated Manufacturing Systems*. 11(1-2): 113-127.
- MAVRIDOU, T. D. and PARDALOS, P. M. (1997). Simulated Annealing and Genetic Algorithms for the Facility Layout Problem: A Survey. *Computational Optimization and Applications*. 7(1):111-126.
- MEŞECİ, M. (1985). Tesis Planlama ve İşletmelerdeki Uygulama Teknikleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 7
- MAYER, R. R. (1975). *Production and Operations Management*. Third Edition, New York: McGraw-Hill Book Company.
- MELLER, R. D. and BOZER, Y. A. (1996). A New Simulated Annealing Algorithm for the Facility Layout Problem. *International Journal of Production Research*. 34(6):1675-1692.
- \_\_\_\_\_ and GAU, K. Y. (1996). The Facility Layout Problem: Recent and Emerging Trends and Perspectives. *Journal of Manufacturing Systems*. 15(5):351-366.
- MUKADDES, C. (1991). *Tesis Planlama*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- NARAYANASWAMY, R. (1997). Strategic Layout Planning for Lean Manufacturing – A LayOPT Tutorial. *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*. (pp.640-644).
- ONURGİL, T. (2001). *Layout Optimization in Hospital Environment*. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- ORAL, G. K. (2007). Sağlıklı Binalar için Enerji Verimliliği ve Isı Yalıtımı. *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, (ss.253-264), Düzenleyen TMMOB Makine Mühendisleri Odası. Ankara. 25-28 Ekim 2007.
- REED, R. (1970). *Fabrika Yerinin Seçimi, Yerleştirme Düzeni ve Bakımı*. Ankara: Milli Produktivite Yayınları.
- RUTH, R. J. (1981). A Mixed Integer Programming Model for Regional Planning of a Hospital Inpatient Service. *Management Science*. 5: 521-533.
- SINGH, S. P. and SHARMA, R. R. K. (2006). A Review of Different Approaches to the Facility Layout Problems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 5-6: pp. 425-433.
- STEPHENS, M. P. and MEYERS, F. E. (2010). *Manufacturing Facilities: Design & Material Handling*. USA: Pearson.
- ŞULE, D. R. (1994). *Manufacturing Facilities*. Boston: PWS Publishing Company.
- TANYAŞ, M. (2000). *İtüsem Ürün ve Lojistik Yöneticiliği Sertifika Programı*, İstanbul: Üretim Planlama ve Kontrol Ders Notları.
- \_\_\_\_\_ ve BASKAK, M. (2013). *Üretim Planlama ve Kontrol*. İstanbul: İrfan Yayıncılık.
- TATAR, T. (1981). *İşletmelerde Üretim Yönetimi ve Teknikleri*. Ankara: Ankara Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları.
- TEKİN, M. (1996). *Üretim Yönetimi*. Cilt 1, Konya: Arı Ofset.
- \_\_\_\_\_ (1999). *Üretim Yönetimi*, Cilt 1-2, Konya: Arı Ofset Matbaacılık.
- TOMPKINS, J. A., WHITE, J. A., BOZER, Y. A., FRAZELLE, E. H., TANCHOCO, J. M. and TREVİNO, J. (1996). *Facilities Planning*. USA: John Wiley and Sons, Inc.
- TOMPKINS, J. A. and WHITE, J.A. (1984). *Facilities Planning*, Wiley, New York.
- TÜRKMEN, N. ve OĞULATA, N. (2008). Hastane İş Akış ve Yerleşim Değerlendirmesi, Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Cilt:17-8, (ss.1-10)\*\*\*
- URAL, E. (2005). *Malzeme İhtiyaç Planlama Sistemi ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- UTKUTUĞ, G. (1999). Binayı Oluşturan Sistemler Arasındaki Etkileşim ve Ekip Çalışmasının Önemi Mimar Tesisat Mühendisliği İşbirliği. *IV Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*. (ss.21-36), İzmir: Bilimsel/Teknolojik Çalışmalar, 4-7 Kasım 1999.
- ÜÇÜNCÜ, K. (2003). *Tesis Planlama*. Trabzon: K.T.Ü Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Ders Notları Yayınları.



YAMAK, O. (1994). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Alfa Yayıncılık.

WOMACK, J., ve JONES, D. (1998). *Yalın Düşünce*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.

*Kaynak 1: Endüstri 4.0*, <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk>, (23.11.2018).

*Kaynak 2: Vipplanopt*, <http://www.planopt.com/VIP-PLANOPT/overview.html>, (22.10.2018).



**ÖZGEÇMİŞ**

Nurettin KOÇAK

Talas / Kayseri

[nurettinkck@gmail.com](mailto:nurettinkck@gmail.com)**EĞİTİM BİLGİLERİ**

2019	Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat Yüksek Lisans, İşletme, Üretim Yönetimi ve Pazarlama
2012	Anadolu Üniversitesi Lisans, İşletme

**SERTİFİKA ve KURSLAR**

Stratejik Yönetim,2016, İstanbul  
 Entegre Yönetim Sistemi,2016,İstanbul  
 Risk Yönetimi, 2016, İstanbul  
 Stres ve Zaman Yönetimi,2016, İstanbul  
 Takım Çalışması ve Yönetim Becerileri,2016, İstanbul  
 ISO:9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi, 2016, İstanbul  
 ISO:9001:2008 İç Tetkikçi, 2016, İstanbul  
 ISO:9001:2015 Revizyonu, 2016, İstanbul  
 Satış, Pazarlama ve İkna Teknikleri, 2016, İstanbul  
 OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği, 2016, İstanbul  
 ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi, 2016, İstanbul  
 ISO 5001 Enerji Yönetim Sistemi, 2016, İstanbul  
 ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi, 2016, İstanbul  
 Etkili İletişim, Beden Dili ve İmaj Yönetimi, 2016, İstanbul  
 ISO 27001 Bilgi Güvenliği Sistemi, 2016, İstanbul  
 NLP ( Neuro Linguistic Programming),2016,İstanbul  
 Bilgisayar İşletmenliği, 2008, Kayseri

**YABANCI DİL**

İngilizce