1. GİRİŞ

Bir ülkenin gelişmesi, halkın refahının artması temel üretim faktörleri olarak nitelendirilen makina, insan gücü ve malzemenin uygun yöntemlerle koordine edilerek yeterli düzeyde ve kalitede üretimin gerçekleştirilmesi ile mümkün olabilir.

Üretim, insan ihtiyaçlarının doğa tarafından tam olarak karşılanamaması sonucu ortaya çıkmış beşeri bir faaliyettir. Doğada mevcut olan ürünlerle insanın yetinmesi halinde herhangi bir üretim faaliyetinden söz edilemez. Buna rağmen insanoğlu doğanın kendisine sundukları ile yetinmemiş olup, üretimin geçmişi, insanoğlunun uygarlık yolunda ilk adımları atmaya başladığı tarihe kadar uzanmaktadır.

Üretimin temel amacı bir ürün veya hizmet yaratmaktır. Bunun gerçekleştirilmesi için üretim faktörlerinin belirli koşullar ve yöntemlerle bir araya getirilmesi gerekir. Diğer taraftan bir araya getirilen üretim faktörleri çok iyi yönetilmelidir.

Son yıllarda kaydedilen teknolojik gelişmeler ve ticaretin evrenselleşerek yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan fiyat ve kalite rekabeti üretim yöntemlerinde ve yönetiminde yeni kavram ve fonksiyonların doğmasına yol açmıştır. Günümüzde bu gelişmeler oldukça karmaşık ürünlerin üretilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu ürünlerin istenen fiyat, kalite ve miktarda üretimi aşağıdaki faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ile mümkündür:

1) Gerekli hammadde ve yarı ürünlerin uygun fiyatlarla ve istenilen zamanda sağlanması.
2) Her parçanın istenen spesifikasyonlara göre işlenmesi.
3) İşlenen parçaların istenilen yerlerde ve yeterli miktarlarda hazır bulundurulması.
4) Bütün faaliyetlerin eldeki insangücü ve makinalardan en iyi şekilde yararlanmak sureti ile sınırlı süreler içinde gerçekleştirilmesi gerekir.

Üretimin istenen şekilde gerçekleştirilmesi için makinalardan yararlanmanın çok önemli bir faktör olduğu anlaşılmaktadır. Günümüzde bir üretim sisteminin başlangıç tasarımında tesis düzenleme ve bunun alt birimi olan makinaların yerleştirilmesi de büyük önem kazanmıştır. Düzenleme, yeni inşa edilen bir üretim sistemi veya mevcut bir tesis için sözkonusu olabilir. Bazı tip üretim sistemlerinde (çimento, petrol rafinerisi, kağıt, şeker vb.) sonradan değişiklik yapmak çok masraflı ve çoğu zaman da imkansızdır. Bu tip üretim sistemlerinde makinaların yerleştirilmesi ve tesis binaları başlangıçta dikkatle planlanmalıdır. Çeşitli ürün üreten diğer endüstri dallarında başlangıçtaki planlama ne kadar dikkatle yapılırsa yapılsın, zaman zaman yeniden düzenleme ihtiyacı ile karşılaşılır. Bunun nedeni ya önceden yapılan düzenleme hatalarıdır ya da üretim faaliyetlerinde kapasite artışı, yeni ürün üretimi gibi değişikliklerin meydana gelmesidir.

Endüstriyel üretim sistemlerinde tesis düzenleme ve makina yerleştirme problemleri koşullara ve yapılarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterirler. Bu nedenle üretim

sistemlerinin tek tek açıklanması yerine, faaliyetlerin genel yapısını ve modellerini vermek, çözüm yöntemlerinin bilimsel temellerini açıklamak daha geçerli bir yoldur. Makina Düzenleme Sistem ve Teknikleri adlı yüksek lisans dersinde de bu esasa uyularak bir anlatım yolu seçilmiştir. Bununla birlikte Orman Ürünleri Endüstrisine ilişkin bazı üretim sistemlerinde makina düzenleme ile ilgili uygulamalara yer verilmiştir.

2. TESİS DÜZENLEME

2.1. TESİS DÜZENLEMENİN KAPSAMI VE ÖNEMİ

İstenen ürünü en kolay, en ekonomik, en kusursuz bir şekilde ve mümkün olan en kısa zamanda üretmek amacıyla üretim araçlarının, yardımcı tesislerin, taşıma, depolama, kalite kontrolu gibi üretimle ilgili faaliyetlerle hizmet üretim yerlerinin en uygun şekilde yerleştirilmesine "Tesis Düzenleme" denir. Bazı literatürlerde doğrudan üretimle ilgili fiziksel ünitelerin yerleştirilmesine tesis düzenleme, hizmet birimleriyle diğer yan tesislerin de buna ilave edildiği durumdaki yerleştirmeye "İş Yeri Düzenleme" denmektedir.

Tesis düzenleme, üretim sistemleri içinde tüm faaliyetlere bir yer belirlenmesi ve mevcut alan içerisinde makina - teçhizatın düzenlenmesi işlemidir. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi makina yerleştirme tesis düzenlemede önemli bir yer tutmaktadır. Tesis içi yerleşim düzeninin iyi olmaması, maliyetleri yükselten, işlemlerin hızını düşüren, iş kazalarına ve üretim aksamalarına yol açan ve rekabet gücünü azaltan sonuçlara yol açar. Makinaların yerleştirilmesi iş akışı, depolama ve malzeme hareketleri yönünden büyük önem taşır. İş akışının hızlanması, depolama ve malzeme hareketlerinden kaynaklanan maliyetlerin azaltılması makinaların etkin bir şekilde yerleştirilmesine bağlıdır.

Tesis düzenleme, binaların ve tesislerin başlangıç tasarımından tezgahların yeri ve hareketlerine kadar bütün işlemleri kapsar. Verimli çalışan endüstriyel işletmelerin etkinliğinin temelini oluşturan tesis düzenleme, bazı durumlarda işletmenin devamlılığı için kritik bir etken olur.

Tesis düzenleme üç aşamada tamamlanır:

1) Konum içerisinde bölümlerin düzenlenmesi,
2) Bölüm içerisinde makina - teçhizatın düzenlenmesi,
3) Bireysel iş istasyonlarının düzenlenmesi.

Birinci ve ikinci aşamalar, tesis sahasında ve tesis içinde fiziksel planlama olarak ele alınır. Üçüncü aşama ise İş Etüdü ve Ergonomi konuları içerisinde değerlendirilir. Tesis sahasında ve tesis içindeki fiziksel planlama arasında amaç bakımından fark yoktur. Burada makinaların yerleştirilmesinde bölümler esas alınarak, yerleştirme sistem ve tekniklerine yer verilecektir.

Tesis düzenleme kararlarının önemi aşağıdaki nedenlere bağlıdır:

1) Önemli ölçüde parasal ve fiziksel verime ihtiyaç duyulması,
2) Hataların giderilmesinin güç oluşu ve işletmeleri uzun süre etkilemeleri,
3) Kısa süreli işlemlerin maliyet ve etkinlik üzerinde önemli etkilerinin bulunması.

2.2. TESİS DÜZENLEMENİN AMAÇLARI

Tesis düzenlemesinin ana amacı tesis içinde üretime yönelik faaliyetlerde yer alan tüm varlıkların hareket miktarlarını minimum seviyeye indirmektir. Bu ana amacı bazı yan amaçlarla gerçekleştirmek mümkün olabilir.

Tesis düzenlemenin amaçları aşağıda sıralanmıştır:

1) Makina, araç ve gereçler mantığa ve basit kurallara uygun bir düzen içinde yerleştirilmeli ve etkin bir üretim sistemi içinde entegre edilmelidir.
2) Üretim faaliyetlerinin kolaylaştırılması. Bu amacın gerçekleştirilmesi için;
   a. İş akışının düz bir hat üzerinde yol izlemesi ve geri dönüşlerin olmaması,
   b. Üretim hatları dengelenerek gecikme ve beklemelerin ortadan kaldırılması,
   c. Malzeme hareketlerinin düzenli olması, denetimi ve taşıma maliyetlerinin azaltılması,
   d. Bakım ve onarımın kolaylaştırılması,
3) İşlem, taşıma, bekleme ve depolama sırasındaki firelerin azaltılması.
4) Malzeme yükleme - boşaltma ve taşıma en aza indirilmelidir.
5) Değişen koşullara kolayca uyum sağlanabilmelidir.
6) Tesis alanından tam yararlanılmalı ve makina - teçhizatın yatırımı en aza indirilmelidir.
7) İşgörenlerden en üst düzeyde yararlanılmalı, bu maksatla onlara çalışma kolaylığı, iş güvenliği ve rahatlığı sağlanmalıdır.
8) Etkin bir denetimin yapılması sağlanmalıdır.

Bu amaçların hepsini aynı anda ve en iyi biçimde gerçekleştirmek çoğu zaman mümkün olmaz. Dolayısıyla en uygun yerleştirme planı, çeşitli yan amaçların uygun derecede karışımını veren bir optimal çözüm olmalıdır.

2.3. TESİS DÜZENLEMEYİ GEREKTİREN NEDENLER

Tesis düzenlemenin nedenleri:

1) Yeni ürün üretimi,
2) Ürün projesi değişiklikleri,
3) Var olan mamullerden birinin veya birkaçının üretimine son verilmesi,
4) Talep hacminde değişiklik,
5) Tesislerin eskimiş veya modasının geçmiş olması,
6) İş kazalarının artması,

7) Kötü çalışma ortamı,
8) Pazar yeri ve yoğunluğundaki değişiklik,
9) Maliyetleri düşürme çabası,
10) Yetersiz işlemler,
11) Çevresel veya diğer yasal zorunluluklarda değişiklikler.

2.4. HATALI YERLEŞTİRMEDEN DOĞAN AKSAKLIKLARIN BELİRTİLERİ

Yerleştirme hataları üretimi sürekli olumsuz yönde etkiler ve maliyetlerin yükselmesine sebep olur. Tesis binası içinde yer alan hizmet ünitelerinin gelişigüzel yerleştirilmesi, iş akışına aykırı düşen dolaşım ve çalışma alanındaki yetersiz boyutlar yüzünden kaybedilecek zaman maliyet artışında önemli bir etkendir.

Arsa ve bina alanlarının kullanımında ortaya çıkabilecek kayıp alanlar da bir yandan gelecekteki gelişme imkanlarını sınırlarken diğer yandan yapı maliyetlerini yükseltir.

Yönetim kısımlarının diğer ünitelerle fonksiyonel bir şekilde bağlanamadığı bir tesiste işçi ve üretim denetimleri zorlaşır, maliyetler artar.

Bir tesiste başlangıçta yapılan yerleştirmenin ideal olmaması veya üretim sisteminde sonradan değişiklik yapılmasını gerektiren durumlarda bazı aksaklıklar ortaya çıkar. Yerleştirme düzeninden ileri gelen hataların bazı belirtileri olup, bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1) Malzeme, parça ve yarı ürünlerin gereksiz yerlerde yığılması.
2) İş akışının, işçinin ve malzemenin kontrolunda etkisiz kalınması.
3) İşçinin normal iş yükünü kaldıramaması, bedensel ve zihinsel yorgunluk şikayetler.
4) Üretim peryodunun uzaması, siparişlerin tesliminde gecikmeler.
5) Kalifiye işçilerin gereksiz taşıma işlerini yapmaları veya boş beklemeleri.
6) İş akışında tıkanmalar, gecikmeler, parça beklemeler, tezgahların boş durması veya tezgahların aşırı yüklenmesi gibi durumlarla sık sık karşılaşılması.
7) Tesis içinde bir telaş ve kargaşalık havasının hakim olması.
8) Tesis alanından tam yararlanamama.

Bu belirtilerin her birinin hatalı yerleştirmeden kaynaklanacağı düşünülmemelidir. Burada önemli olan yerleştirme düzeninin daha çok ağırlık taşıdığı belirtileri bulmaktır.

2.5. TESİS DÜZENLEMENİN ÜRETİM SİSTEMİNE ETKİLERİ

Tesis düzenlemenin, yönetim faaliyetleri, sabit ve değişken maliyetler, gözlem ve kontrol, üretim yöntemleri, işçi morali, verimlilik ve benzeri faaliyetler üzerinde önemli etkileri vardır.

Üretim sisteminin fiziksel yapı ve faaliyetlerinin yerleştirme düzeninden etkilendiği noktalar aşağıda sıralanmıştır:

1) Malzeme ve insan hareketleri, taşıma uzaklığı, ağırlığı, süresi ve maliyeti,
2) Malzeme taşımada kullanılan araç ve gereçlerin tipleri ve maliyetleri,
3) İşçinin genel çalışma verimi. Gereksiz taşımalar, yardımcı görevler, uygun olmayan çalışma ortamı gibi verimi etkileyen faktörler.
4) Üretim bölümleri arasındaki uzaklıklar,
5) Alan ve hacimden yararlanma oranı, alan kullanımındaki verimlilik,
6) Üretim peryodu uzunluğu, iş istasyonları arasında bekleyen mamul miktarları,
7) Tesis içindeki ara ve ana depoların yerleri ve büyüklükleri,
8) Tezgahlardan yararlanma oranları, yatırım ve işçilik maliyetleri açısından verimlilik,
9) Makina ve tesislerin bakım planları, tamirleri ve yenilenmeleri,
10) Üretim planları ve kontrol işlemleri,
11) Gözlem sıklığı ve gözlemcilerin nitelikleri,
12) Kontrol ve düzeltici karar arasında geçen süre, yönetimim etkinliği,
13) Sosyal tesisler.

2.6. TESİS DÜZENLEMEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Bir üretim sisteminde iyi ve etkin işleyen bir düzenlemenin yapılmasını etkileyen çeşitli faktörler mevcuttur. Bu faktörler, ürün konstrüksiyonu, imal usulünün planlanması, takım ve donatımın seçimi ve malzeme taşıma üzerindeki etkileri nedeniyle makinaların yerleştirilmesinde gözönünde bulundurulmalıdırlar.

Sözü edilen faktörler 8 grupta toplanmış ve aşağıda açıklanmıştır.

1- Malzeme: Aşağıda sıralanan nesneler malzeme olarak kabul edilir:

1) Hammade,
2) İşlenmekte olan malzeme,
3) Bitmiş mamul,
4) Ambalajlanmış malzeme,
5) Yardımcı malzeme,

6) Hurdalar ve fireler,

7) Bakım malzemeleri.

Malzeme faktörü; tasarım, değişiklik, miktar, gerekli işlemler ve bunların sırası gibi özellikleri yönünden değerlendirilir. Malzeme faktörü üzerinde aşağıdaki özellikler etkili olup, bu özellikler düzenlemede tek tek incelenmelidir.

2- Ürünün Biçimi ve Özellikleri: Etkili bir üretim için, mamul tasarımında basitlik ilkesi esas alınmalıdır. Tasarımda üretim kolaylığı dikkate alınmalıdır. Yanlış ve güncelleştirilmemiş çizimler ve formüller, uzun süre düzeltilemeyecek hatalara neden olurlar. Mamul kalitesinin amaca uygun olması gerekli olup, kalite düzeylerindeki değişiklikler ve dalgalanmalar tesis düzenleme üzerinde doğrudan etkili olur.

3- Malzemenin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri: Her mamul, parça veya malzeme tesis düzenlemeyi etkileyen belli özellikleri içerirler. Büyüklük, biçim ve hacim, ağırlık, tür (sıvı, katı, sert, yumuşak, vb. gibi) ve özel nitelikler (sıcak, soğuk, kirli, kırılgan, patlayıcı vb. gibi), bu özelliklerin başlıcalarıdır.

4- Malzemenin Miktarı ve Türü: Tek tür mamul üreten tesislarla çok değişik türde mamul üreten tesisların yerleşim düzenleri çok farklıdır. Bu nedenle, üretilen mamul türlerinin ve miktarlarının belirlenmesi, yerleşim düzeninin tasarlanmasında önem kazanmaktadır. Buna bağlı olarak çıkan ürünler değişime uğruyorsa, bununda araştırılması ve buna uygun esnek düzenlemelerin planlanması gerekir.

5- Bileşen Parçaları veya Malzemeleri: Üretimin daha verimli olmasını sağlamak maksadıyla bazı işlerin birleştirilmesi, bazılarının kaldırılması, bazılarının da küçük parçalara ayrılması düşünülebilir. Bu durumlarda da tesis düzeni farklı farklı şekiller alacaktır. Parçaların ve malzemelerin standardizasyonu üretim verimliliğinde iyileşmeler sağlar.

6- Makine: Tesis düzenleme üzerinde ikinci önemde etkili olan bir faktördür. Makina, donanım ve takıma ilişkin yeterli bilgiler sonucunda bunların uygun şekilde yerleştirilmesi düşünülebilir.

Makina faktörünün başlıca özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

1) Üretim makinaları,

2) İşlem donanımı,

3) Özel bağlantılar,

4) Takım, aparat ve bağlantılar,

5) Ölçü ve deney aletleri,

6) Kontrol panoları,

7) Kontrol donanımları,

8) Bakım ve diğer hizmet donanımı.

Makina faktörü üzerinde etkili olan faktörler aşağıda açıklanmıştır.

7- Yöntem: Üretim yöntemleri fiziksel planlamanın çıkış noktasıdır. Makina ve donanım üretim yöntemlerine bağlı olarak seçilir. Bu bakımdan, tesis düzenleme çalışmalarında önce kullanılacak yöntemler üzerinde bir karara varmak gerekir.

8- Makina, Takım ve Donanım: Makinalarla ilgili iki temel bilgiye ihtiyaç vardır: Makina türü ve sayısı.

İşlemler dizisine bağlı olarak makinaların seçimi, doğrudan doğruya tesis düzenleme çalışmaları kapsamında değildir. Ancak bu faaliyetler, düzenleme faaliyetlerini etkilemektedir.

Makina ve işlemler seçilirken, özellikle düzenleme açısından gözönüne alınması gereken noktaları şöyle sıralayabiliriz:

1) Hacim ve kapasite,
2) Çıktıların kalitesi,
3) Başlangıç maliyeti,
4) Bakım ve hizmet faaliyetleri,
5) İşletme maliyetleri,
6) Alan ihtiyacı,
7) Güvenilirlik,
8) Kullanılabilirlik,
9) İşgücü miktar ve türü,
10) Çevre koşulları (gürültü, koku),
11) Yasal kısıtlamalar,
12) Yeniden düzenleme kolaylığı.

9- Makina Kullanımı: İyi bir düzenlemenin amaçlarından biri de, etkili makina kullanımıdır. İyi bir yerleştirmede makinaların tam kapasitede kullanılabilmeleri gerekir.

Makinalardan yüksek kapasitede yararlanabilmek açısından prosese göre yerleştirme en iyi yerleşim tarzıdır. Sabit durumlu makina yerleştirmede makina ve donanımdan yararlanma oranı en düşüktür. Mamule göre yerleştirme ise bu iki uç nokta arasında kalır. Mamule göre düzenlemede makina kullanım düzeyi iki faktöre bağlıdır: üretim ihtiyaçlarındaki değişim ve işlemler arasındaki dengeleme seviyesi.

10- Makina ve Yönteme İlişkin İhtiyaçlar: Tesis düzenlemede, belirlenen hacimler birbirleri ile ilişkili olarak düzenlenerek makinanın optimum kullanımı sağlanmaya çalışılır.

Makina boyutlarının bilinmesi gerekir. Makinalar bazan çok az hacim kaplamalarına rağmen, biçimlerinden dolayı çok geniş bir alanı işgal edebilirler. Bu durumda en iyi yol küçük bir model hazırlamaktır.

Uygulanan proseslere bağlı olarak ek düzenlemeler de gerekebilir. Örneğin, bir döküm prosesi, gaz, toz, duman vb. etkiler için etkili bir havalandırma gerektirir. Benzer şekilde boyama, ısıl işlem vb. işlemlerde ek koruyucu tedbirler gerektirir.

11- İnsan: Tesis düzenlemede insan en esnek faktördür. Herhangi bir yerleşim düzenine insanın uyarlanması diğer faktörlerden daha kolaydır. İnsan faktörünün fonksiyonel özelliklerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1) Doğrudan işgücü operatörleri,
2) Grup liderleri,
3) Gözlemciler,
4) İmalat hattı yürütücüleri,
5) Dolaylı işgücü :
   a. Malzeme taşıyıcılar,
   b. Ambarcılar,
   c. Tezgah ayarlayıcıları,
   d. Zaman etüdcüleri,
   e. Proses mühendisleri,
   f. Atelye planlayıcıları,
   g. Kalite konrolcular,
   h. Muayeneciler,
   i. Bakımcılar,
   j. Meydancılar,
   k. Temizlikçiler
   l. Sevkiyatçılar,
   m. İş güvenlikçiler,
   n. Takımcılar,
   o. Enerji grubu,
   p. Eğitimciler,
   q. İlk yardımcılar.
6) Danışmanlar ve destek faaliyet yürütücüleri,

7) Genel büro personeli.

İnsan faktörünü etkileyen ana noktaları da aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1) İş güvenliği ve çalışma şartları,
2) İşgücü ihtiyacı, işgücü türü,
3) İnsan kullanımı,
4) Diğer etkiler:
   a) Ödeme biçimi,
   b) Psikolojik durumlar ve bireysel durumlar,
   c) İşletmenin organizasyonel yapısı.

2.6.2. Hareket

Üretimin üç temel faktörü olan malzeme, insan ve makinadan en az birinin hareketi esastır. Genel olarak hareket eden faktör malzemedir. Malzeme hareketi çoğu zaman bir çalışma alanı oluşturur.

Malzeme hareketi ve tesis düzenleme birlikte düşünülüp tasarlanan, birbirlerini tamamlayan iki temel konudur.

Hareketin türüne bağlı olarak değişik taşıyıcılar kullanılır. Bu taşıyıcıları aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür:

1) Tüp, boru, kılavuz raylar,
2) Konveyörler,
3) Krenler, monoraylar,
4) Arabalar, forklift, traktör, tekerlekli tablalar,
5) Motorlu araçlar,
6) Raylı makinalar, araçlar,
7) Hava taşımavılığı,
8) Hayvanlar.

Bu hareketler sırasında hareket eden malzemelerin nasıl korunduğu da önemlidir.

Koruyucu olarak kullanılan araçlar da aşağıda sıralanmıştır:

1) Kaplar, kutular,
2) Tanklar,
3) Destekler, paletler,

4) Tutucu bağlantılar.

Hareket faktörünün analizinde aşağıdaki noktalar dikkate alınmalıdır:

1) Akış türü veya işin ilerleyişi,
2) Ekonomik olmayan ve gereksiz taşımaların azaltılması,
3) Taşımaların birleştirilmesi,
4) Hareket için mekan,
5) Taşıma yöntemlerinin incelenmesi,
6) Taşıma donanımları.

İşlemler dizisine uygun bir akış dokusunun oluşturulmasında temel noktalar girdi ve çıktı malzemeleridir. Bunlarla birlikte yardımcı malzemelerin, makina, takım ve donanımın ve insanın hareketleri de akış yörüngesi açısından özenle incelenmelidir.

Akış dokusu etkin bir şekilde tasarlandıktan sonra dikkat edilecek nokta bir işin bittiği yerde bir sonraki işin başlamasıdır. Taşıma donanımlarının etkin ve çok amaçlı olarak kullanımı da önemlidir. Yeni taşıma donanımlarının tasarımı ve seçimi de tesis düzenleme çalışmaları kapsamında ele alınır.

2.6.3. Bekleme

İşyeri uygun bir biçimde düzenlenince malzeme hareketleri de bir optimum değere indirgenmiş olur. Akışın bozulması ve beklemeler önemli maliyetler yol açar. Bekleme maliyetleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1) Bekleme noktasına gelişteki taşıma maliyeti,
2) Bekleme noktasından gidişteki taşıma maliyeti,
3) Bekleyen malzemenin kayıtlarının tutulması maliyeti,
4) Bekleyen malzemenin beklediği mekanın maliyeti,
5) Bekleyen malzemeye bağlanan paranın maliyeti,
6) Bekleyen malzemeyi koruma maliyeti.

Bu maliyetlere rağmen, bekleme zaman zaman kaçınılması zor olan bir durumdur. Bu durumlarda malzeme, bekleme için ayrılmış yerlerde bekletilmelidir. Bu işlem "depolama - stoklama" olarak adlandırılır. Bir işlemden geçen malzeme hemen bir sonraki işleme aktarılamıyorsa bir gecikme var demektir.

Bekleme faktörünü etkileyen özellikler şunlardır:

1) Kabul edilen malzeme bölgesi,
2) Hammadde stoklama,

3) Satınalınan malzemenin stoklanması,
4) Ara stoklar,
5) İşlemler arası gecikmeler,
6) Bitmiş malzeme stoku,
7) Yardımcı malzemeler, geri dönen mamuller, paketleme malzemeleri, hurda ve fireler, yeniden işlenecek malzemeler, bakım malzemeleri, yedek parçalar için stok alanları,
8) Takımlar, kalıplar, mastarlar, boş stok kapları ve fazla taşıma donanımları için stok bölgeleri.

Tesis düzenlemeyi bekleme açısından ilgilendiren başlıca noktaları da şöyle sıralayabiliriz:

1) Stok bölgelerinin veya gecikme noktalarının yerleşimim,
2) Her bir bekleme bölgesi için mekan,
3) Stoklama yöntemi,
4) Stoklama ve gecikme için önlem ve donanım.

Bekleyen malzemeler için iki temel yerleşim sözkonusudur:

a) Akış yolunun dışında veya kenarında sabit bekleme noktasında,
b) Akışın uzatılmış veya genişletilmiş yolu üzerinde.

Stokların yerleşimi sadece akış yoluna bağlı değildir. İhtiyaç duyulan alan, stoklama yöntemleri, malzeme karakteristikleri gibi birçok faktör yerleşim yerini etkiler.

Stoklama için gerekli alan öncelikle bekleyen malzeme miktarına ve stoklama yöntemine bağlıdır.

Buna göre stok alanının belirlenmesinde bilinmesi gereken iki durum vardır:

1) Bekleyen malzemenin koruma gerektirdiği süre,
2) Bekleme noktasının her iki yanındaki faaliyetlerde malzemelerin kullanım sıklığı.

Bekleyen malzemelerin stoklanma biçimi mekanı ve yerleşimi etkilemektedir. Bu nedenle stoklama yöntemi ve stoklama donanımları üzerindeki incelemelerin özenle yapılması gerekir. Stoklama donanımlarının seçiminde donanım türüne, stoklama amaçlarını sağlama düzeyine ve donanım miktarına dikkat edilir.

2.6.4. Hizmet

Tesis düzenleme açısından hizmet, üretime destek olan faaliyetler, imkanlar ve insanları kapsayan bir faktördür. Hizmet faktörünün özellikleri:

1) İnsana ilişkin hizmetler:

a) Ulaşım yolları,

b) Sosyal tesisler (WC, park yeri, yemekhane vb.)

c) Yangın koruma tesisleri,

d) Işıklandırma,

e) Isıtma ve havalandırma,

f) Bürolar.

2) Malzemeye ilişkin hizmetler:

a) Kalite kontrol,

b) Üretim kontrol,

c) Artık kontrol.

3) Makinaya ilişkin hizmetler:

a) Bakım,

b) Yardımcı hizmet hatlarının dağılımı.

Üretim faaliyetlerine tesis düzenlemede büyük bir önem verilmesine karşın, hizmet faaliyetleri zaman zaman ihmal edilmektedir. Ancak, denemeler düzenlemeye ilişkin şikayetlerin çoğunun hizmet faaliyetlerinden kaynaklandığını göstermektedir. Bu nedenle düzenlemede hizmet faaliyetlerine de üretim faaliyetleri kadar önem vermek gerekmektedir.

2.6.5. Bina

Binalar, tüm üretim faktörlerini fiziksel olarak çevreleyen bir kabuk görevi görmektedir. Bu bakımdan tesis düzenleme çalışmalarının tamamlayıcı bir parçasını oluşturmaktadırlar.

Başlangıçta hazır bir bina varsa ve düzenleme buna göre yapılacaksa, binanın düzenleme üzerindeki etkisi daha büyüktür. Bu durumda düzenleme, sınırlandırıcı ve yönlendirici bir rol oynar. Mevcut bir bina varsa ve düzenleme bu binaya göre yapılacaksa, bu durumda bina düzenleme üzerinde sınırlandırıcı ve yönlendirici bir rol oynar.

Bina faktörünün başlıca özellikleri aşağıdaki gibidir:

1) Özel veya genel amaçlı binalar,

2) Tek veya çok parçalı binalar,

3) Binanın biçimi,

4) Tek veya çok katlı binalar,

5) Pencereler,

6) Taban ve tavanlar,

7) Duvarlar ve kolonlar,

8) Asansör, merdiven ve holler.

Bu özelliklerden başka, binanın kurulacağı bölge de düzenleme üzerinde etkili olmaktadır. Bu durumda düzenleyici bölgeye ilişkin bazı özellikleri gözönüne almalıdır. Binanın kurulacağı yere ilişkin gözönüne alınacak özelliklerin başlıcaları şunlardır:

1) Demiryolları,

2) Karayolları,

3) Kanallar,

4) Köprüler,

5) Stoklama tankları, su tankları, enerji odaları.

Bu faktörlere bağlı olarak bina seçiminin yapılması bazı üretim faktörlerine de bağlıdır. Örneğin, kare biçimli bir binanın kullanımı aşağıdaki durumlarda sözkonusudur:

1) Ürün tasarımında sık değişiklikler,

2) İşlemlerde sürekli gelişmeler,

3) İşyerinin sıklıkla yeniden düzenlenmesi,

4) Bina malzemelerindeki kısıtlamalar.

2.6.6. Değişim

Düzenlemede başlangıçtaki şartlar nasıl olursa olsun zamanla değişeceği kesindir. Şartların değişimi tesis düzenlemeyi etkileyecektir. Bu nedenle, hazırlanım bitirilmiş olan bir tesis yerleşim planını, gelişen şartlar çerçevesinde sürekli gözlemek ve eleştrimek gerekir. Ayrıca, bu planlar hazırlanırken, olabilecek gelişmeleri de gözönüne alınır.

Tesis düzenleme açısından, değişimin aşağıdaki kuralları geçerlidir:

1) Belirsizliği belirle ve kabul et.

2) Değişimin tesis düzenleme üzerindeki etkilerinin uygun sınırlarını tanımla,

3) Tesis düzenini bu sınırlar içerisinde işleyebilecek esneklikte tasarla.

Değişim için aşağıdaki noktalar gözönüne alınabilir:

1) Malzeme değişimleri: Mamul tasarımı, malzemeler, talep.

2) Makina değişimleri: İşlemler ve yöntemler.

3) İnsan değişimleri: Çalışma saatleri, organizasyon, denetim ve gözetim.

4) Destek faaliyetleri değişimleri: Taşıma, stoklama, bina.

5) Diğer değişimler

Değişimin yaratacağı etkileri karşılayabilmek için tesis yerleşiminin düzeninin esnek, uyarlanabilir ve genişleyebilir olması gereklidir.

2.7. TESİS DÜZENLEMEDE İLKELER

Tesis düzenlemenin amaçlarının gerçekleştirilmesi için bazı ilkelere uyum ile mümkündür. Tesis düzenlemede uygulanması gereken ilkeler aşağıda açıklanmıştır.

1- Bütünsel İntegrasyon İlkesi: Tesis düzenleme, işgücü, malzeme, makina, yardımcı tesisler ve diğer faktörleri en iyi biçimde uzlaştırmak suretiyle bir araya getiren yoldur. Bütün imkanların bir arada toplanarak bir birim oluşturulur. Tesislerin tamamı tek makina gibi varsayılır.

2- En Küçük Hareket İlkesi: Diğer faktörlerin eşdeğer olması durumunda, malzemeyi işlemler arasında en az hareket ettiren yerleşim en iyidir.

3- Akış İlkesi: Diğer faktörlerin eşdeğer olması halinde, iş alanını her bir işlem veya süreç için iş akış sırası yönünde düzenleyen yerleşim en iyidir. Bu ilke, en küçük hareket ilkesinin tamamlayıcısıdır. İşlerin bitim noktasına doğru hareketini ve iş akışlarında geri dönüşlerin ve kesişimlerin olmamasını vurgular. Malzeme makinalar arasında hiç bir kesintiye uğramadan ilerlemelidir. İyi bir akış her zaman doğrusal akış demek değildir. Yerleştirmede değişik türden akışlar olabilir.

4- Üç Boyutluluk İlkesi: Düşey ve yatay alanın etkin bir biçimde kullanılması gerekir. İnsan, makina veya malzemenin hareketi üç yönden herhangi biri yönünde olabilir.

5- İş Doyumu ve İş Güvenliği İlkesi: Diğer faktörlerin tamamı eşdeğer olduğunda, işi, işgücü için doyumlu ve güvenli yapan yerleşim en iyidir. İşgücünün doyumu çok önemli ve en temel amaç olup, düzenlemede çoğu zaman tek amaç olarak kabul edilir.

6- Esneklik İlkesi: Diğer faktörler eşdeğer olduğunda, en küçük maliyetle ve en az sakınca ile ayarlanıp düzenlenebilen yerleşim en iyidir.

2.8. TESİS DÜZENLEMEDE İZLENECEK ADIMLAR

Düzenlemenin sağlıklı olması ve istenen amaçları sağlaması genel olarak aşağıdaki aşamaların izlenmesi ile mümkün olabilir:

1) Gerekli temel verilerin toplanması.

Ürün, üretim kapasitesi, kalite, donanım, üretim tipi, binalar ve malzeme taşıma konularında temel bilgiler toplanır. Üretim organizasyonundaki verilerden yararlanılarak kullanıma elverişli alan belirlenir.

2) Temel bilginin analizi ve koordinasyonu.

Elde edilen bilgiler değerlendirilerek aşağıdaki faktörler belirlenir:

a) Gerekli işçi sayısı,

b) Planlanması gereken toplam iş istasyonu sayısı,

c) Kullanılacak donatımların cinsi, ölçüsü ve miktarı,

d) Hammadde, yarı ürün ve ürün envanterleri için gerekli depo alanları.

4) Malzemenin süreç sırasındaki akışının belirlenmesi.

Elde edilen bilgilerin analizine bağlı olarak uygulanacak yerleştirme tiplerine göre ürün akış şekli belirlenir.

5) İş istasyonlarının belirlenmesi.

İş istasyonlarının işlemlerin en verimli bir şekilde yapılabilmesini, işçinin rahatlık ve güvenini, araç - gereç için yeterli alanın ayrılmasını ve donatımın bakımının kolayca yapılabilmesini sağlayacak şekilde yerleştirilmesi gerekir.

6) Planların birleştirilmesi.

Bu aşamada, kısım kısım hazırlanan planlar genel iş yeri planında birleştirilerek bir bütün halinde mevcut binalardaki yerleşimi sağlanır. Ayrıca, depo alanları, geçiş alanları, büro ve servisler için gerekli yerlere ilişkin ayırımların yapılması gerekir. Yapılan düzenleme işleminde bakım planları da dikkate alınır.

7) Malzeme taşıma sisteminin kurulması.

Malzeme taşıma problemine ilişkin son çözüm iş yeri planlaması yapıldıktan sonra bulunur. İyi düzenlenmiş bir işyeri malzeme taşımanın verimliliğini artırır.

8) Uygunluk testi.

Tesis düzenleme çalışmalarında yerleştirme maliyeti önemli bir faktör olup, çalışmanın her aşamasında gözönünde bulundurulmalıdır.

Tesis düzenleme faaliyetlerine ilişkin bu aşamaların sonunda ortaya çıkan yerleştirme planı aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

1) Malzeme en kısa yoldan taşınmalı, diğer bir ifade ile malzemeler olabildiğince doğrusal bir yol izlemelidir.

2) Malzemelerin geri dönüşleri olabildiğince azaltılmış olmalıdır.

3) Tesis binası malzeme hareketlerini minimize edecek şekilde tasarlanmış olmalıdır.

4) Mevcut tesisten en ekonomik şekilde yararlanılabilmelidir.

5) Gelecekteki genişlemeler tahmin edilerek yapılan planlar estetik özellik göstermelidir.

2.9. MAKİNA YERLEŞTİRMENİN TEMEL ESASLARI

Makina düzenleme çalışmalarının planlanması ve uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken bazı esaslar vardır. İdeal bir yerleşim düzeni bu esaslara uyulması ile sağlanabilir.

Günümüze kadar doğrulukları deneme ile belirlenmiş makina yerleştirme esaslarının başlıcaları şunlardır:

1) Ağır makina teçhizat alt katlara, sağlam zemine yerleştirilmelidir.
2) Yüksek makinalar özel yüksek tavanlı bölümlere yerleştirilmelidir.
3) Titreşimli makina - teçhizat özel tabanlı bölmelere yerleştirilmelidir.
4) Tehlikeli malzeme kullanan veya çalışması tehlikeli ve gürültülü olan makina - teçhizat diğer bölümlerden uzak özel bölümlere yerleştirilmelidir.
5) Nem, ısı, ışık, toz ve kir sürekli denetim altında bulundurulmalıdır.
6) Hammadde deposu üretim tesislerine ve ilk işlem yerlerine yakın olmalıdır.
7) Mamul ambarı çıkış kapısına yakın olmalıdır.
8) Kalite kontrol bölümü uygun yerlerde bulunmalıdır.
9) Gelecekte doğabilecek muhtemel genişlemeler dikkate alınmalıdır.

2.10. TESİS BİNASI

2.10.1. Bina İle Düzenleme Arasındaki İlişkiler

Tesis binasının başlıca görevi insanlar, makinalar, malzemeler ve ürünlerle işletme faaliyetlerini gereği gibi korumaktır. Dış hava koşullarından etkilenmeyen malzemeler kapalı binalarda saklanmayabilir. Bu amaçla, tesisleri dışarıdan korumak için çevresel duvarlar, çitler ve tel örgülerden yararlanılır.

Malzeme, yarı ürün ve parçaların tesis içindeki akış biçimi, mevcut yerleştirme düzeninin incelenmesinde veya yenisinin tasarlanmasında önemli rol oynar. İş akışı bazen bir veri olarak kabul edilir, binalar buna göre düzenlenir. Bazı hallerde ise, binalar veridir, makinaların yerlerinin ve iş akışının nasıl olması gerektiği araştırılır. Mühendis genellikle, mevcut bir bina içinde belli bir üretim hacim ve türünü en uygun şekilde yerleştirme problemi ile karşı karşıyadır.

Yeni bir tesisin hiç bir sınırlama sözkonusu olmadan kurulması durumunda, önce düzenleme incelenerek binalar buna göre inşa edilir. Düzenleme ile ilgili bir çok faktör tesis binasının planlanmasında da dikkate alınır.

Karar almayı etkileyen faktörlerin başlıcaları aşağıda sıralanmıştır:

1- Büyüklük: Bu konuda, bir taraftan ölçek ekonomisini, diğer taraftan da küçüklüğün sağladığı üstünlükleri ve işgörene sağladığı yönetim kolaylıklarını dikkate almak gerekir.

2- Tavan yüksekliği: Tesislerin birçoğunda tavandan asılı konveyörler kullanılmakta ya da depo veya büro olarak kullanılmak üzere asma kat inşası gerekli olmaktadır. Yüksek tavan, inşaat maliyetlerini fazlaca artırmayan, ancak tesis binalarında önemli yararlar sağlayan bir özelliktir.

3- Sağlamlık: Binaların taşıyacağı yük makina – teçhizat, hammadde ve malzemeler, parçalar, işlenmekte olan ve yeni tamamlanmış bulunan ürünlerin ağırlığından oluşur. Zaman zaman kullanılan malzeme taşıma araçları da düşünülerek bina, bütün bu ağırlıkları taşıyabilecek sağlamlıkta inşa edilmelidir.

4- Taşıma: Bina içinde olduğu kadar, binadan dışarı ve dışarıdan binaya malzeme, makina ve ürün taşınacağı bilindiğine göre, bunların gerektirdiği yolların ve kapıların nerede ve hangi boyutlarda inşa edileceği önceden kararlaştırılmalıdır.

5- Aydınlatma: Tesislerde aydınlatmanın başarıyla uygulanması verimliliği ve işgörenlerin mutluluğunu artıran ve iş kazalarını azaltan önemli faktördür. Aydınlatma, binanın doğal ışığı daha fazla kullanacak şekilde tasarlanmasından, aydınlatma sistemlerine ve makina ve duvarların boyanmasına kadar değişik bir dizi kararın alınmasını gerektiren bir konudur.

6- Isıtma ve havalandırma: Tesis binalarında verimli ve rahat bir çalışma düzeninin sağlanabilmesi için temiz hava akımının ve uygun sıcaklık va bağıl nem derecesinin bulunması zorunludur.

7- Hizmetler: Gaz, su, elektrik, buhar, basınçlı hava tesisatı, yangın önleme ve söndürme sistemi, iç haberleşme ve telefon inşaatı öncesinde tasarlanmalı ve gerçekleştirilmelidir. Bu sistemlerin binanın tamamlanmasından sonra düzenlenmesi güç ve pahalıdır.

8- Artıkların atılması: Tesislerde işlemler sonucunda genellikle artıklar ve zehirli maddeler ortaya çıkar. Bunların çevre kirlenmesine yol açmadan yok edilmesi veya yeniden kullanılabilir nitelikte olanları değerlendirilmesi bazı tesislerin kurulmasını gerektirir. İnşaatın planlanması aşamasında bu konuya ilişkin kararlar alınmalıdır.

9- Özel ihtiyaçlar: Üretim prosesinin gerektirdiği ısı konforu, gürültü azaltan duvarlar, titreşim yutan tabanlar, özel ışıklandırmalar, gizlilik veya tehlike nedeniyle gereken güvenlik tedbirleri ve bezerleri için inşaat öncesi gerekli kararlar alınıp planlama yapılmalıdır.

10- Kat sayısı: İhtiyaç duyulan toplam alan belirlendikten sonra mevcut arazinin boyutlarına, seçeneklerin üstünlük ve sakıncalarına göre binanın kaç kat olarak inşa edilmesi gerektiğine karar verilir. Uygulamada genellikle, üretimle ilgili binalar tek katlı, yönetim binaları çok katlı yapılır.

11- Depolama ihtiyacı: Özellikle yarı ürünlerin iş akışını aksatmamaları amacıyla kurulacak ara depoların, planlama başlangıcında ele alınması gerekir.

2.10.2. Tesis Binası Tipleri

Çok değişik tesis binası tipleri mevcut olmakla birlikte, dış görünüşleri bakımından tesisleri üç sınıfta ele almak mümkündür:

1) Kat sayısı.
2) Çatı şekilleri.
3) Bina biçimleri.

Önceleri tek katlı tesis binalarının yapımı yaygınca uygulanmıştır. Bunun en önemli sebebi, net kullanım alanının birim miktarına düşen bina maliyetlerinin düşük olmasıdır. Buna karşılık, arazi maliyetlerinin yüksek olduğu merkezi sanayi yörelerinde çok katlı tesis binaları da kurulmaktadır. Tesis içindeki iş akışının kolay planlanması ve taşımaların minimum düzeyde tutulabilmesi için binanın tek kat yapılması daha uygun bir çözümdür.

Üretim yöntemleri ve arazi sınırlamaları zorlamadıkça çok katlı bina yapımına gidilmelidir. Çimento, gübre, şeker, petrol, vb. endüstrilerde tesis binaları, üretim prosesinin bir gereği olarak çok katlı yapılırlar. Ağır makinaların kullanıldığı üretim faaliyetlerinde çok katlı binalar, inşaat ve taşıma masraflarının yükseliği dolayısıyla sakıncalıdır. Modern tesis binalarının inşaatında genel eğilim, tek kat üzerine, penceresiz, yapay aydınlatmalı, çelik iskeletli sistemlerin tercihi şeklindedir.

Tek katlı ve çok katlı tesis binalarının yararlı ve sakıncalı yanları vardır. Bir tipin yararlı yanı diğer tip için sakınca sayılabilir. Örneğin, inşaat süresinin kısalığı tek katlı binalar için yararlı özellik iken, çok katlı binalar için sakıncaya yol açabilir. Yani, tek katlı binaların inşaat süresi kısa, çok katlı binaların ise uzundur. Tek ve çok katlı tesis binalarının yararları aşağıda özetlenmiştir.

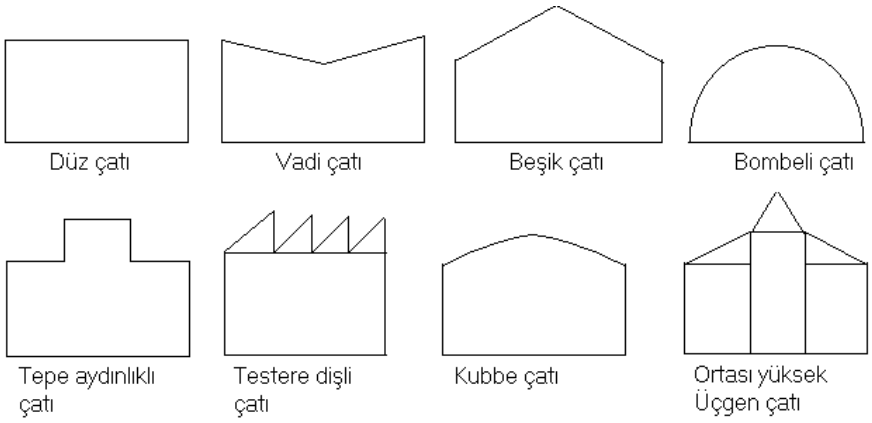
Tek katlı tesis binalarının yararlı yanları:

- Kısa inşaat süresi.
- Düşük inşaat maliyeti.
- Doğal ışık kullanma kolaylığı.
- Havalandırma kolaylığı.
- Tesis içi yerleşim kolaylığı.
- Alan kullanımında kayıpların azaltılması.
- Malzeme taşıma kolaylığı.
- Alan genişlemesi ve kullanımda esneklik.
- Genel denetim kolaylığı.
- Olağanüstü durumlarda binadan çıkma kolaylığı.
- Katlar için yük taşıma hesabı yapılmaması.

Çok katlı tesis binalarının yararlı yanları:

- Düşük arazi maliyeti.
- Hizmet bölümlerinin yerleşim kolaylığı.
- Elektrik, su, ısıtma tesisatının kısa dolanımı.
- Düşük ısıtma maliyeti.
- Iş taşıma süresinin azaltılması.
- Yer çekiminden yararlanma.
- Bölümlerin denetiminde etkinlik.

Temel bina biçimi dikdörtgen şeklinde olup, dikdörtgenin sayısız bileşenleri de sözkonusu olabilir. Binalara genellikle I, C, U, L, F, H, E, H gibi harf biçimleri benzer adlar verilmektedir. Günümüzde doğal aydınlatma ihtiyacı, aydınlatma tekniğindeki gelişmelere bağlı olarak fazlaca önemsenmemektedir. Bu nedenle, tesis binaları kare, dikdörtgen veya blok olarak inşa edilmekte ve harf biçimleri hemen hemen terkedilmiştir. En çok kullanılan biçim dikdörtgendir. Ancak, modern işyerleri ve mağazalarda olduğu gibi tesislerde de bazen alışılmışın dışında beş köşeli, dairesel, vb. gibi şekiller de uygulanmaktadır. Şekil 2.1'de çeşitli çatı şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Çatı şekillerine göre tesis binası tipleri

Dikdörtgen bina biçimi değişikliklere çok kolay uyum sağlar. Bu sebeple teknoloisi veya ürün türü hızlı değişen endüstrilerde yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Düzgün olmayan tesis binası şekilleri bazen arazi bozukluklarından kaynaklanmış olabilir. Bazen de güvenlik açısından düzensiz bina şekilleri tercih edilir.

Aydınlatma ve havalandırmaya bağlı olarak çeşitli çatı tipleri uygulanmaktadır. Ürün türü de çatı tipini belirleyen önemli bir faktördür. Örneğin, ağır makina tesisleri ve dökümhaneler ortası yüksek üçgen, tekstil tesisleri testere dişli çatı binmalardır. Ancak, inşaat malzeme ve konstrüksiyon tekniğinde sağlanacak gelişmelerle bu genel tiplerin gelecekte değişmesi mümkündür.

2.11. İŞ AKIŞI TİPLERİ

Mamul veya mamul grubunun üretimi için gerekli makina ve işgücü belirlendikten sonra, bu makina ve işgücü grubunun tesis içinde birleştirilerek yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu düzenlemede temel amaç, hammadde girişinden, bitmiş mamulün müşteriye teslim edilişine kadar sözkonusu olan süreçlerde en az ağırlık, uzaklık ve maliyetle taşımayı sağlayacak bir iş akışının oluşturulmasıdır.

Malzemelerin tesisteki hareketleri tesis düzenlemeyi belirleyen önemli faktörlerden biridir. Tesis düzenlemede ulaşılmak istenen amaçlardan biri de makinaların değişmez olarak düzenlenmesi değil, malzemenin tesiste en iyi akışının sağlanmasıdır. Malzemenin etkin bir şekilde akışı, malzeme taşıma giderlerini, yarı mamullerin miktarını, yarı ürünlere bağlanan anamal ve alanı, toplam üretim süresinin uzunluğunu belirleme zorunluluğunu ortaya koyar. Böylece tesis düzenlemede etkin bir akışın yanında en küçük hareketin de sağlanması gerekli olur. Bu faktörler akış sisteminin hassas bir şekilde incelenmesi için yeterli sayılır. İş akışı sistemi ayrıca denetim ve kontrol mekanizmasını da etkiler. Yalın iş akışı hatları kontrol amaçları için ideal olurlar ve bu durumda gözetim gözle de yapılabilir. Karmaşık iş akışı sistemleri genellikle karışık kontrol sistemlerini doğurur.

Prosese, mamule ve programa ilişkin temel bilgiler toplandıktan sonra işyeri düzeni tasarımcısı, malzemelerin, araç - gereçlerin ve işgücünün akışının analizine geçer. Tesis düzenleme, mamulün hammadde durumundan işlenmiş mamule kadar olan aşamalardaki akışını kolaylaştıran bir özelliğe sahip olmalıdır.

2.11.1. Akış Sistemini Etkileyen Faktörler

Bir tesis ister prosese, isterse mamule göre düzenlenecek olsun, iş akışı modellerinin özellikleri ayrıntılı olarak gözönünde bulundurulur. İş akışını etkileyen faktörleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1) Dış ulaşım kolaylıkları,
2) Üründeki parçaların sayısı,
3) Her bir parçadaki işlem sayısı,
4) Her bir parçadaki işlemlerin sırası,
5) Alt montajların sayısı,
6) Üretimi yapılacak mamul sayısı,
7) İş istasyonları arasındaki akış,
8) Elverişli alanın hacim ve biçimi,
9) İşlemlerin etkisi,
10) Akış tipleri,

11) Mamule veya prosese göre düzenleme,

12) Hizmet bölümlerinin konumları,

13) Üretim bölümlerinin konumları,

14) Bölümlerin özel ihtiyaçları,

15) Malzeme depolama,

16) İstenilen esneklik,

17) Bina.

2.11.2. İş Akışı Modelleri

İş akışı modelleri özelliklerine göre iki gruba ayrılabilir:

1) Üretim hattı bakımından iş akışı modelleri:
   a) Doğrusal (düz),
   b) U – biçimli,
   c) S - biçimli,
   d) Bükümlü.
2) Montaj hattı bakımından iş akışı modelleri:
   a) Tarak biçimli,
   b) Ağaç biçimli,
   c) Dal,
   d) Havai (üstüste).

Tesis düzenlemede amaç, en az geri dönüşle, en kısa uzaklıkta üretimi gerçekleştirmektir. Buna göre toplam malzeme taşıma uzaklığı en alt düzeye indirilmelidir.

Doğrusal akış tipi, çok dar veya üretim hattının genişliği kadar bir binayı gerektirebilir.

U - biçimli üretim hattı ise, malzeme ve mamullerin hareketlerinin aynı bina içerisinde gerçekleştirilmesine, bu da işletme denetim noktalarının birleştirilmesine imkan sağlar.

Üretim bazı durumlarda S ya da bükümlü hatlarda gerçekleştirilebilir. Bu akış tipinde tesis uzunluğu ve genişliği arasındaki oran düşüktür.

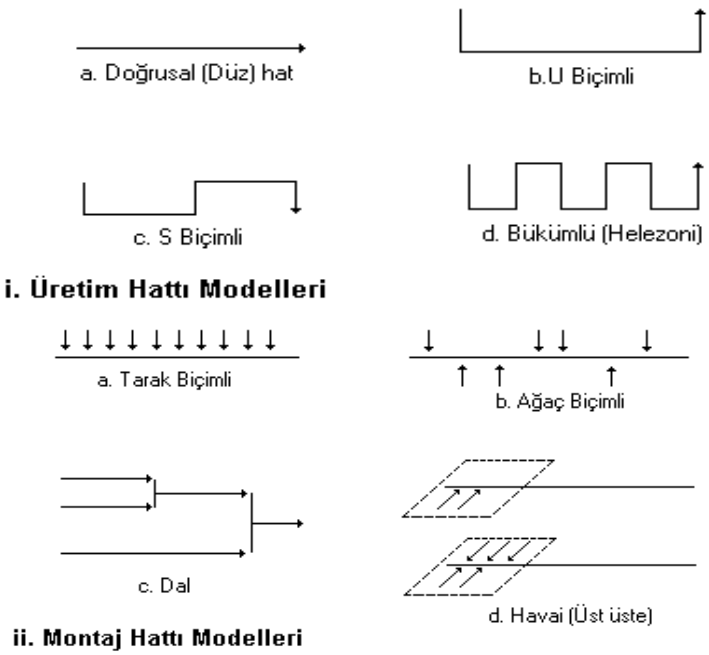
Montaj hattı biçimlerinden tarak modelinde ana montaj hattı aynı yönden, ağaç modelinde ise her iki yönden gelen alt - montaj hatlarıyla beslenir. Ana montaja gelen aynı sayıdaki alt - montaj hatları açısından, tarak tipi modele oranla ağaç tipi montaj hattında montaj işlemleri daha kısa sürede tamamlanabilir. Tarak tipi montaj hattı daha çok uzun bir duvar veya koridor şeklindeki yerleşim için uygundur. Ağaç tipi montaj hattı ise ana montaj hattının üretim alanının merkezine yerleştirilmesi ve yanlardan gelen alt - montaj hatlarıyla

beslenmesi durumunda kullanılmaktadır. Dal tipi modelde, alt - montaj hatları üretim hattı boyunca ilerlerken, zaman zaman diğer alt - montaj hatları ile birleşerek en sonunda ana montaj hattını oluştururlar. Bu biçimde, son montaj hattına yaklaştıkça, alt - montaj hatlarının sayısı azalır ve sonuçta ana montaj hattı kurulmuş olur.

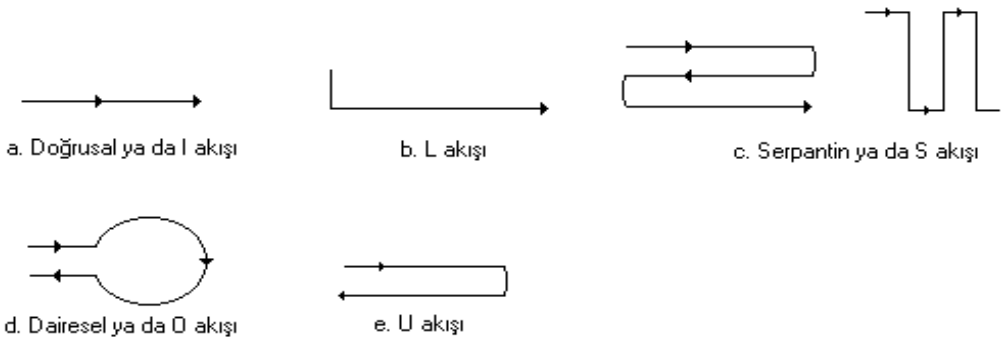
Tarak ve ağaç tipi montaj hattı iş akış şekillerine göre daha düzensizdir.

Havai (üst üste) iş akışında ise montaj hattı, yukarı mekandan ilerleyerek aşağıya inmekte ve alt mekanda tamamlanmaktadır.

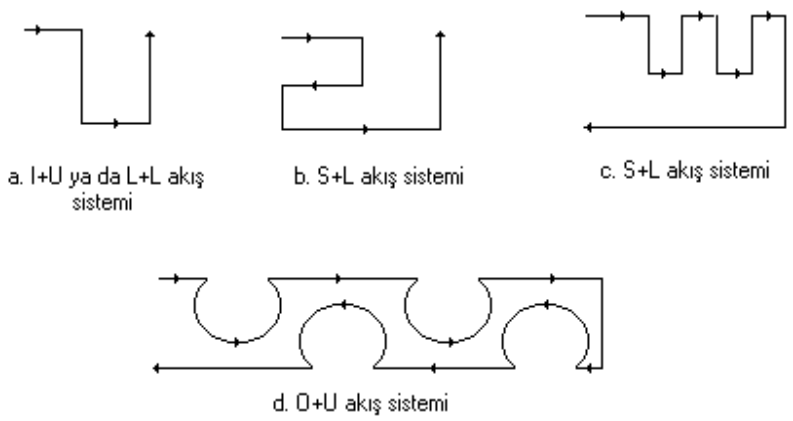
Montaj hattı iş akışı tiplerinden hangisi seçilirse seçilsin, alt - montajlar arasında işlemlerin birbirini izlemesinin gereği kadar birbirlerine yakın olmalarına da çalışılmalıdır. Böylece taşıma süreleri azaltılarak mamul üretimi süresi kısaltılır. Üretim sistemindeki toplam verimlilik ve maliyet açısından, montaj hatları mevcut alandan mümkün olan en yüksek yararı sağlayacak biçimde ve uzunlukta düzenlenmelidir.



Şekil 2.2. İş akışı modelleri



Şekil 2.3. Yatay iş akışı hatları



Şekil 2.4. Yatay iş akışı hatlarının kombinasyonları

İkinci bir görüşe göre hareket yönü bakımından iş akışı modelleri aşağıdaki gibi iki gruba ayrılır:

1) Yatay iş akışı hatları:
   a) Doğrusal ya da I akış hattı,
   b) L akış hattı,
   c) U akış hattı,
   d) Dairesel ya da O akış hattı,
   e) Serpantin ya da S akış hattı.
2) Düşey iş akışı hatları:
   a) Yukarıya veya aşağıya doğru akış,
   b) Merkezi veya merkezi olmayan kaldırma sistemi,
   c) Tek yönlü veya geri dönüşlü akış,
   d) Dikey veya eğimli akış,
   e) Tek veya çoğul akış,
   f) Binalar arası akış.

Yatay iş akışı hatları yukarıdaki basit şekillerde olabileceği gibi bunların kombinasyonları şeklinde de olabilir.

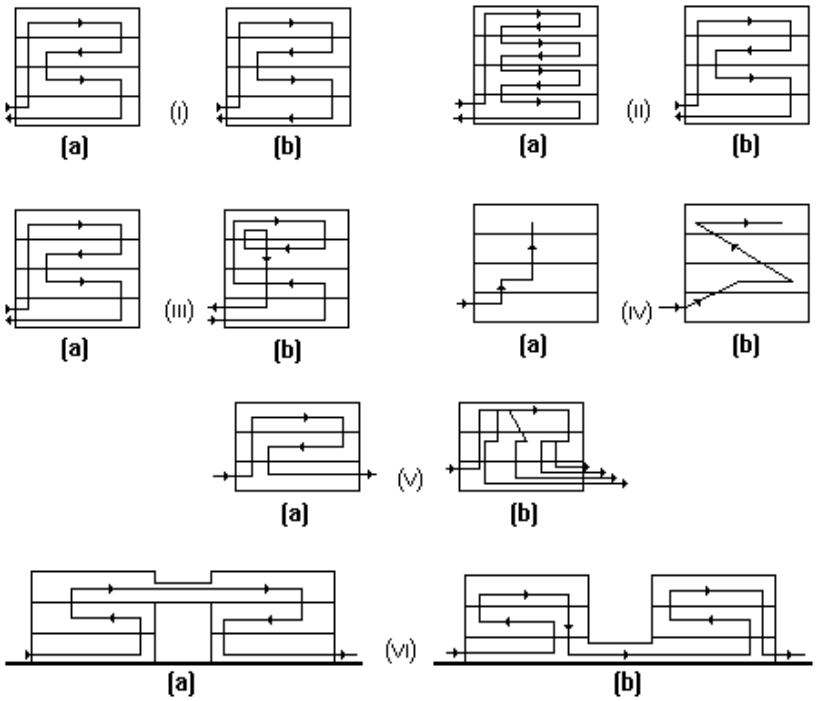
Doğrusal akış hattı en basit akış tipidir. Ancak gönderme ve kabul etme işlemleri için ayrı ekiplerin oluşturulması gerekmektedir.

L tipi akış, doğrusal akışın uygulanamadığı veya oluşturulmasının yüksek maliyetler gerektirdiği durumlarda kullanılmaktadır.

U tipi akış, yönetimi basit olması yanında, gönderme ve kabul etme işlemlerinin aynı ekip tarafından yapılabilmesi nedeniyle oldukça beğenilmektedir.

Dairesel akış, bitiş noktasının başlangıç noktasına çok yakın oluşturulması istendiği durumlarda uygulanmaktadır.

S tipi akış, üretim hattının çok uzun olması nedeniyle üretim alanında zigzag oluşturulması gerektiğinde kullanılmaktadır.



Şekil 2.5 . Düşey iş akışı hatları

3. MAKİNA YERLEŞTİRME SİSTEMLERİ

3.1. MAKİNA YERLEŞTİRME

Makina yerleştirme, üretim tesisleri içinde bütün faaliyetlere bir yer belirlenmesi ve mevcut alan içinde makina - teçhizatın düzenlenmesi işlemidir. Böylece mevcut alanın etkin bir şekilde kullanımı, iş gücünün ve malzemenin en az dolaşımını sağlayacak bir sistem kurulmaya çalışılır.

Genel iş akışı konusunda karara varıldıktan sonra makinaların ve iş istasyonlarının yerleri belirlenir. Yerleştirmede her üretim tipinin kendine has özellikleri vardır. Üretim işlemlerinin sürekli veya kesikli olması, üretim teknikleri, üretim tipi, üretim zincirinin yapısı ve mamul çeşidi makina yerleştirmede etkili faktörlerdir. Bunların etkilerinin belirli olması durumunda bile makina yerleştirmede belirli formül ve yöntemlerin uygulanması çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Her problemin kendi özelliklerine göre, genellikle mantığa dayanan prensiplere uyularak en uygun yerleştirme düzeni bulunmaya çalışılır. Bu konuda yapılan araştırmalarda en iyi yol "Deneme - Yanılma" metodudur. Bu yolla alternatiflerden birçoğunun olumsuzluklarına göre elenmesi sonucu en uygun yerleştirme tipi daha kolay elde edilir.

3.2. MAKİNA YERLEŞTİRME TİPLERİ

Malzemenin mamule dönüştürülmesinde üç olay gözlenir. Bunlar:

1) Malzemenini biçimini değiştirme: Biçim verme veya üretme.
2) Malzemenin karakteristiklerini değiştirme: İşlem görme, işlem yapma.
3) Malzemeleri, parçaları birleştirme: Montaj yapma.

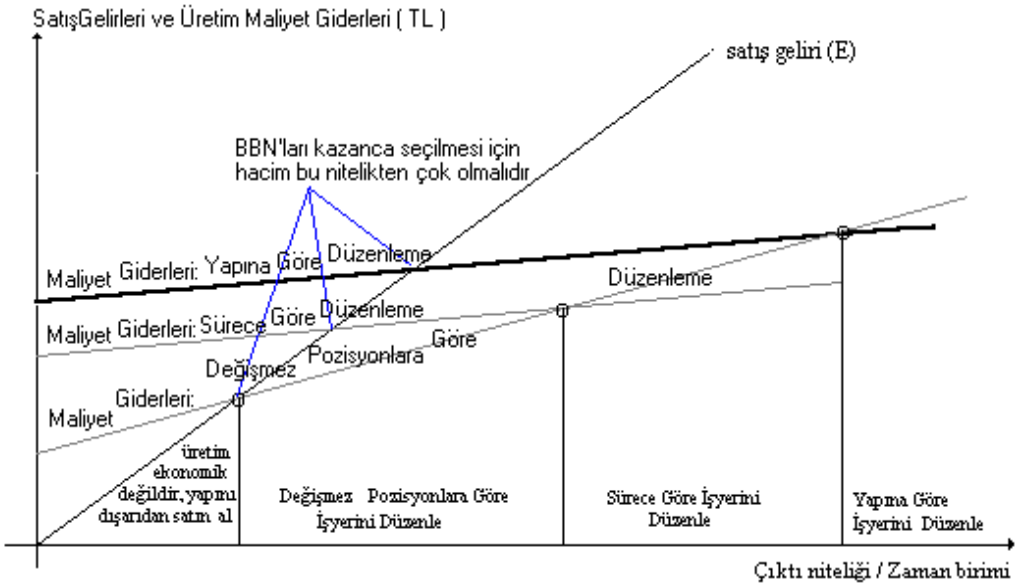
Uygulamada beş yerleştirme tipi sözkonusudur.

1) Prosese göre yerleştirme (Process Layout).
2) Mamule göre yerleştirme (Product Layout.
3) Sabit pozisyonlu mamule göre yerleştirme (Project Layout).
4) Hücresel yerleştirme.
5) Hibrit yerleştirme.

Bazı kaynaklarda petrol rafinerileri, kimya endüstrisi, yem, un ve çimento gibi sıvı veya akıcı ürünlerin üretimi gibi sistemlerde kullanılan birbirine doğrudan bağlı bir dizi faaliyet ve işlemin yürütülmesiyle hammadde ve malzeme girdilerinden mamul elde edilmesini sağlayacak biçimde oluşturulan yerleşim düzeni "sürekli üretime göre yerleşim" adıyla dördüncü bir yerleştirme tipi olarak ele alınmaktadır. Bununla birlikte, sürekli üretime göre yerleştirme mamule göre yerleştirme içerisinde düşünülebilir.

Her sistem, kendine özgü özellikleri ve çıktı oranı ile mamul hattı genişliğine bağlı olan bir üretim biçimine sahiptir. Her ne kadar her sistem, belirli bir üretim tipi ile bağlantılı ise de hiçbiri tek başına temsil edemez. Uygulamada genellikle ilk iki tipin, zaman zaman üç tipin uygun oranlarda karışımından oluşan sistemlerin planlanması gerekir. Uygun oranların belirlenmesinde taşıma maliyetleri, verimlilik, stoklar ve kontrol kolaylığı gibi kriterlerden yararlanılır. Bu nedenle yerleştirme tiplerinin yararlı ve sakıncalı yanlarının dengelenmesine çalışılır.

İşletmenin bünyesine hangi tip yerleştirmenin uygun olacağı fabrikada üreilecek mamule ve üretimin biçimine bağlıdır. Burada önemli olan üretim faaliyetlerinin ekonomik olmasının sağlanmasıdır. Hangi tip yerleştirmenin ekonomik olabileceği başabaş noktası analizleri ile gösterilebilir. Şekil 3.1'de değişik çıktı düzeylerindeki aynı mamul için mevcut yerleşim sistemlerinin ekonomik yararlarını gösteren analiz gösterilmiştir.



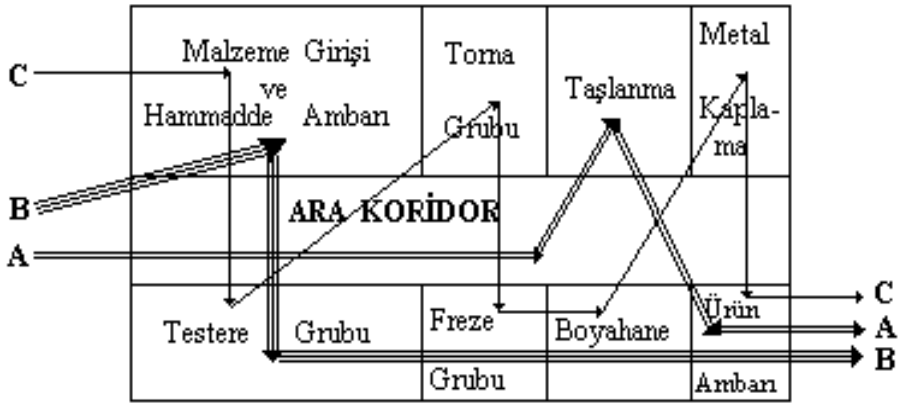
Şekil 3.1. Yerleştirme tiplerinin başabaş noktası analizi ile karşılaştırılması

3.2.1. Prosese Göre Yerleştirme

Fonksiyonel yerleştirme tipi olarak da adlandırılan prosese göre yerleştirme tipinde aynı işlemleri yapan makinalar aynı ünitede toplanmaktadır. Fonksiyonel uzmanlaşma sağlayan bu tip yerleştirme, genel olarak, daha az makina ile çeşitlendirme, yenilik ve denetim kolaylığı sağlayan esnek bir yerleştirme sistemidir. Örneğin, tornalama, frezeleme, sac bükme, delme, taşlama, pres, boya, ambalajlama ve benzeri işlemleri yapan makinalar ayrı birer bölüme yerleştirilir. Sipariş üretiminde tercih edilen bir yerleştirme tipidir. Arızaların veya malzeme ve işçi yetersizliklerinin üretimi aksatmaması, üretim programlarında ve kapasitedeki değişikliklerin kolay ve düşük maliyetlerle gerçekleştirilebilmesi bu tip yerleştirmenin üstünlükleri arasındadır.

Proses göre yerleştirme çeşit sayısı fazla, miktarı az olan üretim durumunda yapılır. Mamul standart olmadığı zaman prosese göre yerleştirme daha çok esneklik kazandırdığından, mamule göre yerleştirmeye oranla daha uygundur.

Prosese göre yerleştirmeye biçim verme ve işlem için normal makina üretimi, parçalı tekstil ve giyim endüstrisi çalışmaları, montaj için değişik kaynak konstrüksiyonları, lehim ve perçin işlemleri örnek olarak verilebilir. Şekil 3.2'de bu tür düzenlemeye ilişkin bir çizim gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Prosese göre düzenleme örneği

3.2.1.1. Prosese Göre Yerleştirmenin Uygulanma Durumları

- Bir kaç tip ve tarzda veya özel siparişe göre yapılan mamuller.
- Her birimin oldukça uzun bir süre için düşük hacimde üretilmesi durumunda.
- Yeterli sayıda zaman ve hareket etüdü yapmanın güç olması durumunda.
- İşçi ve makinalar arasında denge sağlamanın güç olması durumunda.
- Ardışık işlemler sırasında çok sayıda muayene gerekiyorsa.
- Malzemeler ve mamullerin çok büyük ve ağır olması durumunda partiler halinde veya sürekli olarak taşınmasının güçlüğü halinde.
- Sık sık iki veya daha çok işlem için aynı makina veya iş istasyonu kullanılma zorunluluğu doğuyorsa.
- Mamul için küçük veya kesikli üretim sözkonusu olduğunda.

3.2.1.2. Prosese Göre Yerleştirmenin Yararlı Yanları

- Her bölümde uzmanlaşma yoluyla daha iyi ve daha etkili gözlem ve kontrol yapılabilir.
- Makinalar çok çeşitli işlerde kullanılabildiklerinden, makinalardan verimli bir şekilde yararlanılabilmekte ve makinalar için yapılan yatırım ve iş riski daha azdır.

- Makina ve insan gücü kullanımı esnektir. İş yükleme kolay, tamir ve bakımda üretim aksamaları minimumdur. Donanım veya tezgahlardan birinin bozulması durumunda, işin başka bir tezgaha verilmesiyle üretim aksaması kolayca önlenebilir.
- Geniş üretim olanakları vardır.
- İşçilerin her biri ayrı ayrı daha çok iş çıkarmaya istekli olup, bireysel özendirme, prim ve teşvik uygulanabilir.
- Karmaşık ve hassas işlemlerin çok deneme isteyen durumlarının kontrolu daha iyi yapılır.
- Değişikliklere kolay uyum sağlar. Belirli görevlere işgücü ve makina atanmasında esneklik vardır.
- Makinalar genel amaçlı olduğundan, çok çeşitte mamul üretilebilir. Bu nedenle de yeknesaklığın meydana getirebileceği psikolojik sorunlar olmaz.
- Üretim planlaması basittir.

3.2.1.3. Prosese Göre Yerleştirmenin Sakıncalı Yanları

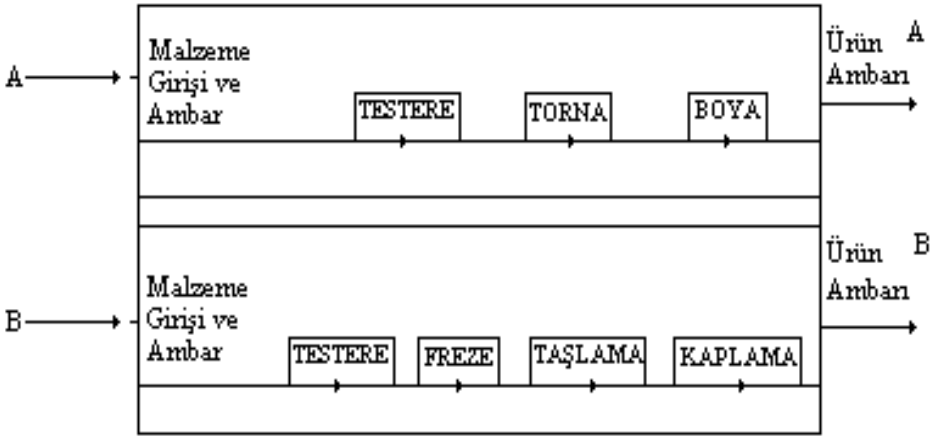
- Taşıma miktarı fazla, yüksek malzeme taşıma maliyeti.
- Yarı mamul stokları fazla, makinalar arasında geniş yarı mamul stok alanı.
- Makina ve işgücünün boş kalma süresi uzundur.
- Üretim kontrolu karmaşıktır.
- Kalifiye eleman kullanma zorunluluğu vardır.
- Tam üretim süresi uzundur.

3.2.2. Ürüne Göre Yerleştirme

İşlem makina - teçhizatının bir mamulün hammadde halinden son şeklini alıncaya kadar izlediği yol üzerinde işlemlerin gerektirdiği sıraya uygun olarak düzenlenmesidir. Her makina, malzeme hareketini en aza indirecek ve alan kullanımını etkinleştirecek şekilde yerleştirilir. Her mamul için genellikle ayrı bir üretim hattı oluşturulur. Sürekli ve hat imalat türlerinde makina düzenleme bu tarza göre yapılır. Bu yerleştirme tipinin en tipik uygulama yeri otomobil endüstrisidir.

Ürüne göre düzenlemede, belirli bir mamulün üretilmesine tahsis olunan özel veya otomatik tezgahlar bir doğru boyunca sıralanır. Hammadde bu doğrunun bir ucundan imal prosesine girer ve birbirini takip eden işlemlerden geçerek mamul haline dönüşür. Proses devamınca her işleme belli bir süre tahsis edilmiş olup, duraklama, stok ve malzeme taşıma süreleri en aza indirilmiştir. Her mamul aynı toplam sürede üretilmektedir. Ürüne göre düzenleme Şekil 3.3'de gösterilmiştir.

Ürüne göre yerleştirme sisteminde taşıma ve beklemeler ve dolayısıyla yarı mamul miktarı azalır, birikme olmaz, işlemler basitleşir, işgören bulma kolaylaşır, alan daha verimli kullanılır, imalat süresi kısalır, kalite kontrol basitleşir ve kolaylaşır, üretim planlaması ve kontrolü daha kolay ve etkin olur.



Şekil 3.3. Ürüne göre yerleştirme

3.2.2.1. Ürüne Göre Yerleştirmenin Uygulanma Durumları

- Tek veya birkaç mamul üretiliyorsa.
- Her birimin oldukça uzun bir süre için geniş hacimde üretilmesi durumunda.
- Çalışma hızını belirlemeye yarayan zaman ve hareket etüdü imkanları varsa.
- İşçi ve makinalar arasında iyi bir denge kurulabilirse.
- Ardışık işlemler sırasında en az sayıda muayene varsa.
- Az sayıda ağır veya özel tertibat gerektiren makinalar varsa.
- Malzeme ve ürünler mekanik araçlarla parti veya sürekli olarak taşınabiliyorsa.
- Hiçbir durumda veya pek az durumda aynı makina veya iş istasyonu bir işlemden fazla kullanılabilirse, ya da gerekli hazırlık zamanı az ise.

3.2.2.2. Ürüne Göre Yerleştirmenin Yararlı Yanları

- İş akışı düzgündür.
- Taşımalar azdır.
- Yarı mamul stokları azdır.
- Toplam üretim süresi kısadır.
- Üretim planlama basittir.
- Gözlem ve kontrol kolaydır.

- Kalifiye olmayan işi kullanılabilir, eğitim ve adaptasyon kolaydır.
- Grup teşvik ve prim sistemi uygulanabilir.
- Alan kullanımı alt düzeydedir.
- Hazırlık ve işlem süreleri kısadır.

3.2.2.3. Ürüne Göre Yerleştirmenin Sakıncalı Yanları

- Esneklik azdır. Mamul tasarımında yapılacak bir değişiklik düzende büyük değişikliklere sebep olur ve uygulanması uzun zaman alır.
- Üretim akış hızı en yavaş makinaya bağlıdır. Bu sebeple makinaların hızı planlı biçimde azaltılır. Dengeleme problemi vardır.
- Küçük bir arıza halinde bile bütün hattın boş durması ihtimali yüksektir.
- Makina veya yarı mamul cinsinden yedek kapasite bulundurma zorunluluğu vardır.Yatırım miktarı yüksektir.
- Kontrol geneldir, her bölüm için uzmanlaşmamıştır.
- Ürüne sürekli bir talebin olması gerekir.
- Çeşitlendirme imkanı zayıftır. işçiler tekdüze iş yapmak zorundadırlar.
- Bakım, üretim saatleri dışında yapılır.

3.2.3. Sabit Pozisyonlu Ürüne Göre Yerleştirme

Mamulün taşınamayacak kadar ağır veya büyük olması halinde makinalar mamulün yanına taşınır ya da çevresinde uygun yerlere yerleştirilir. Genel olarak, bina ve benzeri yapılarla gemi ve uçak, lokomotif gibi büyük boyutlu mamullerin imalinde izlenen yerleştirme tarzıdır. Bunların dışında, mamullerin boyutsal özellikleri farklı olmakla birikte, biçim verme işlem için ayakkabı yapımı ve heykelcilik bu yerleştirme kapsamında düşünülebilir.

3.2.3.1. Sabit Pozisyonlu Ürüne Göre Yerleştirmenin Uygulanma Durumları

- Biçim verme ve işlem, yalnızca basit el aletlerine ve basit makinalara gerek gösterdiğinde.
- Bir mamulden yalnızca bir veya bir kaç adet yapılacağı zaman.
- Ana malzeme parçasını hareket ettirmenin maliyeti yüksek ise.

3.2.3.2. Sabit Pozisyonlu Ürüne Göre Yerleştirmenin Yararlı Yanları

- Malzeme hareketleri minimumdur.
- Ekip çalışması yapıldığından iş dağıtımı, gözlem ve kontrol kolaydır.

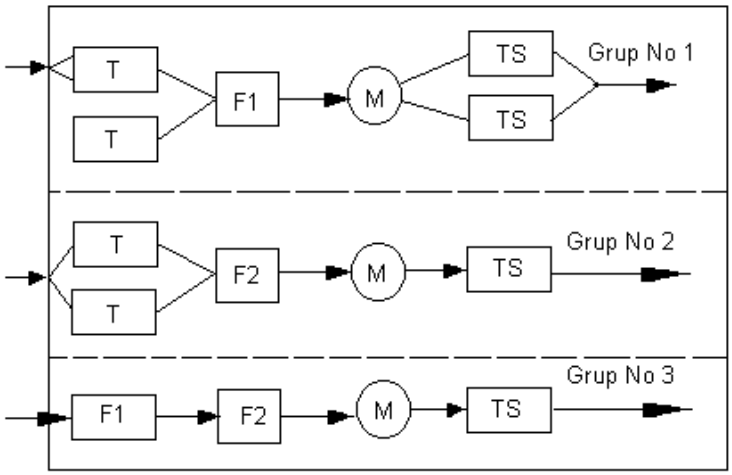
- Ekipler çoğunlukla bağımsız çalıştıklarından toplam üretim süresini kısaltacak tedbirler almak mümkündür.
- Esnektir. Mamul projesi, mamul türü ve üretim kapasitesinde değişiklik yapmak kolaydır.
- Düzenleme yatırımı minimumdur.

3.2.3.3. Sabit Pozisyonlu Ürüne Göre Yerleştirmenin Sakıncalı Yanları

- Makina - teçhizatın mamulün bulunduğu yere taşınması güç ve pahalı olabilir.
- Makina ve teçhizattan yararlanma oranı düşüktür.
- Kalifiye işçiye ihtiyaç vardır.
- Makina - teçhizatın yerleştirilmesi pahalı olabilir.

3.2.4. Hücresel Düzenleme ve Grup Teknolojisi

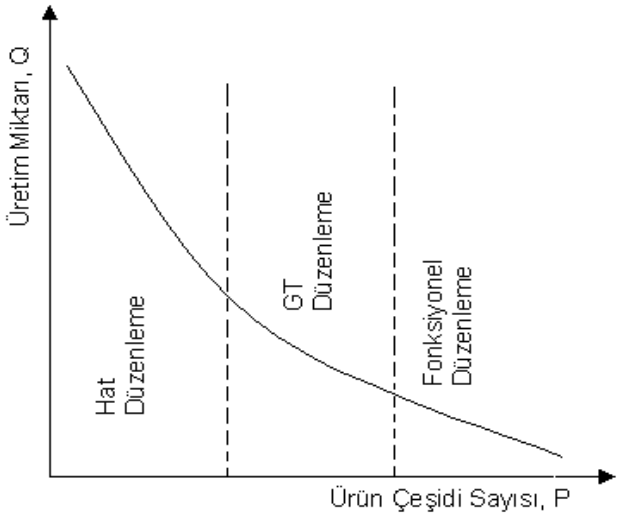
Grup teknolojisi (GT), mevcut bir sistemi alt sistemlere bölerek parçaları benzer geometrik veya işlem özelliklerine göre aileler halinde sınıflandırır, sonra da bu ailelere uygun olarak seçilen makina gruplarında üretim gerçekleştirilir. Makina gruplarının oluşturulmasında bir parça ailesinin tamamen işlenebilmesine dikkat edilir. Grup düzenleme ile elde edilen hücrelerdeki tesis ve birimler hücre içine giren bütün parçaları kendi kendine yeter bir seviyede üretmek üzere organize edilmiştir. Böyle bir yaklaşım küçük bir sistemin etkin ve denetlenebilir olma özelliği yanında büyük sistemi yansıtma özelliğini de taşır. Böylece, tüm sistemin karmaşık yapısı yerine oluşturulan küçük sistemlerin problemleri ile uğraşılır. Şekil 3.4'de hücresel düzenleme ve iş akışı gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Hücresel düzenleme ve iş akışı

GT, büyük ve orta büyüklükte parti tipi üretim yapan üretim sistemlerindeki verimlilik ve etkinlik sorununa, en çok kabul edilen çözümlerden birini sunan bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Ana amacı, mevcut bir sistem içinde benzer üretim işlem özelliklerine sahip, parça ailesi ve makina gruplarını veya hücrelerini belrilemek, bu hücrelere uygun bir yerleşim düzenlemesi ile parça ailelerini işleyerek, iş parçası akışlarını basitleştirmektir. Böylece, üretimdeki hazırlık süreleri, proses içi stoklar ve akış süreleri gibi performans ölçülerini iyileştirmek mümkün olmaktadır.

Q/P (Q: ürünlerin üretim miktarı, P: ürün çeşitlerinin sayısı) oranının büyük olması halinde akış tipi üretim sistemi, küçük olması halinde iseatelye tipi üretim sistemi uygulanmaktadır. Akış tipi üretimde hat düzenleme, atelye tipi üretimde ise fonksiyonel düzenleme sözkonusudur. GT veya hücresel düzenleme, bu iki yerleştirme düzeni arasında, orta büyüklükteki Q/P oranlarında uygulanmaktadır. Şekil 3.5'de Q/P diyagramı gsöterilmiştir.



Şekil 3.5. P – Q diyagramı

3.2.4.1. Hücresel Düzenlemenin Yararlı Yanları

GT'de esas amaç, tesis içindeki malzeme akış sisteminin basitleştirilmesidir. Basit iş akışı ile makina önündeki iş parçası bekleme zamanları kısaltılarak veya ortadan kaldırılarak proses içi stok maliyetlerinin düşmesi ve daha kısa üretim temin sürelerine ulaşılması sağlanmaktadır. Ayrıca, GT, hazırlık sürelerini de kısaltmakta ya da ortadan kaldırmaktadır. Çünkü, hücre içindeki makinalar ve tertibatlar bu hücrede üretilecek bir parça ailesi, bir tip parçadan diğerine çok hızlı geçilecek şekilde yeniden tasarlanabilmektedir. Böylece küçük partilerle üretim mümkün olabilmektedir.

Üretimde kullanılan GT'nin sağladığı avantajlar şöyle sıralanabilir:

1) Malzeme stoğunda azalma.
2) Daha az ıskarta ve yükske kalite.
3) Daha fazla özendirici çalışma çevresi.
4) Çalışma yerindeki depolama alanlarının azaltılması veya ortadan kaldırılması.

5) Gelişmiş çizelgeleme.
6) Daha fazla esneklik.
7) Parti büyüklüklerinin azaltılması.
8) Baştan başa yerleştirme zamanının azaltılması.
9) Etkin makina kullanımı.
10) Makina hazırlık sürelerinde azalma.
11) İş akışında düzelme.
12) İş akış sürelerinde azalma.
13) Malzeme taşıma maliyetlerinde azalma.
14) Üretim planlama ve kontrolünün basitleşmesi.
15) Takım – tertibat yatırımının azalması.
16) Sorunlulukların birleşmesi.
17) Kalite artışı.

Hücrede çalışan her işgören kendi alanını çok etkin bir şekilde yönetebilir. Faaliyetlerini planlayabilir. Proseslerini kontrol edebilir. Problemlerini tartışabilir ve çözümlerini bulabilir, hücredeki farklı teçhizatı işleterek işinde çeşitliliğe sahip olabilir. Işteki çeşitlilik monotonluğu önleyeceğinden işçilerin işten tatmin olması ve işçi verimliliğinin artması mümkün olur. Işgörenler hücre içinde başlangıcından sonuna kadar tüm üretim prosesine katılırlar ve yaptıkları işin tamamlanışını izleme şansına sahip olurlar. Bu durum, çalışanları teşvik eder. Hücrede karar verme ve yönetim yetkisi çalışan ekibe aittir. Işin başarısında ekip birlikte sorumludur.

Buna göre, GT veya onun alt seti olarak kabul edilen hücresel düzenleme uygulaması ile işgörenin hoşnutsuzluğu ortadan kalkar, ürüne yönelik uzmanlaşma ve buna bağlı olarak üretim kapasitesi artar. Malzeme akış zamanları, işçilik maliyetleri ve stoklardaki yatırım azalır, iş akışı basitleşir, kuyruklar azalır veya ortadan kalkar , hazırlık süreleri kısalır.

GT, ürün kalitesinin iyileştirilmesi, hataların azaltılması veya ortadan kaldırılmasını sağlar. Küçük parti üretiminin hücre düzeninde bir işgören, bir parçayı doğrudan diğer işgörenden alabilir, böylece eğer parça, hatalı ise işlem neyin yanlış gittiğini anlamak için durdurulur. Geri besleme yapılarak hatasız ürün elde edilir.

3.2.4.2. Hücresel Düzenlemenin Sakıncalı Yanları

Bir çok avantına rağmen, grup teknolojisinin bazı sakıncaları da vardır. Grup teknolojisinin sakıncaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Hücrelere ayrıma için uygun bir tekniğin seçilmesi ile uygulanması için detaylı yapılması gereken analizler.
- Hücrelere ayrıma sonucu fazladan makina ihtiyaçlarının ortaya çıkması.
- Gerekli makinaların yeniden düzenlenmesinin maliyeti.

3.2.4.3. Gruplama Teknikleri

GT problemlerini çözmek için kullanılan iki temel metot vardır;

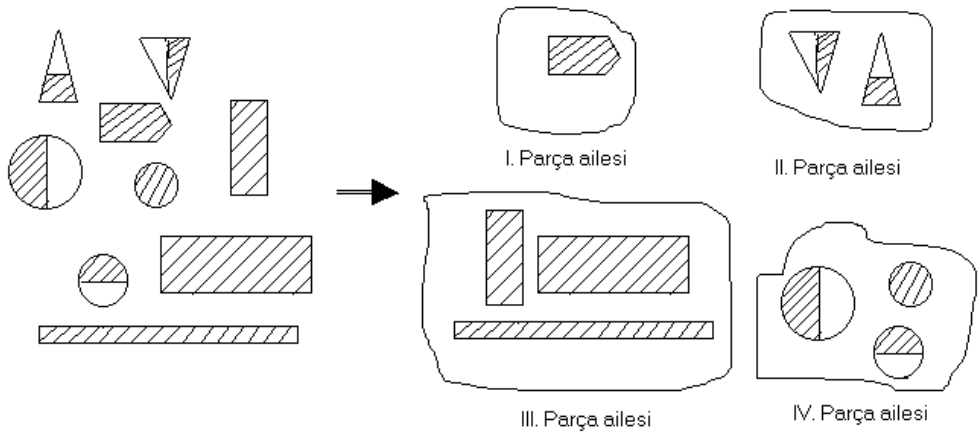
1) Sınıflandırma
2) Üretim akış analizi.

Sınıflandırma metodu parçaları, parça ailelerindeki benzer tasarım özelliklerine bağlı olarak gruplamak için kullanılır. Sınıflandırma metodu iki değişik yolla yapılır:

a) Görsel metot.
b) Kodlama metodu.

Görsel Metot: Görsel metot, Şekil 3.6'de gösterildiği gibi parçalar geometrik şekillerindeki benzerliklerine göre gruplandırılan bir yarı sistematik işlemdir.

Şekil 3.6'deki 10 parça 4 parça ailesinde toplanmıştır. Görsel metodu kullanarak gruplama yapma işi kişisel yeteneklere bağlıdır. Bundan dolayı bu metot, parça sayısının sınırlı olduğu durumlarda uygulanabilir.



Şekil 3.6. Parça aileleri

Kodlama Metodu : Kodlama metodunda parçalar aşağıdaki temel özelliklerine göre sınıflandırılır :

1) Geometrik şekil ve karmaşıklığa göre,
2) Boyutlarına göre,
3) Malzeme tipine göre,
4) Hammaddelerin biçimlerine göre.

Bu kodlama sistemi kullanılarak her parçaya bir sayısal veya alfasayısal değer atanır. Atanan bu kodun her dijiti parçanın bir özelliğini temsil eder.

Görsel metodun, parça sayısının çok sınırlı olduğu durumlardaki kullanılabilirliği kodlama metodunun önemini artırmıştır. Grup teknolojisi problemini modellemek için üç değişik kümelendirme tekniği kullanılır;

a) Matris esaslı kümelendirme tekniği.
b) Matematiksel programlama tekniği.
c) Grafik formülasyonu.

Matris formülasyonunda bir makina – parça ilk matrisi oluşturulur. Makina – parça başlangıç matrisi $\lfloor a_{ij} \rfloor$ 1 ve 0 rakamlarından oluşur. Burada 1, i makinasında j parçasının işlendiğini, 0 ise işlenmediğini göstermektedir. Oluşturulan başlangıç makina – parça matrisinde makina ve parça grupları görülemez. Kümelendirme algoritmaları ilk matrisin birden fazla yapılı (çapraz bloklu yapıya) şekle dönüştürülmesine müsaade eder. Matris esaslı kümelendirmenin de değişik algoritmaları (derece surası kümelendirme, doğrudan kümelendirme, bağ enerji algoritması) vardır. Matris esaslı algoritmalar içinde derece sırası kümelendirme en çok kullanılanıdır.

Matematik programlama teknikleri de (doğrusal programlama, sıfır – tamsayılı programlama, dinamik programlama, vb. Gibi), üretim hücrelerinin tasarımında kullanılmaktadır. Bu metotlar minimum toplam maliyet, optimum akış süresi veya maksimum bağ kuvveti gibi amaç fonksiyonları sağlamak için formüle edilirler. Matematik programlama teknikleri optimum çözümü bulurken rota bilgilerini veya işlem sınırlarını kullanırlar.

Grafik teorisi yaklaşımları, şebeke ve grafik teorilerini kullanarak hücrelerinin analizinin yapılması temeline dayanır. Bugüne kadar kümelendirme teknikleri üzerine yapılmış çalışmalara rağmen hala çözümlenmemiş problemleri mevcuttur.

Üretim Akış Analizi: Üretim akış analizi (ÜAA) esas olarak, parçaların üretimi için kullanılan yöntemlere, yani işlem benzerliklerine dayanır. Hücre oluşturmada başlangıç verisi olarak hangi parçaların hangi makinaları kullandığını gösteren bir makina – parça matrisi kullanılır. Burada esas sorun, bir matristen öyle bir parça ve makina hücreleri elde bulunmalı ki, hücre içindeki her parça mümkün olduğunca bir makina hücresinde işlenebilmesidir. Hücrelemede bu sorunun da çözümlenmesine çalışılır. Böyle bir analizde n satır sayısı ve m sütun sayısı olmak üzere n! x m! kadar permutasyon vardır. Bu yöntemde, oldukça küçük sayıda parça ve makinalarda bile makina – parça matrisini incelemek için aşırı sayıda permutasyon bulunur. Bu nedenle, iki teknik yaygınca kullanılır: Benzerlik katsayısına dayalı kümelendirme yöntemi ve derece sırası algoritması

Genellikle grup teknolojisi düzen planlama, çözülmesi gereken üç tür problemi içerir:

1) Makina gruplarını oluşturma (GT hücreleri).
2) Belirlenen makina gruplarının düzenlenmesi problemi.
3) Her makina grubu için bireysel makinaların düzenlenmesi problemi.

Bu üç problemi de içine alan bir matematiksel düzenleme modeli henüz geliştirilmiş değildir. Grup teknolojisi düzenleme problemlerinin bu üçü arasında, makina gruplarını oluşturma problemi, araştırmacıların çoğu tarafından en önemli problem olarak ele alınır. Her makina grubu içindeki makinaların düzenlenmesinde,

a) Düz hat

b) Dikdörtgen
c) Kare

şeklinde düzenlemenin yapılabileceği kabul edilir. Ancak, düzenleme işleminde kümelendirme ve makinaların yerleştirilmesindeki uygunluğun ölçüsü, taşıma maliyetini minimize eden hücre içi ve hücreler arası malzeme hareketlerinin azaltılmaısıdır. Varsayılan düzenleme şekillerinden seçimde amlzemelerin katettiği mesafe temel kiter alınabilir. Çünkü, yapılan taşıma işlemlerinin üretilen ürün üzerine hiç bir değer artırıcı etkisi yoktur.

GT'de parçaları parça ailelerine, makinaları makina hücrelerine gruplamanın sonuçları;

a) Fiziksel makina düzenleme ya da
b) Mantıksal makina düzenlemeye yol gösterir.

Mantıksal makina düzenleme ürün içeriklerinin sık sık değiştiği durumlarda kullanılır. Makinalar mantıksal hücrelerde gruplandırılır, makinaların yerleri değiştirilmez. Fiziksle düzenlemede makinaların yerleri değiştirilerek makina hücrelerine taşınır.

3.2.5. Hibrit Düzenleme

İşletmelerin hepsi tek bir düzenleme tipini benimsemeyebileceği gibi, her üretim için tek tip düzenleme yeterli bulunmayabilir. Çünkü, bir işletme ürün hatlarının ve hazimlerinin artışıyla genişler ve tartışılan düzenleme tipinin hiç birisi tek başına işletmenin ihtiyacını karşılayamayabilir. Ürtilen ürünlerden bazılarının ürüne göre düzenlemeyi gerektirdiği ve bazı ürünlerin sabit pozisyonlu bir düzenlemeyi gerktirdiği durumla karşılaşılabilinir. Bu nedenle, işletmelerin büyük bir kısmında genelde düzenleme tiplerinin bir kombinasyonunu kullanma ihtiyacı ortaya çıkar. Bu şekilde ortaya çıkan hibrit ya da karışık düzenlemede, kullanılan düzenleme tiplerinin özelliklerini görmek mümkündür.

Hibrit düzenleme hücresel düzenlemede de uygulanabilir. Örneğin, bir ailedeki parçalar birbirine komşu olarak yerleştirilen hücreleri ziyaret edebilir. Böyle bir durumda, hücrelerin bir parça ailesini bütünüyle üretecek şekilde tasarlanmasına gerek kalmaz. Makinaların arızalanması durumunda ya da talep veya parça karışımındaki bir değişiklik halinde parça – makina dağılımları, hücre bileşimlerini değiştirmeden değiştirilebilir. Hücrelerin doğrusal düzenlenmesi, komşu hücreler arasındaki akışları ya da her akış hattı içindeki parçaları hareket ettirmek için ekipmanları taşımaya izin verilir. Böylece hücresel ve fonksiyonel düzenlemeyi kapsayan bir hibrit düzenleme ortaya çıkar.

Orman ürünleri endüstrisinde mobilya üretim sistemmerli de hibrit düzenleme için örnek teşkil eder. Mobilya üretiminde genellikle levha ürünleri ile ilgili işlemler ürüne göre düzenleme ile gerçekleştirilirken, masif üretim prosese göre düzenlenmektedir. Böylece, levha ürünlerinin üretiminde akış tipi üretimin avantajlarından yararlanılırken, masif üretimde çeşitliliğin sağlanması da mümkün olmaktadır.

3.3. YERLEŞTİRME TİPLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yerleştirme tiplerinin başlıca üstünlüklerinin önceden bilinmesinde yarar vardır. Biçim vermede ve işlemde makinalar en önemli rolü oynarlar. Bu durumda makinalar kolayca hareket ettirilemediklerinden, makinalara taşıma sözkonusudur. Ancak, yapılacak parça sayısı az, makinalar basit takımlardan oluşmuş ise ve nitelikli işgücü kullanılıyorsa, bu durumda, biçim verme ve işlem için sabit pozisyona göre yerleştirme tipi kullanılır. Buna göre, biçim verme ve işlem için prosese göre yerleştirme ile mamule göre yerleştirmenin üstünlüklerini karşılaştırmak gerekir.

3.3.1. Biçim Verme ve İşlem İçin Prosese Göre Yerleştirmenin Üstünlükleri

- Makinanın daha iyi kullanılması ile daha değişik makina yatırımı yapılır.
- Değişik türden mamuller için işlemlerin sırasında değişiklikler yapılabilir.
- Kesikli taleplere, değişen üretim çizelgelerine uyarlanabilir.
- Çalışanların herbirinin performanslarını yükseltmeleri için teşvik edicidir.
- Aşağıdaki durumlarda üretimin sürekliliğini korumak kolaydır:
  - Makina veya donanım arızalandığında,
  - Malzemeler eksik olduğunda,
  - İşçiler eksik olduğunda.

3.3.2. Biçim Verme ve İşlem İçin Ürüne Göre Yerleştirmenin Üstünlükleri

- Malzeme taşımanın azaltılması.
- İşlem gören malzeme miktarının azalması nedeniyle üretim süresinin kısalması.
- İşgücünden daha etkin yararlanma:
  - İşte daha çok uzmanlaşma yoluyla,
  - Eğitim kolaylığı yoluyla,
  - Daha çok işgücü arzı yoluyla.
- Daha kolay denetim:
  - Daha az kırtasiye,
  - Daha kolay gözetim,
  - Daha az bölümler arası sorunlar.
- Daha az kalabalık ve mekansal hacim.

Diğer yandan, montaj işinde makinalar, el aletlerinden ve hareketli donanımdan oluştuğundan makinaların işe doğru hareket ettirilmeleri daha kolaydır. Buna göre montaj işinde çoğunlukla ya sabit pozisyonlu mamule göre veya mamule göre yerleşim kullanılır.

3.3.3. Montaj İçin Sabit Pozisyonlu Ürüne Göre Yerleştirmenin Üstünlükleri

- Montaj noktasına çok sayıda parça taşınması nedeniyle ana montaj parçalarının taşınmasının azaltılması.
- Yüksek nitelikli işçilerin işlerini bir noktada bitirmelerini sağlar ve kalite sorumluluğunu bir işçi veya bir montaj grubu üzerine yükler.
- Mamullerde veya mamul tasarımında ve işlemlerin sırasında sık değişikliklere izin verir.
- Değişik tür mamule ve kesikli talebe izin verir.
- Daha fazla esnektir. Çok iyi organize edilmiş veya pahalı tesis planlama çalışmaları, üretim panlama veya işin sürekliliğinin kesilmesinde tedarik planlamaya gerek kalmaz.

3.3.4. Montaj İçin Ürüne Göre Yerleştirmenin Üstünlükleri

- Parçaların montaj noktasına daha az taşınması ve montaj bölgesi civarında daha az kalabalık ve daha az mekansal boşluk.
- Daha ucuz işgücü:
  - İşte daha çok uzmanlaşması yoluyla,
  - Eğitim kolaylığı yoluyla,
  - Daha çok işgücü arzı yoluyla.
- İşlem gören malzemenin miktarının azalması nedeniyle üretim süresinin kısalması ve malzeme yatırımlarının düşmesi.
- İşyeri düzenleme planlandığında ve denetimler organize edildiğinde daha kolay gözetim.
- Özelleştirilmiş montaj donanımının hareketinin azaltılması.

Bu klasik yerleştirme tipleri yerleşim üzerinde etkili olan faktörleri gösterirler. Bu nedenle yerleştirme uzmanları için referans niteliği taşırlar. Ancak endüstrideki uygulamalarda bunları çoğu kez burada açıklanan nitelikleri içinde bulmak mümkün olmaz. Çoğu kez bu yerleşim tiplerinin bir bileşimi sözkonusu olur. Herbirinin üstünlükleri öylesine birleştirilip ön plana çıkarılır ki, sonuçta tek bir yerleşim türünden daha etkili ve daha yararlı bir sonuç elde edilir.

3.4. MAKİNA DÜZENLEME MODELLERİ

Bir bina içindeki akış modelleri her zaman aşağıdaki üç parametreye bağlıdır.

- Kullanılabilir taban alanı,
- Taban alanı boyutları,
- Makina veya iş istasyonu için gerekli alan.

Makina için gerekli alan makinanın kapladığı alanla sınırlıdır.

İş istasyonlarının, operatör, gelen malzeme, işlenmekte olan malzeme, işlenmiş malzeme, takımlar, kalıplar, makina ve işlem hazırlığı için gerekli alanı ve iş istasyonunda yapılacak bakım için gerekli alanı içermesi gerekir.

Makinalar dört genel model içinde düzenlenebilir:

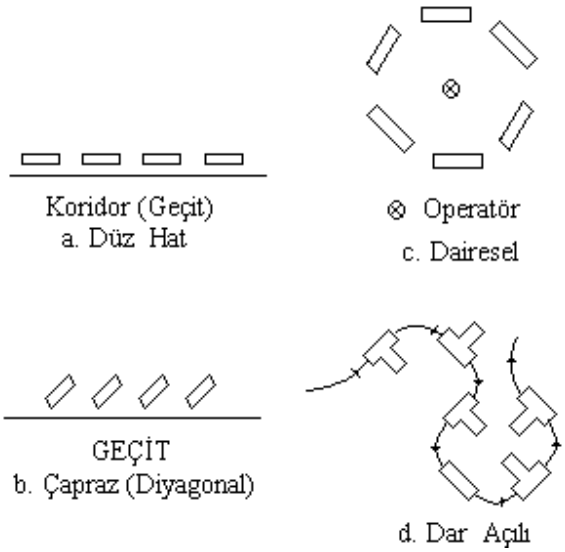
1) Düz hat,
2) Çapraz (Diyagonal),
3) Dairesel,
4) Dar açılı.

Düz hat şeklindeki makina düzenleme modelinde makinanın ana ekseni, yandaki geçitin ana ekseni ile bitişiktir. Makinaların düz hat şeklinde düzenlenmesinde normal yöntemde iki sıra makina arasında bir geçit veya koridor vardır. Makinalar veya tezgahlar birbirine paralel olarak sıralanmıştır. Operatör bu tip düzenlemede ya arkası dönük veya önü dönük olarak çalışır. Makinalar arasındaki toplam geçit sayısı, gerekli makina çeşit sayısının yarısı kadar olacaktır.

Çapraz veya diyagonal yerleştirmede makinaların merkez hatları belirli bir açı teşkil edecek şekilde yerleştirilir. Çapraz düzenlemenin bir avantajı, malzemenin tezgahın bir tarafından gelip diğer tarafından çıkmasıdır. Bu şeklide işlenen malzemenin tezgahın öteki tarafından çıkması, malzeme taşıma sistemlerinin daha dar geçitlerde kullanılması, dönüşler için az yerden yararlanma imkanını sağlayacaktır. Böylece malzeme taşıma sistemlerinin dik açı yönünde yük almak veya bırakmak için dönüş yapmalarına gerek kalmaz. Çapraz düzenleme modelinin düz hat düzenleme modeline göre bir avantajı da belirli bir yere yerleştirilecek makina sayısının artırılmasına imkan sağlamasıdır. Makinaları çapraz düzenlenmesinde geçit boyunca daha fazla sayıda makina yerleştirilebilmektedir. Bu durum belirli sayıdaki makina için geçit sayısın azaltır. Böylece, geçitler için ayrılacak alanlar azalacağından, makinalara ayrılabilecek alan oranı artacaktır.

Dairesel makina yerleştirme modelinin avantajı, bir operatörün birden fazla makinayı kullanabilme imkanı yaratmasıdır. Bu düzenlemede, makinalar dairesel bir çevre etrafında yerleştirilmiştir ve operatör ortada görev yapar. Operatör daire çevresinde dolaşarak, sırası geldikçe veya gerekli olduğu zamanlarda herhangi bir makinayı çalıştırır. Bir operatöre veya ekibe ayrılacak makina sayısı analitik ve simülasyon teknikleri ile belirlenebilir.

Dar açılı makina düzenleme modelinde herhangi bir makina o şekilde yerleştirilmiştir ki, bir önceki makinadan gelen malzeme veya parçayı en uygun şekilde alıp bir sonraki işleme veya makinaya aktarmak mümkündür. Bu tip düzenlemenin avantajlarından bir tanesi, belirli sayıdaki makinalar için minimum bir alanda, en kısa mesafe içinde işlemlerin yapılmasına imkan sağlamasıdır. Bu yerleştirme şeklinde makinalar birbirine yakın yerleştirilebilir ve bunun sonucu olarak ölü alanlardan optimum yarar sağlanır. Dar açılı yerleştirme, makinalar arasında kısa mesafelerin olması ve parçaların bir makinadan diğerine otomatik olarak aktarılabilmesine bağlı olarak bir sonraki makinada yükleme geçiş süresini azaltması ve işlenmekte olan mamul stoklarının en az düzeyde bulunmasını sağlaması yönünden otomasyonun uygulanmasında başarılı sonuçlar verir. Bu düzenleme modelinde personel, malzeme ve ekipman için gerekli geçitlerin bulunması gerekir.



Şekil 3.7. Makina düzenleme modelleri

Düzenleme modellerinde akış düzeyi belirlendikten sonra geçit genişlikleri bu geçitlere yakın yerlerde çalışanlar için tehlikeli olmayacak biçimde düzenlenmelidir. İş güvenliğinin sağlanması yönünden personel için ayrılan geçitlerin, malzeme taşıma için ayrılan geçitlerden farklı olması ve bu farkın ayrı renk şeritleriyle döşemeye işlenmesi ve belirli geçitlerin personele ayrılmış olduğunun belirlenmesi gerekir. Geçitler incelenirken, ana geçitlerin sayısının azaltılması öngörülmelidir. Mevcut alan değerli bir faktördür. Bu alanın geniş geçitlere ayrılması yerine, kar sağlayan işlemlere ayrılması gerekir. Geniş geçitlere ayrılan alanlar, kar sağlayan işlemlerin azalmasına yol açacaktır.

3.5. GENİŞLEME MODELLERİ

Fabrikanın genel yerleşim düzenlemesi yapılırken üretim veya toplam fabrika tesisleri yönünden ileride yapılacak muhtemel bir genişleme için gerekli yerler ayrılmalıdır. Ayrılan alanlar, dikey veya yatay olabilir. Çağdaş endüstrilerde fabrikalar geniş alanlar üzerine kurulmakta ve yatay genişlemeye imkan vermektedir. Bu durumda düzenleme yapılırken

dikey (kat çıkmak) bir çalışma yapmak gereksizdir. Dikey bir genişleme genellikle malzeme taşıma sorunlarını artırmakta ve var olan tesisin büyük ölçüde yeniden düzenlenmesini gerektirmektedir. Yeniden düzenleme ise maliyetleri önemli ölçüde artırmaktadır. Şayet üretim işlemi bu düzenleme ile daha etkin olmayacaksa, bundan kaçınılmalıdır. Düzenleme planı düşünülürken, ilerideki bir genişlemenin en düşük genişleme maliyeti, varolan tesislerin ve ekipmanı az ölçüde yeniden düzenlenmesini ve en az üretim kaybını sağlayacak bir akışa imkan sağlayacak bir biçimde düşünülmesi gerekir. Diğer bir ifade ile; düzenleme planlaması yapılırken, akış o şekilde düşünülmelidir ki ileride fabrika genişlemesi yapılırken, bu en az üretim süresi kaybı, en az oranda bir yerleştirme, en az genişletme masrafı ile yapılabilsin. Tek tek üretim hatları kullanılıyorsa, varolan fabrika veya atelye binası içinde, yeni tesisler için, varolan üretim hatlarına paralel yeni hatların ilerideki bir genişletme için planlanması düşünülebilir bu konuda bir tedbir alınabilir. Prosese göre düzenlenmiş atölyeler ve bölümler o şekilde ayarlanır ki, bir genişletme gerektiği zaman, esas tesisler yerlerinden oynatılmadan genel olarak yatay bir genişleme yapılabilir. Bu tip düzenlemede tüm bölüm veya atölyelerin yerlerinin değiştirilmesinden çok yalnızca bazı bölüm veya atölyelerin yerlerinin değiştirilmesi veya yeniden düzenlenmesi yeterli olur. Düzenleme planlamasında ilk eklenecek birimlerin ve hususların dikkate alınıp, ona göre bir planlama yapılması gereklidir. Başlangıç planlamasında, öngörü, sermaye ayırımı ve karar modelleri kullanılarak, gelecekteki bir genişlemenin zamanı ve içeriği ile ilgili bir karara varılabilir.

Tesis binasının başlangıç tasarımında üretim süreci ve üretim tezgahları yönünden maksimum yükseklikler dikkat etmek gereklidir. Aynı zamanda, gerekli tesisler ve yangın söndürme için gerekli tavan yüksekliklerinin dikkate alınması ve bu faktörler için tolerans tanınması gerekir. Eğer bazı makina ve ekipmanlar özel tavan yükseklikleri gerektiriyorsa, bunlar için özel tedbirler alınmalı ve ayrı bölüm veya kısımlara yerleştirilmelidir. Bu özel durumlar dikkate alınıp çözümlendikten sonra, diğer normal tesis ve tezgahlar için normal tavan yüksekliği olan binalar yapılabilir. Yüksekliği fazla olan makinaların imalat alanı içinde rastgele dağılmış olmaları binanın toplam yapım maliyetinin planlanmış miktardan daha fazla olmasına yol açacaktır. Yüksek kısımlar için otomatik veya özel tip depolama yerlerinin yapımı dikkate alınmalıdır. Güçlü taban (döşeme) veya yüksek kısımlar gerektiren yerler planlama aşamasında toplam maliyet modelleri sistemine göre değerlendirilmelidir.

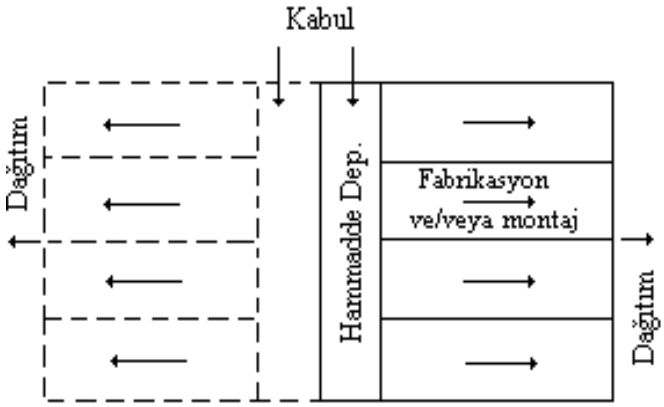
Döşemeye gelen yük bina şeklini etkilediği gibi yapısal sınırlamalara yol açar. Döşemeye gelecek yükler özellikle çok katlı binalarda önemlidir. Bu durum bir üst katın fazla yüklenmesinden dolayı aşağı kata vereceği zarar ve tehlikeli durum açısından önemlidir. Yerleştirme son halini almadan önce tehlikeli olabilecek herhangi bir döşeme yüklenmesinin önüne geçilmelidir. Bununla birlikte, genişleme veya yeniden düzenleme sırasında da ağır tesis ve ekipmanın yerlerinin değiştirilmesi gerektiğinde, taban döşemesinin bu ağır yükü yeterli bir güvenlik derecesinde taşıyıp taşıyamayacağının belirlenmesi gerekir. Prensip olarak ağır ekipman zemin katlara yerleştirilmelidir.

Tüm fabrikada bu gibi ağır tesis ve makinalar için yapısal tadilat yapmak yerine, gerekli yerlerde özel desteklerin ve temel değişikliklerin yapılması daha uygundur. İş akış

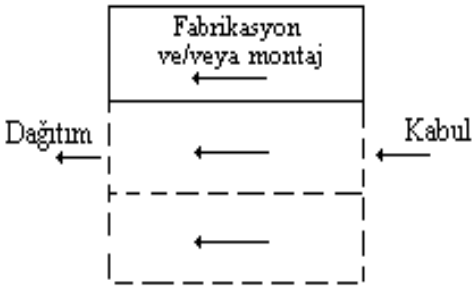
modellerinin tasarımı için toplam süreçler ve süreç içindeki özel alanların koordinasyonu yönünden yeterli ve ayrıntılı bir planlama yapılmalıdır. Seçilen iş akış modeli; malzeme taşıma maliyetini, montaj maliyetini, personel maliyetini belirleyecek ve toplam fabrika sistemi içinde bir eşgüdüm oluşturacaktır. Son analizde bütünleşik fabrika sistemi, malzeme akış modeli ve makinaların yerleştirilmesi ile sağlanan bilgi sistemi ve süreç tasarımını sağlayacak ekipmandan daha iyi olamaz.

Genel olarak bir tesis genişletmenin beş ayrı yolu olduğu söylenebilir. Aşağıda sıralanan bu genişletme modelleri Şekil 3.8 – 3.12'de gösterilmiştir.

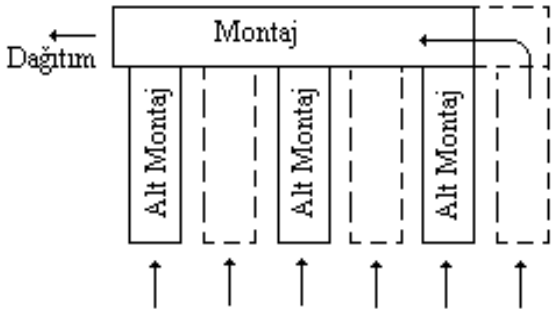
- Simetrik genişleme
- Doğrusal genişleme
- T tipi genişleme
- U tipi genişleme
- C tipi genişleme



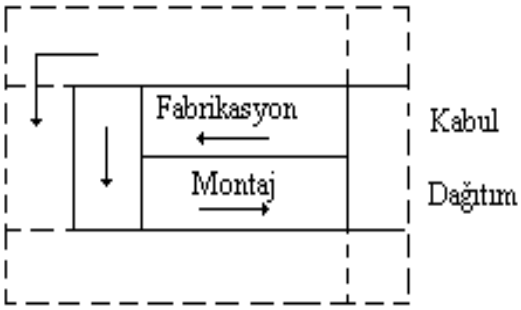
Şekil 3.8. Simetrik genişleme



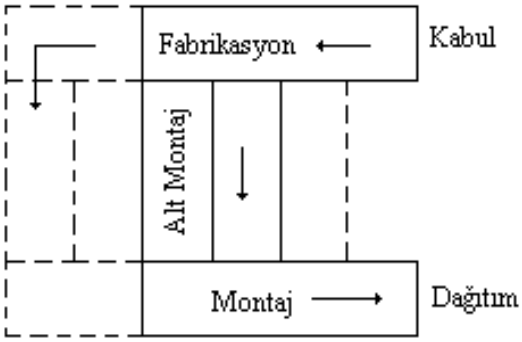
Şekil 3.9. Doğrusal genişleme



Şekil 3.10. T tipi genişleme



Şekil 3.11. U tipi genişleme



Şekil 3.12. C tipi genişleme

4. SİSTEMATİK TESİS DÜZENİ PLANLAMASI

İşyerinin düzenlenmesi, bölümler arası karşılıklı ilişkilerden oluşan bir sistemdir. Bu sistem, girişimin amaçlarına ulaşabilmesi için verimliliği etkileyen önemli faktörler arasındadır. İşyeri düzeninin planlanmasına düzenli ve örgütlenmiş bir yaklaşım Richard Muther tarafından geliştirilmiş ve uygulamada sayısız problemlerin çözümlenmesindeki başarısı, işletmecilerin bu sistemi benimsemesini sağlamıştır. Bu yaklaşım uygulamada üretim, taşıma ve depolama gibi çeşitli sorunlara uygulanabilmektedir. Yaklaşım literatürde "Sistematik İşyeri Düzeni Planlaması" veya "Sistematik Tesis Düzenlemesi" olarak tanımlanmaktadır.

Sistematik düzenlemeden önce, üretim bölümlerinin bir arada mamul bölümü olarak düşünülmesi ve ele alınması gerekmektedir. Üretim bölümlerinin bir araya getirilmesinden sonra, yardımcı bölümler (kalite kontrol, depolama, gönderme, teslim alma, mühendislik, bakım ve onarım) buna eklenir. Ayrıca, muhasebe, satınalma vb. genel hizmet bölümleri de ele alınarak fabrika sistemi oluşturulur.

Sistematik işyeri düzeni planlamasında gerekli ve uygun bilgiler toplandıktan sonra, ilişki diyagramının hazırlanabilmesi için akış analizi eylem (faaliyet) analizi ile birleştirilir. Daha sonra alanlar da diyagramlarla birleştirilerek alan - ilşki diyagramları kurulur. Alan - ilişki diyagramına dayanarak, gerekli değişiklikler yapılıp uygulanabilir kısıtlamalar gözönüne alınarak türlü işyeri düzenleri tasarlanabilir ve değerlendirilebilir.

4.1. ÇAPRAZ VE İLİŞKİ TEKNİĞİ

Fabrika içinde oluşan veya beklenen hareketin veya taşımanın biçimi ve uzaklığı genellikle düzenlemede bir yardımcı araç olarak bir tablo üzerinde özetlenebilir.

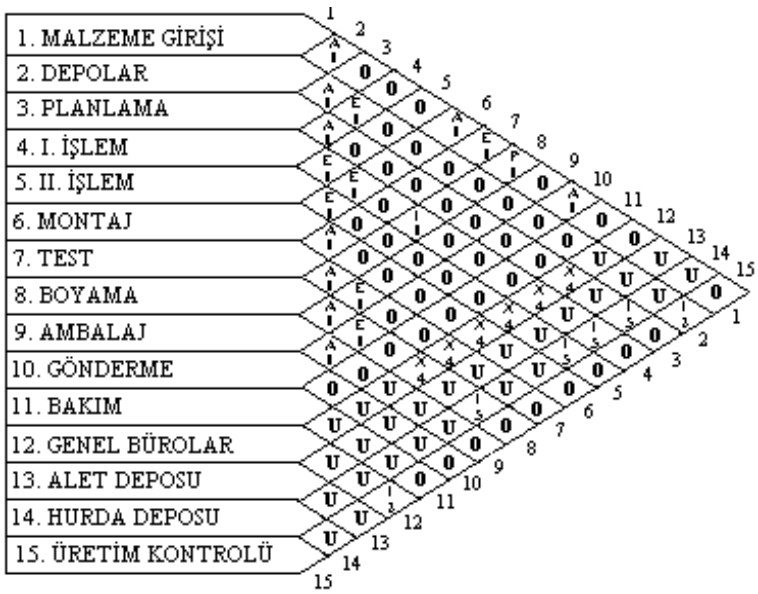
Tablo 4.1’de verilen "Çapraz Tablo", küçük bir tesisteki 10 bölüm arasında meydana gelen malzeme hareketlerinin yönünü ve miktarını göstermektedir. Matristeki sayısal değerler, belirli bir zaman dönemi içinde bir bölümden (i) diğer bölüme (j) taşınan malzeme sayılarını veya ağırlıklarını göstermektedir. Fabrikanın başlangıç düzenlemesinde bu bilgiler, tesisin işletme talimatlarından, iş akış diyagramlarından ve üretim girdileri ihtiyaçlarına ilişkin hesaplamalardan elde edilebilir. Mevcut bir yerleşim düzeninde ise bu bilgi, fabrika içinde cereyan eden faaliyetlerin gerçek durumunun bir örneklemesi yoluyla sağlanabilir.

Çapraz tablodaki satır ve sütun toplamlarının her zaman birbirine eşit olması gerekmez. Bazı malzemelerin işlem sırasında tüketilmesi veya montajı nedeniyle satır toplamları sütun toplamlarından daha az olabilir. Örneğin, bu tabloda, montaja (6. bölüm) üç ayrı bölümden toplam 24 parça gelmesine karşılık, montajdan ayrılan parça sayısı 12'dir. Bu durum, gelen parçaların ikili gruplar halinde birleştirildiğini gösterir.

Tablo 4.1. Çapraz tablo.

Gönderen\Alan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Toplam
1. Malzeme Girişi	\\\	15				12	8	5			40
2. Depolar		\\\	10	5							15
3. Planlama			\\\	10							10
4.I. İşlem				\\\	5	7		3			15
5.II. İşlem					\\\	5					5
6. Montaj						\\\	12				12
7. Test							\\\	12	8		20
8. Boyama								\\\	12	8	20
9. Ambalaj									\\\	20	20
10. Gönderme										\\\	-
Toplam		15	10	15	5	24	20	20	20	28	157

Tablo 4.2. İlişki tablosu



Bu tabloda görülen hareketlerin biçimi, proses temeline göre yerleşimi ifade etmektedir. Tablonun alt bölümünde rakam olmaması, hiçbir malzemenin bölümler arasında geri dönüş yapmadığını gösterir.

Çapraz tablolar, bilginin toplanması ve sunulmasının bir aracıdır. Buradan bölümler arası ilişkiler çıkarılabilir ve bu bilgiler "İlişkiler Tablosu" üzerinde özetlenebilir. Örneğin, Tablo 4.2.'deki ilişkiler tablosu kısmen Tablo 4.1.'deki çapraz tablodan çıkarılmıştır. 1'den 10'a kadar olan bölümler arasında arzulanan ilişkiler, çapraz tabloda verilen malzeme hareketlerini en alt düzeye indirme amacını sağlayacak şekilde düşünülmüştür. 11'den 15'e kadar olan bölümlerin kendi aralarındaki ve diğer bölümlerle ilişkileri daha sonra eklenmiştir.

Tablo 4.3'de ilişkilerin yakınlık dereceleri, Tablo 4.4'de ise nedenleri gösterilmiştir. İlişki tablosunda küçük kutucukların üst kısmına yakınlık derecesi, alt kısmına ise neden yazılır.

Tablo 4.3. İlişki tablosu için yakınlık ölçüsü değerleri

Harf	Değer	Yakınlık derecesi
A	4	Kesinlikle gerekli
E	3	Çok önemli
I	2	Önemli
O	1	Normal - İstenir
U	0	Önemsiz
X	-1	İstenmez

Tablo 4.4. İlişki nedenleri

Gösterim	Neden
1	Malzemelerin hareketi
2	İşgörenlerin hareketi
3	Yerin niteliği
4	Gürültü / Kirlilik
5	Hurda - fire kontrolu

4.2. İŞLEM SIRASI ANALİZİ

İşlem sırası analizinde gerekli veriler, üretim merkezlerinin tüm bölümleri arasında taşınan yüklerin sayısıdır. Bu veriler, rota kartları ve çizimlerinden alınabilir.

Tablo 3.5'de 6 bölümlü bir sistemde üretim bölümlerinin aylık yük sayısı gösterilmiştir. Mümkün bir düzenlemenin sağlanması için, aralarındaki taşımaların çok olduğu bölümlerin birbirine yakın olması gerekir.

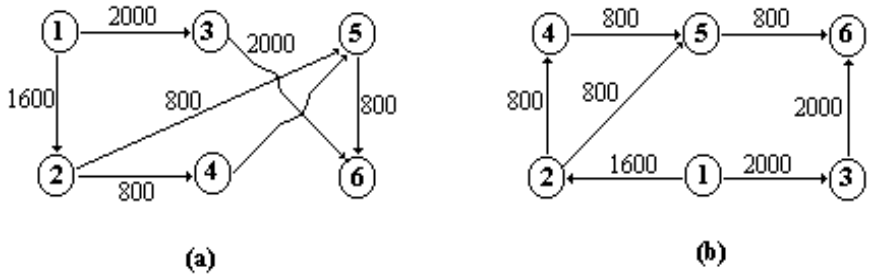
Tablo 4.5'den yararlanılarak Şekil 4.1a'daki ilk yerleşim planlaması tasarlanmıştır. Avantajlı bir değişim bulunduğunda bu düzenleme değiştirilir. Bölümler arasındaki taşımaların azaltılabileceği düşünülerek Şekil 3.1'deki durum elde edilmiştir.

Bu yerleşimin yeterli düzeyde olduğuna kanaat getirildikten sonra, ölçekli bina krokisi üzerinde yine çeşitli kombinasyonlar denenerek gerçek konumlar belirlenir. Şekil 4.2 ilk, 4.3b'de son düzenleme şeklini göstermektedir.

Bu değişimlerde deneme - yanılma yöntemi uygulandığı için düzenlemenin başarısı düzenlemecinin yeterliliğine bağlıdır. Sonuç çoğu zaman minimum maliyeti vermez. Bulunan çözümü biraz daha dikkatli bir çalışma ile çoğu zaman iyileştirmek mümkündür. Diğer taraftan, bina konstrüksiyonu, tesisat bağlantıları, iş emniyeti vb. faktörler de gözönüne alındığında son plan üzerinde bir miktar daha değişiklik yapmanın gerekli olduğu söylenebilir.

Tablo 4.5. Yük hareket özeti

G\A	1	2	3	4	5	6
1	\\\	1600	2000	-	-	-
2		\\\	-	800	800	-
3			\\\	-	-	2000
4				\\\	800	-
5					\\\	800
6						\\\



Şekil 4.1. Taşıma miktarına uygun konumun belirlenmesi.

Örnek Problem 4.1: Deneme Yanılma Metodu

10 bölümden oluşan bir tesiste üretim bölümleri arasında günlük taşınan malzemelerin adet olarak miktarları Tablo 3.6'da verilmiştir. Yalnız taşınan malzeme miktarlarına bağlı olarak en iyi yerleştirme düzeninin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

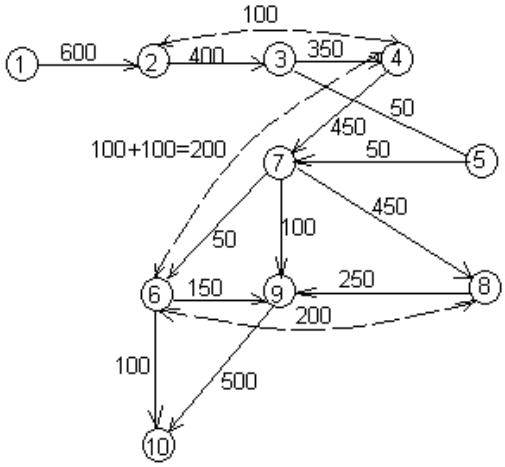
Tablo 4.6. Bölümler arası malzeme taşıma miktarları

G/A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		600								
2			400	100			100			
3				350	50					
4						100	450			
5							50			
6				100					150	100
7						50		450	100	
8						200			250	
9										500
10										

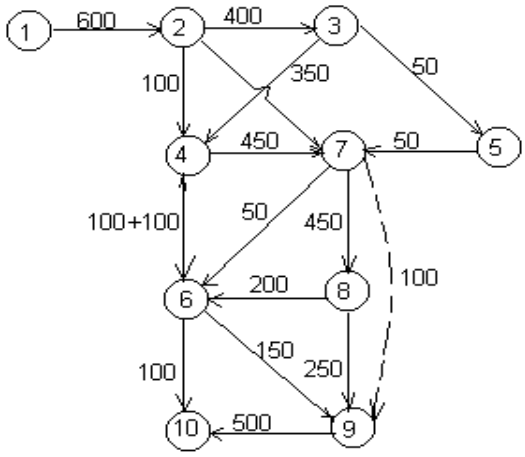
Çözüm 4.1:

Uygun bir düzenlemeyi sağlamak için aralarındaki taşımaların çok olduğu bölümleri yan yana getirmek gerekir. Bu düşünceden hareket edilerek ilk aşamada Şekil 4.2'deki kroki çizilebilir.

Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi, 4. bölüme gelen ve giden malzemelerin 300 ünitesi kendisine komşu olmayan bölümlerle ilgilidir. Benzer şekilde, 8. Bölümden 200 ünite kendisine komşu olmayan 6. bölüme gitmektedir. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak amacıyla yeni düzenlemeler yapılmalıdır. Buna göre, 4. bölüm 2. İle 6. bölüm arasına kaydırılır, 9. bölüm aşağıya indirilip 8. bölüm onun yerine getirilir. Böylece, Şekil 4.3.'deki kroki elde edilir ve komşu olmayan bölümlerden taşınan 400 ünitelik yük 100 üniteye düşer.



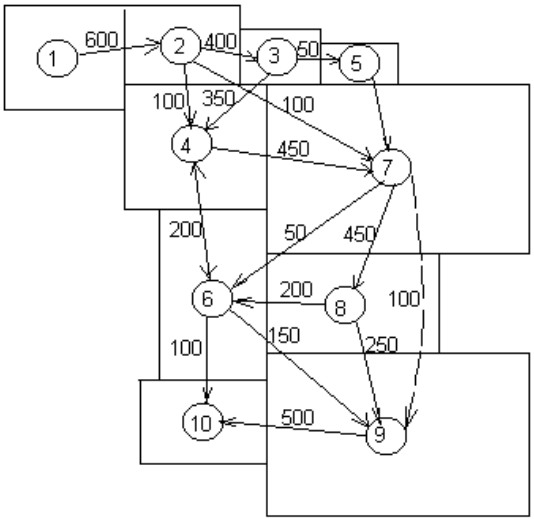
Şekil 4.2. Üretim bölümlerinin konum planı (1. Taslak)



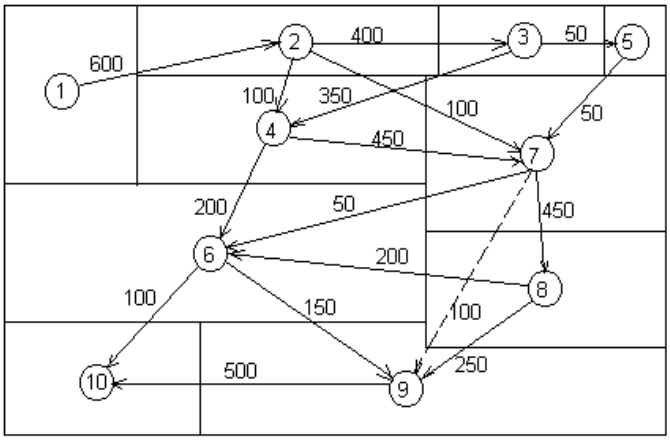
Şekil 4.3. Üretim bölümleri konum planı (2. Taslak)

Her bölüm için gerekli olanlar hesaplanıp belirlenen konumlara göre yerleştirme yapılırsa Şekil 4.4'deki kroki elde edilir. Bu krokide taşımaların miktarını azaltan yeni yerleştirme düzeni ve her bölüme ait alanlar görülmektedir. Yeni taslakta 7. İle 9. bölüm arasındaki 100 ünitelik dolaylı taşıma miktarı az olduğundan sakıncasız kabul edilebilir. Buna rağmen, ideal bir yerleştirme düzeni olduğu da söylenemez. Bulunan çözümü biraz daha titiz bir çalışma ile iyileştirmek mümkün olabilir. Ancak, bu çoğu zaman fazla bir avantaj sağlamaz. Bu çözüm tekniği geliştirilerek deneme – yanılma çalışmaları sonunda taşımaların nispeten az olduğu bir yerleştirme düzeni ortaya çıkar.

Bölümlerdeki tezgah sayıları, ara depolar, taşıma araçları, iş emniyeti gibi faktörler göz önüne alınarak bulunan alanlar tesis binasının sınırladığı alana uygun biçimde yerleştirilir. Deneme – yanılma ile belirlenen yerleşim planı Şekil 4.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Düzenleme ve bölümlere ait alanlar



Şekil 4.5. Deneme – yanılma ile bulunan son yerleştirme düzeni

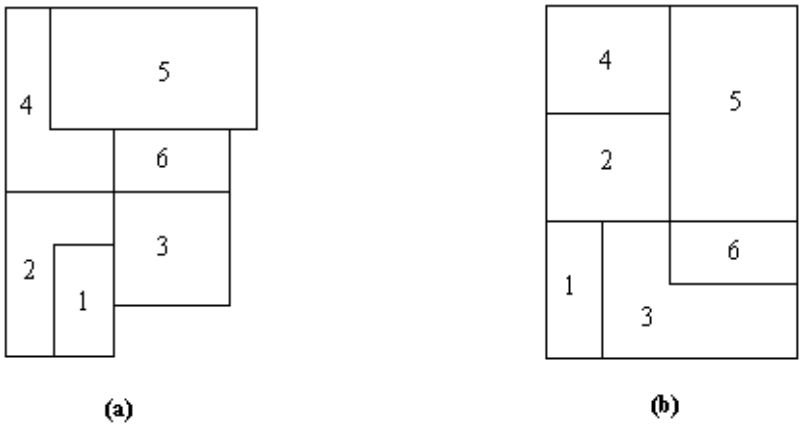
4.3. AKIŞ VE FAALIYET ESASLI MEKAN İLİŞKI DIYAGRAMLARI

Düzenlemede her bir faaliyet için belirli bir alana gerek duyulur. Bu alan belirlendikten sonra, akış ve faaliyet ilişki tabloları birleştirilir. Alan belirleme çalışmaları gerekli alan ve kullanılabilir alan üzerinde yoğunlaştırılır.

4.3.1. Alan İhtiyacı

Alan ihtiyacının belirlenmesi maksadıyla beş ayrı yol izlenir:

a) Hesaplama,
b) Dönüştürme,
c) Alan standartları,
d) Taslak düzenleme,
e) Oran eğilimi ve tahmin.



Şekil 4.6. Bölümlerin konum planları

4.3.1.1. Hesaplama

Alan ihtiyacının hesaplanmasından önce, projede yer alacak makina ve donanımın belirlenmesi gerekir. Gerekli makina sayısının belirlenmesi için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$M_j = \sum_{i=1}^{m} \frac{P_{ij} * T_{ij}}{C_j * V_M V_İ} \qquad (4.1)$$

P_{ij} : i. ürünün j. makinadaki üretim miktarı,

T_{ij} : i. ürünün j makinadaki üretim süresi,

C_j : j. makinanın çalıştırılabilme süresi,

m : Üretilen ürün tipi sayısı,

V_M : Makina kullanım verimi,

$V_İ$: İşçilik verimi.

Bu eşitlik, prosese göre yerleştirmede doğrudan kullanılabilirken, mamule göre yerleştirmede her mamul için makina sayısı ayrı ayrı hesaplanarak bunların toplamı alınır.

Gerekli alanı belirlemek için önce her bir makina için gerekli alan miktarı belirlenir, sonra bu alan gerekli makina sayısı ile çarpılır. Bu alana daha sonra fazladan çalışma boşluğu alanı ilave dilir.

Örnek Problem 4.2: Makina Sayısı

Bir fabrika A, B ve C mamullerini üretecektir. Fabrikada prosese göre yerleştirme uygulanmaktadır. A, B ve C mamulleri için aylık üretim miktarları sırasıyla 1000, 2000 ve 1000 adettir. 1 işgününde 8 saat çalışılmakta ve 1 ayda 22 işgünü vardır. Makina kullanım verimi %70, işçilik verimi %80 dir. Gerekli makina sayılarını (torna ve freze) hesaplayınız.

$$A - Tornalama(10dk) \Rightarrow Frezeleme(15dk) \Rightarrow Kontrol(8dk) \Rightarrow Ürünambarı$$
$$B - Frezeleme(15dk) \Rightarrow Kontrol(8dk) \Rightarrow Tornalama(15dk) \Rightarrow Ürünambarı$$
$$C - Tornalama(10dk) \Rightarrow Frezeleme(15dk) \Rightarrow Tornalama(15dk) \Rightarrow Ürünambarı$$

Şekil (Örnek 4.2) : İşlem şeması.

Çözüm 3.2:

Torna sayısı:

$$M_T = \frac{1000*10 + 2000*15 + 1000(10+15)}{(22*8*60)*0.70*0..80} = 10.99 \cong 11 a\det$$

Freze sayısı

$$M_F = \frac{1000*15 + 2000*15 + 1000*15)}{(22*8*60)*0.70*0..80} = 10.15 \cong 11 a\det$$

Gerekli makina sayısı tamsayı çıkmazsa, bulunan değer bir üst tamsayı değere yükseltilir. Makina sayısı için bulunan ondalık değer de belirli bir üretim ihtiyacı değerini gösterir. Bu üretim ihtiyacı üç şekilde karşılanabilir:

1) Fazladan bir makina kullanmak,
2) Fazla mesai yapmak,
3) Fason üretim yaptırmak.

4.3.1.2. Dönüştürme Yöntemi

Mevcut alan olması gereken duruma dönüştürülür.

4.3.1.3. Alan Standartları

Birçok projede, alan ihtiyacının belirlenmesi maksadıyla daha önceden tanımlanmış alan standartlarından yararlanılır. Belirli bir makina için alan ihtiyacı belirlendikten sonra çalışmalar bu temel veri üzerinden sürdürülür. Burada standart değerlerin yanında makinanın çalışma şartlarının, stoklama şartlarının vb. özelliklerin de belirlenerek dikkate alınması gerekir.

4.3.1.4. Taslak Düzenleme

Bazı düzenleme projelerinde, hesaplama veya dönüştürme pratik olmaz ve kullanılabilir alan standartları da bulunmayabilir. Eğer alan ölçeği belli ise, donanım modeli veya küçük maketi mevcutsa ve özellikle belirli eylemler kritik ise veya çok fazla yatırım gerektiriyorsa, belli alanlar için ayrıntılı düzenleme taslaklarının yapılması önerilebilir. Bu şekilde alan belirleme; yüksek yatırımda, bağıl olarak sabit yatırımda, büyük makinalarda veya mamule göre yerleşim yapılması gereken çok sayıda iş istasyonunun bulunduğu durumlarda uygulanır.

4.3.1.5. Oran Eğilimi ve Tahmin

Oran eğilimi ve tahmin yöntemi, genel alan ihtiyaçları ile sınırlıdır. Yöntemlerin en az kesin olanıdır. Büro ve depolama alanları için hareketli donanımın bulunduğu durumlarda sözkonusu olabilir.

4.3.2. Faaliyet Alanı ve Özellikler

Yukarıda açıklanan yöntemlerde gerekli alanın miktarı üzerinde duruldu. Ancak alanın miktarı yanında, türü ve biçimi de önemlidir. Alan ihtiyacını belirlerken, bu alanın tür ve biçimini ortaya koyan fiziksel özelliklerini de gözönüne almak gerekir. Bunun için "faaliyet alanı ve özellikleri" formu hazırlanmalıdır.

4.3.3. Gerekli Alan, Kullanılabilir Alan

Tesis düzenleme projeleri, diğer projelere oranla önemli ölçüde alan sınırlamasının etkisi altındadır. İstenilen bütün alanların elde edilmesi hiç bir düzenleme probleminde mümkün değildir. Bu nedenle, gerekli alan ile kullanılabilir alan arasında bir dengelemenin yapılması gerekir. Her iki alan arasındaki denge problemi aşağıdaki üç şekilde ortaya çıkar:

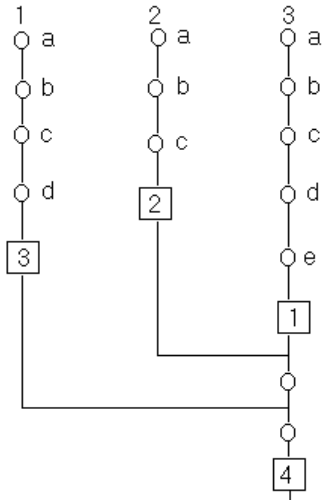
1) Kullanılabilir toplam alan yeterli olacak mı?
2) Kullanılabilir alanın bölümleri gerek duyulan değişik bölümlere uygun olarak dağıtılabilecek mi?
3) Kullanılabilir alanın veya alan bölümlerinin karakteri veya şartı, değişik bölgelerde yapılacak olan iş için uygun olacak mı?

Örnek Problem 4.3: Makina Sayısı

Bir A ürünü 3 tip parça monte edilerek yılda 2500 adet üretilecektir. A ürününe ait işlem akış şemaları ile her parçanın gerektirdiği makinalar ve işlem süreleri (dakika) aşağıda gösterilmiştir.

Muayenelere ilişkin kusurlu parça oranları, temel işlem şemasındaki 1-2-3-4 sırasına göre %3 - %2 - %4 - %5 dir. A mamulünün üretimi için mamule ve prosese göre yerleşim düzenlerini oluşturunuz. Adı geçen tezgahlar için gerekli sayıları, her iki yerleşim düzeni için ayrı ayrı hesaplayınız. Yıllık çalışma saati 2400 saattir.

Makinaların ve makinaları kullanan işçilerin performansları % 100'dür.

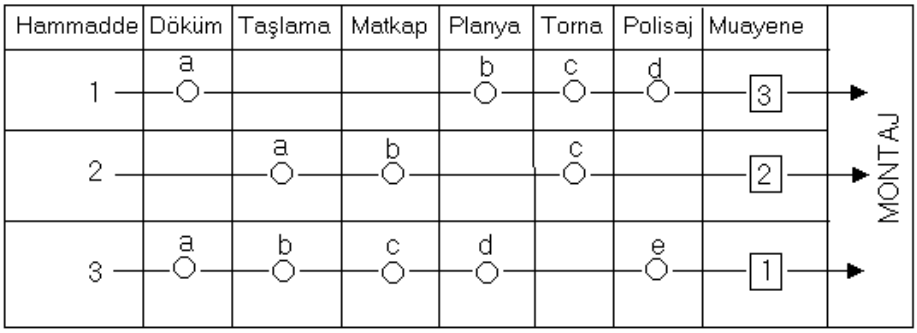


Parça No	Makina	İşlem Süresi (dk)
1	a) Döküm ünitesi	125
	b) Planya	35
	c) Torna	20
	d) Polisaj makinası	60
2	a) Taşlama	105
	b) Matkap	90
	c) Torna	65
3	a) Döküm ünitesi	235
	b) Taşlama	250
	c) Matkap	50
	d) Planya	30
	e) Polisaj makinası	25

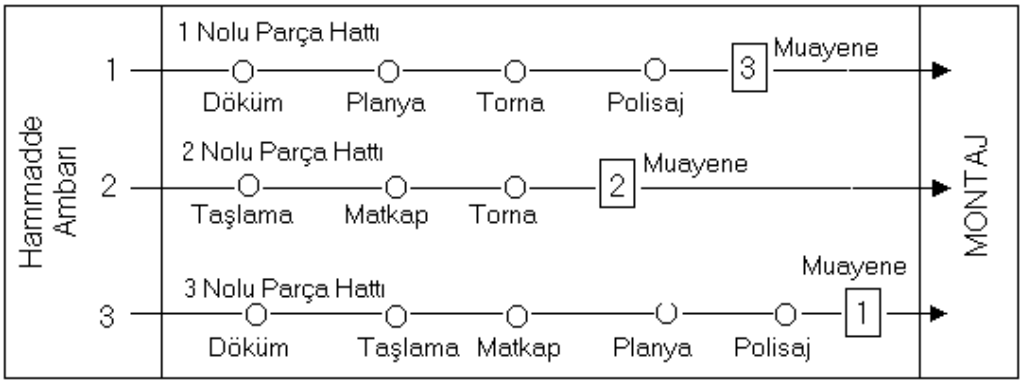
Şekil (Örnek 4.2) : İşlem akış şeması, makinalar ve işlem süreleri

Çözüm 4.3:

Prosese göre yerleşim düzeni (Örnek 4.3)



Ürüne göre yerleşim düzeni (Örnek 4.3)



Üretim miktarları (Kusurlu parçalar dahil) :

1. Parça : 2500 / (0.95 x 0.96) = 2741 adet / yıl (3 ve 4 nolu muayeneler)

2. Parça : 2500 / (0.95 x 0.98) = 2685 adet / yıl (2 ve 4 nolu muayeneler)

3. Parça : 2500 / (0.95 x 0.97) = 2713 adet / yıl (1 ve 4 nolu muayeneler)

Ürüne Göre Yerleşim Düzeninde Gerekli Makina Sayları :

Çalışma süresi : C = 2400 x 60 = 144.000 dakika

1. Parça için:

$$Döküm = (2741*125)/144000 = 2.38 \cong 3a \text{ det}$$

$$Planya = (2741*35)/144000 = 0.67 \cong 1a \text{ det}$$

$$Torna = (2741*20)/144000 = 0.38 \cong 1a \text{ det}$$

$$Polisaj = (2741*60)/144000 = 1.14 \cong 2a \text{ det}$$

2. Parça için:

$$Taslama = (2685*105)/144000 = 1.95 \cong 2a \text{ det}$$

$$Matkap = (2685*90)/144000 = 1.68 \cong 2a \text{ det}$$

$$Torna = (2685*65)/144000 = 1.21 \cong 2a \text{ det}$$

3. Parça için:

$$Döküm = (2713*235)/144000 = 4.43 \cong 5a \text{ det}$$

$$Taslama = (2713*250)/144000 = 4.70 \cong 5a \text{ det}$$

$$Döküm = (2713*50)/144000 = 0.94 \cong 1a \text{ det}$$

$$Planya = (2713*30)/144000 = 0.56 \cong 1a \text{ det}$$

$$Polisaj = (2713*25)/144000 = 0.47 \cong 1a \text{ det}$$

Prosese Göre Yerleşim Düzeninde Gerekli Makina Sayıları:

Döküm: $M_1 = \dfrac{(2741*125)+(2713*325)}{144000} = 6.80 \cong 7a\,\det$

Taşlama: $M_2 = \dfrac{(2685*105)+(2713*250)}{144000} = 6.67 \cong 7a\,\det$

Matkap: $M_3 = \dfrac{(2685*90)+(2713*50)}{144000} = 2.62 \cong 3a\,\det$

Planya: $M_4 = \dfrac{(2741*35)+(2713*30)}{144000} = 1.23 \cong 2a\,\det$

Torna: $M_5 = \dfrac{(2741*20)+(2685*65)}{144000} = 1.59 \cong 2a\,\det$

Polisaj: $M_6 = \dfrac{(2741*60)+(2713*25)}{144000} = 1.61 \cong 2a\,\det$

Karşılaştırma:

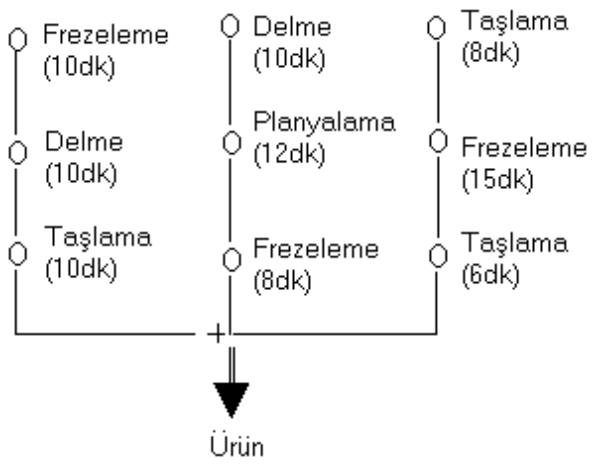
Makina Adı	Makina Sayısı	
	Ürüne Göre	Prosese Göre
Döküm	8	7
Taşlama	7	7
Matkap	3	3
Planya	2	2
Torna	3	2
Polisaj	3	2
Toplam	26	23

Ürüne göre yerleştirmede; 1 adet döküm, 1 adet torna ve 1 adet polisaj tezgahı fazla kullanılmaktadır.

ÖrnekProblem 4.4. Makina Sayısı ve Alternatif Değerlendirme

3 parçadan oluşan bir ürünün işlem süreç şeması aşağıdaki gbidir.

Fabrika ayda 20 gün, günde 8 saat çalışmaktadır. Mamule göre yerleşim durumunda 1500 adet/ay, prosese göre yerleşim durumunda 1000 adet/ay üretim yapılabilmektedir. Mamul satış fiyatı 500.000 TL ve üretim maliyeti 320.000 TL'dir. Tezgah maliyetleri; freze 8.000.000 TL, matkap 5.000.000 TL, taşlama 9.000.000 TL, planya 8.500.000 TL olduğuna göre, fabrika bu iki yerleşim tipinden hangisini seçmesi halinde daha kârlı olacaktır. (İşçilik ve makina kullanım verimi %100 varsayılmaktadır).



Şekil (Örnek 4.4) : İşlem süreç şeması

Çözüm 4.4:

Gerekli tezgah sayıları:

Çalışma süresi: C = 20 x 8 x 60 = 9600 dakika.

a) Ürüne göre yerleşim durumu:

1. Parça: $Freze = (10*1500/9600) = 1.56 \cong 2a \text{ det}$

$Matkap = (10*1500)/9600 = 1.56 \cong 2a \text{ det}$

$Taslama = (10*1500)/9600 = 1.56 \cong 2a \text{ det}$

2. Parça: $Matkap = (10*1500)/9600 = 1.56 \cong 2a \text{ det}$

$Planya = (12*1500)/9600 = 1.87 \cong 2a \text{ det}$

$Freze = (8*1500)/9600 = 1.25 \cong 2a \text{ det}$

3. Parça: $Taslama = (8*1500)/9600 = 1.25 \cong 2a \text{ det}$

$Freze = (15*1500)/9600 = 2.34 \cong 3a \text{ det}$

$Taslama = (6*1500)/9600 = 0.93 \cong 1a \text{ det}$

b) Prosese göre yerleşim durumu:

$Freze = (10+8+15)*1500/9600 = 2.43 \cong 3a \text{ det}$

$Matkap = (10+10)*1000/9600 = 2.08 \cong 3a \text{ det}$

$Taslama = (10+8+6)*1000/9600 = 2.50 \cong 3a \text{ det}$

$Planya = (12*1000)/9600 = 1.25 \cong 2a \text{ det}$

Toplam tezgah sayıları:

Tezgah	Ürüne göre	Prosese göre
Freze	7	4
Matkap	4	3
Taşlama	5	3
Planya	2	2

Kar hesabı:

Ürüne göre yerleşim durumu:

$$K_{ürün} = (500-320)*1000*1500-(7*8+4*5+5*9+2*8.5)*1.000.000$$
$$= 270.000.000-138.000.000$$
$$= 132.000.000TL$$

Prosese göre yerleşim durumu:

$$K_{proses} = (500-320)*1000*1000-(4*8+3*5+3*9+2*8.5)*1.000.000$$
$$= 180.000.000-138.000.000$$
$$= 89.000.000TL$$

$K_{ürün} > K_{proses}$ olduğundan ürüne göre yerleştirme daha karlıdır. Buna göre, ürüne göre yerleştirme prosese göre yerleştirmeden

$\Delta K = K_{ürün} - K_{proses} = 132.000.000TL - 89.000.000TL = 43.000.000TL$ daha karlıdır.

4.4. TEK MAKİNA YERLEŞTİRME MODELİ

Genel Model:

$P_1, P_2, P_3, ..., P_m$ noktalarında m adet makina bulunmaktadır. X noktasına yeni bir makine yerleştirilecektir.

Taşıma maliyetleri yeni makina ile mevcut i makinaları arasında uygun biçimde belirlenmiş yol ile doğru orantılıdır.

Yeni makina ile mevcut makinalar arasında malzeme taşıma maliyeti aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$Min[f(x)] = \sum_{i=1}^{m} w_i d(X, P_i)$$

$d(X, P_i)$: X ve P_i noktaları arasındaki uzaklık.

w_i: Ağırlık (Belirli bir dönemde X ve P_i noktaları arasındaki gidiş sayısı veya parça sayısı olabilir).

$f(x)$: Taşıma maliyeti [TL/yıl], w_i [(TL/ uzaklık), (Gidiş/yıl)], $d(X, P_i)$ [Uzaklık / Gidiş]

Maliyetler çoğu zaman değişmez bir değer olduğundan, minimizasyon problemi genellikle uzaklığı minimize eden yerin belirlenmesi şekline indirgenir.

Tek makine veya tesisin yerleştirilmesinde üç model geçerlidir:

1) Zigzaglı uzaklık modeli.
2) Ağırlık merkezi modeli.
3) Düz uzaklık modeli.

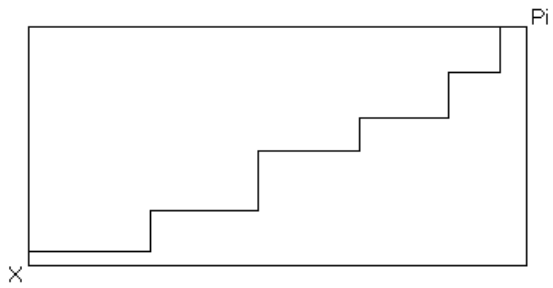
4.4.1. Zigzaglı Uzaklık Modeli

Çoğu sistemde hareket bina duvarlarına paralel, birbirine dikey koridorlar boyunca yapılır. Böyle sistemlerde mevcut tesise yenisinin eklenmesi durumunda, problem zigzaglı uzaklık modeline göre çözülebilir.

Yeni makinanın koordinatları x ve y mevcut i makinasının koordinatları a_i ve b_i, yani $X(x, y)$ ve $P_i(a_i, b_i)$ olduğunda, X ile P_i arasındaki uzaklık şöyle ifade edilir.

$$d(X, P_i) = \lfloor x - a_i \rfloor + \lfloor y - b_i \rfloor$$

Örneğin, X ile P_i arasında aşağıdaki gibi bir yol bulunabilir.



Şekil 4.7. X – P_i arasında izlenen zigzaglı yol

Zigzaglı uzaklık modeli matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Min[f(x,y) = \sum_{i=1}^{m} w_i (\lfloor x - a_i \rfloor + \lfloor y - b_i \rfloor)$$

Aynı şekilde eşitliğin sağ tarafı ayrık biçimde de ifade edilebilir.

$$Min[f(x,y) = \sum_{i=1}^{m} w_i \lfloor x - a_i \rfloor + \sum_{i=1}^{m} w_i \lfloor y - b_i \rfloor$$

Sağ taraftaki iki terim ayrı ayrı minimize edilebilir.

$$Min[f_1(x,y) = \sum_{i=1}^{m} w_i \lfloor x - a_i \rfloor$$

$$Min[f_2(x,y) = \sum_{i=1}^{m} w_i \lfloor y - b_i \rfloor$$

Zigzaglı uzaklık modelinin en iyi çözümünün özellikleri;

1) Yeni makinanın x koordinatı mevcut makinanın x koordinatı ile ya da mevcut makinanın y koordinatı yeni makinanın y koordinatı ile çakışabilir. Fakat her iki koordinatın birlikte çakışması gerekmez.
2) Yeni tesis için en iyi x veya y koordinatı, bir ortanca (medyan) yeridir. Ortanca yeri, parça hareketinin yarısından fazlası yeni makine veya tesis yerinin solunda (veya aşağısında) kalmayan, yarısından fazlası da yeni makine veya tesis yerinin sağında (veya yukarısında) kalmayan yer olarak tanımlanır.

Örnek Problem 4.5. Tek Makine Yeri

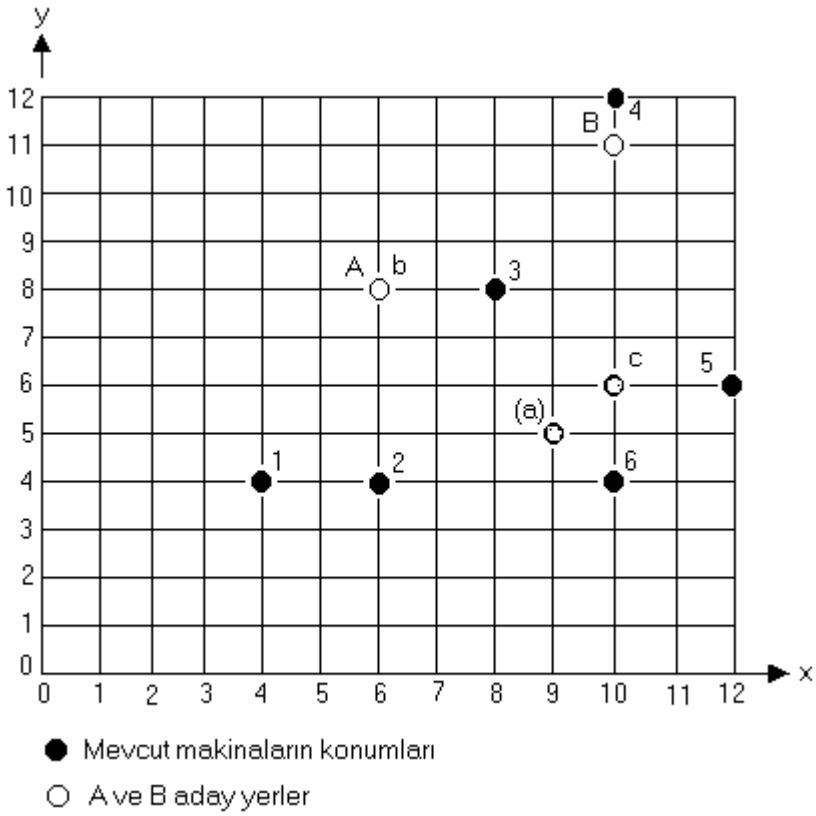
Bir tesiste 6 makine mevcuttur. Mevcut makinaların yerleri (koordinatları) aşağıda verilmiştir.

Makina no	Makina yeri
1	4,4
2	6,4
3	8,8
4	10,12
5	12,6
6	10,4

a) Sisteme yeni bir makine ilave edilecektir. Mevcut makinalarla yeni makine arasında eşit sayıda (örneğin birer) parça hareketi varsa, uygun yeri belirleyiniz.

b) Mevcut makinalarla yeni makine arasında sırasıyla 25, 15, 30, 25, 40 ve 20 parça hareket etmektedir. Yeni makine için belirlenen iki aday yer A(6,8) ve B(10,11) olduğuna göre uygun aday yeri belirleyiniz.

c) (b) şıkkındaki hareketler geçerli ve aday yer belirlenmişse uygun yeri belirleyiniz.



Şekil 4.8. Mevcut makinaların konumları

Çözüm 4.5:

a) $w_1 = w_2 = w_3 = w_4 = w_5 = w_6 = 1$

x koordinatları sıralanır ve ortanca bulunur.

$4,6,8,10,10,12 \Rightarrow Or\tan ca \Rightarrow 8;10 \Rightarrow X_0[8-10]$ kapalı aralığında; $X_0 = 9$ alınır.

y koordinatları sıralanır, ortanca bulunur.

$4,4,4,6,8,12 \Rightarrow Or\tan ca \Rightarrow 4;6 \Rightarrow X_0[4-6]$ kapalı aralığında; $y_0 = 5$ alınır.

O halde, makine için uygun yer $(9,5)$'dir. Koordinat sisteminde (a) yeri olarak işaretlenir.

b) A(6,8) için;

$$f(x,y) = 25\lfloor 6-4 \rfloor + 15\lfloor 6-6 \rfloor + 30\lfloor 6-8 \rfloor + 35\lfloor 6-10 \rfloor + 40\lfloor 6-12 \rfloor + 20\lfloor 6-10 \rfloor +$$
$$25\lfloor 8-4 \rfloor + 15\lfloor 8-4 \rfloor + 30\lfloor 8-8 \rfloor 35\lfloor 8-12 \rfloor + 40\lfloor 8-6 \rfloor + 20\lfloor 8-4 \rfloor$$
$$= 50+0+60+140+240+80+100+60+0+140+80+80$$
$$= 570+460$$
$$= 1030$$
$$f(x,y)_A = 1030$$

B(10,11) için;

$$f(x,y) = 25\lfloor 10-4 \rfloor + 15\lfloor 10-6 \rfloor + 30\lfloor 10,8 \rfloor + 35\lfloor 10-10 \rfloor + 40\lfloor 10-12 \rfloor + 20\lfloor 10-10 \rfloor +$$
$$25\lfloor 11-4 \rfloor + 15\lfloor 11-4 \rfloor + 30\lfloor 11-8 \rfloor + 35\lfloor 11-12 \rfloor + 40\lfloor 11-6 \rfloor + 20\lfloor 11-4 \rfloor$$
$$= 150+60+60+0+80+0+175+105+90+35+200+140$$
$$= 350+745$$
$$= 1095$$
$$f(x,y)_B = 1095$$

$f(x,y)_A < f(x,y)_B$ olduğundan uygun yer A aday yeridir. Makine A noktasına yerleştirilir.

c)

Mevcut makina	x koordinatı	Ağırlık	Birikimli ağırlık
1	4	25	25<82.5
2	6	15	40<82.5
3	8	30	70<82.5
4,6	**10**	**35+20**	**125>82.5**
5	12	40	165
		$\sum = 165$	
		$\sum / 2 = 82.5$	$x_0 = 10$

Mevcut makina	y koordinatı	Ağırlık	Birikimli ağırlık
1,2,6	4	25+15+20=60	60<82.5
5	**6**	**40**	**100>82.5**
3	8	30	130
4	12	35	165
		$\sum = 165$	
		$\sum / 2 = 82.5$	$y_0 = 6$

En uygun yer (10,6) yeridir.

4.4.2. Ağırlık Merkezi Modeli

Bazı yerleştirme problemlerinde maliyet, uzaklığın yalın doğrusal fonksiyonu değildir. Bu tür problemlerin f(x) fonksiyonunda maliyetin x ve P_i noktaları arasındaki uzaklığın karesi ile orantılı olduğu kabul edilir. Bu durumda geçerli bağıntı

$$f(x) = \sum_{i=1}^{m} w_i \, [(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2]$$

şeklinde ifade edilir. Bu tür sorunlar ağırlık merkezi veya çekim sorunları olarak adlandırılmaktadır.

Bağıntıdan görüleceği gibi, bu tür sorunlarda mevcut tesis ile yeni tesis arasında düz uzaklık (Öklid uzaklığı) esas alınır. Bir tesis içinde kenarlar yerine köşegen boyunca taşımaların mümkün olması halinde ağırlık merkezi modeli bu amaçla yerleştirme sorunu için kullanılabilir. Buna göre, ağırlık merkezi modelinde toplam malzeme taşıma maliyetleri, yeni tesisle mevcut tesisler arasındaki Öklid uzaklıkların karesiyle orantılı olarak artar.

Mevcut tesislerin koordinatları $P_i\,(a_i,\ b_i)$ ve yeni tesisin koordinatı da $X\,(x, y)$ olduğu varsayılarak X ve herhangi bir P_i noktası arasındaki Öklid uzaklığı

$$d\,(X, P_i) = \sqrt{[(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2]} \qquad i = 1, 2, \dots\dots, m$$

denklemi ile hesaplanır.

Yeni ve mevcut tesisler arasındaki ağırlıklı yük değerleri ile gösterildiğine göre, ağırlık merkezi modeli aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$Enk\ f(x, y) = \sum_{i=1}^{m} w_i \, [(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2]$$

Yeni tesisin koordinatları için

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i \, a_i}{\sum_{i=1}^{m} w_i}$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i \, b_i}{\sum_{i=1}^{m} w_i}$$

Bu koordinatlar, ağırlık merkezi modeli için verilen bağıntıyı enküçükleyen değerleri verir.

Örnek Problem 4.6. Bir tesiste 6 makine mevcuttur. Mevcut makinaların yerleri (koordinatları) aşağıda verilmiştir.

Makina no	Makine koordinatları	Ağırlıklar
1	4,4	25
2	6,4	15
3	8,8	30
4	10,12	25
5	12,6	40
6	10,4	20

Çözüm 4.6.

$$x_0 = \frac{4\,x\,25 + 6\,x\,15 + 8\,x\,30 + 10\,x\,25 + 12\,x\,40 + 10\,x\,20}{25 + 15 + 30 + 25 + 40 + 20}$$

$$x_0 = \frac{100 + 90 + 240 + 250 + 480 + 200}{155}$$

$$x_0 = \frac{1360}{155}$$

$$\boldsymbol{x_0 = 8.8}$$

$$y_0 = \frac{4\,x\,25 + 4\,x\,15 + 8\,x\,30 + 12\,x\,25 + 6\,x\,40 + 4\,x\,20}{25 + 15 + 30 + 25 + 40 + 20}$$

$$y_0 = \frac{100 + 60 + 240 + 300 + 240 + 80}{155}$$

$$y_0 = \frac{1020}{155}$$

$$\boldsymbol{y_0 = 6.6}$$

4.4.3. Düz Uzaklık Modeli

X ile P_i arasındaki uzaklık, düz uzaklık / Öklid uzaklığı olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$d\,(X, P_i) = \sqrt{[(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2]}$$

Burada amaç problemde toplam maliyetlerin veya hareketlerin minimizasyonudur.

$$\text{Enk } f(x, y) = \sum_{i=1}^{m} w_i \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}$$

Düz uzaklık modelinde (x_0, y_0) ikilisinin belirlenmesi mümkün değildir. Buna karşın, denklemin x ve y için kısmi türevleri alınarak sıfıra eşitlenirse aşağıdaki x ve y denklemleri elde edilir.

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{m} a_i\, g_i\,(x, y)}{\sum_{i=1}^{m} g_i\,(x, y)}$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{m} b_i\, g_i\,(x, y)}{\sum_{i=1}^{m} g_i\,(x, y)}$$

$$g_i(x, y) = \frac{w_i}{\sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}}$$

Burada $g_i\,(x, y)$ tanımlanırsa aşağıdaki denklemler yazılabilir.

$$x^{(k)} = \frac{\sum_{i=1}^{m} a_i\, g_i\left(x^{(k-1)}, y^{(k-1)}\right)}{\sum_{i=1}^{m} g_i(x^{(k-1)}, y^{(k-1)})}$$

$$y^{(k)} = \frac{\sum_{i=1}^{m} b_i\, g_i\left(x^{(k-1)}, y^{(k-1)}\right)}{\sum_{i=1}^{m} g_i(x^{(k-1)}, y^{(k-1)})}$$

Denklemlerdeki üstsel ifadeler tekrar sayısını ifade eder. Buna göre $\left(x^{(1)}, y^{(1)}\right)$'in belirlenmesi için öncelikle başlangıç değeri olan $\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right)$ değerinin bulunması gerekir. Buna göre her defasında bir sonraki değerin belirlenmesi için önceki değerin belirlenmiş olması gerekir. Tekrar sayısı en iyi yerleşimin elde edilmesine değin sürdürülür.

4.5. DENGELEME

4.5.1. Makina Kapasitesi Dengeleme

Çeşitli cins ürün üreten bir tesiste her ürünün toplam üretim miktarı içindeki payı her an değişebilir. Ürün kompozisyonu adı verilen karışımın değişimi her makinaya duyulan ihtiyacın değişmesi demektir. Ayrıca, tesis kurulurken ne kadar dikkatli bir planlama yapılırsa yapılsın, makinalar arasındaki kapasite farklarından dolayı kullanım oranları aynı olmaz. Bu etkilere bağlı olarak bazı makinalar yoğun bir şekilde çalışırken, bazıları da boş kalabilir. Ürün çeşidi ve tasarımında zamanla oluşan değişmeler bazı makinaları işe yaramaz duruma getirirken, bazılarına duyulan ihtiyacı artırması sorunu sürekli yenilenen programlarla çözülmelidir. Yeni makinaların kullanılmaması halinde, darboğaza neden olan makinaların çalışma süreleri uzatılır. Ancak, bu yol da uzun vadeli bir çözüm olduğundan, kapasite dengesinin yeni makinalarla sağlanması uygun çözümdür.

Üretim hattındaki bazı makinaların kapasitelerinin artırılması bir darboğazı giderirken, ortaya başka darboğazların çıkmasına neden olabilir. Bu nedenle, çalışan bir tesiste kapasite planlamasının bir dizi darboğazları giderme işlemi olduğu söylenebilir.

Bir üretim sisteminde kapasite dengelemesini güçleştiren en önemli sınırlayıcı faktör taleptir. İstenilen ürün miktarı ile üretim sisteminin maksimum kapasitesi çoğu zaman aynı olmaz. Bu nedenle, bu uyuşmazlığın doğurduğu ek maliyetlere veya atıl kapasite kayıplarına katlanmak zorunluluğu vardır.

Esnek bir yapıya sahip olmakla birlikte istenen düzeyde bir verimlilik ölçüsü sağlayamayan prosese göre düzenlemenin aksine, az sayıda çok miktarda ürün üretimi için geçerli olan ürüne göre düzenleme daha verimli bir üretim sistemidir. Genel olarak standartlaştırılmış tek ürün türü sözkonusudur ve üretim süreklidir. Bu tip düzenleme motor endüstrisi gibi yığın üretimi uygulanan tesisler için uygundur.

Ürüne göre yerleştirme tipinde tezgahların konumları, ürünün oluşması için uygulanan işlemlerin sırasına göre belirlenmektedir. Her işlemin tamamlanma süresi farklıdır. Üretim hızı, yani üretim hattının sonundan çıkan ürün sayısı en yavaş işlem süresine bağlıdır. Örneğin, işlem süreleri 5 ve 6 dakika olan iki işlemden oluşan bir üretim hattında saatte üretilen ürün sayısı $60/6=10$ adettir. Bu süre içinde 5 dakika işlem süreli ürünü üreten istasyon $5x10=50$ dakika çalışacak ve $60-50=10$ dakika boş kalacaktır. Böyle, son derece fazla işlemin olduğu bir üretim faaliyetinde çok büyük kayıplar meydana gelebilir.

Tesislerde iş istasyonlarının boş beklemesi, gecikmeler ve ara depolardaki yığılmalar işlem süreleri arasındaki farklardan ileri gelir. Bu farkların giderilmesi amacıyla yapılan çalışmalara üretim hattının dengelenmesi veya kısaca dengeleme denir. Dengeleme, ürüne göre yerleştirmede değerlendirilmesi gereken temel kriterdir. Eğer üretim hattındaki bütün istasyonların birim zamandaki üretim miktarları aynı ise dengeleme tamdır denir. Tam dengelemede bekleme ve yığılma gibi problemler meydana gelmez. İş akışı düzgündür. Ancak, tam dengelemenin gerçekleştirilmesi çoğu zaman mümkün olmaz. Uygulamada idela

olan, tam dengelemeye yaklaşılmaya, diğer bir ifade ile iş istasyonları arasındaki kapasite farkları toplamının minimum yapılmasına çalışılır. Dengeleme, taşıma miktarı, tezgahların konumu ve iş istasyonlarının iç düzeni ile ilgili değildir. Bununla birlikte, bir çok durumlarda bu problemlerin çözümü hattın dengelenmesine katkıda bulunabilir.

Dengelemenin sağlanmasında faaliyetin en küçük üniteleri için performans zamanlarının bilinmesi gerekir. Ayrıca, en iyi dengelemeye ulaşacak hat için sıra esnekliği, işlemleri ya da istasyonları oluşturacak çalışma gruplarını belirlemede yardımcı olması bakımından önemli rol oynar.

İşlem sürelerini etkileyen çok çeşitli faktörler mevcuttur. Bir işlemin normal tamamlanma süresi, işçinin tecrübesi, malzeme temini, ıskarta oranı, tezgah hızı veya bozulma ihtimali ve belirsiz değişkenlerin etkisiyle sapmalar gösterir. Bütün bu faktörleri gözönüne alarak optimal dengeyi bulmaya çalışan, yani süre farkları toplamını minimum yapmayı amaçlayan çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Sınırlayıcı koşullar ve belirsizlikler için basitleştirici varsayımları benimseyen teknikler oldukça basittir. Geniş kapsamlı problemlerde ayrıntılı hesaplara gerek duyulduğundan karmaşık matematik teknikler kullanılır. Bilgisayar teknolojisinden yararlanan ileri seviyedeki dengeleme teorisi de kullanılmaya başlanmıştır.

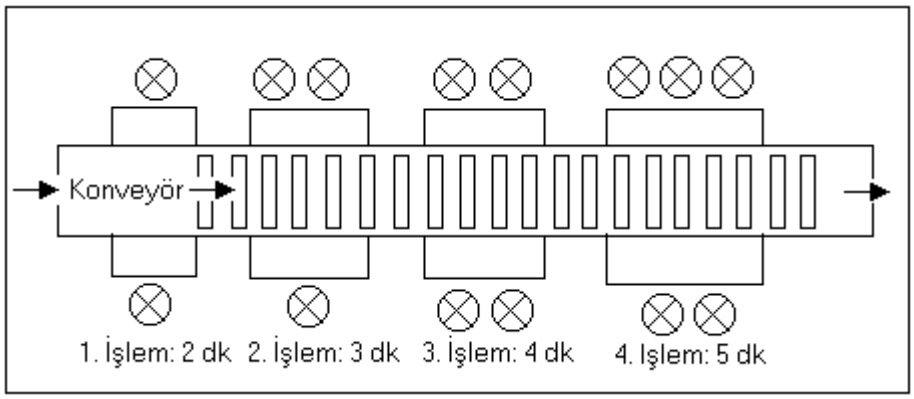
Kapasite üzerinde herhangi bir sınırlama bulunmaması halinde dengeleme probleminin çözümü oldukça basittir. Bunun için en küçük ortak kat yaklaşımı kullanılır. Örneğin, sırasıyla 2, 3, 4, 5 dakikalık işlem sürelerine sahip olan dört işlemli bir üretim prosesinde iş istasyonlarının dengelenmesi istenmiş olsun. Bu işlerin saatteki üretim miktarları sırasıyla;

$$60/2 = 30a\,\text{det}/saat$$
$$60/3 = 20a\,\text{det}/saat$$
$$60/4 = 15a\,\text{det}/saat$$
$$60/5 = 12a\,\text{det}/saat$$

olduğundan, istasyonların kapasiteleri; 30, 20, 25 ve 12 sayılarının EKOK'u olan 60 adet/saat miktarına göre ayarlanırsa tam dengeleme sağlanmış olacaktır. Buna göre, her işlemin yapılacağı iş istasyonlarında kullanılacak makina sayıları aşağıdaki gibi belirlenir:

1. İşlem için $60/30 = 2a\,\text{det}$ makina,
2. İşlem için $60/20 = 3a\,\text{det}$ makina,
3. İşlem için $60/15 = 4a\,\text{det}$ makina,
4. İşlem için $60/12 = 5a\,\text{det}$ makine.

Bununla birlikte, işlem sayısının çok ve işlem sürelerinin kesikli olması durumunda bu yöntemle dengeleme oldukça güçtür. Diğer taraftan, kapasitenin sınırsız olması uygulamada çok az rastlanan bir durumdur. Sınırlı kapasiteli dengeleme problemine örnek olarak işlem süreleri aşağıda verilen prosesi gözönüne alalım.

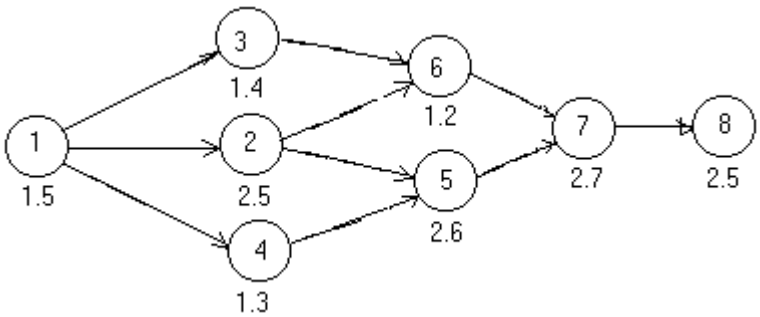


Şekil 4. 9. 4 işlemli bir üretim sistemi ve dengeleme.

Tablo 4.7. Bir prosesteki işlemler, işlem süreleri ve öncelikleri.

İşlem	İşlem süresi (h)	Önceki işlem
1	1.5	-
2	2.5	1
3	1.4	1
4	1.3	1
5	2.6	2,4
6	1.2	2,3
7	2.7	5,6
8	2.5	7

İşlemler arasındaki öncelik ilkelerine göre akış diyagramı Şekil 3.x'de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. İşlem akış diyagramı.

Bu tip problemlerde amaç işlemleri uygun şekilde gruplandırarak boş zaman kayıplarını azaltmaktır. Bunun için, işlemler arasındaki ilişkiler önemlidir. Paralel faaliyetler birbirinden bağımsız faaliyetlerdir ve bunlar birbirini etkilemezken, seri faaliyetler birbirini izleyen ve birbirine bağımlı faaliyetlerdir. Seri faaliyetlerde izleyen faaliyetin ya da işin başlaması, bir

önceki işini bitmiş olmasına bağlıdır. İşler arasında kısmi bağımlılık da olabilir. Örneğin, bir işin başlaması için, bağımlı olduğu öncelikli işin belirli ölçüde yapılmış olması yeterli olması kısmi bağımlılıktır. Sistemden beklenen üretim miktarı bir üniteyi üretmek için gerekli çevrim zamanını (tç) verir. Verilen örnekte, günde 8 saat çalışılarak 200 adet üretimin gerçekleştirileceği varsayılırsa çevrim zamanı için,

Çevrim zamanı = Üretim süresi / Ürün miktarı = 8 x 60 / 200 = 2.4 dakika / adettir.

İşlem sürelerinin kesirli olması durumunda bu yöntemle dengeleme güçtür. Ayrıca, kapasitenin sınırsız olması çok seyrek karşılaşılan bir olaydır.

Sınırsız kapasiteli dengeleme problemine örnek olarak, süreleri belirlenmiş bulunan a, b, c, ... , k ve l işlemlerinden oluşan bir üretim prosesi Şekil 4.11'deki gibi olsun. Sistemin her 10 dakikada 1 ünite ürün üretmesi istenmektedir. Şekildeki her daire bir işlemi, üzerindeki sayı işlem süresini ve okların yönü de işlem sırasını göstermektedir. Bununla birlikte, iki farklı sıradaki işlemler bir istasyonda toplanabilir. Böyle bir sistemin dengelenmesinde, belirlenecek istasyonların her birine ait toplam işlem sürelerinin 10 dakikadan az ve aralarındaki farkların minimum olmasına çalışılır. Bütün işlemlerin süreleri toplamı 56.9 dakika olduğundan, 10 dakikalık devir için en az 6 istasyona ihtiyaç vardır. İstasyon sayısı 6'dan fazla olursa, artan boş beklemeler nedeniyle işçilik maliyetleri yükselir.

Çeşitli alternatif gruplamalar yapılarak kayıp zamanları en az olan sistemin belirlenmesi gerekir. Şekil 4.12'de mümkün çözümlerden biri gösterilmiştir. Bu gruplandırmanın mümkün çözümlerden en iyisi olup olmadığı hakkında kesin bir hüküm verilemez. Böyle bir karara varabilmek için problemi çeşitli matematik yöntemlerden yararlanarak çözmek gerekir. Verilen örnekte amaç, üretim hattı dengelemesinin bir kavram olarak açıklanmasıdır. Bu sebeple üretim hattının dengelenmesinde kullanılan daha ileri matematik tekniklere burada yer verilmemiştir.

Yapılan gruplandırma sonucunda iş istasyonlarının toplam işlem süreleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

A istasyonu : 9.5 dakika

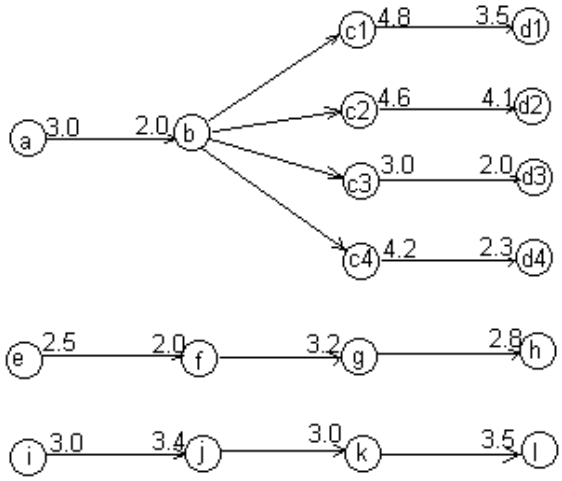
B istasyonu : 9.4 "

C istasyonu : 9.6 "

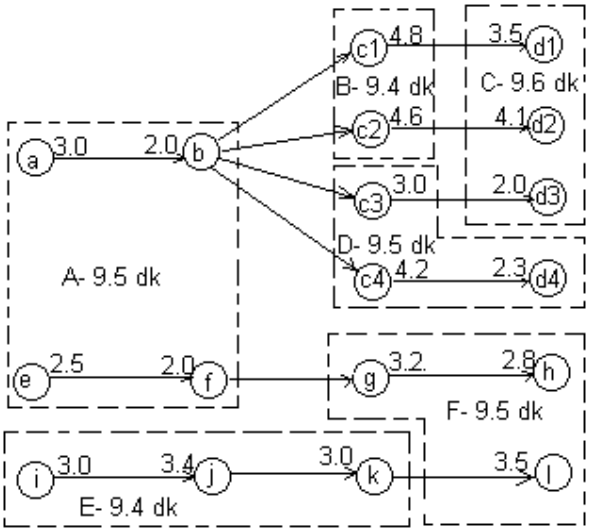
D istasyonu : 9.5 "

E istasyonu : 9.4 "

F istasyonu : 9.5 "



Şekil 4.11. İşlem akış diyagramı



Şekil 4.12. Sınırlı kapasiteli bir sistemde dengeleme amacı ile işlemlerin gruplandırılması.

En mükemmel gruplandırma her bir iş istasyonundaki toplam işlem süresinin 56.9 / 6 = 9.5 dakika olması halinde gerçekleşebilir. Örnekte, C istasyonunun toplam işlem süresi 9.6 dakika ile en büyüktür. Bu da optimal süreden 9.6 – 9.5 = 0.1 dakika fazladır. Aynı şekilde C istasyonunun toplam işlem süresi en az işlem süreli B ve E istasyonundan 9.6 – 9.4 = 0.2 dakika daha fazladır.

İşlem sürelerindeki belirsizliklerin az olduğu basit sistemlerde karmaşık matematik yöntemler kullanmadan dengeleme yapmak mümkündür. Örneğin, A, B, C gibi işlemlerden oluşan bir sistemde A ve B eşit, C farklı süreli olsun. Çeşitli ihtimaller karşısında alınabilecek tedbirler aşağıda açıklanmıştır:

a) C'nin süresi diğerlerinden büyükse;

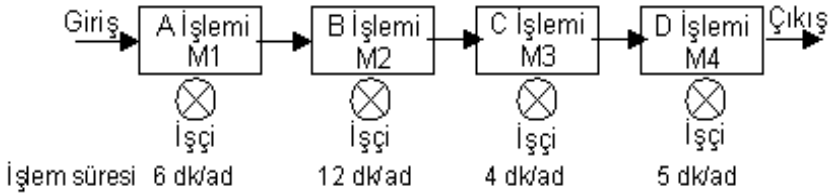
1) Sisteme C işlemini yapan paralel bir tezgah ilave edilebilir,kapasite artırılır.
2) C işlemi ikiye bölünür. Yani sisteme seri olarak yeni bir tezgah ilave edilir.
3) İş basitleştirme ile C'nin süresi kısaltılmaya çalışılır.

b) C'nin süresi diğer ikisinden kısa ise;

1) A ve B'yi oluşturan faaliyetlerden bazıları C'ye aktarılır.
2) C'nin yapıldığı tezgahın hızı azaltılır.
3) C'nin yapıldığı tezgaha ek iş verilir.

Örnek Problem 4.6: Sınırsız Kapasite Dengeleme

Bir ürün A, B, C ve D gibi dört ardıl işlem sonunda üretilmektedir. Prosesi oluşturan işlemlerin süreleri Şekil 3.13'de gösterilmiştir. Üretim sisteminin tam, normal kapasite hali ve iyileştirilmiş kapasite hali için makina sayısını ve verimini hesaplayınız.



Şekil 4.13. Ardıl işlemlerden oluşan bir üretim sisteminde iş istasyonlarının işlem zamanları ve kapasite dengelemesi

Çözüm 4.6: Her iş istasyonunda M1, M2, M3 ve M4 makinalarından biri ve birer işçi çalışmaktadır. Bu verilere göre her iş istasyonundaki üretim hacmi sırasıyla;

A işlemi için; $60/6 = 10 a\det/h$

B işlemi için; $60/12 = 5 a\det/h$

C işlemi için; $60/4 = 15 a\det/h$

D işlemi için; $60/5 = 12 a\det/h$

olarak hesaplanır.

Üretim hattının kapasitesi en yavaş işleme bağlı olup, B işleminin kapasitesi düzeyinde, 5 adet/h olarak gerçekleşir. Buna göre istasyonların çalışma süreleri;

A işlemi için; $5x6 = 30 dk/h$

B işlemi için; $5x12 = 60 dk/h$

C işlemi için; $5x4 = 20 dk/h$

D işlemi için; $5x5 = 25dk/h$

olarak hesaplanır. İstasyonların boş kalma süreleri de

A işlemi için; $60 - 30 = 30dk/h$

B işlemi için; $60 - 60 = 0dk/h$

C işlemi için; $60 - 20 = 40dk/h$

D işlemi için; $60 - 25 = 35dk/h$

olacaktır.

Üretim hattının verimi, bir ünite için toplam üretken zamanın toplam zamana oranı olarak ifade edilir. Buna göre normal kapasitede verim;

$$\eta_1 = \frac{6+12+4+5}{4x12} = 0.5625 \cong \%56$$

şeklinde hesaplanır. Kapasite dengesizliği nedeniyle kayıplar $1 - 0.5625 \cong 044 \cong \%44$ olarak bulunur.

Talep sınırlamaması olmaması halinde en yavaş işlem gören istasyona bir makina ilave edilerek kayıplar azaltılabilir. Yeni makinanın ilavesi ile B işlemi 12 dakikadan 6 dakikaya ineceğinden sistemin üretim hacmi

$$60/6 = 10a\det/h$$

ve verimliliği

$$\eta_2 = \frac{6+6+6+4+5}{5x6} = 0.90 = \%90$$

olarak elde edilir.

En uzun işlem süresine sahip olan istasyona her defasında bir makina eklenerek değişik makina sayılarında ve üretim hacminde verimler hesaplanarak Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Kapasite üzerinde sınırlamanın olmadığı üretim sistemlerinde en uzun işlem süresinin bulunduğu istasyona yeni makina ilave ederek verimlilik artırılabilir. Verilen örnekte, ulaşılabilecek maksimum verimlilik %90 olarak elde edilebilir. Bu nedenle B işleminin gerçekleştirildiği istasyona bir makinanın ilave edilmesi yeterli olacaktır.

İş istasyonlarında makina kapasitelerinin tam dengelenmesi sınırsız kapasite varsayımı halinde mümkündür. Sınırsız kapasite varsayımı altında tam dengeleme için makina sayıları aşağıdaki gibi belirlenebilir.

İş istasyonlarının üretim hacmi veya saatlik kapasiteleri olan 10, 5, 15 ve 12'nin en küçük ortak katları (EKOK) bulunur: Bu sayı 60'tır.

İş istasyonlarının kapasiteleri 60 ad/h'e göre ayarlanırsa tam dengeleme sağlanmış olacaktır. Bu durumda her iş istasyonundaki makina sayıları;

A işlemi için; $60(dk/h)/10(a\det/h) = 6a\det$

B işlemi için; $60(dk/h)/5(a\det/h) = 12a\det$

C işlemi için; $60(dk/h)/15(a\det/h) = 4a\det$

D işlemi için; $60(dk/h)/12(a\det/h) = 5a\det$

olarak hesaplanır.

Tablo 4.8. Örnek 3.3 için makina sayılarına bağlı verim değerleri

Makina Sayısı	Eklenen Makina	İşlem Süreleri				En Uzun İşlem (dk)	Üretim Hacmi (adet/h)	Verim (%)
		A M1	B M2	C M3	D M4			
4	-	6	12	4	5	12	5	56.25
5	M2(2)	6	6	4	5	6	10	90.00
6	M1(2)	3	6	4	5	6	10	75.00
7	M2(3)	3	4	4	5	5	12	77.14
8	M4(2)	3	4	4	2.5	4	15	84.37
9	M3(2)	3	4	2	2.5	4	15	75.00
10	M2(4)	3	3	2	2.5	3	20	90.00
11	M1(3)	2	3	2	2.5	3	20	81.82
12	M2(5)	2	2.4	2	2.5	2.5	24	90.00
13	M4(3)	2	2.4	2	1.67	2.4	25	86.54
14	M2(6)	2	2	2	1.67	2	30	96.43
15	M1(4)	1.5	2	2	1.67	2	30	90.00
16	M3(3)	1.5	2	1.33	1.67	2	30	84.37
17	M2(7)	1.5	1.71	1.33	1.67	1.71	35	92.88
18	M2(8)	1.5	1.5	1.33	1.67	1.67	36	89.82
19	M4(4)	1.5	1.5	1.33	1.25	1.5	40	94.74
20	M1(5)	1.2	1.5	1.33	1.25	1.5	40	90.00
21	M2(9)	1.2	1.33	1.33	1.25	1.33	45	96.67
22	M2(10)	1.2	1.2	1.33	1.25	1.33	45	92.28
23	M3(4)	1.2	1.2	1	1.25	1.25	48	93.91
24	M4(5)	1.2	1.2	1	1	1.2	50	93.75
25	M1(6)	1	1.2	1	1	1.2	50	83.33
26	M2(11)	1	1.09	1	1	1.09	55	95.27
27	M2(12)	1	1	1	1	1	60	100.00

Tam dengeleme için elde edilen makina sayılarının kullanılması halinde her istasyonda her 1 dakikada 1 adet ürün üretilmiş olacaktır. Bu durumda kullanılan makina sayısı 27 adet olup, verimlilik;

$$\eta_3) = \frac{27x1}{1x27} = 1 = \%100$$

olarak bulunur.

4.5.2. İşgücü Kapasitesi Dengeleme

Tezgah kapasitelerinin iyi dengelenmesi işçilerin yüklerinin de iyi dengelendiği anlamına gelmez. Bazı durumlarda, tezgahlarla işçilerin yüklerini de ayrıca dengelemek gerekebilir. İşçi yükünün tam dengelenmesi, üretim hattındaki her işçiyi normal çalışma süresinin tamamında çalıştırmak anlamına gelir. Bu ideal bir durum olup, uygulamada amaç, ideale mümkün olduğu derecede yaklaşmaktır.

İşçilik yükünün dengelenmesinde başvurulacak çarelerin başlıcaları şunlardır:

1) Bir işçiyi iki veya daha fazla tezgahta çalıştırmak. İşlem süresi uzun olan iki veya daha fazla tezgah bir işçi tarafından kontrol edilebilecek şekilde yan yana getirilebilir.
2) Bir işçinin iki kısa işlemi yapması. İki işlemin toplam süresi diğerleri kadar veya daha az ise, bunla bir işçiye verilebilir. İşçi bir işlemi yaparken diğerlerinin yapıldığı tezgah boş kalacağından, bu durumda meydana gelen kaybın işçilik tasarrufundan küçük olmasına dikkat edilmelidir.
3) İşçinin yükünü artırmak. Yukarıdaki iki yoldan dengeleme sağlanamıyorsa, yükü az olan işçiye muayene, çapak alma, temizleme gibi ikinci dereceden ek işler verilerek zamanının değerlendirilmesine çalışılır.
4) İşçileri çalışma hızlarına göre dizmek. Üretim hattı üzerindeki daha kısa süreli işlere tecrübesi az veya çalışma hızı düşük işçiler yerleştirilir.

İş akışını düzgünleştirmek veya yeniden şekillendirmek amacı ile başvurulacak çözümlerden birisi de ara depolar kurmaktır. Ara depolar, üretim akışının yeniden düzenlenmesi için gerekli yarı ürün birikimini sağlar. Ara depoların başlıca görevleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1) Üretim hattının bir yanındaki düzensiz akışı diğer taraftan ayırmak.
2) Akış tipinin veya hızının değişmesine imkan sağlamak.
3) Ürün deposundaki faaliyetleri azaltmak.

Tesis içinde yer işgal etmeleri ve bir yatırımı gerektirmeleri ara depoların sakıncalarını oluşturur. Ara depoların kurulmasından önce yarar ve sakıncalarını dengeleyecek analiz tekniklerinin uygulanması gerekir. Bu şekilde, ara depoların kurulup kurulmayacağına karar verilebilir.

4.6. HÜCRELEME TEKNİKLERİ

4.6.1. Benzerlik Katsayısına Dayalı Kümelendirme Yöntemi

Tablo 4.9'da verilen makina – parça matrisi benzerlik katsayısına dayalı kümelendirme yapılacaktır.

Tablo 4.9. Makina – parça matrisi

Makina	Parça							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1		1			1		1
2	1					1		
3		1			1			1
4	1		1			1		
5				1			1	
6		1			1			1
7					1			1
8	1		1			1		
9				1			1	
10		1		1			1	

1) Önce makina – makina matrisi oluşturulur.

Makina – makina kombinasyon matrisin makina tipleri arasındaki ilişkileri gösterir. x_{ij} i. satırdaki makina ile j. satırdaki makinayı içeren parça rotalarının sayısını göstermektedir. Makina – makina matrisi Tablo 4.10.'de verilmiştir.

Tablo 4.10. Makina – makina matrisi

Makina	Makina									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	2	1	3		1	1	3		
2		2		2				2		
3			3			3	2			1
4				3				3		
5					2				2	2
6						3	2			1
7							2			
8								3		
9									2	2
10										3

2) Benzerlik katsayıları belirlenir.

Bu aşamada, makina – makina kombinasyon matrisindeki her makina çifti için bir benzerlik katsayısı hesaplanır. Bu bezerlik katsayısı, hem iki makinaya hem de her makinaya uğrayan parça sayıları cinsinden iki makinanın nasıl benzer olduklarını tanımlayan bir göstergedir. Genellikle i ve j makinaları için en çok kullanılan benzerlik katsayısı

$$S_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ii} + x_{jj} - x_{ij}} \qquad (2.2)$$

eşitliği ile tanımlanır ve hesaplanır. Burada; x_{ii} makina tipi (i)'yi içeren rotaların sayısı, x_{jj} makina tipi (j)'yi içeren rotaların sayısı, x_{ij} hem (i) makinası ve hem de (j) makinasını içeren rotaların sayısıdır.

Örneğin makina 1 ile makina 2 arasındaki, yani ($i = 1, j = 2$) hücresindeki benzerlik katsayısı

$$S_{12} = \frac{2}{4+2-2} = \frac{2}{4} = 0.5$$

olarak elde edilir. Benzer şekilde makinalar arasındaki benzerlik katsayıları hesaplanarak Tablo 4.11'de verilmiştir.

3) Hücreler belirlenir.

Hücrelerin oluşturulması için dendogram denilen bir ağaç diyagramı oluşturulur. Bu ağaç diyagramının ordinatı, 0 – 1 arasında benzerlik katsayı değerlerini gösterir. Apsis ise, makina isimlerini belirtir. Burada makinaların sırası önemli değildir. Dendogram, basitçe makinalar arasındaki benzerlik bağlarının grafiksel bir gösterimidir. Ordinatta gösterge boyunca kollar arasındaki birleşme noktalarının anlamı şöyledir: İki kol arasındaki benzeme düzeyi, ordinatta gösterilen bir benzerlik katsayısıdır. Böylece hücre adayları basitçe, ordinatta 0'dan 1 düzeyine dendogram boyunca çizilen çizgiler tarafından elde edilir.

Tablo 4.11. Benzerlik katsayıları matrisi

Makina	Makina									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0.5	0.17	0.75		0.17	0.2	0.75		
2		1		0.67				0.67		
3			1			1	0.67			0.25
4				1				1		
5					1				1	0.67
6						1	0.67			0.25
7							1			
8								1		
9									1	1
10										1

Dendogramın da yardımıyla mümkün çözümler elde edilir. Elde edilen mümkün çözümler Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Dendogram yardımıyla elde edilen mümkün çözümler

Çözüm No	Grup Sayısı	Hücre Adayları
1	10	Her grupta bir makina
2	7	(1), (2), (3,6), (4,8), (5,9), (7), (10)
3	6	(1,4,8), (2), (3,6), (5,9), (7), (10)
4	4	(1,2,4,8), (3,6,7), (5,9), (10)
5	3	(1,2,4,8), (3,6,7), (5,9,10)
6	2	(1,2,4,8), (3,5,6,7,9,10)
7	1	Bütün makinalar bir grupta

4.6.2. Derece Sırası Algoritması Kümelendirme Tekniği

King'in 1980 yılında geliştirdiği gruplandırma tekniği "Derece Sıralamasına Dayalı Kümelendirme Metodu (The Rank Order Cluster Method)" olarak anılmaktadır. King'e göre; GT'de bir problemin çözülmesinde karşılaşılan en önemli sorun, bir çok makina grubu arasından aynı yapım özelliklerini ve işlemlerini gerektiren makina grubunu isimlendirmek ve diğerlerinden ayırmaktır.

Parçaların işlem ihtiyaçları bir matris yardımıyla toplu olarak gösterilebilir. Bu gösterimde kullanılan makina – parça matrisi 0 ve 1 değerlerinden oluşur.

1) Eğer j parçasının i makinasında işlenmesi gerekiyorsa; $a_{ij} = 1$'dir.

2) Eğer j parçasının i makinasında işlenmesi gerekmiyorsa; $a_{ij} = 0$'dır.

Derece sırası algoritması, makina – parça gruplarının oluşturulması için basit ve etkin bir analitik tekniktir. Bu algoritma, makina – parça matrisinde diyagonal olarak yerleştirilmiş grupların türetilmesi yardımıyla gruplama yapar.

King algoritması, normal olarak orijinal makina – parça matrisinden başlar. Ancak, izlenen yolda iterasyon uygulandığından, matrisin herhangi bir yeniden düzenlenmiş haliyle de başlamak mümkündür. Bu metodda makina – parça matrisine ait her satır ikili numaralama sistemine göre ağırlıklandırılır. Ancak bu ağırlıkların ondalık eşdeğerleri hesaplanır. Ondalık eşdeğer, dereceleme sırasına göre yeniden düzenlenir. Daha sonra aynı uygulama sütunlar için yapılır. Sonuçta, hem satırlarda hem de sütunlarda azalan derece sırası elde edilinceye kadar uygulamaya devam edilir. En son elde edilen satır – sütun kombinasyonuna ait makina – parça matrisi aranan matristir.

Bununla birlikte, endüstriyel örnekler çok daha büyük matrisler gerektireceğinden çözüme iterasyon yaklaşımıyla çabuk ulaşılamayacağı gibi, istisnai parçaların bulunup oluşturulacak grupların dışına alınarak grup sınırlarının elde edilmesi her zaman mümkün olamamaktadır.

Buna karşılık, algoritmayı geliştirici özellikle darboğaz makinalar için analizin daha belirgin sonuçlar vermesi yönünde çalışmalar sürdürülmektedir.

Derece sırası algoritmasında aşağıdaki adımlar izlenir:

Adım 1: Makina – parça matrisinin her satırı için "1" girdilerini ikili bir sistemde oku. Satırları azalan ikili değer sırasında derecele. Aynı değerde satırlar için derecelemeyi satırlar sırasına uygun bir şekilde yap.

Adım 2: Şimdiki matris satır sırası, adım 1'de belirlenen derece sırasının aynısı ise, algoritmayı durdur. Aksi takdirde adım 3'e git.

Adım 3: azalan derece sırasında satırları düzenleyerek makina – parça matrisini yeniden oluştur. Matrisin her sütunu için "1" girdilerini ikili sistemde oku. Sütunları azalan ikili değer sırasında derecele. Aynı değerli sütunlar için derecelemeyi sütunlar sırasına uygun şekilde yap.

Adım 4: Şimdiki matris sütun sırası adım 3'te belirlenen derece sırasının aynısı ise, algoritmayı durdur. Aksi takdirde adım 5'e git.

Adım 5: Azalan derece sırasında sütunları yeniden düzenleme ile makina – parça matrisini yeniden oluştur. Adım 1'e geri dön.

Tablo 4.13'de verilen makina – parça matrisinde derece sıralamasıyla kümelendirme algoritması uygulanacaktır.

Adım 1: Tablo 4.14'de ikili sayıların ondalık değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.13. Başlangıç makina – parça matrisi

Makina	Parça							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0	1	0	0	1	0	1
2	1	0	0	0	0	1	0	0
3	0	1	0	0	1	0	0	1
4	1	0	1	0	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0	0	1	0
6	0	1	0	0	1	0	0	1
7	0	0	0	0	1	0	0	1
8	1	0	1	0	0	1	0	0
9	0	0	0	1	0	0	1	0
10	0	1	0	0	0	0	1	0

Örneğin, ilk satırda ikili değer 10100101 olup, ondalık değeri;

$$1x2^7 + 0x2^6 + 1x2^5 + 0x2^4 + 0x2^3 + 1x2^2 + 0x2^1 + 1x2^0 = 165$$

olarak elde edilir. Ondalık değere göre elde edilen derece sırası matrisin sağında verilmiştir.

Adım 2: Elde edilen derece sıraları, orijinal matrisin derece sıralarından farklıdır. Bu nedenle adım 3'e geçilir.

Adım 3: Sıraların derece sıralarına göre yeniden düzenlenmesiyle Tablo 4.15.'deki matris elde edilir. Sütunlar için ikili ağırlıkların ondalık değerleri matrisin altında gösterilmiştir. Hesaplama satır işlemlerindeki gibi yapılmaktadır. Sütunların derece sırası ise ondalık değerlerin altında verilmiştir.

Adım 4: Adım 3'de elde edilen derece sıraları, asıl matristeki sütun derece sıralarından farklıdır. Bu nedenle adım 5'e gidilir.

Adım 5: Sütunların adım 3'de elde edilen derece sıralarına göre yeniden düzenlenmesi ile Tablo 4.16'daki matris elde edilir. Adım 1'e geri dönülür.

Tablo 4.14. Makina – parça matrisinin satırlarının ikili sisteme göre değerlendirilmesi

	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0		
Makina	Parça								Ondalık Eşdeğer	Derece Sırası
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	1	0	0	1	0	1	165	1
2	1	0	0	0	0	1	0	0	132	4
3	0	1	0	0	1	0	0	1	73	5
4	1	0	1	0	0	1	0	0	164	2
5	0	0	0	1	0	0	1	0	18	8
6	0	1	0	0	1	0	0	1	73	6
7	0	0	0	0	1	0	0	1	9	10
8	1	0	1	0	0	1	0	0	164	3
9	0	0	0	1	0	0	1	0	18	9
10	0	1	0	0	0	0	1	0	66	7

Tablo 4.15. Satırları yeniden sıralanan matris

Makina	Parça								İkili Ağırlık
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	0	1	0	0	1	0	1	2
4	1	0	1	0	0	1	0	0	2
8	1	0	1	0	0	1	0	0	2
2	1	0	0	0	0	1	0	0	2
3	0	1	0	0	1	0	0	1	2
6	0	1	0	0	1	0	0	1	2
10	0	1	0	0	0	0	1	0	2
5	0	0	0	1	0	0	1	0	2
9	0	0	0	1	0	0	1	0	2
7	0	0	0	0	1	0	0	1	2
Ondalık Eşdeğer	960	56	896	6	49	960	14	560	
Derece Sırası	1	5	3	8	6	2	7	4	

Adım 1, 2 ve 3: Bu üç adımın uygulanmasıyla Tablo 4.17.'deki matris elde edilir.

Adım 4: Elde edilen derece sıraları asıl matrisin sütun derece sıralarından farklıdır. Adım 5'e gidilir.

Adım 5: Bu adımda Tablo 4.18'de görülen matris elde edilir.

1. ve 2. adımlar sonucunda elde edilen satır derece sıraları, asıl matrisin satır sıraları ile aynıdır. Bu nedenlere işlemlere son verilir.

Makina – parça matrisin derece sıralamasına dayalı kümelendirme yöntemine göre çözümü ile 3 grup elde edilmiştir. Makina grubu ve parça aileleri arasındaki hücre grupları Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.16. Sütunların düzenlenmesiyle oluşan matris

	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0		
Makina	Parça								Ondalık Değer	Derece Sırası
	1	6	3	8	2	5	7	4		
1	1	1	1	1	0	0	0	0	240	1
4	1	1	1	0	0	0	0	0	224	2
8	1	1	1	0	0	0	0	0	224	3
2	1	1	0	0	0	0	0	0	192	4
3	0	0	0	1	1	1	0	0	28	5
6	0	0	0	1	1	1	0	0	28	6
10	0	0	0	0	1	0	1	0	10	8
5	0	0	0	0	0	0	1	1	3	9
9	0	0	0	0	0	0	1	1	3	10
7	0	0	0	1	0	1	0	0	20	7
Ondalık Eşdeğer	960	960	896	560	56	49	14	6		
Derece Sırası	1	2	3	4	5	6	7	8		

Tablo 4.17'de görüldüğü gibi, 8 numaralı parçanın dahil olduğu 2. grubun dışında kalan 1 makinasında ve 2 numaralı parçanın da yine dahil olduğu 2. grubun dışında kalan 10 makinasında işlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle 2 ve 8 numaralı parçalar istisnai parçalardır. Bu parçaları işleyen 1 ve 10 numaralı makinalar da darboğaz makinaları oluşturmaktadırlar.

Her makina – parça matrisinin çözümü ile her zaman böyle gruplara ayrılmış sonuçlar elde edilemeyebilir. Bununla birlikte, darboğaz makinaların artırılması ile belirli ve karşılıklı ayrılabilir gruplar oluşturulabilir. Ancak, darboğaz makinaların artırılmasının ek maliyetler getireceğine dikkat edilmelidir.

Tablo 4.17. Satırların yeniden düzenlenmesiyle elde edilen matris.

Makina	Parça								İkili Ağırlık
	1	6	3	8	2	5	7	4	
1	1	1	1	1	0	0	0	0	2
4	1	1	1	0	0	0	0	0	2
8	1	1	1	0	0	0	0	0	2
2	1	1	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	0	1	1	1	0	0	2
6	0	0	0	1	1	1	0	0	2
7	0	0	0	1	0	1	0	0	2
10	0	0	0	0	1	0	1	0	2
5	0	0	0	0	0	0	1	1	2
9	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Ondalık Eşdeğer	960	960	896	568	52	56	7	3	
Derece Sırası	1	2	3	4	6	5	7	8	

Tablo 4.18. Sütunların yeniden düzenlenmesiyle oluşan matris

Makina	Parça								Ondalık Değer	Derece Sırası
	1	6	3	8	2	5	7	4		
1	1	1	1	1	0	0	0	0	240	1
4	1	1	1	0	0	0	0	0	224	2
8	1	1	1	0	0	0	0	0	224	3
2	1	1	0	0	0	0	0	0	192	4
3	0	0	0	1	1	1	0	0	28	5
6	0	0	0	1	1	1	0	0	28	6
7	0	0	0	1	0	1	0	0	24	7
10	0	0	0	0	1	0	1	0	6	8
5	0	0	0	0	0	0	1	1	3	9
9	0	0	0	0	0	0	1	1	3	10

Tablo 4.19. Makina – parça kümeleri

Grup No	Makina Grubu	Parça Ailesi
1	1, 2, 4, 8	1, 3, 6
2	3, 6, 7	2, 5, 8
3	5, 9, 10	4, 7

5. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ

5.1. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİNİN TANIMI

Üretim sistemleri, üretimin sürekliliğini sağlamak için genellikle çok miktarda stok bulundurmak durumunda kalmaktadırlar. Stokların sabit giderleri yanında paranın zaman değeri ve stok edilen ürünlerin çürüme ve bozulma özellikleri dikkate alındığında, işletmelerin önemli risklerle karşı karşıya kaldıkları anlaşılabilir. Esnek üretim sistemleri (EÜS) ile bu riskin ortadan kaldırılması mümkün görülmektedir.

Esnek üretim sistemleri (Flexible Manufacturing Systems, FMS), yeni ürünlere, tip ve model değişikliklerine ve yeni Pazar koşullarına hızlı bir şekilde uyum sağlamaya olanak verdiği için ileri işletmelerde yaygınca kullanılmaya başlanmıştır.

Esneklik, üretim parça çeşitliliğinin fazla olması ve buna paralel olarak üretim miktar ve karışımının gerektirdiği koşullar ekonomik bir şekilde ayarlanarak verimliliğin sağlanmasıdır. Üretim sistemlerinin böyle bir esnekliğe sahip olmasının ancak orta hacimde, otomasyona dayalı ve bilgisayar kontrolü altında yapılmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. Bilgisayar kontrollü bir sisteme bilgi ve parametreleri değiştirerek çok çabuk bir şekilde müdahale etmek, ürün tipini ve miktarını değiştirmek mümkündür. Buna karşılık, yalnızca bir tip ürünün üretilmesi için tasarlanmış olan transfer hatlarında bunu gerçekleştirebilmek ya hiç mümkün değildir ya da uzun süreli ve masraflı çalışmalar gerektirir. Transfer hatlarının en büyük özelliği, üretim standardizasyonuna yönelik olarak üretim teknolojisinin uzmanlaşması ve makina kullanım oranının % 100'e yaklaşmasıdır. Buna karşılık, değişik ürünlerin üretilmesine olanak sağlayan atelye tipi üretimde makina kullanım oranı daha düşüktür. EÜS, her iki sistemin de üstün yönlerini toplamakta ve bir yandan parça çeşitliliği avantajı sağlarken, diğer yandan yüksek makina kullanım oranına yaklaşmayı hedeflemektedir. EÜS'nin gelişmesindeki en büyük etken bilgisayar teknolojisinde gerçekleştirilmiş olan ilerlemelerdir. EÜS, genel olarak, alt yapısını bilgisayar destekli tasarım (CAD), bilgisayar destekli üretim (CAM) ve bilgisayar destekli süreç planlama (CAPP)'nin oluşturduğu bilgisayarla bütünleşik üretim (CIM) kavramının fiziksel bir uygulamasıdır. Bu sistemde, üretilen parçalar otomatik malzeme taşıma (OMT) sistemi ile taşınmakta ve parçalar üzerinde yapılacak işlemler çok yetenekli nümerik (sayısal) kontrol (NC) tezgahları tarafından otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Bütün sistem bir ana bilgisayar tarafından merkezi olarak aynı anda kontrol edilmektedir. Böylece, hem sistem performansı sürekli izlenmekte, hem de çabuk ve etkin müdahale mümkün olmaktadır. Araştırmalar ve uygulama sonuçları EÜS'nin gerekli esnekliği sağlayacak teknolojik üstünlüklere sahip olduğunu göstermektedir. Sistemin teknolojik özellikleri kadar organizasyonel yapısı, planlaması, işletimi ve yönetimi de oldukça önemlidir. EÜS'nin başarısı bütün bu faktörlerin uygun şekilde bir araya getirilerek düzenlenmesine bağlıdır.

EÜS, birden fazla tipteki parçayı küçük ya da orta hacimde etkin bir şekilde üretebilmek için tasarlanmış ve bilgisayar tarafından kontrol edilen yarı bağımsız iş istasyonları ve malzeme taşıma sistemlerinden oluşan bir üretim türüdür.

EÜS, bir dizi farklı ürünü minimum insan katkısı ile üretme kapasitesine sahip üretim sistemleridir.

EÜS, önceden belirlenmiş bir programa ve yeterliliğe göre çeşitli ürün ve parçaların kontrol altında üretimini sağlayan bir süreçtir.

EÜS, daha düşük maliyette, yüksek kalitede, uygun sürede, gelişmiş bir işletme anlayışı ve sermaye kontrolü altında üretim yapmayı sağlayan bir teknolojidir.

EÜS, doğru makinada, doğru sırada ve doğru zamanda bulunan alet ve tertibatlar yardımıyla aynı anda pek çok iş parçasının üretim teknolojisidir.

Makinaların, çeşitli düzeneklerini depo ve malzeme taşıma sistemleriyle kalite kontrolün birlikte bir bütün olarak bilgisayar tarafından kumanda edildiği ünite şeklindeki üretim sistemlerine EÜS denir.

EÜS, robotlar ve transfer sistemleriyle desteklenmiş bilgisayar kontrollü üretim sistemidir.

EÜS, çeşitli işlemler yapabilen ve aralarındaki bağıntı çok esnek olan, iki ya da daha fazla esnek üretim hücresinden oluşan bir sistemdir.

Esnek sistemlerin ortak özelliği bir çok işlevin otomatik olarak gerçekleşmesidir. Bununla birlikte, EÜS'nin geliştirilmesinin ana nedeni otomasyonun sağladığı esnekliktir. Esneklik türleri Tablo 5.1'de görüldüğü gibi sekiz grupta toplanır.

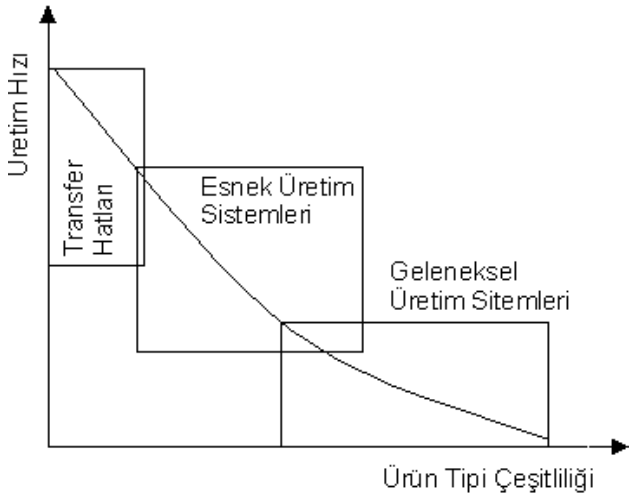
Genel olarak bir EÜS'den beklenen, ortamdaki değişikliklere en kısa sürede uyum sağlayabilmesidir. Esneklik düzeyi, işletmelerdeki üretim sisteminin teknolojik özelliklerine, üretim politikasına, stratejik hedeflere ve uygulamada kazanılan deneyimlere bağlıdır.

Tablo 5.1. Esneklik türleri

Sıra	Esnekli türü	Tanımı
1	Tezgah esnekliği	Tezgahta farklı işlemlerin yapılabilmesi
2	Süreç esnekliği	Parçaların alternatif süreçlerde üretilebilmesi
3	Ürün esnekliği	Ürün miktarı ve karışımının değiştirilebilmesi
4	Rota esnekliği	Parçaların alternatif rotolarda işlenebilmesi
5	Hacim esnekliği	Değişik kapasite kullanım oranlarında ekonomik üretim
6	Gelişme esnekliği	Teknolojik olarak kapasite artırabilme kolaylığı
7	İşlem esnekliği	Ürünlerin işlem sırasını değiştirebilme
8	Üretim esnekliği	Üretilebilecek parça tiplerinin çeşitliliği

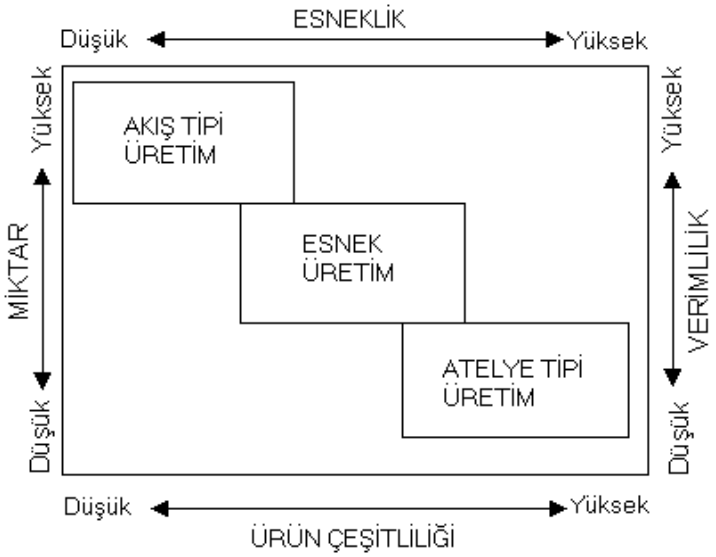
EÜS'nin ürün tipi ve üretim hızına göre diğer üretim sistemleri arasındaki yeri Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Bu şekilde görünmeyen iki husus vardır:

1) Bugün artık transfer hatlarında da esneklik artırılabilmektedir.
2) Düşük hacimli üretim sistemlerinde de kısmi otomasyon kullanılabilme olasılığı artmıştır.



Şekil 5.1. EÜS'nin diğer üretim sistemlerine göre konumu

Üretim tiplerine görecürün çeşitliliği, üretim miktarı, esneklik ve verimlilik arasındaki ilişkiler Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Üretim tipi ilişkileri

5.2. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN ELEMANLARI

EÜS, 4 eleman grubundan oluşmaktadır:

1) Bilgisayar kontrollü makinalar.
2) Otomatik malzeme taşıma sistemi.
3) Üretime yardımcı elemanlar.
4) Bilgisayar kontrol sistemi.

5.2.1. Bilgisayar Kontrollü Makinalar

EÜS'de parçalar üzerinde yapılacak işlemler çok yetenekli bilgisayarlı nümerik kontrol (CNC) tezgahları tarafından otomatik olarak gerçekleştirilir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM) sistemleri yardımıyla yapılan nümerik kontrol planlama, insan hatasını önemli ölçüde azaltmakta, işlemleri hızlandırmakta ve değişikliklerin daha kolay ve hızlı yapılmasını sağlamaktadır.

Makinalar, kendi işlemlerini yapmanın yanı sıra, sistemdeki diğer ekipmanlarla iletişim içinde olmalıdırlar. Makinaların işlemesini, birbiriyle koordinasyon kurmalarını sağlayacak bir kontrol birimi yardımıyla bu koşul gerçekleştirilir.

Makina üzerindeki takımların değişimi ve üretim değişikliklerine anında uyumu sağlayabilmek için makinalar özel araçlarla donatılmıştır. Arıza olması durumunda tüm işlem birimlerinin faaliyetleri durur.

5.2.2. Otomatik Malzeme Taşıma Sistemi

EÜS'de her türlü malzemenin sistem içindeki hareketi, otomatik malzeme aşıma sistemi (OMTS) ile gerçekleştirilir. Sistemin en küçük birimi olan esnek üretim hücresinde malzemenin makinalar arasında transferi genellikle robotlar tarafından gerçekleştirilir. Robotlar, yük kapasitesi, yerleşim ve uzanma hassasiyeti gözönüne alınarak seçilir. Hücrelerde, eğer mümkünse, birden fazla makinaya erişebilecek, merkeze yerleştirilmiş bir robot kullanılır. Birden fazla robot kullanıldığında birbirlerinin etki alanlarına girme durumlarına dikkat edilmelidir. Bu durumda her bir robotun tek bir makinaya verilmesi ve robotlar arasında parça trasferi konveyörlerle sağlanmalıdır.

Küçük ya da dağınık olmayan EÜS'de malzeme taşıma konveyörlerle yapılabilir. Sistemler büyüdüğünde ya da karmaşıklaştığında konveyörlerin maliyeti artmakta ve esnekliği ters yönde etkilemektedir. Bu durumda otomatik yönlendirilen araç sistemleri (AGSV) geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu raysız, kendi keniden yönlendirilebilen araçlar, tesis içinde tesadüfi rotalarda malzeme taşıyarak büyük ölçüde esneklik sağlarlar.

Otomatik depolama ve çekme sistemleri (AS / RS), depoların da otomasyon sistemine entegrasyonunu sağlayarak bütün malzeme taşımayı esnek şekle dönüştürürler. Bu

sistemler bir ya da birden fazla yüksek raftan oluşan yapıdadırlar. Malzemeler kutu ya da paletlerle bu raflara yerleştirilirler. İnsansız otomatik araçlar raflar arasında dolaşarak malzemeleri yerleştirirler ya da alırlar. Sistemin işletilmesi ve kontrol edilmesi bilgisayarla sağlanır. İşletmenin malzeme taşıma sistemiyle eşgüdümlü bir şekilde çalışan AS/RS'de malzemeler genellikle gerektiği kadar ya da ufak yığınlar halinde çekilir.

5.2.3. Yardımcı Elemanlar

EÜS'de üretimde yardımcı elemanlar takımlar, düzenekler ve paketlerdir.

EÜS içinde yer alan üretim hücreleri herhangi bir parçanın işletilebilmesi için gerekli bütün kesici takımları tezgah gövdesi üzerinde depolayabilen ve magazin adı verilen zincir mekanizmalı, dönebilen takım tutucuları ile donatılmıştır. Takımların taşınması ve değiştirilmesi otomatik taşıyıcılarla gerçekleştirilir. Barkodlar ve bellek cipleri takımların tanımlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yıpranma ve kırılma durumları hassas algılayıcılarla belirlenmekte ve gerekli işlemler yapılmaktadır.

EÜS'de iş parçaları düzenek adı verilen büyük metal köprülerin üzerine yerleştirilirler. Uygulamadaki ana sorunlardan biri, bu düzeneklerin çok çeşit ve karmaşık yapıda olmasıdır. Bunun nedeni, her parçanın aynı düzenek üzerinde yerleştirilmemesidir. Benzer özellikteki parçalar için ortak düzenekler kullanımı yoluyla bu sorunun giderilmesine çalışılmaktadır. Bazı sistemlerde boyutları daha küçük olan düzenekler de bulunabilmektedir. Parçalar önce küçük düzeneklerin üzerine yerleştirilmekte, daha sonra da ana düzenekler üzerine yüklenmektedirler. Düzeneklerin de diğer makinalar gibi sürekli ve düzenli bakıma gereksinimleri vardır. Bakım işlemleri, otomatik dağıtım ve yerleştirme, depolama ve kontrol, düzeneklerin yönetimi sırasında önem verilmesi gereken konulardır.

Düzeneklerin üzerine yerleştirildiği metal kütlelere palet adı verilir. Paletler standart boyuttadır. Otomatik tezgahlar ve malzeme taşıma sistemlerinin tasarımında bu standart paletler dikkate alınır. Böylece düzeneklerin sistemin bütün noktalarına ulaşması sağlanmış olur.

5.2.4. Bilgisayar Kontrol Sistemi

EÜS'yi oluşturan sistemlerin tümü merkezi bilgisayar kontrolü altındadır. Bilgisayar kontrolü performansının izlenmesi darboğazların giderilmesinde kolaylık ve gerektiğinde sisteme ani ve etkin müdahale olanağı sağlar. Böylece sistemin gereksinimlerini tanımak ve bu gereksinimleri çeşitli takımlar, düzenekler, malzeme taşıma sistemleri ve kontrol yoluyla kaynaklarına dağıtmak mümkündür. Bilgisayar kontrol sisteminin uygun şekilde kurulabilmesi için EÜS elemanlarını çok iyi tanımak, makina arızaları, enerji kesintileri, malzeme hataları, atelyede yıpranma oranları ve diğer aksamalar konusunda çok iyi inceleme yapmış olmak gerekir.

5.3. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN YARARLARI

- İşletmenin pazardaki değişikliklere kolayca uyum göstermesini sağlar.
- Tezgahta hazırlık süresinin ve maliyetinin azalmasını sağlar.
- Hazırlık süresinin azalmasını sağlar. Hazırlık süresinin azaltılması tam zamanında üretim (just in time) felsefesinin amaçları doğrultusunda doğrudan üretim sürecindeki stokların azalmasını sağlar.
- Stokların azalması, sorunların aşılması ve çözümün kolaylaştırılması işletme verimliliğini artırır.
- Değişen talebe karşın makina kullanım oranları yüksektir ve dolayısıyla sermaye yatırımları etkin kullanılır.
- Üretilecek parçalar daha sıkı kontrolden geçtiği için kalite standartları yüksektir.
- Ekonomik parti büyüklüğü küçüktür. Bu durum, değişik müşteri taleplerinde hızlı bir şekilde cevap verilmesini sağlar ve tedarik süresi % 50 – 75 azalır.
- Yer kullanımında % 45 – 85 oranında tasarruf sağlanır. Bu alanlar gereksiz yere parça, alet ve malzemelerle işgal edilmemektedir.
- Emniyet stokları ve stok maliyetleri azdır.
- EÜS için yeni süreç planlarının tasarlanması sırasında işlemlerin yeniden organize edilmesi nedeniyle, işlemlerin ve sürelerin azalmasını sağlar.
- Malzeme taşıma, işleme için gerekli ekipman ve diğer sistemler bilgisayarla kontrol edildiğinden, üretim güvenilirliği yüksektir.
- EÜS için daha iyi, hızlı, basit, standart alet ve düzenek arayışı yeni teknolojilerin gelişmesine ve alanlara da yayılmasına katkıda bulunur.
- Parçaların işlenmeleri ve montajları için daha hassas sonuç alma araştırmaları üretim kalitesinin artmasını sağlar.
- Üretim ve mühendislik alanlarında yeni bir disiplin anlayışının gelişmesini sağlar.
- Ürün ve kalite geliştirme olanağı sağlar.
- Çalışanların direkt üretim yerinde destek hizmetlerle işlendirilmesini, böylece daha iyi koşullarda çalışmalarını sağlar.
- Üretim alanındaki tüm fonksiyonların uygun şekilde entegrasyonunu sağlar. Darboğazların olumsuz etkileri, hat dengeleme teknikleri kullanılarak azaltılabilir.
- Sistem içerisindeki üretim hücreleri bağımsız bölümler şeklinde çalışarak bir parçayı, bir montajı ya da kontrolü gerçekleştirebildikleri için esneklik artar.

- Düzeneklerin ve iş istasyonu yerleşim planlarının tasarımında ergonomi ilkelerinden de yararlanıldığı için çalışanların verimliliğinde artış sağlar, yorgunluk ve uzun dönemde sağlık sorunları azalır..
- işletmelerde uzun dönemde rekabet üstünlüğü avantajı sağlar.

5.4. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN SAKINCALARI

Ulaşılmak istenen hedef kesin bir şekilde belirlenemediği ve iyi bir planlama yapılmadığı takdirde EÜS başarılı sonuçlar sağlamayabilir. EÜS'nin başlıca sakıncaları şunlardır:

- EÜS otomasyonla birlikte gelişme göstermiştir. Robotların kullanımı işletmelerde işsizlik oranını artırır.
- EÜS'nin gelişmesi ile birlikte teknolojik gelişmeye ayak uyduramayan küçük işletmeler piyasadan çekilmek zorunda kalabilirler.
- Bu sistem stoklardan kaçındığı için zamanında hammadde temin edemeyen işletmeler müşterilerini kaybedebilirler.
- Stok ve sipariş yetersizliği nedeniyle işletme atıl kapasite ile çalışmak durumunda kalabilir.
- Milli ekonomideki istikrasızlık işletmenin hedefine ulaşmasını engelleyebilir. Bu durum daha çok stoktaki belirsizlik yüzünden meydana gelebilir.
- Teknolojideki hızlı değişim sonucu işletmenin üretim teknolojisinin modası geçmiş olabilir.

5.5. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE İŞLETİMİ

EÜS'nin kurulmasında en uygun yaklaşım, aşağıdaki hususları gerçekleştirmek maksadıyla genel bir plan doğrultusunda hareket etmektir.

1) Yapılacak çalışmaları ayrıntılı ve entegre bir plan yaparak belirlemek.
2) Ulaşılmak istenen hedefler sürekli gözönünde bulundurularak planı uygulamak.

Planın her aşamasında alınacak kararlar ve yapılacak işler tasarım ve işletim kararları olmak üzere iki grupta toplanır.

EÜS tasarım kararları, ekonomik yapılabilirlik, ürün tipleri ve gruplarının seçimi, kullanılacak tezgah, bakım, düzenek ve paletlerin belirlenmesi, OMTS'nin seçilmesi ve benzeri konuları içeriri. Bu çalışmalar kullanıcı ve yapımcı arasında bir birleşik tasarı şeklinde gerçekleşir. Başlangıçtan sistemdeki bir hücrenin tam olarak faaliyete geçmesine değin geçen süre uzun olup, 2 – 5 yıl arasında değişir.

Proje çalışmasının düzeyi, üretimin bilgisayarda simülasyonunun yapılma düzeyine bağlıdır. Sistem karmaşıklaştıkça, simülasyon kullanımına olan gereksinim artar. EÜS'yi bütünüyle bilgisayarda simüle etmek mümkündür.

EÜS'nin kurulma aşamasında gözönüne alınması gereken bir diğer husus tanıtımdır. Atelyedeki çalışandan en üst düzeydeki yöneticiye kadar her düzeydeki kişiye önceden planlanmış bir şekilde ayrıntılı açıklamalar yapılmalıdır.

EÜS planlanırken en önemli sorun, sistem hücrelerini oluşturmaktır. Daha sonra bu hücreler bir araya getirilmekte, aralarında uygun malzeme ve bilgi akışı sağlayarak EÜS oluşturulmaktadır.

5.5.1. Esnek Üretim Hücreleri

EÜS hücreleri, üretim sırasında istenen gerekli değişimleri sağlayabilmek için çok amaçlı özelliklere sahip, oldukça karmaşık birimlerdir. Bu hücrelerde üretim, benzer parçalar üretmek amacıyla ve takımların gruplar şeklinde düzenlenmesiyle gerçekleştirilir.

Hücre üretiminin sağladığı yararlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Benzer parçaların benzer makina işlemleri ile üretilmesi hazırlık zamanlarını kısaltır.
- Malzeme taşıma süresi ve maliyeti azalır.
- Geçiş zamanı kısalır.
- Süreç içi envanter azalır.
- Takımların yönetimi, kontrolü ve depolanması kolaylaşır.
- Küçük parti üretimi ve sürekli kontrol nedeniyle kalite yükselir.
- Üretim planlama ve kontrolünde kolaylık sağlanır.

Esnek üretim hücrelerinde esneklik, hücrenin çeşitli tipte ürünleri üretebilmesi, yeni tasarımları üretebilme yeteneğinin olması ve üretim hızının değişebilmesi olarak tanımlanır. Sistemin en önemli özelliği, ürüne yönelik olarak tasarlanmış olmasıdır. Hücre oluşturmak için ilk adım, üretilecek doğru ürün grubunun seçimidir. Üretilecek ürün tipi arttıkça esneklik düzeyinin de yükselmesi gerekir. EÜS içinde, esnekliğin sağlanmasında üretim faktörleri arasında aşağıdaki ilişkiler dikkate alınmalıdır:

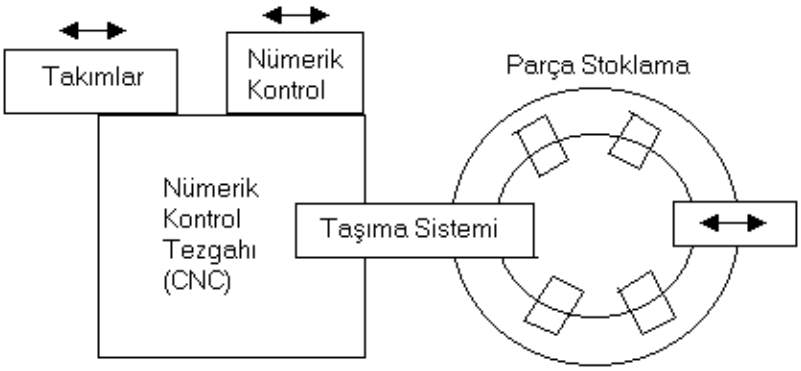
- Büyüklüğü sistemin malzeme taşıma sınırlarını etkiler.
- Parça ağırlığı taşıma araçlarının (konveyör, robot) tasarımlarını etkiler.
- Malzemenin türü motor gücünü, soğutma ve talaş temizleme işlemlerinin tipini etkiler.
- Ürünlerin boyutsal toleransları takımların, düzeneklerin kontrol, yerleşim ve taşıma ekipmanlarının tasarımını etkiler.

Uygun ürün grubu çeşitli yöntemlerle belirlenebilir. Ana yöntem, tasarım çizimlerinin benzerlikler açısından incelenerek karar verilmesidir. Ancak, çizim sayısının fazla oluşu, yöntemin uzun zaman almasına neden olmaktadır. Daha iyi bir teknik, üretim akış analizi (ÜAA)'nın kullanılmasıdır. Bu teknikle, her parçanın üretimi için gerekli işlemler ve prosedürler sistematik bir şekilde analiz edilir. Bu teknikle, her parçanın üretimi için gerekli işlemler ve prosedürler sistematik bir şekilde analiz edilir. bu verilerden hareket edilerek üretimdeki benzerlikler bulunur ve parçalar gruplara ayrılır. Parçaların sınıflandırılmasında kullanılan kod sistemi tasarımların incelenmesinde bilgisayarla gerçekleştirilebilir ve sistematik oluşu nedeniyle ilk yöntemden daha üstündür.

Ürün gruplarının hücresel üretime uygunluk açısından analiz edilmelerinin ardından, hücreler belirlenir ve her parça için tahmin edilen talep düzeyi ile gerekli makina ve takımlar tespit edilir. bu bilgiler hücreler arası dengelemenin sağlanmasında da kullanılır ve esnekliğin kurulmasının esasını oluştururlar. Hücre tasarımı sırasında aynı makinayı kullanan hücreler nedeniyle ilave makina alımı gerekebilir. Yerleşme planı, üretilecek parçalara ve kullanılan makinalara göre belirlenir. Genellikle U tipi yerleşim tercih edilir. makinalara parçaların yüklenmesi ve boşaltılması otomatik taşıma sistemleri ile gerçekleştirilir. Makinalar ve OMTS bir merkezi hücre bilgisayarı tarafından kontrol altında tutulur.

Geleneksel üretim tipleri ile karşılaştırıldığında, bu tip üretim birimlerinin ana özelliği otonomidir. Sistemin çalışma süresi insana göre daha uzun olup, molalar ve yemek aralarında ve hatta mesai bitiminden sonra belirli miktarda üretim yapacak şekilde çalışabilmektedir.

Şekil 5.3'de tek makşnalı bir üretim hücresi örneği gösterilmiştir. İşlenecek parçalar dağıtıcıya, takımlar magazinlere, programlar nümerik kontrol sistemlerine yerleştirilir ve sistem işlem çevrimine başlar. Hücrelerin kontrolü ya da iki süreç kontrolü ile desteklenmiş nümerik kontrol sistemi ile gerçekleştirilir. Merkezi bilgisayar, makina hareketlerini ve çalışma fonksiyonlarını yönlendirir. Birinci süreç kontrolü parçaların makinaya ve depoya hareketlerini sağlarken, ikinci süreç kontrolü takımların yerleştirilmesi ve çıkartılması işlevini görüdür.

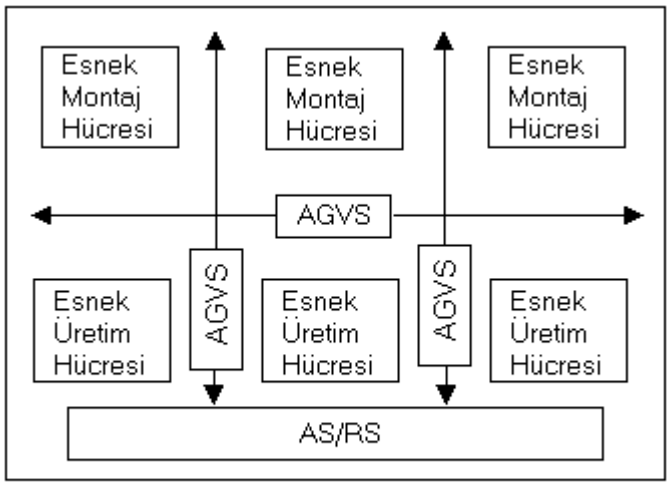


Şekil 5.3. Tek makinalı üretim hücresi.

5.5.2. Esnek Üretim Sistemlerine Geçiş

EÜS, esnek üretim hücrelerinin bir araya getirilerek OMTS ile birleştirilmesinden oluşur. EÜS'nin tümü merkezi bilgisayar kontrolü altında olup, zaman rotalaması, yük dengelemesi ve üretim çizelgelemesi bu yolla yapılır. Takım ve düzenekleri değiştirme, makinaları yükleme ve boşaltma, malzemeleri hücrelere boşaltma sistemleri robotlarla gerçekleştirilir. Şekil 5.4'de EÜS örneği gösterilmiştir.

Bilgisayar destekli süreç planlama, rotalama ve makina ile işleme talimatlarını oluşturur. Karmaşık bir ürünün üretilmesinde süreç planlamada hücre yerleşim planları, parçaların işlenmesi için gerekli işlemler ve makina kapasiteleri gibi çok fazla miktarda ayrıntılı bilgi gerekir. ayrıntılı CAPP veri tabanında çalışanların makina ve ürünler hakkındaki uzmanlık bilgileri de bulunmaktadır. AGVS'ler konveyörler ve sürücülü taşıma araçlarından çok daha esnektirler. AS/RS ile koordineli bir şekilde çalışarak takım, düzenek ve parçaların depolardan hücrelere düzgün bir şekilde akışını düzenler. Hücre içinde ise taşıma işlemleri çoğunlukla robotlarla gerçekleştirilir.



AGVS: Otomatik yönlendirilen araç sistemleri
AS/RS: Otomatik depolama ve boşaltma sistemi

Şekil 5.4. EÜS örneği

5.5.3. Esnek Üretim Sistemlerinin İşletimi

EÜS'nin işletimi ile ilgili kararlar sistemin uzun dönemli üretim araçlarının belirlenmesinde, takım ve tezgah bozulmaları durumunda alınacak önlemlerin belirlenmesine kadar geniş bir alanı kapsamaktadır. Bu kararlar genel olarak üç grupta toplanmaktadır:

1) Planlama.
2) Çizelgeleme.
3) Kontrol.

Planlama kararları sırasıyla üretilecek parçaların üretilmek üzere bekleyen parçalar arasından seçimi, takımların ve düzeneklerin tezgahlara atanması, seçilen parçaların üretim olanaklarının belirlenmesi olarak ifade edilebilir. Bu sorunların çözümü ile ilgili bir çok yöntem mevcuttur.

EÜS çizelgeleme problemi birçok üst düzey karardan etkilenmektedir. İşletim düzeyinde ise parça seçimi, sistemin yüklenmesi ve süreç planlaması çizelgeleme ile yakından ilgilidir. İşleme esnekliğinin fazla olması bir süreç planlaması çizelgeleme problemine kolaylık sağlayabilmektedir.

Çizelgeleme konusunda yapılan araştırmalar üç grupta toplanmaktadır. Birinci grupta, tezgahların çizelgelenmesine öncelik veren çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmalarda problem, önceden çizelgeleme ya da anında yönlendirme yöntemleri ile çözülmektedir. İkinci grupta, toplam takım hazırlık sayısı ve süresini en küçükleyen çalışmalar yer almaktadır. Üçüncü grupta ise, birden fazla kaynağa aynı şekilde önem veren araştırmalar yer almaktadır. İşlemlerin tezgahlar üzerinde aynı anda sıralanmasını içeren işlem gecikmeyi en küçükleyen bir model üçüncü grup için örnek olarak gösterilebilir.

EÜS çizelgeleme problemlerinde en çok kullanılan ölçütler sırasıyla teslim tarihleri ve akış zamanının en küçüklenmesidir. Ölçütler sistemin yapısına bağlı olarak değişir.

EÜS çizelgeleme konusunda günümüze kadar geliştirilen modeller dört grupta incelenebilir:

1) Yapay zeka ve uzman sistemler.
2) Geri besleme / ileri bakma.
3) Sürekli modeller.
4) Etkin analiz modelleri.

Yapılan tüm çalışmalarda ortak sonuç, EÜS tasarım ve işletim kararlarının çizelgeleme problemlerinin çözümünü doğrudan etkilediğidir. Bu nedenle, EÜS'nin daha kolay çizelgelenebilir olacak şekilde tasarlanması önem taşımaktadır. Benzer sorun işletim kararları açısından da incelenmelidir.

5.5.4. Esnek Üretim Sistemlerinin Uygulanması

Bir işletmede EÜS'nin kurulması ve işletilerek yarar sağlayacak duruma gelmesi 2 – 5 yıl arasında bir sürede gerçekleşmektedir. Bu sürenin uzunluğu, yönetimin konuya olan ilgisine doğrudan bağlıdır. EÜS'nin başarısında gözönüne alınacak noktalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- EÜS'nin kuruluş aşamasında amaçlar doğru oalrak belirlenmeli ve uygun iletişim yollarıyla tüm çalışanlara benimsetilmelidir. Çalışanların EÜS'nin tasarımı ve işletilmesinde fikir yürütme ve karar verme yetkisine sahip olmaları çok önemlidir. Üretimde çalışanlarla birlikte, yönetimin her düzeyince sisteme destek verilmelidir.

- EÜS'de konusunda uzman çok sayıda planlamacıya gereksinim vardır. Özellikle, mühendislerden makina seçimi, program ve yardımcı programlara karar verme, takım ve düzeneklerin belirlenmesinde ve çizelgelemede yararlanılır.
- Üretilecek ürtün grupları ve olası alternatifler hakkında araştırma yapabilmek için planlamaya yatırım yapmak gerekir. amaç, verimliliği artırmak kadar kontrol sisteminin tüm işletmedeki entegrasyonunu sağlamak olmalıdır. bu nedenle, gerekli olan takım ve düzeneklerin, malzeme taşıma sisteminin, kontrol ve test sistemlerinin, tüm sistemin bilgisayar modelinin çok iyi tanımlanmış olması gerekir. bu modeli tam olarak geliştirebilmek için makina arızaları, enerji kesintileri, malzeme hataları ve diğer aksamlar konusunda çok iyi inceleme yapılmalıdır.
- EÜS planlama, teknolojideki planlama ile yakıdan ilişkilidir.
- EÜS genellikle uzun vadeli ve büyük çaplı yatırım projeleri gerektirir ve bu sistemlerin tüm olası getirilerini parasal terimlerle ifade etmek oldukça güçtür. Bu nedenle, yatırım kararları, klasik ekonomik analizlerden çok stratejik tercihlere dayanır.
- EÜS'nin diğer sistemlere göre en büyük üstünlüğü kullanılan makina, takım, düzenek ve araçlar değil, sistemi bir araya getirebilme ve ilgili programları geliştirebilme becerisidir. Bunun için her aşamada karşılaşılan sorunların cevapları aranmalıdır.
- Eğitime ve işletime önem verilmelidir. Eğitim, yönetici, mühendis, planlamacı, programcı, operatör ve benzeri ayrı sınıflara yönelik olarak uygulanmalıdır.
- EÜS'de işlemlerin hemen hemen hepsinin otomatik bir şekilde yapılması doğrudan üretimde çalışan personelin azalmasına yol açar. Ancak, bu uygulamada, destek personeli miktarı ve onlardan istenen becerileri seviyeleri artmalıdır. Bu iki sorunun ortak çözüm için mevcut çalışanların çeşitli eğitimler yoluyla yeni nitelikler kazanması sağlanmalıdır.
- EÜS tasarım ve üretimde bu konuda deneyimli mühendislere gereksinim duyar. EÜS'de sistem çalışmaya başladıktan sonra hataların düzeltilmesi çok zor ve pahalı olduğu için her şeyin başlangıçta doğru olarak belirlenmesi zorunludur.
- EÜS'nin özelliği üretim esnekliği sağlamaktır. Ancak, doğru şekilde planlanmazsa olumsuz sonuçlar meydana gelebilir. Bu ndenle makina, takım, düzenek, bilgisayar sistemi ve programları, taşıma sistemi ve tüm sistemin entegrasyonunun çok dikkatli bir şekilde planlanması gerekir.

EÜS uygulamalarında, kullanıcı, yapımcı, kullanıcı ve yapımcının ortak sorumluluğu kapsamında aşağıdaki kriterlerin analizi yapılmalıdır:

1) Kullanılabilirlik:

   a) Ön planlama.
   b) Üretim mühendisliği çalışmaları.
   c) Üretim hacmi.

d) Üretilecek parçalar.
e) Ürün tasarımı.
f) Düzenekler.
g) Takımlar.

2) Yapımcının sorumluluğu:

a) Makinalar.
b) Takımlar.
c) Düzenekler.
d) Taşıma sistemi.

3) Kullanıcı ev yapımcının sorumluluğu:

a) Sistemin entegrasyonu.
b) Program geliştirme.
c) Makinalar.
d) Taşıma sistemi.
e) Kalite.
f) Programlama.
g) Çizelgeleme.

EÜS uygulamalarında yapılan araştırmalar, öncelik derecesine göre aşağıdaki sorunların ortaya çıktığını göstermiştir:

1) Ön planlamanın eksik ya da hatalı yapılması.

2) İşletmelerin amaçlarına ulaşacaklarına ilişkin planın açık olmayışı.

3) Üretilecek ürünün çeşit ve karmaşıklığının tam olarak belirlenmemiş olması. Ürün gruplaması, ürün, süreç ve makina tasarımında önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır.

4) Sistemin hangi yönlerinin eksik olduğu konusunda ciddi bir analiz yapılmaması. Planlamacılar genellikle sistemde yarı zaman görev almakta, sürekli bir proje yöneticisi bulunmamaktadır.

5) Sistemlerin çoğunluğu bağıl olarak esnek değildir. Örneğin, üretilen parça sayısı kısıtlı olmakta, parçaların ancak belirli bir oranı EÜS'de üretilmektedir.

6. ÖRNEK PROBLEMLER

6.1. Çapraz ve İlişki Tablosu Tekniği

Örnek Problem 6.1: Aşağıda 16 bölüm arasındaki malzeme hareketleri ve birim taşıma maliyetleri ayrı ayrı verilmiştir. Çapraz ve ilişki tablosu tekniğine göre uygun düzenlemeyi yapınız. Tesis alanı 45 x 75 = 3.375 m^2'dir. Bölüm alanları ilişki tablosunda verilmiştir. 13. bölüm 10, 11 ve 12 nolu bölümlerin dışındaki bölümlerden; 16. bölüm de 1 ve 4 nolu bölümlerden ayrık olmalı, diğer bölümler arasındaki ilişki önemsizdir.

Tablo 6.1.1. Malzeme hareketleri.

G/A (Alan m^2)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Toplam
1 – HM deposu	///	20	30	25													75
2 – Sac atelyesi		///					30		30								60
3 – Pres			///				15										15
4 – Döküm				///	20		5										25
5 – Freze					///			25		20							45
6 – Torna						///		10			30						40
7– Matkap					25	15	///	15									55
8 – Planya								///		10	40						50
9 – Kaynak						25	5		///								30
10 – Taşlama										///	25		5				30
11 – Montaj											///	60	35				95
12 – Boya												///	60				60
13 – Muayene													///	100			100
14 – Ambalaj														///	100		100
15 – Ürün ambarı															///		
16 – Yönetim																///	
Toplam		20	30	35	45	40	55	50	30	30	95	60	100	100	100		780

Tablo 6.1.2. Birim taşıma maliyetleri

G/A (Alan m^2)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 – HM deposu	///	4	3	3												
2 – Sac atelyesi		///					2		2							
3 – PresC			///				2									
4 – Döküm				///	4		4									
5 – Freze					///			2		4						
6 – Torna						///		3			3					
7– Matkap					3	4	///	4								
8 – Planya								///		3	4					
9 – Kaynak						2	1		///							
10 – Taşlama										///	3		2			
11 – Montaj											///	2	2			
12 – Boya												///	1			
13 – Muayene													///	1		
14 – Ambalaj														///	1	
15 – Ürün ambarı															///	
16 - Yönetim																///

Çözüm 6.1:

1) Toplam ağırlık tablosu hazırlanır: Bunun için, aynı hücrelerdeki malzeme taşıma miktarı ile birim taşıma maliyeti çarpılarak elde edilen sayı yeni tabloda aynı hücreye yazılır.

Tablo 6.1.3. Toplam ağırlık tablosu

G/A (Alan m^2)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 – HM deposu	///	80	90	75												
2 – Sac atelyesi		///					60		60							
3 – Pres			///				30									
4 – Döküm				///	80		20									
5 – Freze					///			50		80						
6 – Torna						///		30			90					
7– Matkap					75	60	///	60								
8 – Planya								///		30	160					
9 – Kaynak						50	5		///							
10 – Taşlama										///	75		10			
11 – Montaj											///	120	70			
12 – Boya												///	60			
13 – Muayene													///	100		
14 – Ambalaj														///	100	
15 – Ürün ambarı															///	
16 - Yönetim																///

Tablonun sol alt yarı bölümünde yer alan değerler, karşılığındaki üzt hücrelerdeki değerlerle toplanarak üst hücrelere taşınır. Örneğin, (7,5) hücresindeki 75 değeri (5,7) hücresindeki 0 değeri ile toplanarak elde edilen değer (75 + 0 = 75) (5,7) hücresine, (7,6) hücresindeki 60 değeri (6,7) hücresindeki 0 değeri ile toplanarak (60 + 0 = 60) (6,7) hücresine, (9,6) hücresindeki 50 değeri (6,9) hücresindeki 0 değeri ile toplanarak (50 + 0 = 50) (6,9) hücresine, (9,7) hücresindeki 5 değeri (7,9) hücresindeki 0 değeri ile toplanarak (5 + 0 = 5) (7,9) hücresine yazılır.

2) Sıralama ve Gruplama:

Tablo 6.1.4'de elde edilen ağırlık değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. Sıralanan değerler deneyim ve tecrübelere uygun biçimde gruplandırılır.

Tablo 6.1.4. Yeniden düzenlenmiş ağırlık tablosu

G/A (Alan m^2)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 – HM deposu	///	80	90	75												
2 – Sac atelyesi		///					60		60							
3 – Pres			///				30									
4 – Döküm				///	80		20									
5 – Freze					///		**75**	50		80						
6 – Torna						///	**60**	30	**50**		90					
7– Matkap							///	60	**5**							
8 – Planya								///		30	160					
9 – Kaynak									///							
10 – Taşlama										///	75		10			
11 – Montaj											///	120	70			
12 – Boya												///	60			
13 – Muayene													///	100		
14 – Ambalaj														///	100	
15 – Ürün ambarı															///	
16 – Yönetim																///

Tablo 6.1.5. Sıralama ve gruplama tablosu

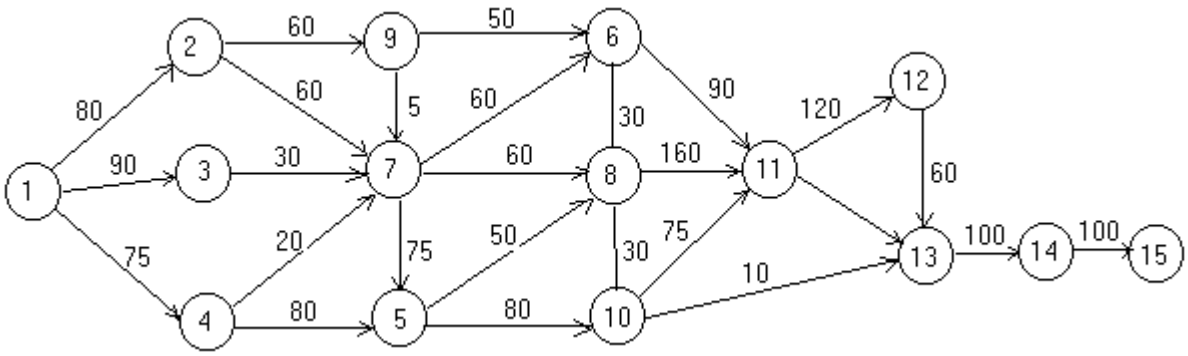
Sıra	Bölüm	Taşınan ağırlık	Gruplama
1	8 – 11	160	A
2	11 – 12	120	
3	13 – 14	100	
4	14 – 15	100	
5	1 – 3	90	
6	6 – 11	90	
7	1 – 2	80	
8	4 – 5	80	
9	5 – 10	80	
10	1 – 4	75	
11	5 – 7	75	
12	10 – 11	75	
13	11 – 13	70	
14	2 – 7	60	
15	2 – 9	60	
16	6 – 7	60	
17	7 – 8	60	
18	12 – 13	60	
19	5 – 8	50	E
20	6 – 9	50	
21	3 – 7	30	I
22	6 – 8	30	
23	8 – 10	30	
24	4 – 7	20	
25	10 – 13	10	O
26	7 – 9	5	

3) İlişki tablosu: Sıralama tablosunda bölümler arasında ortaya çıkan ilişki düzeyleri bir ilişki tablosunda işaretlenir. İlişki tablosu Şekil 6.1.6'da gösterilmiştir.

Tablo 6.1.6. İlişki tablosu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1- Hammadde deposu 525 m²																
2- Sac atelyesi 225 m²	A															
3- Pres 225 m²	A	A														
4- Döküm 225 m²	U	U	U													
5- Freze 200m²	U	U	U	U												
6- Torna 150 m²	U	U	U	U	A											
7- Matkap 150 m²	A	U	U	U	U	A										
8- Planya 150 m²	U	I	U	U	U	U	U									
9- Kaynak atelyesi 100 m²	A	U	U	U	U	U	U	A								
10- Taşlama 150 m²	U	I	U	U	U	U	U	U	I							
11- Montaj 350 m²	A	E	U	U	U	U	U	U	U	A						
12- Boya 100 m²	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U					
13- Muayene 225 m²	A	E	A	U	U	U	U	U	U	U	U	X				
14- Ambalaj 150 m²	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	X	X	U			
15- Ürün ambarı 300 m²	U	O	A	U	U	U	U	U	U	X	X	U	U	U		
16- Yönetim 150 m²	U	I	U	U	U	U	U	U	X	X	U	U	X	X	X	
	U	A	U	U	U	U	U	X	U	U	U	X	X	X	X	X
	U	U	A	U	U	U	X	U	U	U	X	U	U	U	U	U
	A	U	U	U	U	X	U	U	X	X	U	X	X	X	X	X
	U	U	U	U	X	U	U	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	U	O	X	X	U	U	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	A	A	X	X	U	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	A	X	X	U	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	A	U	U	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	A	U	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

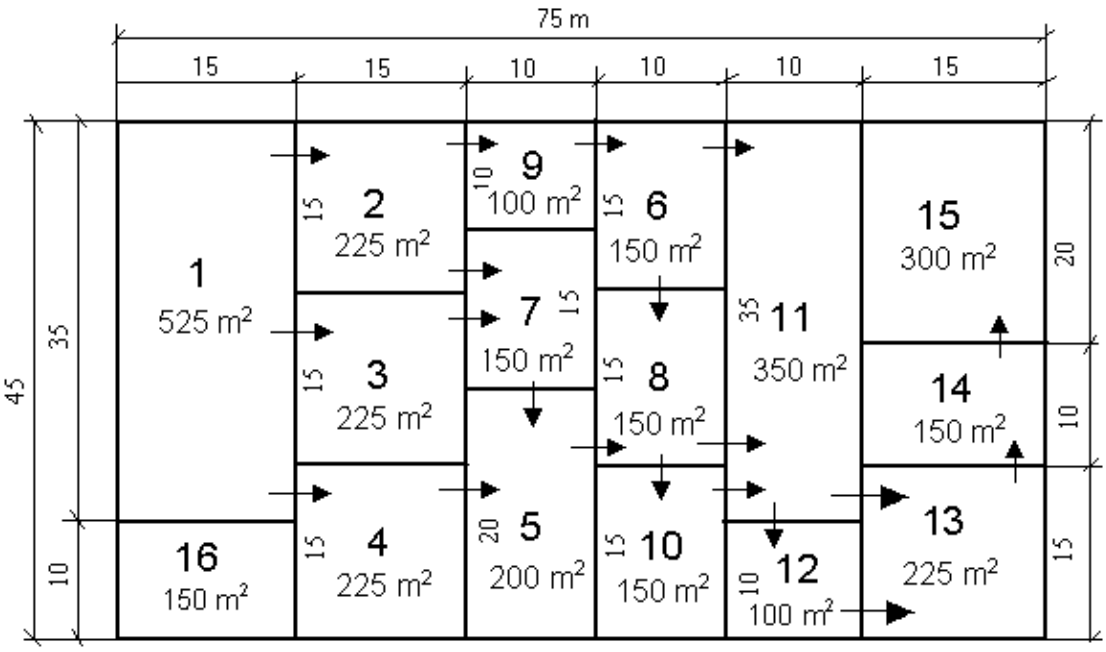
4) İş akış şeması: Sıralama ve gruplama tablosundaki değerlere göre elde edilen çapraz tablodan yararlanılarak bölümler arası akış şeması hazırlanır. Şema hazırlamada A ilişkisinden başlanması gerekir. Akış şemasında oklar üzerinde ağırlık değerlerinin gösterilmesi ilişkiler arasındaki karşılaştırmalar ve bölümlerin tasarımı için yarar sağlar.



Şekil 6.1.1. İş akış şeması

5) Alan planlama: Akışa uygun biçimde, bölümler arasındaki ilişkiler göz önünde bulundurularak, bölümler tesis alanı içerisine yerleştirilir. Bu yerleştirme faaliyeti sırasında

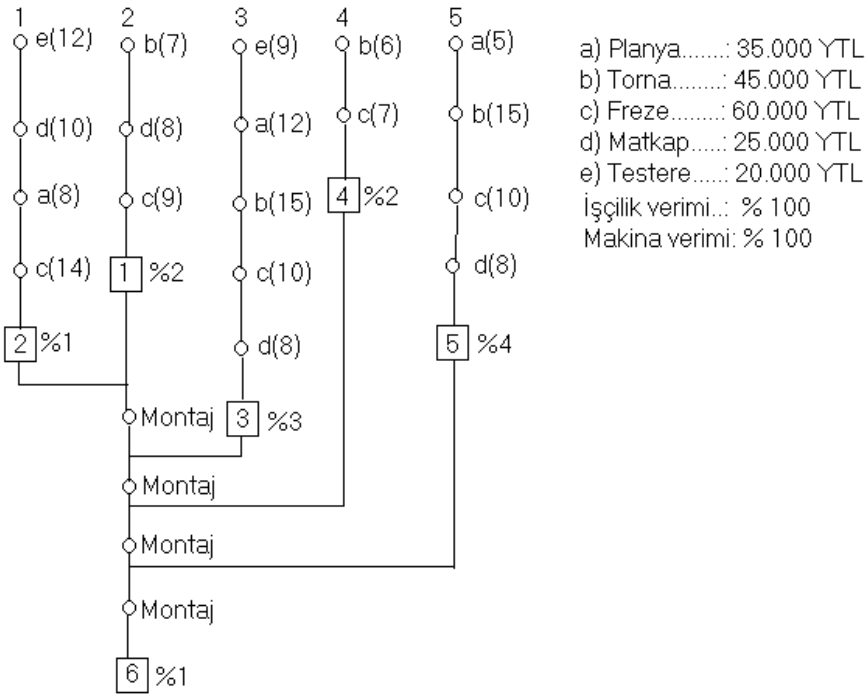
bölüm alanları da dikkate alınır. 16 nolu yönetim bölümü, hammadde deposu ile bitişik yerleştirilmiştir.



Şekil 6.1.2. Bölümlerin ana planda yerleştirilmesi.

6.2. Makina Sayısı ve Ekonomik Analiz

Örnek Problem 6.2: A üretim ünitesinde 5 çeşit parça farklı işlemlerden geçirilip montajı yapılarak yılda 10.000 adet ürün üretilecektir. Ürüne ilişkin işlem akış şeması, her parça için iş akışı boyunca kullanılan makinalar, işlem süreleri (dakika), makinaların maliyetleri ve defo oranları (1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu muayene noktalarında) aşağıda verilmiştir. Üretim ünitesinde prosese göre yerleştirme düzeni uygulanacaktır. Üretim ünitesinin yıllık çalışma süresi 2500 saattir. Birim ürün maliyeti 50 YTL'dir. Makine sayılarını belirleyiniz. Yerleşim düzenini çiziniz. Kapasitenin başabaş noktasında olduğunu varsayarak, ürünün başabaş satış fiyatını hesaplayınız. İşletme yılda 140.000 YTL kar elde etmek isterse ürünün satış fiyatı ne olmalıdır? Sizce bu üretim sisteminin prosese göre düzenlenmesi uygun mudur? Niçin?



Şekil 6.2.1. İşlem süreç şeması

Çözüm 6.2:

Her parçadan 4.500 adet kullanılacaktır. Defo oranları dikkate alınarak üretilmesi gereken toplam parça sayıları;

$$P_i = \frac{GP_i}{1 - f_i}$$

eşitliği ile hesaplanır.

1. Parça (2-6): $P_1 = \dfrac{10.000}{(1-0.01)*(1-0.01)} = 10.203 a\,\det$
2. Parça (1-6): $P_2 = \dfrac{10.000}{(1-0.02)*(1-0.01)} = 10.307 a\,\det$
3. Parça (3-6): $P_3 = \dfrac{10.000}{(1-0.03)*(1-0.01)} = 10.413 a\,\det$
4. Parça (4-6): $P_4 = \dfrac{10.000}{(1-0.02)*(1-0.01)} = 10.307 a\,\det$
5. Parça (5-6): $P_5 = \dfrac{10.000}{(1-0.04)*(1-0.01)} = 10.522 a\,\det$

Makina sayıları

$$M_j = \sum_{i=1}^{m} \frac{P_{ij} * T_{ij}}{C_j * V_M V_İ}$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada, P_{ij} toplam parça sayısı (adet), T_{ij} parça işlem süresi (dakika), C_j üretim peryodu süresi (dakika), V_M makine verimi (%), $V_İ$ işçilik verimi (%) dir.

a) Planya:

$$M_1 = \frac{8*10.203 + 12*10.413 + 5*10.522}{2500*60} = \frac{311.800}{150.000} = 2.08 \cong 2a\,\det$$

b) Torna:

$$M_2 = \frac{7*10.307 + 15*10.413 + 6*10.307 + 15*10.522}{2.500*60} = \frac{308.016}{150.000} = 2.05 \cong 3a\,\det$$

c) Freze:

$$M_3 = \frac{14*10.203 + 9*10.307 + 10*10.413 + 7*10.307 + 10*10.522}{2.500*60} = \frac{517.104}{150.000} = 3.45 \cong 4a\,\det$$

d) Matkap:

$$M_4 = \frac{10*10.203 + 8*10.307 + 8*10.413 + 8*10.522}{2.500*60} = \frac{352.236}{150.000} = 2.35 \cong 3a\,\det$$

e) Testere:

$$M_5 = \frac{12*10.203 + 9*10.413}{2.500*60} = \frac{216.153}{150.000} = 1.44 \cong 2a\,\det$$

$$Kar = Gelir - Gider$$

Gelir: $y = px$

Gider: $y = f + vx$

$$K = px - (f + vx)$$

Sabit gider:

$$f = F_1 * M_1 + F_2 * M_2 + F_3 * M_3 + F_4 * M_4 + F_5 * M_5$$
$$f = 2*35.000 + 3*45.000 + 4*60.000 + 3*25.000 + 2*20.000$$
$$f = 70.000 + 135.000 + 240.000 + 75.000 + 40.000$$
$$f = 560.000YTL$$

Başabaş noktası durumunda K = 0 olacağından;

$$K = px - (f + vx) \Rightarrow px - (f + vx) = 0 \Rightarrow px = f + vx$$

$$p_0 = \frac{f + vx}{x}$$ (BBN'de)

$$p_0 = \frac{560.000 + 50 * 10.000}{10.000} = \frac{560.000 + 500.000}{10.000} = \frac{1.060.000}{10.000}$$

$$p_0 = 106 YTL / a\det$$

Yılda 140.000 YTL kar elde edilmesi için, birim satış fiyatı;

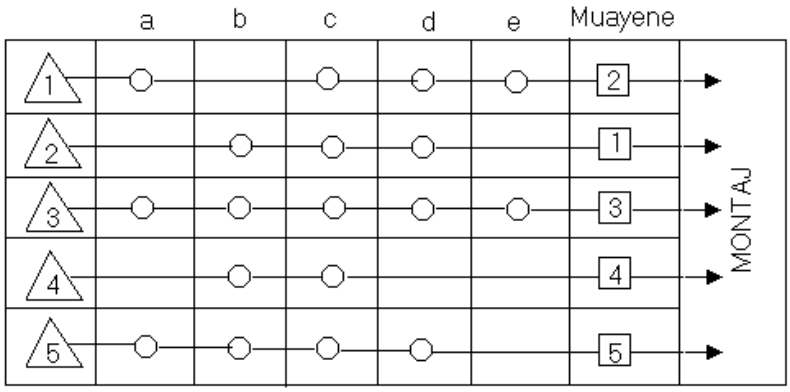
$$K = px - (f + vx) \Rightarrow px = K + f + vx$$

$$p = \frac{K + f + vx}{x}$$

$$p = \frac{140.000 + 560.000 + 50 * 10.000}{10.000} = \frac{1.200.000}{10.000}$$

$$p = 120 YTL / a\det$$

olmalıdır.



Şekil 6.2.2. Prosese göre yerleştirme.

5 nolu parçanın dışındaki parçalar için işlemler karışık bir sıra izlerler. Prosese göre düzenleme halinde geri dönüşler sözkonusu olacaktır. Eğer, ürüne gör düzenlemede gerekli makine sayısı prosese göre belirlenen sayı ile aynı olursa, ürüne göre düzenleme avantaj sağlayacaktır.

Ürüne göre yerleştirmede makina sayıları;

1 Nolu Parça;

e) Testere: $M_5 = 12 * 10.203 / 150.000 = 0.82 \cong 1..a\det$

d) Matkap: $M_4 = 10 * 10.203 / 150.000 = 0.68 \cong 1..a\det$

a) Planya: $M_1 = 8*10.203/150.000 = 0.55 \cong 1..a\,\det$

c) Freze : $M_3 = 14*10.203/150.000 = 0.95 \cong 1..a\,\det$

2 Nolu Parça;

b) $M_2 = 7*10.307/150.000 = 0.48 \cong 1..a\,\det$

d) $M_4 = 8*10.307/150.000 = 0.55 \cong 1..a\,\det$

c) $M_3 = 9*10.307/150.000 = 0.62 \cong 1..a\,\det$

3 Nolu Parça;

e) $M_5 = 9*10.413/150.000 = 0.62 \cong 1..a\,\det$

a) $M_1 = 12*10.413/150.000 = 0.83 \cong 1..a\,\det$

b) $M_2 = 15*10.307/150.000 = 1.04 \cong 2..a\,\det$

c) $M_3 = 10*10.413/150.000 = 0.69 \cong 1..a\,\det$

d) $M_4 = 8*10.413/150.000 = 0.56 \cong 1..a\,\det$

4 Nolu Parça;

b) $M_2 = 6*10.307/150.000 = 0.41 \cong 1..a\,\det$

c) $M_3 = 7*10.307/150.000 = 0.48 \cong 1..a\,\det$

5 Nolu Parça;

a) $M_1 = 5*10.522/150.000 = 0.35 \cong 1..a\,\det$

b) $M_2 = 15*10.522/150.000 = 1.05 \cong 2..a\,\det$

c) $M_3 = 10*10.522/150.000 = 0.70 \cong 1..a\,\det$

d) $M_4 = 8*10.522/150.000 = 0.56 \cong 1..a\,\det$

Toplam Makina Sayısı;

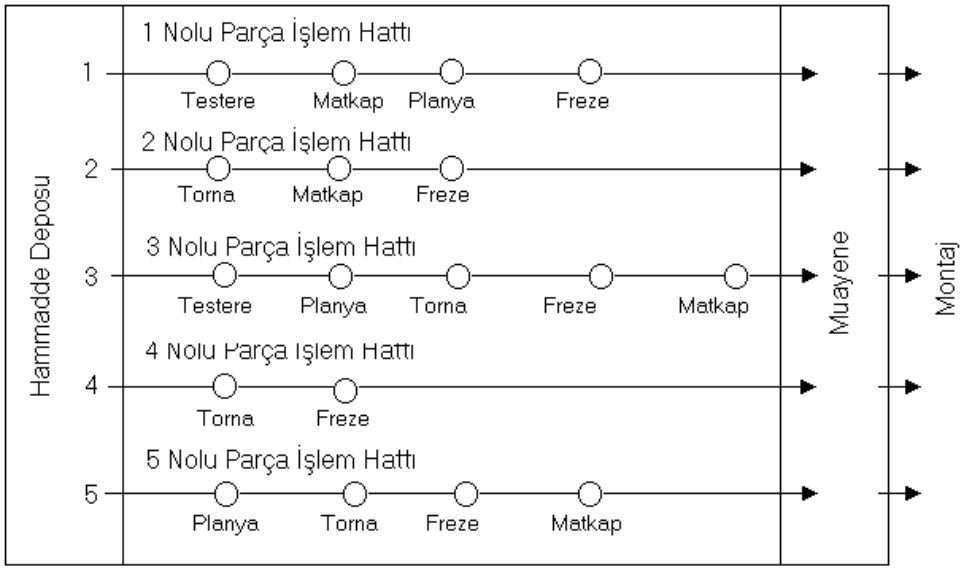
a) Planya; $M_1 = 1+1+1 = 3..a\,\det$

b) Torna; $M_2 = 1+2+1+2 = 6..a\,\det$

c) Freze; $M_3 = 1+1+1+1+1 = 5..a\,\det$

d) Matkap; $M_4 = 1+1+1+1 = 4..a\,\det$

e) Testere; $M_5 = 1+1 = 2..a\,\det$



Şekil 6.2.3. Ürüne göre yerleştirme

Prosese ve ürüne göre yerleştirmede gerekli makina sayılarının karşılaştırılması;

Tablo 6.2.1. Prosese ve ürüne göre makina sayıları

Makina	Ürüne göre (ÜGY)	Prosese göre (PGY)	ÜGY/PGY
Planya	3	2	+ 1
Torna	6	3	+ 3
Freze	5	4	+ 1
Matkap	4	3	+ 1
Testere	2	2	0

Ürüne göre yerleştirme halinde daha fazla sayıda makine gerekli olup, yatırım tutarı fzla olacaktır. Buna göre, ürüne göre yerleştirmede makina yatırımı;

$$1*35.000+3*45.000+1*60.000+1*25.000+0*20.000=255.000YTL$$

daha fazla olacaktır. Bu yönüyle prosese göre yerleştirme daha az yatırımla gerçekleşecektir.

Örnek Problem 6.3: Bir tesiste üretilecek A, B ve C ürünleri aşağıdaki işlem sırasına ve süresine göre üretilecektir. Yerleştirme prosese göre yapılacaktır. Aylık üretim miktarları sırasıyla 4000, 3000 ve 5000 adettir. Bir işgününde 8 saat ve ayda 23 işgünü çalışılmaktadır. Makine kullanım verimi % 90, işçilik verimi % 80'dir. Makine sayılarını ve yıllık kapasiteyi hesaplayınız.

$$A: Tornalama(5dk) \Rightarrow Frezeleme(10dk) \Rightarrow Tornalama(10dk) \Rightarrow Taslama(5dk) \Rightarrow Ü.A..$$
$$B: Frezeleme(10dk) \Rightarrow Tornalama(15dk) \Rightarrow Frezeleme(15dk) \Rightarrow K.Kontrol(5dk) \Rightarrow Ü.A.$$
$$C: Frezeleme(5dk) \Rightarrow Tornalama(5dk) \Rightarrow Taslama(10dk) \Rightarrow Ü.A$$

Çözüm 6.3:

Makine sayısı $M_j = \sum_{i=1}^{m} \frac{P_{ij} * T_{ij}}{C_j * V_M * V_İ}$

C_j : j makinasının çalışma süresi (dk).

$C_j = 8 * 60 * 23 = 11.040 dakika$

$V_M = 0{,}90; V_İ = 0{,}80$

P_{ij} : i. ürünün j. makinada üretim miktarı (adet).

T_{ij} : i. ürünün j. makinada üretim süresi uzunluğu (dk)

Torna tezgahı sayısı:

$$M_t = \frac{4.000*(5+10)+3.000*15+5.000*5}{11.040*0{,}90*0{,}80} = \frac{130.000}{7948{,}8} = 16{,}35 \cong 17 a\det$$

Freze tezgahı sayısı:

$$M_f = \frac{4.000*10+3.000*(10+15)+5.000*5}{11.040*0{,}90*0{,}80} = 17{,}6 \cong 18 a\det$$

Taşlama tezgahı sayısı:

$$M_{ta} = \frac{4.000*5+5.000*10}{11.040*0{,}90*0{,}80} = 8{,}81 \cong 9 a\det$$

Yıllık kapasite:

A ürünü: $n_A = 4.000 a\det/ay * 12 ay/yil = 48.000 a\det/yil$

B ürünü: $n_B = 3.000 a\det/ay * 12 ay/yil = 36.000 a\det/yil$

C ürünü: $n_C = 5.000 a\det/ay * 12 ay/yil = 60.000 a\det/yil$

7. KAYNAKLAR

1. Acar, N. ve Ertaş, S., Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama ve Kontrol Çalışmaları, MPM Yayınları No. 309, Ankara, 1986.
2. Acar, N., Tam Zamanında Üretim, MPM Yayın No. 542, Ankara, 1995.
3. Acar, N., Üretim Planlaması Yönetim ve Uygulamaları, MPM Yayınları No. 280, Ankara, 1995.
4. Ada, E. ve Soyuer, H., Hücresel İmalat Sistemlerinin Grup Analizi Yaklaşımı ve Bilgisayar Uygulaması, MPM Verimlilik Dergisi, 1, 131 – 142, Ankara, 1996.
5. Akal, Z., İş Etüdü, MPM Yayın No. 29, Ankara, 1991.
6. Aksoy, S., Ergonomik İş Düzenleme, 2. Ulusal Ergonomi Kongresi, MPM Yayın No. 379, Ankara, 1989.
7. Aşıkoğlu, R., Yatırım ve Proje Değerlemesi, Anadolu Üniversitesi Yayın No. 827, Eskişehir, 1996.
8. Barlas, Y., Sistem Yaklaşımı ve Dinamik Sistem Modelinin Yönetim Bilimlerine Uygulanması, I. Sistem Mühendisliği ve Savunma Uygulamaları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı II, Ankara, 1995.
9. Barutçugil, İ. S., İşletmelerde Teknoloji Kararları, Bursa Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 1, Bursa, 1979.
10. Barutçugil, İ. S., Teknolojik Yenilik ve Araştırma – Geliştirme Yönetimi, Bursa Üniveristesi Yayın No. 3 – 014 – 0042, Bursa, 1981.
11. Barutçugil, İ. S., Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 1983.
12. Başlıgil, H. Sistem Mühendisliği, I. Sistem Mühendisliği ve Savunma Uygulamaları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı II, Ankara, 1995.
13. Belli, M. H., Grup Teknolojisinin Verimliliğe Katkıları, Sanayi Mühendisliği Dergisi, 16, 3 – 5, İstanbul.
14. Bıyık, C. ve Tüdeş, T., Harita Çalışmalarında Proje Planlaması ve Yönetimi, KTÜ Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Yayın No 59, Trabzon, 2001
15. Bonetto, R., Flexible Manufacturing Systems In Practice, Hemisphere Publishing Corporation, USA, 1988.
16. Browne, J, Dubois, D., Rathmull, K., Sethi, S. P. ve Stecke, K. E., Classification of Flexible Manufacturing Systems, The FMS Magazine 2, 114 – 117, 1984.
17. Buffa, E. S. ve Sarin, R. K., Modern Production Management, J. Wiley, 1987.
18. Büker, S. ve Aşıkoğlu, R., Yatırım ve Proje Değerlemesi I – II, Anadolu Üniversitesi Yayınları No. 436, Eskişehir, 1994.
19. Cengiz, Y. B., Grup Teknolojisi Üretim Yönteminin İncelenmesi ve Ülkemizdeki Uygulama Olanakları, Doçentlik Tezi, 7 – 83, 1979.

20. Çapçı, S. A., Esnek Üretim Sistemleri (EİS), MPM Verimlilik Dergisi, 3, 25 – 44, Ankara, 1997.

21. Çetinkaya, S., Verter, V. ve Falkner C. H., Türk Endüstrisinin Geleceği için Üretimde Esneklik, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 4, 18, 3 – 13, İstanbul, 1992.

22. Demir, M. H. ve Gümüşoğlu, Ş., Üretim Yönetimi, DEÜ İİBF Yayınları, İzmir, 1998.

23. Demir, M. H., Fabrika Yerleşim Düzeni (İşyeri Düzeni), DEÜ Yayınları, İzmir, 1987.

24. Demir, M. H., Grup Teknolojisinde Parça Gruplandırma, Sanayi Mühendisliği Dergisi, 18, 3 – 6, İstanbul, 1987.

25. Demir, M. H., Üretim Yönetimi, Cilt 1, Aydın Yayınevi, İzmir, 1984.

26. Demirci, E. ve Dinçmen, M., Grup Tekonolojisi, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 2, 8, İstanbul

27. Durmuşoğlu, M. B., Atölye Tipi Üretim, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 3, 15, İstanbul, 1991.

28. Durmuşoğlu, M. B., Bütünleşik İmalat Sistemleri ve Grup Teknolojisi, Sipariş Üretiminde Üretim Planlama Semineri, Yıldız Üniversitesi, Gebze – Kocaeli, 1988.

29. Durmuşoğlu, M. B., Grup teknolojisi İmalat Sistemi ve Bu Sistemin Tasarımına Yönelik Yeni Bir Metot, Doktora Tezi, 1 – 30, İstanbul, 1986.

30. Durmuşoğlu, M. B., Grup Teknolojisi Üretim Yönetimi, Sanayi Mühendisliği Dergisi, 6, 25 – 27, İstanbul, 1983.

31. Durmuşoğlu, M. B., Grup Üretiminde Tesis Düzenleme Problemi, Yöneylem Araştırması IX. Ulusal Kongresi, İstanbul, 1984.

32. Emre, A., Tam Zamanında Üretim Sisteminin Ülkemizdeki Uygulamaları ve Sorunları, MPM Yayınları No. 543, Ankara, 1995.

33. Erkan, N., Ergonomi, MPM Yayın No. 373, Ankara, 1988.

34. Erkut, H. ve Baskak, M., Stratejiden Uygulamaya Tesis Planlama, İrfan Yayımcılık, Yönetim Bilimleri Dizisi 3, İstanbul, 1996.

35. Erkut, H., Analiz, Tasarım ve Uygulamalı Sistem Yönetimi, İrfan Yayımcılık, Yönetim Bilimleri Dizisi 4, İstanbul, 1995.

36. Gökçen, H. ve Baykoç, Ö. F., Stokastik Montaj Hattı Dengeleme Problemlerinde Dengeleme Sonrası Hattın Analizi: Bir Simülasyon Modeli, MPM Verimlilik Dergisi, 3, 57 – 70, Ankara, 1997.

37. Gülerman, A., Yığın Üretim Planlaması Programlaması ve Stok Kontrol Metodlarının Bir Modern Eşya Üreten Firmaya uygulanması, Sevinç Matbaası, Ankara, 1971.

38. Harrison, A., Just in Time Manufacturing in Perspective, Prentice Hall International (VK) Ltd., 34 – 38, 1992.

39. Hernandez, A., Just in Time Manufacturing – A Proctical Approach, Prentice Hall, Inc. 13 – 15, 1998.

40. Işık, O., Teknoloji Üretimi, Teknoloji Transferi, 2. Türkiye İktisat Kongresi, DPT Yayını

No. 1783, İzmir, 1981.

41. Kandemir, A., Mobilya Üretiminde Tesis Düzenleme Sorununa Bir Çözüm Yaklaşımı, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 172s., Trabzon, 2002.
42. Karayalçın, İ. İ, Endüstri Mühendisliği ve Üretim Yönetimi Elkitabı I – II, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1986.
43. Karayalçın, İ. İ., Fabrika Organizasyonu, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1984.
44. Karayalçın, İ. İ., Sanayi Mühendisliğine Giriş I – II, İÜ İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yayın No. 19, İstanbul, 1977.
45. Karayalçın, İ. İ., Üretim Yönetimi ve Teknikleri, İÜ İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yayın No. 23, İstanbul, 1974.
46. Kıran, A. Ş. ve Krason R. J., Automating Tooling In a Flexible Manufacturing System. Industrial Engineering 23, 12, 28 – 31, 1988.
47. King, J. R. ve Nakorncha, V., Machine – Component Group Formation in Group Technology: Rewiev and Extension, International Journal of Production Research, 20, 2, 117 – 133, 1982.
48. King, J. R., Machine – Component Grouping in Production Flow Analysis: an Approach Using a Rank Order Clustering Algorithm, International Journal of Production Research, 18, 2, 213 – 232, 1980.
49. Kobu, B., Üretim Yönetimi, İÜ İşletme Fakültesi Yayın No. 260, İstanbul, 1974.
50. Kusiak, A., The Generalized Gropu Tecnology Consept, Int. J. Prod. Res. 561 – 569, 1987.
51. Maynard, H. B., Industrial Engineering Handbook, McGraw – Hill, New York, 1971.
52. Meredith, J., Installation of Flexible Manufacturing System Teachers Management Lessons In Integration Labor, Cost, Benefits, Industrial Engineering, 20, 4, 18 – 27, 1988.
53. Moore, J. M., Plant Layout and Design, MacMillan Publishing Co., Inc. New York, 1962.
54. Muther, R., Practical Plant Layout, McGraw – Hill, XIII, New York, 1955.
55. Nalbant, M., Bilgisayarla Bütünleşik İmalat ve Tasarım, Beta Yayınevi, İstanbul, 1997.
56. Özgen, H. ve Dülher, A., Hücresel Üretim Sistemine İlişkin Bir Uygulama, MPM Verimlilik Dergisi,4, 37 – 54, Ankara, 1996.
57. Seiffoddini, H. ve Wolfe, P. M., Application of the Similarity Coefficient Method in Group Technology, IIE Trans, Ind. Eng. Res. and Dev., 18, 3, 271 – 277, 1986.
58. Sezgin, A., İşletmelerde Malzeme Akış Sistemi Analiz ve Simülasyon Uygulaması, Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayın No. 114, Ankara, 1976.
59. Stecke, K., Design Planing, Sheduling and Control Problems of Flexible Manufacturing System, Annulus of Operations Research, 3, 3 – 12, 1985.
60. Tekin, M., Üretim Yönetimi, Gül Basımevi, İstanbul, 1990.

61. Tınar, M. Y., Çalışma Yaşamında İleri Teknoloji Kullanmanın İş Organizasyonu ve İnsan – Makine İlişkilerine Getirdiği Yeni Boyutlar, 2. Ulusal Ergonomi Kongresi, MPM Yayın No. 379, Ankara, 1989.

62. Top, A., Üretim Sistemleri Analiz ve Planlaması, İstanbul, 1996.

62. Topkins, J. A, Facilities Planning, J. Wiley, 1984.

64. Uman, N., Ulaştırma Modeli, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları No. 369, Ankara, 1974.

65. Üçüncü, K., İmalat Hatlarının Dengelenmesi Problemi, Sanayi (Endüstri) Mühendisliği Dergisi, 19, 17 - 18, İstanbul, 1987.

66. Üçüncü, K., Tesis Planlama, KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, yayın No. 68, Trabzon, 2003.

67. Vonderembse, M. A. ve Wobser, G. S., Steps for Implementing A Flexible Manufacturing System, Industrial Engineering, 19, 4, 38 – 48, 1987.

68. Waghodekar, P. H. ve Sahu, S., Machine – Component Cell Formation in Group Tecnology: MACE, Int. J. Prod. Res. 22, 6, 937 – 948, 1984.

69. Yelken, N. ve Demir, M. H., Üretim Planlaması ve Kontrolu, Ege Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları No. 133/2, İzmir, 1978.